



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
INSTITUTO DE RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

**RIO PARAÍBA DO SUL: INFLUÊNCIAS DO
MICROCLIMA E RESPOSTAS À FRENTE FRIAS
REVELADAS PELO PROJETO CACHOEIRAS**

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO

Matias Sales Silva

Itajubá, MG, Brasil

2016

RIO PARAÍBA DO SUL: INFLUÊNCIAS DO MICROCLIMA E RESPOSTAS À FRENTE FRIAS REVELADAS PELO PROJETO CACHOEIRAS

por

Matias Sales Silva

Monografia apresentada à comissão examinadora Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas da Universidade Federal Itajubá (UNIFEI, MG), como requisito parcial para obtenção do grau de **Bacharel em Ciências Atmosféricas.**

Orientador: Arcilan Trevenzoli Assireu

**Itajubá, MG, Brasil
2016**

**Universidade Federal de Itajubá
Instituto de Recursos Naturais
Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a
Monografia

**RIO PARAÍBA DO SUL: INFLUÊNCIAS DO MICROCLIMA E
RESPOSTAS À FRENTE FRIAS REVELADAS PELO
PROJETO CACHOEIRAS**

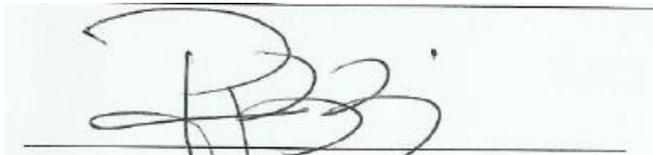
elaborada por
Matias Sales Silva

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
Bacharel em Ciências Atmosféricas

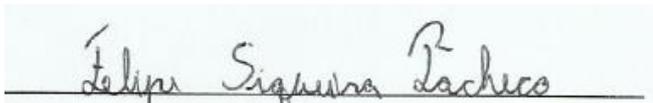
Comissão Examinadora:



Arcilan Trevenzoli Assireu, Dr. (UNIFEI)
(Presidente/Orientador)



Luciano Ponzi Pezzi, Dr. (INPE)



Felipe Siqueira Pacheco, Dr. (INPE)

São José dos Campos, 18 de novembro de 2016.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e a virgem Maria por permitir que eu chegasse até aqui, sempre me mostrando o caminho a trilhar.

Agradeço minha turma de CAT2012/2013 que durante 4 anos de formação proporcionaram momentos de aprendizado e convivência. Agradeço ao André Luís dos Reis por sempre me auxiliar no aprendizado e pela amizade adquirida.

Agradeço de forma especial o professor Arcilan T. Assireu, por sempre acreditar em mim, por sempre disponibilizar horas de conversa, pelos conhecimentos adquiridos e principalmente pela amizade construída ao longo destes anos. A querida Unifei e seus professores e funcionários por darem sempre o suporte e apoio para que a graduação se torna-se muito mais que um diploma, mas uma forma de reflexão sobre princípios e valores e de infindáveis conhecimentos, em prol do bem comum e da sociedade.

Agradeço ao Projeto Cachoeiras e seus idealizadores por terem me proporcionado o aprendizado do trabalho em campo, em função da coleta dos dados de temperatura e umidade da superfície adjacente ao rio Paraíba do Sul, que foram primordiais para a realização deste presente trabalho.

Dedico a meus pais, que advindos de situações contrárias da vida não puderam exercer de maneira declarada seus sonhos, e assim, na sabedoria que lhes cabe, investiram tudo o que podiam para que a minha graduação fosse amparada e sustentada.

RESUMO

Monografia de Graduação
Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Itajubá, MG, Brasil

RIO PARAÍBA DO SUL: INFLUÊNCIAS DO MICROCLIMA E RESPOSTAS À FRENTE FRIAS REVELADAS PELO PROJETO CACHOEIRAS.

AUTOR(A): Matias Sales Silva

ORIENTADOR: Arcilan Trevenzoli Assireu

Local e Data da Defesa: São José dos Campos, 18 de novembro de 2016.

A influência de sistemas sinóticos sobre o clima é bastante impactante na vida das pessoas e por isso, as relações destes sistemas e o microclima local precisam ser estudadas. O objetivo deste trabalho é a análise de dados de temperatura e umidade coletados no âmbito do Projeto Cachoeiras no ano de 2015, visando a análise das respostas do microclima local à entrada (principalmente) de frentes frias e também, verificar o efeito de cursos d'água - rio Paraíba do Sul, nas condições do clima no seu entorno. Os resultados obtidos mostram que, no mês de julho, especificamente no dia 22, a frente fria se adentrou ao longo de toda a extensão do rio e causou variações na magnitude de ambas as variáveis (temperatura e umidade). Outro resultado importante foi o efeito de uma frente Subtropical que adentrou sobre a região ainda no mês de julho, mas não causou impactos em larga escala, atingindo em maior parte a região do estado de São Paulo. Verificou-se também, as margens do rio, especificamente a mata ciliar exerce um papel essencial para o microclima local, além dos sistemas frontais.

Palavras-chave: Sistemas sinóticos. Microclima. Rio Paraíba do Sul.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - a) Carta sinótica do dia 13 de julho de 2015; b) Carta sinótica do dia 16 de julho de 2015, apresentando a ocorrência de frentes estacionárias e frentes oclusas	4
Figura 2 - Representação dos sistemas sinóticos que atuam sobre a América do Sul	5
Figura 3 - Percurso da expedição ao longo do rio Paraíba do Sul, desde sua nascente até a foz ao mar.....	10
Figura 4 - Amostra da coleta de dados.....	12
Figura 5 – Perfil vertical de temperatura e umidade	12
Figura 6 – Frente fria sobre o sudeste do Brasil nos dias 21,22 e 23 de julho de 2015	15
Figura 7 - Frente subtropical sobre o sudeste do Brasil nos dias 25 e 26 de julho de 2015	16
Figura 8 – Frente fria sobre o Sudeste do Brasil nos dias 19 e 20 de agosto	17
Figura 9- Variação da temperatura no mês de julho para todas as cidades com sensores instalados	19
Figura 10 - Variação da umidade no mês de julho para todas as cidades com sensores instalados	20
Figura 11 - Variação da temperatura entre os dias 20 e 24 do mês de julho para todas as cidades com sensores instalados sobre a influência da mata ciliar ...	21
Figura 12 - Variação da umidade entre os dias 20 e 24 do mês de julho para todas as cidades com sensores instalados sobre a influência da mata ciliar.....	21
Figura 13 - Variação da temperatura entre os dias 20 e 24 do mês de julho para todas as cidades com sensores instalados sem a influência da mata ciliar.....	22
Figura 14 - Variação da umidade entre os dias 20 e 24 do mês de julho para todas as cidades com sensores instalados sem a influência da mata ciliar.....	23
Figura 15 – Variação da temperatura ao longo dos dias 21 a 23 de julho para a cidade de Paraibuna, mostrando a entrada de frente a partir da seta preta e o período de atuação da mesma na fase frontal, amostrado com a caixa vermelha.....	24

- Figura 16 – Variação da umidade ao longo dos dias 21 a 23 de julho para a cidade de Paraibuna, mostrando a entrada de frente a partir da seta preta e o período de atuação da mesma na fase frontal, amostrado com a caixa vermelha.....24
- Figura 17 – Variação da temperatura ao longo dos dias 21 a 23 de julho para a cidade de São José dos Campos, mostrando a entrada de frente a partir da seta preta e o período de atuação da mesma na fase frontal, amostrado com a caixa vermelha.....25
- Figura 18– Variação da umidade ao longo dos dias 21 a 23 de julho para a cidade de São José dos Campos, mostrando a entrada de frente a partir da seta preta e o período de atuação da mesma na fase frontal, amostrado com a caixa vermelha.....25
- Figura 19 – Variação da temperatura ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de Resende, mostrando a atuação da frente, amostrado com a caixa vermelha e o período de atuação de ondas de ar frio.....26
- Figura 20 – Variação da umidade ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de Resende, mostrando a atuação da frente, amostrado com a caixa vermelha e o período de atuação de ondas de ar frio.....27
- Figura 21 – Variação da temperatura ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de Volta Redonda, mostrando a atuação da frente, amostrado com a caixa vermelha e o período de atuação de ondas de ar frio.....27
- Figura 22 – Variação da umidade ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de Volta Redonda, mostrando a atuação da frente, amostrado com a caixa vermelha e o período de atuação de ondas de ar frio.....28
- Figura 23 – Variação da temperatura ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de Três Rios, mostrando a atuação da frente, amostrado com a caixa vermelha..... 28
- Figura 24 – Variação da umidade ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de Três Rios, mostrando a atuação da frente, amostrado com a caixa vermelha.....29
- Figura 25 – Variação da temperatura ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de Além Paraíba, mostrando a atuação da frente na região amostrada dentro da caixa vermelha, bem como também as fases pré e pós frontal.....29

- Figura 26 - Variação da umidade ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de Além Paraíba, mostrando a atuação da frente na região amostrada dentro da caixa vermelha, bem como também as fases pré e pós frontal.....30
- Figura 27 – Variação da temperatura ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de Cambuci, mostrando a atuação da frente na região amostrada dentro da caixa vermelha, bem como também as fases pré e pós frontal.....31
- Figura 28 – Variação da umidade ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de Cambuci, mostrando a atuação da frente na região amostrada dentro da caixa vermelha, bem como também as fases pré e pós frontal.....31
- Figura 29 – Variação da temperatura ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de Campos dos Goytacazes, mostrando a atuação da frente na região amostrada dentro da caixa vermelha, bem como também as fases pré e pós frontal.....32
- Figura 30 – Variação da umidade ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de Campos dos Goytacazes, mostrando a atuação da frente na região amostrada dentro da caixa vermelha, bem como também as fases pré e pós frontal.....32
- Figura 31 – Variação da temperatura ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de São Fidélis, mostrando a atuação da frente na região amostrada dentro da caixa vermelha, bem como também as fases pré e pós frontal.....33
- Figura 32 – Variação da umidade ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de São Fidélis, mostrando a atuação da frente na região amostrada dentro da caixa vermelha, bem como também as fases pré e pós frontal.....34
- Figura 33 – Variação da temperatura ao longo dos dias 24 a 27 de julho para a cidade de Paraibuna, mostrando a entrada de frente a partir da seta preta e o período de atuação da mesma na fase frontal, amostrado com a caixa vermelha.....35
- Figura 34 – Variação da umidade ao longo dos dias 24 a 27 de julho para a cidade de Paraibuna, mostrando a entrada de frente a partir da seta preta e o período de atuação da mesma na fase frontal, amostrado com a caixa vermelha.....35
- Figura 35 – Variação da temperatura ao longo dos dias 25 a 27 de julho para a cidade de Guaratinguetá, mostrando a atuação da frente subtropical, amostrado com a caixa vermelha e o período de atuação da mesma na fase pós frontal, amostrado com a caixa azul.....36

Figura 36 – Variação da umidade ao longo dos dias 25 a 27 de julho para a cidade de Guaratinguetá, mostrando a atuação da frente subtropical, amostrado com a caixa vermelha e o período de atuação da mesma na fase pós frontal, amostrado com a caixa azul.....	36
Figura 37– Variação da temperatura ao longo dos dias 24 a 27 de julho para a cidade de Resende, mostrando a atuação da frente subtropical na região amostrada dentro da caixa vermelha.....	37
Figura 38– Variação da umidade ao longo dos dias 24 a 27 de julho para a cidade de Resende, mostrando a atuação da frente subtropical na região amostrada dentro da caixa vermelha.....	37
Figura 39 – Variação da temperatura ao longo dos dias 24 a 27 de julho para a cidade de Volta Redonda, mostrando a atuação da frente subtropical na região amostrada dentro da caixa vermelha, bem como também as fases pré e pós frontal.....	38
Figura 40 – Variação da umidade ao longo dos dias 24 a 27 de julho para a cidade de Volta Redonda, mostrando a atuação da frente subtropical na região amostrada dentro da caixa vermelha, bem como também as fases pré e pós frontal.....	38
Figura 41– Variação da temperatura ao longo dos dias 24 a 27 de julho para a cidade de Três Rios, mostrando a atuação da frente subtropical na região amostrada dentro da caixa vermelha.....	39
Figura 42– Variação da temperatura ao longo dos dias 24 a 27 de julho para a cidade de Três Rios, mostrando a atuação da frente subtropical na região amostrada dentro da caixa vermelha e a relação entre um período de chuva e os dados de umidade amostrados com a caixa azul.....	39
Figura 43– Variação da temperatura ao longo dos dias 24 a 27 de julho para a cidade de Além Paraíba.....	40
Figura 44– Variação da umidade ao longo dos dias 24 a 27 de julho para a cidade de Além Paraíba.....	40
Figura 45– Amplitude diária de temperatura ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Paraibuna.....	41
Figura 46 – Amplitude diária de umidade ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Paraibuna.....	42

Figura 47 – Amplitude diária de temperatura ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de São José dos Campos.....	42
Figura 48 – Amplitude diária de temperatura ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de São José dos Campos.	43
Figura 49 – Amplitude diária de temperatura ao longo dos dias 25 a 27 de julho para a cidade de Guaratinguetá.....	43
Figura 50 – Amplitude diária de umidade ao longo dos dias 25 a 27 de julho para a cidade de Guaratinguetá.....	44
Figura 51 – Amplitude diária de temperatura ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Resende.....	44
Figura 52 – Amplitude diária de umidade ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Resende.....	45
Figura 53 – Amplitude diária de temperatura ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Volta Redonda.....	45
Figura 54 – Amplitude diária de umidade ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Volta Redonda.....	46
Figura 55 – Amplitude diária de temperatura ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Três Rios.....	46
Figura 56 – Amplitude diária de umidade ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Três Rios.....	47
Figura 57 – Amplitude diária de temperatura ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Além Paraíba.....	47
Figura 58 – Amplitude diária de temperatura ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Além Paraíba.....	48
Figura 59 – Amplitude diária de temperatura ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Itaocara.....	48
Figura 60 – Amplitude diária de umidade ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Itaocara.....	49
Figura 61 – Amplitude diária de temperatura ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Cambuci.....	49
Figura 62 – Amplitude diária de umidade ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Cambuci.	50
Figura 63 – Amplitude diária de temperatura ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Campos dos Goytacazes.	50

Figura 64 – Amplitude diária de umidade ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Campos dos Goytacazes.....	51
Figura 65 – Amplitude diária de temperatura ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de São Fidélis.....	51
Figura 66 – Amplitude diária de umidade ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de São Fidélis.....	52
Figura 67 – Amplitude diária de temperatura ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de São João da Barra.....	52
Figura 68 – Amplitude diária de umidade ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de São João da Barra.....	53
Figura 69 – Variação da temperatura ao longo de Paraibuna, no dia 31 de julho, a uma análise entre os dados do balão com 5 sensores – 1 metro, 3 metros, 5 metros, 7 metros e a 10 metros de altura- e os dados do ibutton fixo.....	55
Figura 70 – Variação da umidade ao longo de Paraibuna, no dia 31 de julho, a uma análise entre os dados do balão com 5 sensores – 1 metro, 3 metros, 5 metros, 7 metros e a 10 metros de altura- e os dados do ibutton fixo.....	55
Figura 71 – Variação da temperatura ao longo de São José dos Campos, no dia 12 de agosto, a uma análise entre os dados do balão com 5 sensores – 1 metro, 3 metros, 5 metros, 7 metros e a 10 metros de altura- e os dados do ibutton fixo. Caixa vermelha apresenta o momento da passagem do balão pela corredeira.	56
Figura 72 – Variação da umidade ao longo de São José dos Campos, no dia 12 de agosto, a uma análise entre os dados do balão com 5 sensores – 1 metro, 3 metros, 5 metros, 7 metros e a 10 metros de altura- e os dados do ibutton fixo. Caixa vermelha apresenta o momento da passagem do balão pela corredeira.	57
Figura 73– Média de temperatura entre os dias 25 e 31 de julho para todas as cidades com ibuttons instalados ao longo do percurso do rio Paraíba do Sul.....	59
Figura 74– Média de umidade entre os dias 25 e 31 de julho para todas as cidades com ibuttons instalados ao longo do percurso do rio Paraíba do Sul.....	59
Figura 75– Perfil de elevação entre a nascente do rio Paraíba do Sul, em Campos de Cunha, e a cidade de Paraibuna.....	59
Figura 76– Perfil de elevação entre Paraibuna e São José dos Campos.....	60

Figura 77 – Média diurna de temperatura entre os dias 25 e 31 de julho para todas as cidades com ibuttons instalados ao longo do percurso do rio Paraíba do Sul.....61

Figura 78 – Média diurna de umidade entre os dias 25 e 31 de julho para todas as cidades com ibuttons instalados ao longo do percurso do rio Paraíba do Sul.....61

Figura 79 – Média noturna de temperatura entre os dias 25 e 31 de julho para todas as cidades com ibuttons instalados ao longo do percurso do rio Paraíba do Sul.....62

Figura 80 – Média noturna de umidade entre os dias 25 e 31 de julho para todas as cidades com ibuttons instalados ao longo do percurso do rio Paraíba do Sul.....62

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Distância das cidades com relação a nascente do rio Paraíba do Sul, de acordo com o deslocamento do rio.....	57
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
3.1. SISTEMAS SINÓTICOS ATUANTES SOBRE A AMÉRICA DO SUL	2
3.2. SISTEMAS LOCAIS ATUANTES SOBRE O MICROCLIMA	6
3.3. EFEITOS DE CURSOS D'ÁGUA NO MICROCLIMA	7
4. DADOS E MÉTODOS	9
4.1. PROJETO CACHOEIRAS	9
4.2. INSTRUMENTOS DE MEDIDA	11
4.3. ANÁLISE DOS DADOS.....	14
5. RESULTADOS	18
5.1 FRENTE FRIA DIA 22 DE JULHO.....	23
5.2. FRENTE SUBTROPICAL 25 DE JULHO	34
5.3. AMPLITUDE DIÁRIA	41
5.4. BALÃO	54
5.5 DISTANCIA NASCENTE X MÉDIA TEMPERATURA E UMIDADE	57
6. CONCLUSÃO.....	63
7. REFERÊNCIAS	64
ANEXOS	72

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas sinóticos - sistemas transientes - são amplamente relacionados às condições de tempo local. A América do Sul (AS), por apresentar uma grande continentalidade desde aproximadamente 12°S até 50°S de latitude, está susceptível a ocorrências de sistemas sinóticos em toda a sua extensão (Reboita et al., 2012). Em especial o Brasil, por ser o maior país em extensão da AS, apresenta grande variação de tempo. Segundo Cavalcanti e Kousky (2003) e Marengo et al. (1997), as regiões sul e sudeste brasileiras sofrem a influência de frentes frias o ano todo. A região contemplada por este estudo é o Sudeste brasileiro, que apresenta grande susceptibilidade a passagens de frentes frias e formação ou intensificação de sistemas frontais (Silva, 2003), diretamente relacionados às variações de parâmetros atmosféricos tais como temperatura, umidade, pressão, vento e precipitação (Morais et al., 2010).

A estação do ano em que há um maior número de frentes registradas, que percorrem quase todo o extremo sul do continente é o inverno (Escobar, 2007; Moraes et al., 2008). No inverno, os sistemas sinóticos frontais, principalmente as frentes advindas de sistemas de baixa pressão, apresentam uma maior sucessão em frequência e deslocamento (Lemos e Calbete, 1996). De acordo com o estudo de Lemos e Calbete (1996), no verão estes sistemas sinóticos na região Sudeste do Brasil são praticamente semi-estacionários, mas apresentam baixa probabilidade de ocorrência (Andrade e Cavalcanti, 2004; Andrade, 2007).

O microclima local pode ser alterado a partir da entrada de sistemas sinóticos, o que leva ao aumento de precipitação, aumento da intensidade dos ventos e diminuição de temperatura ou por efeitos locais. Vários estudos identificaram as influências para o microclima advindos de mudanças da cobertura do solo (p. ex: Rost et al., 2009; Morecraft et al., 1998) e do efeito das ilhas de calor urbana (p. ex: Lucena et al., 2013; Frey et al., 2011; Lombardo, 1985), verificando desta forma uma influência local para as mudanças no microclima.

A contribuição para o estudo de respostas locais a entrada de sistemas sinóticos poderá ser obtida através dos dados coletados com o Projeto Cachoeiras. O projeto realizado entre os meses de Julho e Setembro de 2015, com participação do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Centro Nacional de Monitoramento

e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) e Universidade Federal de Itajubá (Unifei), consistiu de iniciativa inédita no contexto esportivo, científico e cultural no Brasil. O canoísta brasileiro Pedro Oliva, conhecido pelo seu recorde mundial de salto com caiaque na cachoeira de Salto Belo (MT), percorreu o rio Paraíba do Sul, desde a nascente no município de Areias (SP), até a cidade de São João da Barra (RJ), onde o rio desemboca no mar, na extensão de 1000 Km, coletando dados do rio e da atmosfera adjacente. Maiores detalhes do projeto podem ser encontrados em Pacheco et al. (2016).

Desta maneira, pretende-se analisar os efeitos meteorológicos ao longo do rio, bem como a influência destes para o microclima local e os efeitos também do curso d'água para o mesmo.

2. OBJETIVOS

Este presente trabalho tem por objetivo principal verificar o efeito de sistemas sinóticos e/ou locais, verificando se há uma sobreposição destes efeitos sobre o microclima local ao longo do rio Paraíba do Sul.

De forma secundária, mas não menos importante, pretende-se verificar os efeitos deste rio para o microclima, como a influência de corredeiras, cachoeiras e margens (efeitos locais). De forma preliminar, verificou-se no trabalho de Assireu et al. (2015) que os efeitos de cachoeiras e corredeiras influenciaram os dados de temperatura e umidade, sendo assim uma potencial influência para o microclima.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Sistemas sinóticos atuantes sobre a América do Sul

Os sistemas sinóticos mais comuns que ocorrem sobre a América do Sul, em especial o Brasil, são tratados por vários autores. Reboita et al., (2009) mostrou que grande parte dos sistemas são: sistemas frontais, ciclones, complexos convectivos de mesoescala (CCMs), vórtices ciclônicos de altos níveis (VCANS), Zona de convergência Intertropical (ZCIT) e Zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

Um ciclone é um sistema de baixa pressão oriundo do aquecimento das águas do oceano na qual há a ascensão de ar quente. Apresenta isóbaras fechadas com definição aparentemente circulares, cujos ventos giram no sentido anti-horário no

Hemisfério Norte e no sentido horário no Hemisfério Sul. No caso da América do Sul, a medida que as massas de ar se propagam desde o Equador até as latitudes maiores, um gradiente de temperatura é gerado e por consequência disto, em superfície, pode ocorrer a formação do ciclone (Ford e Moore, 1990; Reboita et al., 2009), bem como a existência de cavados e cristas e a instabilidade frontal (Seluchi et al., 2001; Reboita, 2008). Este sistema, em especial sobre a região sudeste brasileira está diretamente ligado a ocorrência de precipitação.

Os CCMs são caracterizados por um sistema de nebulosidade (cumulonimbos), que se forma pelo agrupamento de várias tempestades convectivas e que produz uma área contínua de precipitação com dimensão igual ou maior que 100 km (Houze, 1993).

Um sistema subtropical que atua principalmente sobre as regiões Sul e Sudeste do Brasil, produzindo chuvas fortes e até mesmo ocorrência de geadas (Fortune, 1982) são os VCANS.

A ZCIT é região de convergência dos ventos alísios de nordeste provenientes do Hemisfério Norte, com os ventos alísios de sudeste provenientes do Hemisfério Sul, nos níveis mais baixos da atmosfera (Glickman, 2000), que também está associada a convecção. Segundo Kousky (1988), a cobertura de nuvens que se estende ao longo da AS, desde o noroeste até o sudeste é caracterizada como ZCAS. É possível notar a cobertura de nuvens associada a estes sistemas a partir da análise de imagens de satélites.

No Atlântico Sul, a Alta Subtropical (ASAS), sistema de alta pressão com baixa probabilidade de ocorrência de cobertura de nuvens (Tubelis e Nascimento, 1992) - sistema de bom tempo- são massas de ar seco, mais quentes, que atuam nos padrões e nas variações do clima da AS. Pensando no Brasil, no inverno ela inibe a entrada de frentes (Bastos e Ferreira, 2000) e causa inversão térmica e, favorece, em suma, a formação de geadas e nevoeiros principalmente sobre o sudeste e sul do país. No verão, influenciam o transporte de umidade em baixos níveis, ao longo das ZCAS (Bastos e Ferreira, 2000).

O conceito de sistemas frontais - sistema que atuam sobre a AS, foi introduzido por Bjerknes (1919), como sendo a relação entre duas massas de ar, uma mais quente e por consequência com maior umidade, e uma massa mais fria com menor umidade. Essa definição foi melhorada com o tempo, associando a interação da frente com a superfície (Pettersen, 1956; Vianello, 1991; Oliveira et al., 2001).

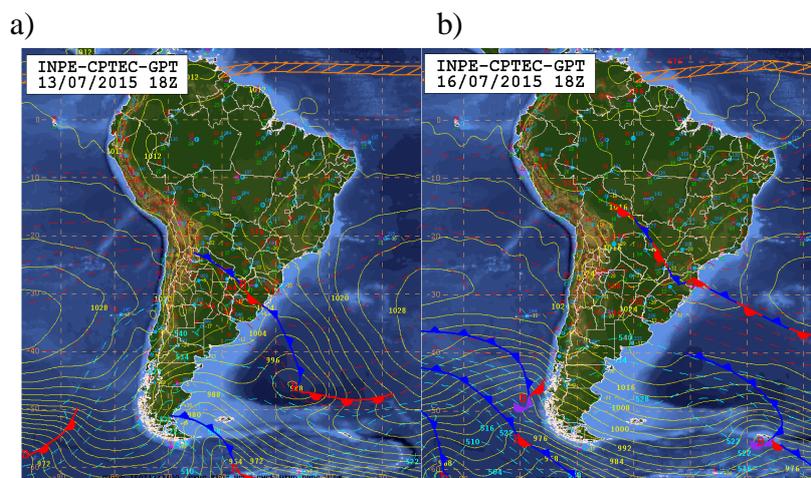


Figura 1- Sistema frontal; a) Carta sinótica do dia 13 de Julho de 2015, apresentando a ocorrência de um sistema de baixa pressão sobre o continente associado a frente quente (ramo vermelho) e a frente fria (ramo azul). b) Carta sinótica do dia 16 de Julho de 2015, apresentando a ocorrência de frentes estacionarias (sobre o continente) e frentes oclusas (sobre o oceano, com ramos roxos).

Fonte: CPTEC

Um sistema frontal é basicamente o conjunto de três sistemas: uma frente quente, uma frente fria e um sistema de baixa pressão na superfície. Estes três sistemas podem ser verificados nas cartas sinóticas - mapas que representam as características do tempo presente, de acordo com Andrade (2005) (Figura 1). É importante salientar que a baixa pressão em superfície é caracterizada por um ciclone.

A frente quente associa-se com a troca do ar quente pelo ar frio em superfície, com aumento da temperatura, pressão e umidade local após sua passagem (Vianello, 1991; Fedorova, 1999; Oliveira et al., 2001). Lima (1985), mostrou que no Brasil, as frentes quentes só ocorrem na região sul do país entre as estações do outono, primavera e inverno, mas que a frequência de ocorrências é muito baixa.

A frente fria faz com que o ar quente, próximo a superfície, ascenda e forme nuvens com grande desenvolvimento vertical de tal modo que a temperatura diminui e o vento muda de direção. Segundo Andrade (2005), de maneira anterior a passagem da frente, as condições atmosféricas se pronunciam de tal maneira que ocorre um aumento na temperatura e na intensidade dos ventos, com leve diminuição da pressão. Sucessivamente, após a passagem da frente fria, o inverso ocorre:

temperatura e vento (mudando sua direção) diminuem e a pressão aumenta. (Vianello, 1991; Fedorova, 1999; Oliveira et al., 2001).

Em efeitos de deslocamento dos sistemas frontais - frentes frias, a distância de 1500 quilômetros é percorrida em 2 dias, de acordo com Lemos e Calbete, (1998) ao longo do deslocamento da frente entre Porto Alegre e o Rio de Janeiro. Fenômenos como El Niño e La Niña podem agir de forma direta para a intensificação ou diminuição, respectivamente, de ocorrências de frentes frias, Fedorova e Carvalho, (2000).

Em relação aos sistemas frontais, ainda se tem dois tipos de frentes: as frentes estacionárias nas quais não se tem deslocamento da frente; e as frentes oclusas, subentendidas como o alcance do ramo frio da frente com o ramo quente da mesma, favorecendo a ascensão de ar quente. Quanto maior a oclusão, menor será a taxa de precipitação. (Vianello, 1991; Oliveira et al., 2001).

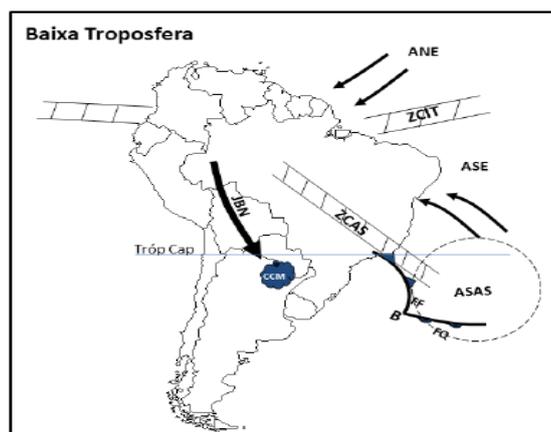


Figura 2. Representação dos sistemas sinóticos que atuam sobre a América do Sul- adaptação de Reboita et al. 2010a). Nesta representação as siglas ANE (ASE) representam os alísios de nordeste (sudeste). B é referente ao sistema de baixa pressão, associado a FF (frente fria) e a FQ (frente quente).

Sob efeito de sistemas frontais, o vento próximo a superfície sofre aumento considerável (Stech e Lorenzetti, 1992). No caso da temperatura, sua magnitude diminui, estando associada a incursão do ar frio proveniente das massas de ar que ficam quase que estacionárias sobre uma região devido a ocorrência de um bloqueio atmosférico; a precipitação aumenta em função da cobertura de nuvens (Quadro et al., 1996). Como já discutido, nos meses mais frios é que ocorrem tais fenômenos

(Parmenter, 1976, Satyamurty et al. 1990, Seluchi e Nery, 1992, Marengo et al. 1997, Vera e Vigliarolo, 2000, Lupo et al. 2001, Satyamurty et al., 2002).

A luz da figura 2, adaptada de Reboita et al. (2010a), podemos esquematizar a atuação dos sistemas sinóticos sobre a América do Sul. A compreensão destes processos se faz necessária para o entendimento das variabilidades das medidas de variáveis atmosféricas, como temperatura, vento, umidade e pressão. Sobre o Brasil, os sistemas sinóticos atuam de maneira bem pronunciada de maneira a conduzir nosso clima, em especial, ao verão chuvoso e ao inverno mais seco.

3.2. Sistemas locais atuantes sobre o microclima

As respostas locais podem ser dadas em função da alteração do microclima. O conhecimento do microclima local é de suma importância tanto para a população, quanto para o planejamento urbano. Muitos são os efeitos locais atuantes na atmosfera adjacente a superfície da terra, que precisam ser entendidos, tanto na sua forma conceitual, como na influência sobre o clima local.

Ilhas de calor são entendidas como o aumento da temperatura tanto da superfície quanto do ar adjacente a ela, de tal forma que este aquecimento se dá em maior magnitude do que em áreas rurais ou suburbanas (Arya, 2000). De acordo com Oke (1978), a caracterização de ilhas de calor leva em consideração processos como: o calor proveniente dos telhados e chaminés das construções, os fluxos de radiação de ondas curtas advindas da poluição existente, a convergência de calor sensível em função da diminuição da intensidade do vento próximo a superfície, entre outras características.

As ocorrências de ilhas de calor, em especial em cidades com grande urbanização - grandes centros e grandes construções, influenciam de maneira direta o balanço de radiação que ocorre em superfície. A influência sobre os balanços cria circulações locais, que associada as circulações já existentes, como brisas fluviais e circulações de escala sinótica, alteram de forma significativa o microclima local (Souza, 2008).

Outro processo que ocorre de maneira a influenciar a superfície e de tal maneira o microclima local é a inversão térmica. Processo este entendido como um fenômeno atmosférico, onde uma camada de ar quente próximo a superfície, impede que haja

dispersão das massas de ar frio que estão mais próximas ao solo, levando a concentração das massas de ar frio em superfície (Galvani et al. 2010).

3.3. Efeitos de cursos d'água no microclima

O estudo da interferência do microclima aplicado as regiões de vale, que são regiões onde os grandes cursos d'água se localizam, mostra a ocorrência de ventilação natural, proveniente da concentração de massa de ar e da criação de zonas de alta pressão mais úmidas nas suas redondezas (Masiero, 2014). A mata ciliar associada aos cursos d'água auxilia no clima local, a partir de contribuições como sombras nas margens, que amenizam o calor, melhoram a qualidade do ar e distribuição do vento para os centros urbanos (Masiero, 2014).

Xu et al. (2010), ao analisar a influência de um corpo d'água sobre a área projetada de Jardins da Exposição Mundial em Shanghai, mostrou que a superfície dos corpos d'água podem afetar significativamente o microclima local de forma a interferir no conforto dos pedestres, durante os dias mais quentes no verão. Hathway & Sharples (2012) chegaram à conclusão que, a partir do estudo em Sheffield (Inglaterra), a variação sazonal da temperatura da água do rio Don está diretamente relacionada a mesma variação sazonal da temperatura as margens.

Em estudo realizado por Changnon (1980) sobre a influência do Lago Michigan na precipitação das áreas rurais e urbanas de Chicago (EUA), foram obtidos resultados que mostraram que a precipitação aumentou cerca de 17% na área central da cidade, com relação as áreas adjacentes, como Saint Louis, no verão e na primavera dos anos entre 1931 e 1976.

Johansson & Emmanuel (2006) estudaram a influência da brisa marítima e da morfologia urbana sobre o microclima de Colombo, no Sri Lanka, através de dados de temperatura do ar e da superfície, umidade e velocidade de vento em cinco áreas urbanas e uma área rural, na estação mais quente. As áreas urbanas diferem entre si pela relação entre a altura e a largura dos cânions, pela cobertura do solo e pela proximidade ao mar. Os resultados obtidos mostraram que: o sombreamento é a principal forma de diminuição de temperatura do ar; existência de ilhas de calor noturnas em áreas de céu não totalmente limpo; e que a velocidade do vento média foi de aproximadamente 2 m/s, ao passo que esta diminui à medida que os obstáculos, como as construções, aumentam.

De acordo com Jauregui (1991), em estudo aplicado sobre uma área a nordeste da Cidade do México, durante a implementação do projeto Texcoco, no final da década de 70, mostrou que a associação de uma vegetação rasteira com um pequeno curso d'água ocasionou em um aumento na umidade da região, de tal forma que, associado ao vento e o seu transporte de umidade e, somado a evapotranspiração, as tempestades de areia e as ondas de calor (durante o período mais seco do dia) diminuíram de intensidade.

Barbirato et al. (2001) estudou a influência da lagoa Mundaú e o Oceano Atlântico sobre o conforto térmico na cidade de Maceió, a partir de três pontos de análise: o primeiro ponto na margem da lagoa; o segundo no centro de Maceió; terceiro ponto na orla do mar. Foram constatadas diferenças na temperatura do ar, em aproximadamente 2,2°C, entre o ponto na orla marítima e o ponto a 1,5 Km da orla – no centro da cidade. Os pontos mais próximos aos corpos d'água apresentaram menores temperaturas e menor amplitude térmica, e também uma menor variação da umidade relativa. Foi possível notar que, no pôr do sol, as temperaturas tendiam a estabilização em todos os pontos estudados, mostrando que, em algumas localidades específicas, próximas a costa e sobre a influência de brisas marítimas, apresentavam tendências diferenciadas de ilhas de calor urbana.

Em continuação de seu estudo, Barbirato et al. (2012) obtiveram resultados associados aos impactos urbanização para o microclima de Maceió, através de 15 pontos de medidas móveis, chamados de transectos, a fim de se verificar os diferentes perfis de temperatura associados a forma urbana e suas influências sobre o microclima local. Os resultados obtidos mostraram que próximo a cursos d'água, as temperaturas no período vespertino são mais altas e que durante o restante do dia, as temperaturas são menores, o que está diretamente associado a uma amplitude térmica menos pronunciada, principalmente nas regiões circundantes as massas de água. Mostrou-se também que nos transectos que cobriam as regiões com maior elevação, a temperatura apresentava maior variação diária.

A influência da geometria urbana, associada principalmente as construções, para o microclima foi estudada através de modelo de escala reduzida, por Krüger & Pearlmutter (2008). O modelo construído na Universidade de Bem-Gurion em Israel consistiu de uma malha de tijolos enfileirados representando, em escala, casas e prédios. O estudo iniciou a partir da injeção de umidade entre as fileiras, as quais representava as ruas, a fim de se conhecer os impactos causados sobre o balanço

energético global da superfície em escala. Para tal conhecimento duas áreas iniciais foram abordadas: uma comparação a partir de um modelo semi-empírico das regiões de predição e dados de temperatura medidas nos cânions, variando-se distribuição de umidade; e uma exposição das temperaturas dos cânions e das taxas de evapotranspiração do mesmo, ao sol e ao vento. Os resultados obtidos mostraram que a temperatura do ar é reduzida de maneira considerável no modelo do cânion urbano e na presença de painéis evaporativos ao longo das ruas. Neste trabalho os autores incentivaram as pesquisas relacionadas ao comportamento urbano climático diferenciado de sistemas tropicais, principalmente a nível microclimático.

Spirn 1995 mostrou em seu livro “O jardineiro de granito” que o efeito climático de uma região sombreada pode ser sentido as ruas adjacentes a esta região. Sailor (1998) mostrou em seu estudo sobre o aumento da vegetação e seus impactos, que principalmente nas grandes cidades, o aumento da vegetação pode impactar de forma significativa o clima local, principalmente em épocas secas, causando um efeito indireto para o resfriamento da cidade.

Pouco se tem estudado sobre o microclima, devido a sua alta complexidade morfológica e sobre os fenômenos físicos que ocorrem de forma paralela sobre a influência de condições climáticas (Masiero, 2014).

4. DADOS E MÉTODOS

4.1. Projeto Cachoeiras

O projeto Cachoeiras foi uma iniciativa inédita no Brasil. Pedro Oliva, canoísta brasileiro e detentor do recorde Mundial de salto em Cachoeiras concluiu uma expedição pelo rio Paraíba do Sul, desde sua nascente até sua foz, percorrendo 1.136 Km. O canoísta remou ao longo de todo o percurso do rio coletando dados tanto do meio (rio), em especial, dados de qualidade da água, quanto da sua superfície adjacente. Da mesma forma, uma equipe por terra também coletava dados às margens do rio.

O projeto visou a união de três plataformas: 1) ciência, associada a coleta e análise dos dados, por cientistas qualificados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) e Universidade Federal de Itajubá (Unifei);

O rio Paraíba do sul, possui grande importância por ser uma bacia que cruza grandes centros urbanos do país (Araújo, 1998), como por exemplo, São José dos Campos (SP) e a cidade de Volta Redonda (RJ) (fig. 3). A bacia do rio tem uma área de aproximadamente 62.074km² e abrange 184 municípios, sendo 88 em Minas Gerais, 57 no Rio de Janeiro e 39 em São Paulo. Dos 52 municípios que são banhados pelo rio Paraíba do Sul, ou por seus reservatórios formadores (Paraibuna e Paraitinga), 28 captam água do Paraíba do sul para abastecimento.

O rio Paraíba surge, na cidade de Paraibuna-SP, a partir da confluência entre os rios Paraibuna e Paraitinga. O rio Paraitinga nasce em Areias-SP e o rio Paraibuna nasce em Cunha-SP. Ambos nascem a 1800 metros de altitude e apresentam características de uso de água como: abastecimento, diluição de esgotos, irrigação e geração de energia hidrelétrica, sendo que o Paraíba do Sul é o principal manancial de abastecimento do estado do Rio de Janeiro. No leito do rio Paraíba do Sul estão localizados importantes reservatórios de usinas hidrelétricas, como Paraibuna, Santa Branca e Funil (Agência Nacional das Águas- ANA)

A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul tem destacada importância no cenário nacional por estar localizada entre os maiores polos industriais e populacionais do País e pelo processo que envolve o gerenciamento de seus recursos hídricos. Caracteriza-se pelos acentuados conflitos de usos múltiplos e pelo peculiar desvio das águas para a bacia hidrográfica do rio Guandu com a finalidade de geração de energia e abastecimento de cerca de nove milhões de pessoas na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ)(ANA).

4.2. Instrumentos de medida

As medidas, tanto da coleta de dados hídricos como os dados atmosféricos foram feitas por sensores, que estavam acoplados ao caiaque (fig. 4), ou que estavam instalados em terra, as margens do rio.

A bordo do caiaque estavam sensores de medidas de qualidade de água: uma sonda limnológica multiparâmetro da marca Yellow-Spring, modelo 6600, que medi temperatura da água (com resolução de 0,01°C e 5% de acurácia), oxigênio dissolvido (resolução de 0,01 mg/l e acurácia de 2%), e condutividade (resolução de 1,0 µS/cm e acurácia de 0,5%). Medidas de temperatura da superfície da água foram realizadas também por um termistor autônomo da marca HOBO.



Figura 4 – Coleta de dados a partir de sensores de temperatura e umidade relativa do ar suspensos por um balão preso ao caiaque e medidas para análises de qualidade da água baseado em medidas a partir de uma sonda limnológica multiparâmetro e coletas *in situ*. Fonte: Assireu et al. (2015).

Medições de parâmetros atmosféricos foram possíveis a partir de duas abordagens: 1) mini-estação meteorológica da marca Kestrel 4500 fixada na proa do caiaque que mediu pressão ao nível do mar, (0,1 hPa de acurácia), velocidade do vento (3% de acurácia), temperatura (0,5 °C de acurácia), temperatura do ponto de orvalho (1,4 °C de acurácia) e umidade relativa do ar (3 % de acurácia). 2) perfil vertical de temperatura e umidade relativa a partir do termo-higrômetro portátil do tipo ibutton, marca Embedded data Systems, modelo DS-1923, com 0,6 % de acurácia na umidade relativa e 0,5°C de resolução e acurácia na temperatura.



Figura 5 – Perfil vertical dos dados de temperatura e umidade. Fonte: Assireu et al. (2015)

Estes sensores, programados para efetuarem medidas a cada 10 minutos, foram fixados a 1, 3, 5, 7 e 10m de altura ao longo da corda de um balão amarrado ao caiaque. O balão, a 20 metros de altura foi utilizado para se obter um perfil vertical da atmosfera (fig. 5), mesmo que ainda em espaçamento curto dos sensores, de umidade e temperatura. A utilização do balão se deu, em pontos específicos ao longo do rio, como passagem por cidades, trechos de corredeiras fortes, trechos de cachoeira e a passagem nos grandes reservatórios, como o reservatório de Paraibuna.

Em complemento a estas medidas, tendo em vista o estudo da variabilidade espaço-temporal da umidade relativa e temperatura do ar ao longo do curso do rio, foram instalados também, a cada 50 km aproximadamente, 01 ibutton à margem do rio. Os pontos foram escolhidos em função da melhor amostragem de toda a variabilidade de uso e ocupação das margens experimentada pelo rio ao longo de seu curso: mata ciliar, ondas de calor urbanas, extensas pastagens, reservatórios hidrelétricos, corredeiras e cachoeiras, Assireu, et al. (2015). Os ibuttons em terra utilizavam uma resolução temporal de 30 minutos, tendo em vista a velocidade na qual a expedição ia avançando. Os sensores, por apresentarem bateria e armazenagem própria, e duplas medidas (temperatura e umidade), teve que ser descarregado ao longo do projeto quando cerca de 2000 dados por variável.

Alguns sensores programados inicialmente de 10 em 10 minutos para efetuarem a leitura, fugindo assim da resolução temporal adotada de 30 em 30 minutos, atingiram sua capacidade máxima de armazenamento, não coletando dados por um longo período de tempo, como por exemplo, o sensor de Guratinguetá que apresenta somente dados entre os dias 25 de Julho a 22 de Agosto. Os dados dispostos a cada 10 minutos passaram por uma rotina de programação em Fortran para a obtenção dos mesmos no intervalo de 30 em 30 minutos a fim de que a comparação com os demais sensores instalados as margens do rio pudesse ser realizada. Outra dificuldade com a obtenção dos resultados para todos os pontos de ibuttons instalados foi a perda do sensor após a sua primeira coleta de dados, principalmente nas cidades de São José dos Campos, Guaratinguetá e Guararema.

O período de tempo no qual os sensores em terra foram utilizados foi maior que o período da expedição. A coleta dos dados estendeu-se até dezembro de 2015.. Dessa maneira, uma ampla gama de dados pode ser analisada a fim de se verificar o comportamento dos parâmetros atmosféricos antes, durante e depois da passagem da expedição.

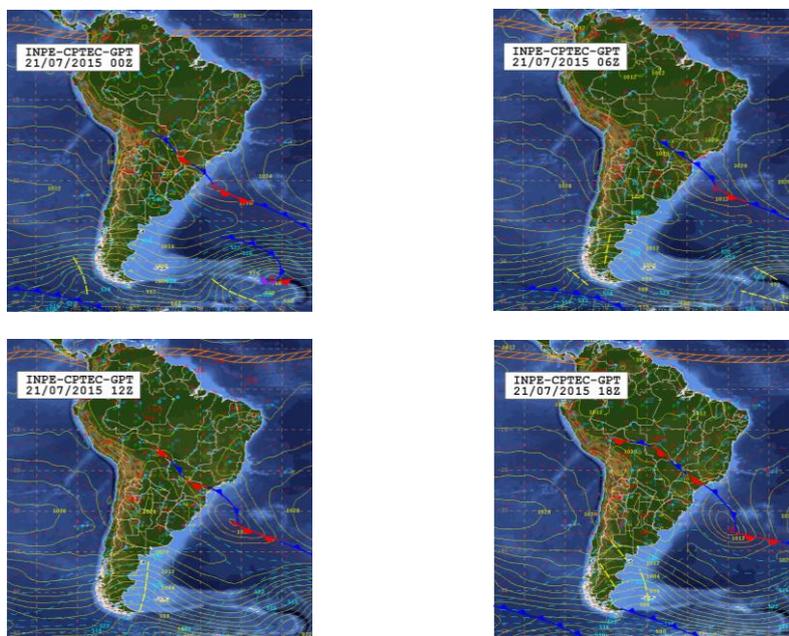
4.3. Análise dos dados

Neste trabalho, apenas os dados atmosféricos coletados no projeto serão estudados. Ao todo são mais de 400.000 dados, ao longo de toda extensão do rio Paraíba do Sul, de temperatura e umidade a serem analisados. Segundo Masiero (2014) os dados de temperatura, umidade, velocidade do vento e radiação são os mais utilizados para estudo de clima urbano.

Os dados dos ibuttons foram obtidos através de uma interface com o computador, que dispunha de tabelas no programa Excel contendo a data, hora e os dados. Duas planilhas foram geradas pela interface para cada sensor instalado; uma planilha para temperatura e outra de umidade.

Uma análise feita é a comparação dos dados, a partir de gráficos elaborados no Excel, com a situação de uma frente fria, através da análise de cartas sinóticas, atuando sobre a região contemplada pelo projeto, a fim de se obter a influência dos sistemas frontais sobre o microclima local. As cartas sinóticas apresentadas abaixo foram obtidas do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), ao longo de todos os dias do projeto, para os meses de julho a setembro de 2015, representando os períodos nos quais ocorreu a entrada de sistemas sinóticos sobre a região na qual o projeto se estendeu.

A figura 6 apresenta uma frente fria adentrando sobre a região sudeste do Brasil no dia 21 de Julho às 06Z e se afastando entre as 00Z e as 06Z do dia 23 de Julho. No dia 25, a partir da configuração de uma baixa pressão sobre o Atlântico, uma frente subtropical atua sobre a região de estudo, se estendendo até o dia 26 – figura 7.



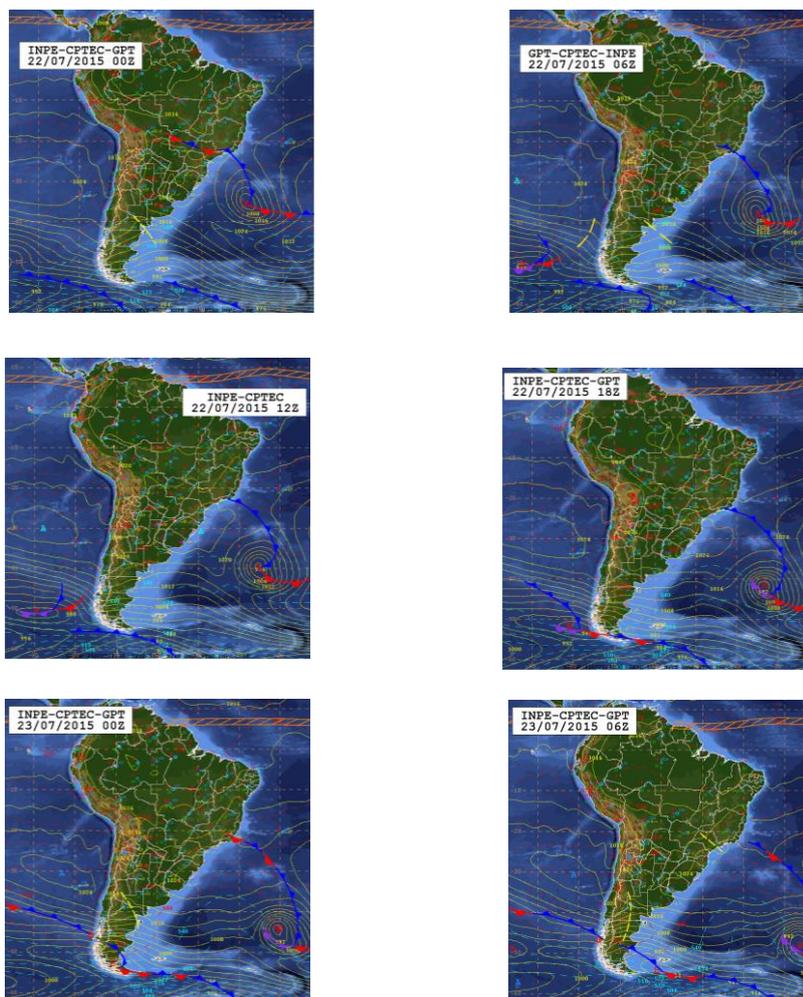
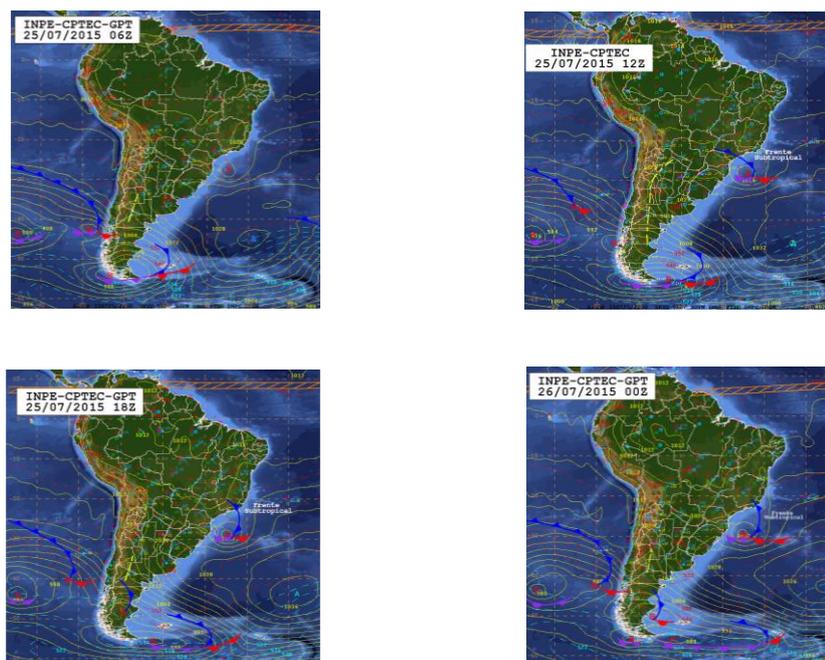


Figura 6 – Entrada de uma frente fria sobre o Sudeste do Brasil entre 21 e 23 de julho de 2015.



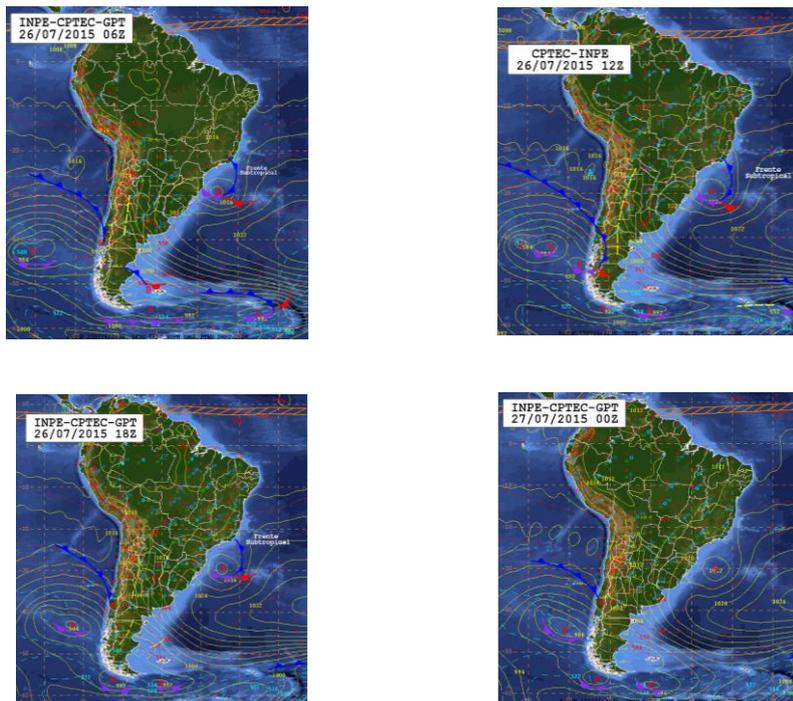
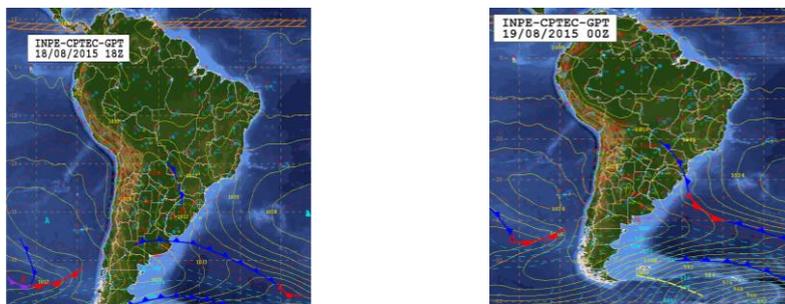


Figura 7 – Caracterização de uma frente Subtropical sobre o Sudeste do Brasil entre os dias 25 e 26 de julho de 2015.

No mês de Agosto, uma caracterização da frente fria adentrando sobre a região sudeste se deu a partir da formação de um sistema de baixa pressão sobre o Atlântico no dia 19 as 00Z, dando origem, no mesmo dia, as 18Z, a uma frente subtropical atuante até o dia 20 – figura 8.



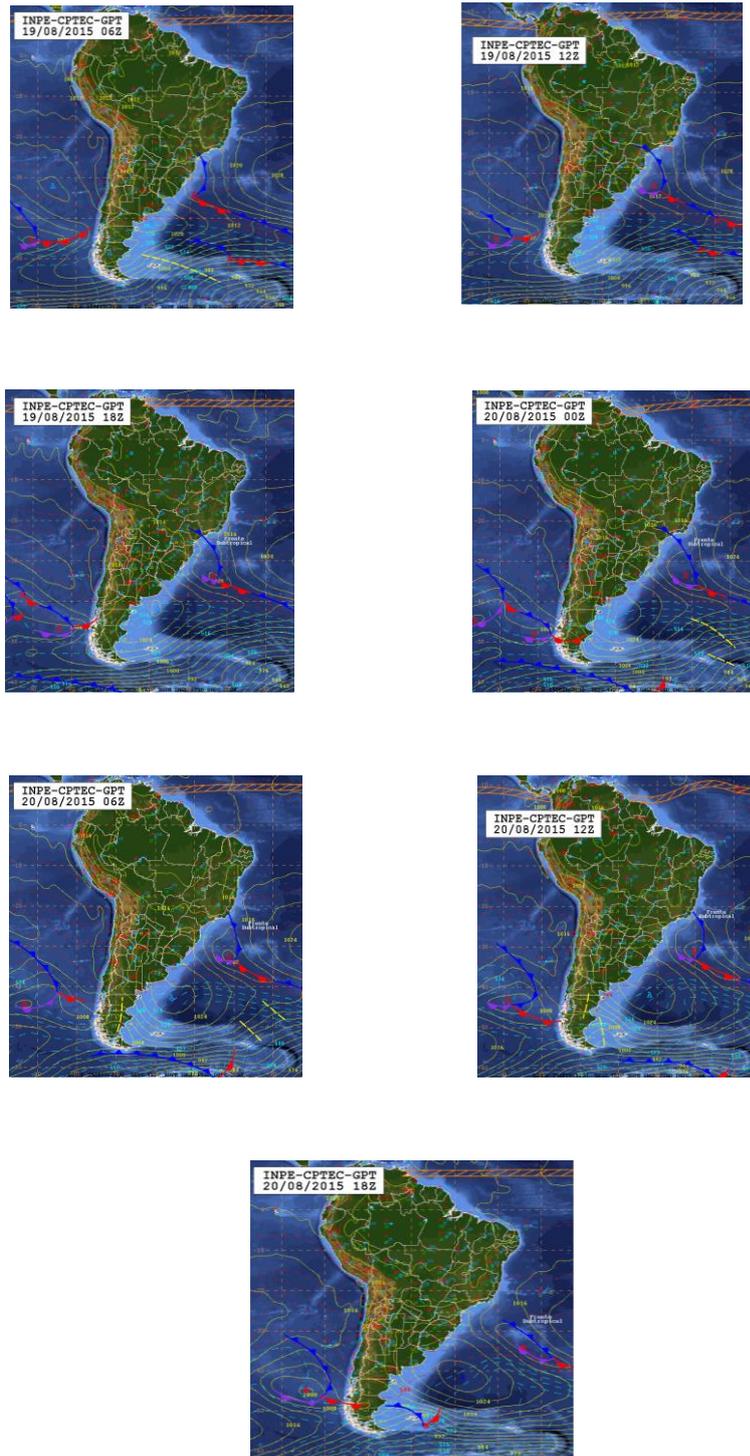


Figura 8 – Caracterização de uma frente Subtropical sobre o Sudeste do Brasil entre os dias 19 e 20 de agosto de 2015.

A partir das datas de entrada das frentes frias obtidas com as cartas sinóticas, foi possível verificar a influência das mesmas nos dados de temperatura e umidade coletados através dos ibuttons, de tal forma, que a variação se tornou visível a partir

dos gráficos gerados. A localização das frentes nos dados, em específico o momento a partir do qual a temperatura e a umidade, que são inversamente proporcionais, saem de suas variações normais ao longo do dia e sofrem uma mudança de forma considerável é obtida através de diferentes critérios, os quais consideram em sua grande parte a máxima e a mínima temperatura diária, de acordo com Gonçalves et al.(2002). Segundo Escobar e Bischoff, (2001) e Escobar et al. (2004), um método bastante abordado para a identificação de entrada de ar frio e que também poderia ser aplicado para análise de entrada de frentes frias seria a análise da temperatura mínima no dia do evento e a tendência da temperatura com relação as características da atmosfera de forma anterior a entrada do ar ou da frente. Escobar (2004) propôs um método que utilizava o declínio diário de temperatura em função do contraste da temperatura, ao contrário do valor absoluto da temperatura média ao longo do dia do evento.

Neste trabalho, o método de observação direta dos dados através dos gráficos foi aplicado, em função dos três momentos da passagem da frente, que segundo Christopher et al. (1993) são: a fase pré frontal, com condições atmosféricas quentes e úmidas; fase da passagem frontal, com ventos fortes e direções variáveis; e por fim, a fase pós frontal, com diminuição da temperatura. Ainda sobre o autor, analisando a passagem de uma frente fria sobre a costa da Luisiana, através de dados de temperatura de três dias, verificou que a partir do momento que a temperatura decai, em comparação com o mesmo horário do dia anterior, é que a frente está passando.

5. RESULTADOS

Os dados foram plotados inicialmente para o mês de julho, na primeira frente fria que atuou sobre a região sudeste neste mês (fig. 6). As figuras 9 e 10 apresentam os dados de temperatura e umidade, respectivamente, plotados ao longo de todo o percurso do projeto.

A análise de ambas as figuras apresenta o padrão clássico diurno de temperatura e umidade, entre as 00:00 horas do dia 20 e as 00:00 horas do dia 22, que é identificado pela amplitude da temperatura e da umidade. Esta amplitude é decorrente do processo de aquecimento e resfriamento ao longo do dia; tomando as 12:00 horas do dia 20, associado ao pico diurno de aquecimento, a temperatura atinge os máximos valores, enquanto que a umidade, os menores.

Verifica-se que, a partir do método de análise da entrada de frentes frias, que a região marcada pela caixa vermelha, nos dois gráficos, apresenta o intervalo de tempo da atuação da frente, iniciando no dia 22 com impactos em ambas as variáveis analisadas e tendo fim no dia 24, que mostra a fase pós frontal, com diminuição da temperatura e elevação da umidade. Este padrão confirma o que já foi observado na carta sinótica (fig. 6), a frente não atua mais sobre a região a partir do dia 24. Observa-se que, quando comparado aos valores das variáveis nos dias anteriores, 20 e 21, a frente causa uma redução da temperatura e aumento da umidade, principalmente por volta das 12 horas, mantendo um padrão pelos dois dias – 22 e 23, de tal forma que a amplitude térmica diurna cai substancialmente. Um exemplo disto é a análise dos valores de temperatura (umidade) que as 12 horas chegavam a 40°C (15%) e com a passagem da frente fria, atingiram aproximadamente 30°C (50%) – fig. 9 e 10. Tendo em vista amostrar o momento da chegada da frente fria em cada cidade, os dados foram analisados separadamente.

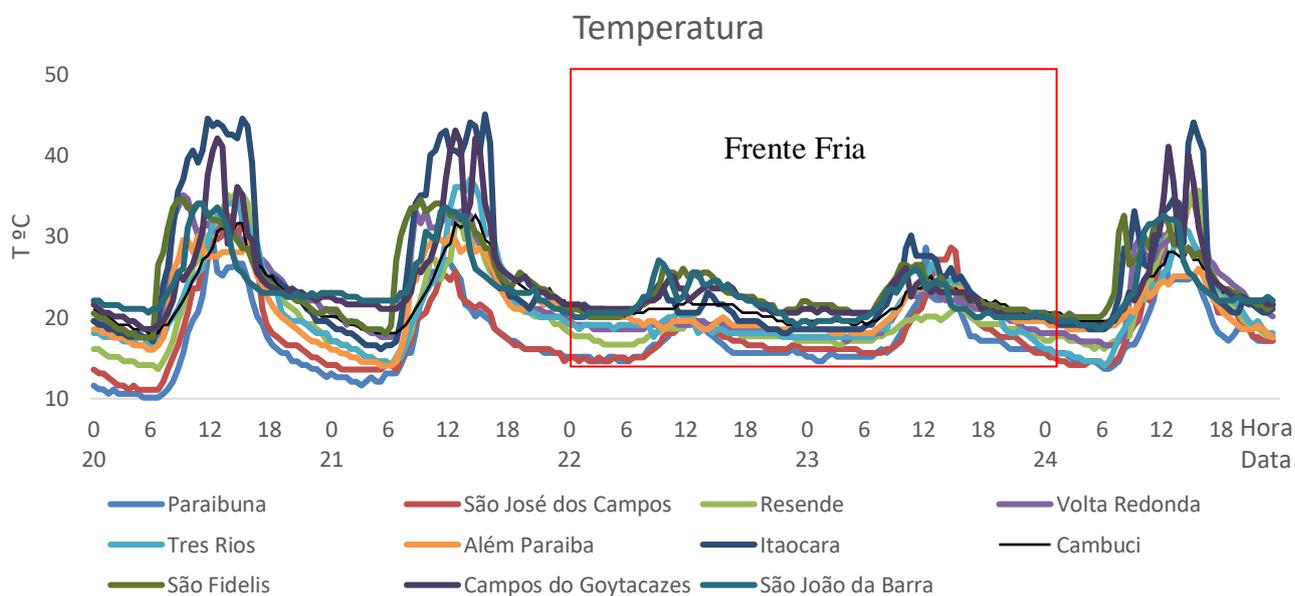


Figura 9 – Variação da temperatura no mês de Julho ao longo das cidades situadas as margens do Rio Paraíba do Sul.

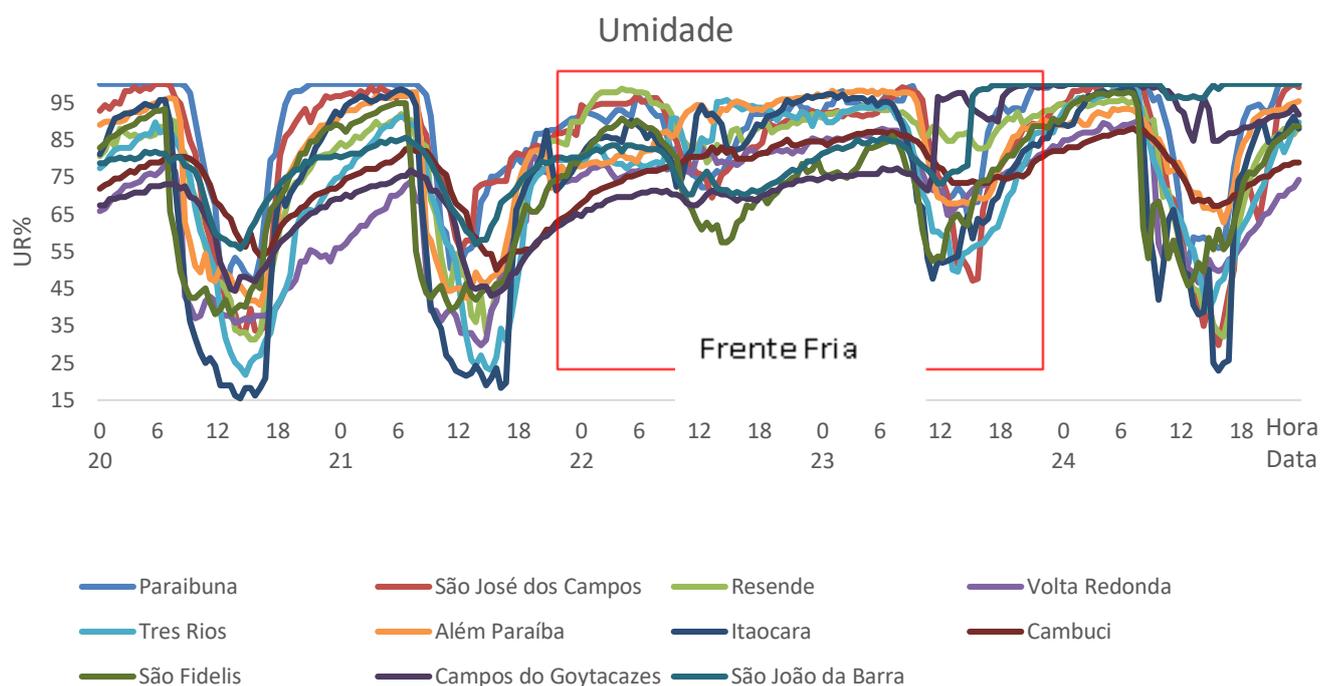


Figura 10 – Variação da umidade no mês de Julho ao longo das cidades situadas as margens do Rio Paraíba do Sul.

Como observado nas duas figuras acima, verificamos que na maior parte do tempo, os maiores valores de temperatura são para a cidade de Itaocara e os menores para a cidade de São José dos Campos. Isto se deve a relação inversa entre temperatura e umidade. Porém, aqui chama-se a atenção para as condições as quais os sensores estavam expostos: os sensores de Paraibuna, São José dos Campos, Guaratinguetá, Três Rios e Cambuci estavam instalados sobre a influência da mata ciliar, ao passo que esta pode, de maneira considerável, interferir sobre as medidas locais. As figuras abaixo (figura 11 e 12), mostram a variação da temperatura e da umidade para estas cidades.

Uma relação importante que se pode observar é a influência da latitude, longitude e a altura, ou seja, segundo estudo de Fritzsons et al., (2008) para o Paraná, a cada 126 metros em coordenadas de altura, há uma diminuição de 1°C , e que a variação média anual da temperatura variou entre $0,54$ a $1,17^{\circ}\text{C}$ para cada grau de latitude e entre $0,22$ a $0,72^{\circ}\text{C}$ para cada grau de longitude. Tal efeito pode ser observado nos dados coletados, uma vez que as cidades de São José dos Campos e Paraibuna estão em altitudes maiores que as cidades do estado do Rio de Janeiro e

a de MG, em função do sentido do deslocamento do rio. Dessa maneira, e também associado as menores latitudes e longitudes das cidades do RJ, a temperatura apresenta as maiores magnitudes nas cidades cariocas e consequentemente os menores valores de umidade (fig. 11 e 12).

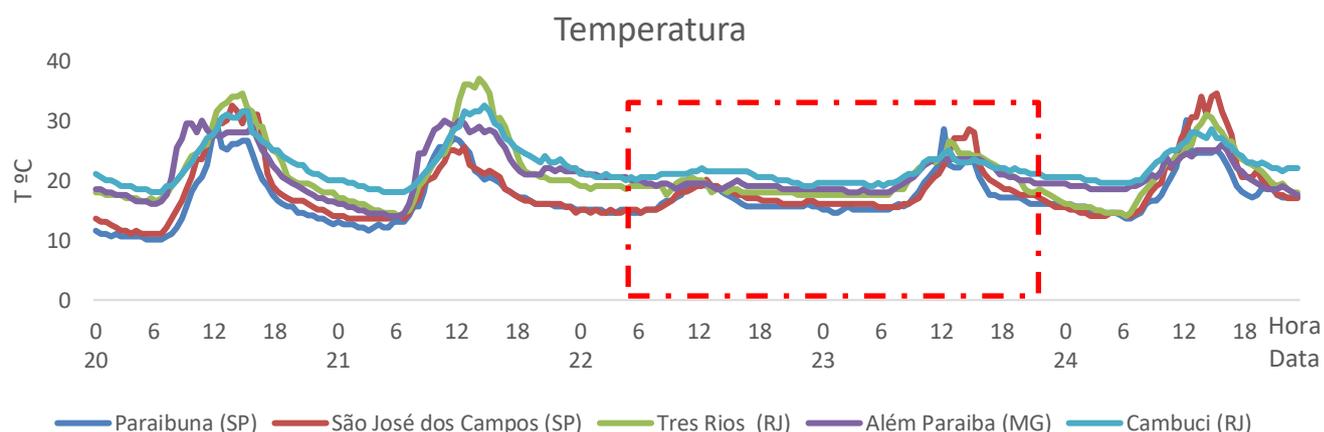


Figura 11– Variação da temperatura no mês de julho ao longo das cidades de Paraibuna, São José dos Campos, Além Paraíba, Três Rios e Cambuci, para os sensores fixos sobre a influência da mata ciliar. Frente fria atuante sobre as regiões amostrada pela caixa vermelha tracejada.

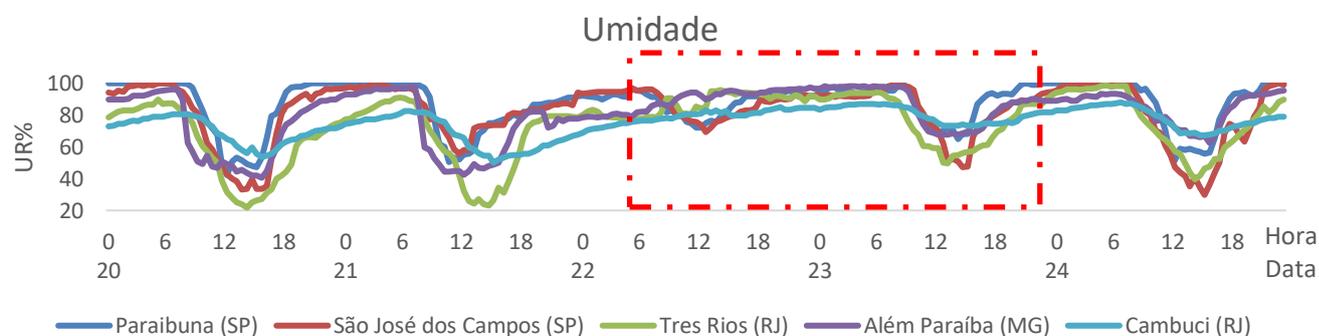


Figura 12– Variação da umidade no mês de julho ao longo das cidades de Paraibuna, São José dos Campos, Além Paraíba, Três Rios e Cambuci, para os sensores fixos sobre a influência da mata ciliar. Frente fria atuante sobre as regiões amostrada pela caixa vermelha tracejada.

Mantendo-se a análise realizada para as cidades acima, em função da latitude, longitude e da altitude, mas com os sensores instalados sem a interferência direta da mata ciliar, tem-se os resultados apresentados nas figuras 13 e 14. Observa-se que todas as cidades são do estado do Rio de Janeiro e que, a cidade de Resende apresenta os menores valores de temperatura praticamente ao longo de todo o

período. O que se pode identificar a partir das figuras (13 – 14) é que ambas as variáveis apresentam ciclo diurno definido, no período entre os dias 20 e 22, sem a presença da frente fria. Como já discutido, com o maior aquecimento por volta das 12:00 horas, a temperatura (umidade) a partir das 06:00 horas da manhã começa a aumentar (diminuir) e após o horário de maior aquecimento, apresenta diminuição (aumento). Com a passagem da frente, nota-se que a amplitude diária diminui drasticamente, uma vez que se obtém menores valores de temperatura e altos valores de umidade ao longo de todo o dia.

A luz das figuras 13 e 14, a cidade de Itaocara apresenta os maiores valores de temperatura e conseqüentemente os menores valores de umidade. Percebe-se a partir a figura 11 e 12 que o efeito da mata ciliar influencia a temperatura e a umidade, por exemplo, para a cidade de Cambuci, cerca de 50 Km rio abaixo de Itaocara, vê-se que a temperatura para o sensor ‘encoberto’ pela vegetação gira em torno de 35°C, enquanto para o sensor ‘descampado’, em Itaocara, a temperatura gira em torno de quase 50°C, sem aqui analisar o efeito da frente fria atuante no dia 22, considerando-se apenas o efeito da vegetação as margens do rio. A vegetação, em especial a mata ciliar, tem sido estudada e os resultados obtidos apontam que esta é fundamental para a melhoria do clima local, uma vez que possibilita o resfriamento do ar e o aumento da umidade relativa (Labaki et al., 2000; Dimoudi e Nikolopoulou, 2003).

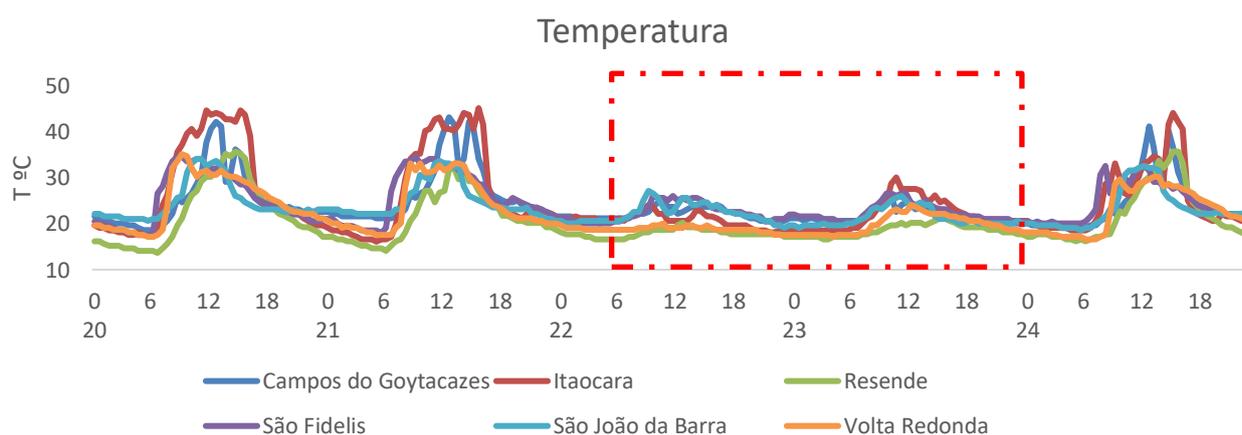


Figura 13– Variação da temperatura no mês de julho ao longo das cidades de Campos dos Goytacazes, São Fidélis, Itaocara, São João da Barra, Resende e Volta Redonda, para os sensores fixos sem influência da mata ciliar. Frente fria atuante sobre as regiões amostrada pela caixa vermelha tracejada.

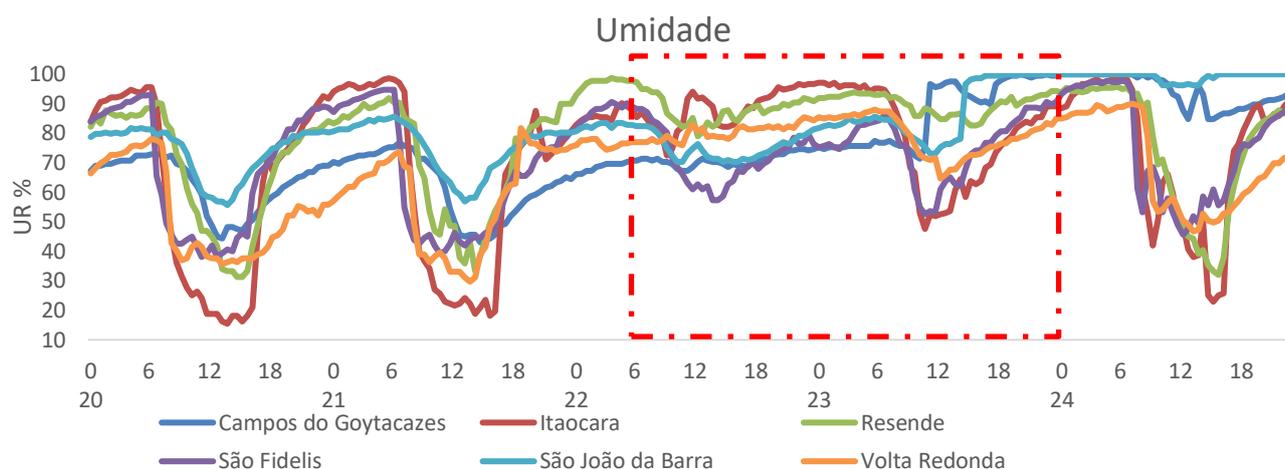


Figura 14– Variação da umidade no mês de julho ao longo das cidades de Campos dos Goytacazes, São Fidélis, Itaocara, São João da Barra, Resende e Volta Redonda, para os sensores fixos sem influência da mata ciliar. Frente fria atuante sobre as regiões amostrada pela caixa vermelha tracejada.

5.1 Frente fria dia 22 de julho

Para a cidade de Paraibuna, somente foi possível a obtenção dos dados para o mês de julho, de forma que na figura 15 pode-se analisar o primeiro caso da entrada de frente fria para este mês através dos dados de temperatura. Já na figura 16, analisamos para o mesmo período da temperatura, os dados da umidade. Uma análise conjunta dos dois gráficos nos revela que, os valores de umidade relativa as 0 horas do dia 21 eram de 100% e a temperatura em torno de 13°C, mas no dia seguinte, a este mesmo horário, já percebemos a atuação da frente, de tal maneira que a umidade atinge 90 % e a temperatura tem um leve aumento, associado a fase pré frontal. As 10 horas verificamos a atuação direta, já na fase frontal, da frente fria, a qual diminui a temperatura e aumenta a umidade e desta forma, a partir deste horário em função também do método utilizado para a detecção da entrada de frentes frias, tem-se o momento da entrada da mesma. Verificamos ainda que ao longo do dia 23, a passagem da frente surte efeitos, mesmo que menores que no dia 22, mas ainda há a observação de valores mais baixos de temperatura e mais altos de umidade que o padrão normal, associado ao dia 21. A caixa vermelha mostra o período de atuação da frente, enquanto que a seta mostra o momento na qual a frente fria atinge Paraibuna.

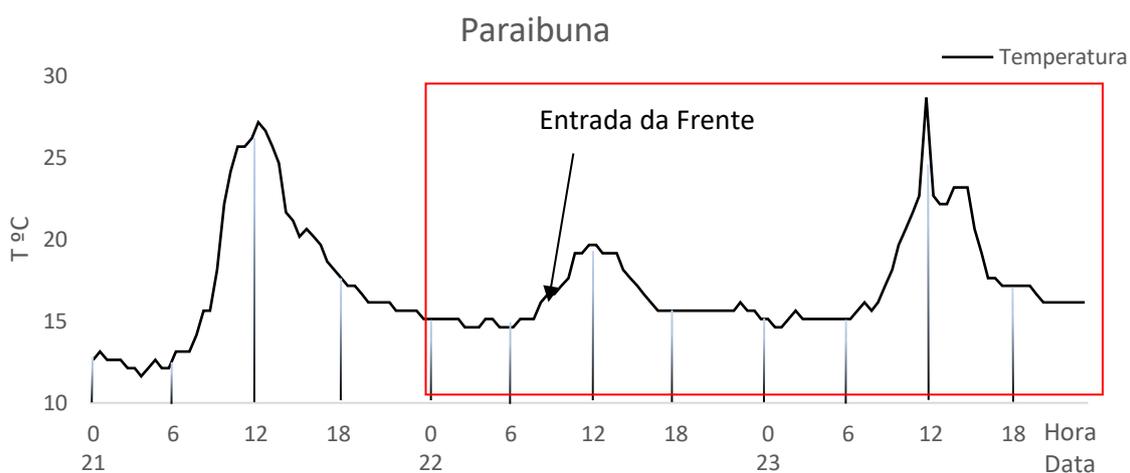


Figura 15 – Variação da temperatura ao longo dos dias 21 a 23 de julho para a cidade de Paraibuna, mostrando a entrada de frente a partir da seta preta e o período de atuação da mesma na fase frontal, amostrado com a caixa vermelha.

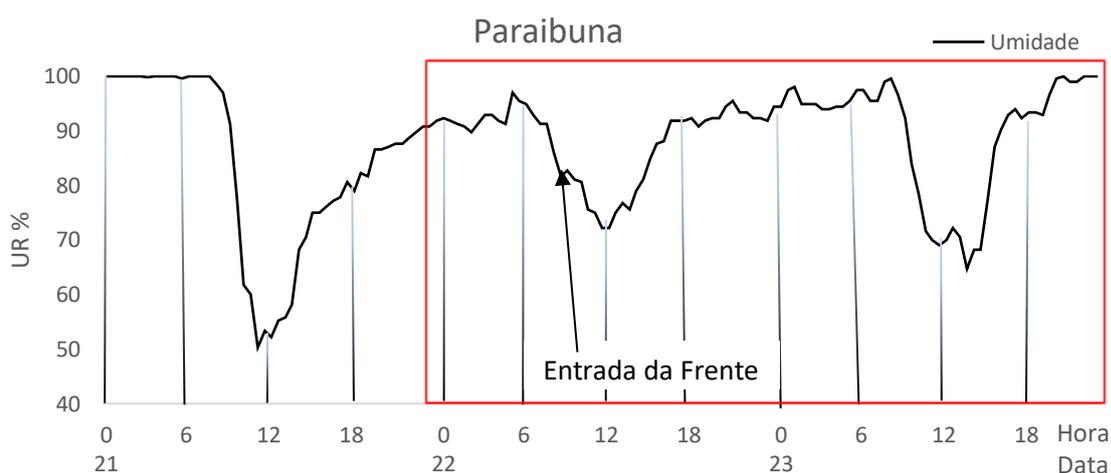


Figura 16 – Variação da umidade ao longo dos dias 21 a 23 de julho para a cidade de Paraibuna, mostrando a entrada de frente a partir da seta preta e o período de atuação da mesma na fase frontal, amostrado com a caixa vermelha.

Para São José dos Campos, temos uma análise similar a feita para Paraibuna. Ao olharmos para as figuras 17 e 18, vê-se que a frente fria apresenta o mesmo efeito em suas fases, por exemplo, a fase pré-frontal se caracteriza no dia 21, em específico nas últimas horas do dia com um leve aumento da temperatura e diminuição da umidade a partir das 18 horas. A frente se adentra sobre a região, em sua fase frontal, a partir das 10 horas da manhã do dia 22, onde a diminuição da umidade relativa se mostra a valores não tão pequenos quanto aos valores padrões do mesmo horário do dia anterior.

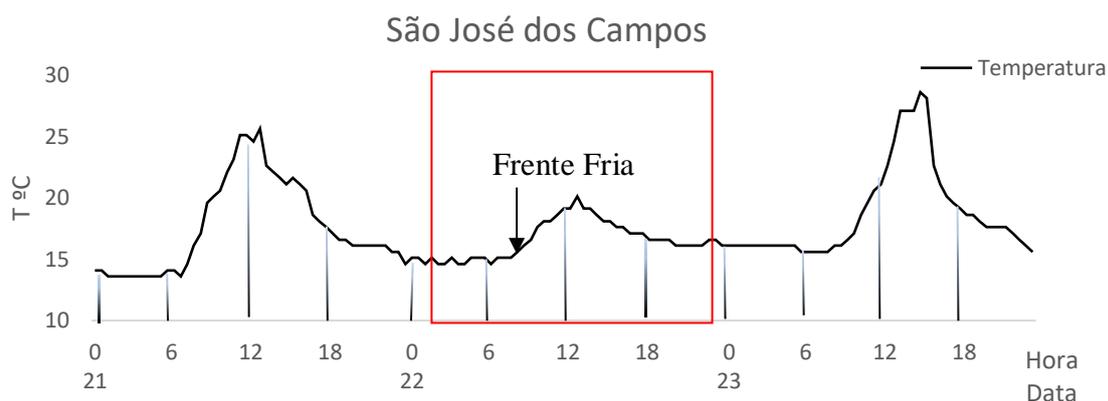


Figura 17 – Variação da temperatura ao longo dos dias 21 a 23 de julho para a cidade de São José dos Campos, mostrando a entrada de frente a partir da seta preta e o período de atuação da mesma na fase frontal, amostrado com a caixa vermelha.

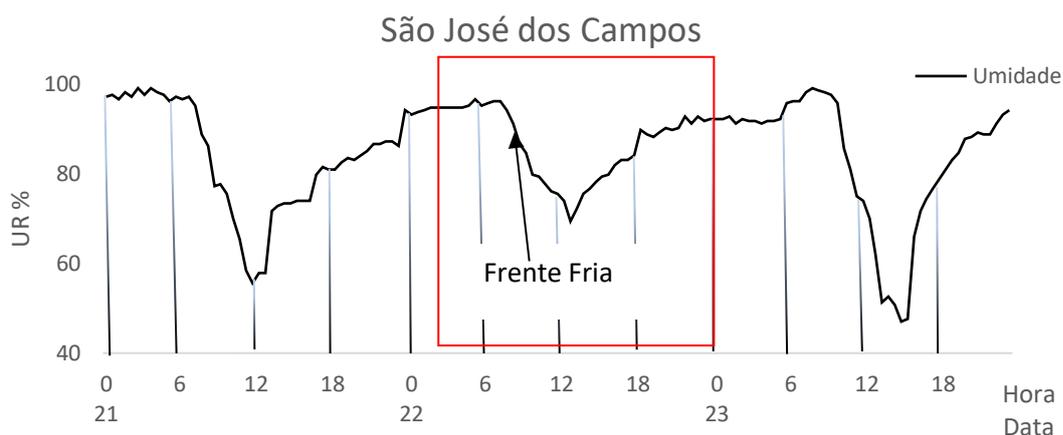


Figura 18– Variação da umidade ao longo dos dias 21 a 23 de julho para a cidade de São José dos Campos, mostrando a entrada de frente a partir da seta preta e o período de atuação da mesma na fase frontal, amostrado com a caixa vermelha.

Para a cidade de Guaratinguetá, os sensores só marcaram a partir do dia 25 de junho, data na qual a frente fria esta atuante sobre a região.

O comportamento da frente fria pode ser percebido ao longo da região sudeste, em especial sobre os estados de São Paulo e o Rio de Janeiro. As figuras de 15 a 18 apresentadas acima são para as cidades localizadas no estado de São Paulo, e a partir de agora, os gráficos seguintes serão para cidades do estado do Rio de Janeiro.

A primeira cidade analisada com os dados do ibutton é Resende. É notório que a luz das figuras 19 e 20, a frente fria causa impactos também na região a partir do dia 21. A análise das 12 horas do dia 20 e as 12 do dia 21, mostra que o comportamento da umidade é alterado de forma a aumentar a oscilação em valores medidos, a qual também é perceptível na temperatura. De certa forma, a frente fria não se adentra de forma direta sobre a região de Resende, como mostrado pela carta sinótica do dia 21 as 12 horas, mas o efeito amostrado sobre a temperatura é decorrente da presença de nebulosidade, visto que o sensor para esta cidade estava instalado sem a influência da mata ciliar e não houve aumento de umidade. No dia 22 precisamente a frente chega a região e seus impactos são notórios em ambos os dados de temperatura e umidade, estendendo até o dia 23.

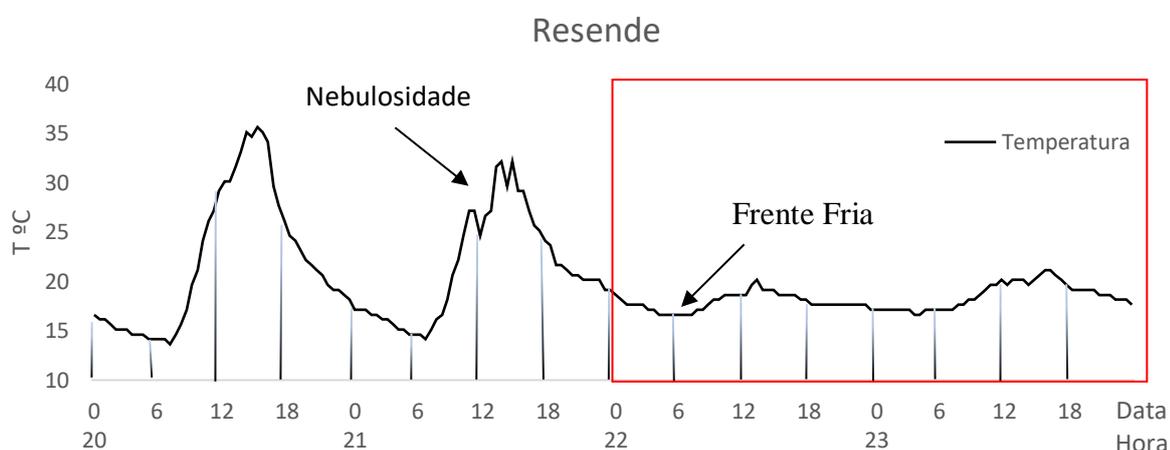


Figura 19 – Variação da temperatura ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de Resende, mostrando a atuação da frente, amostrado com a caixa vermelha e o período de atuação de ondas de ar frio.

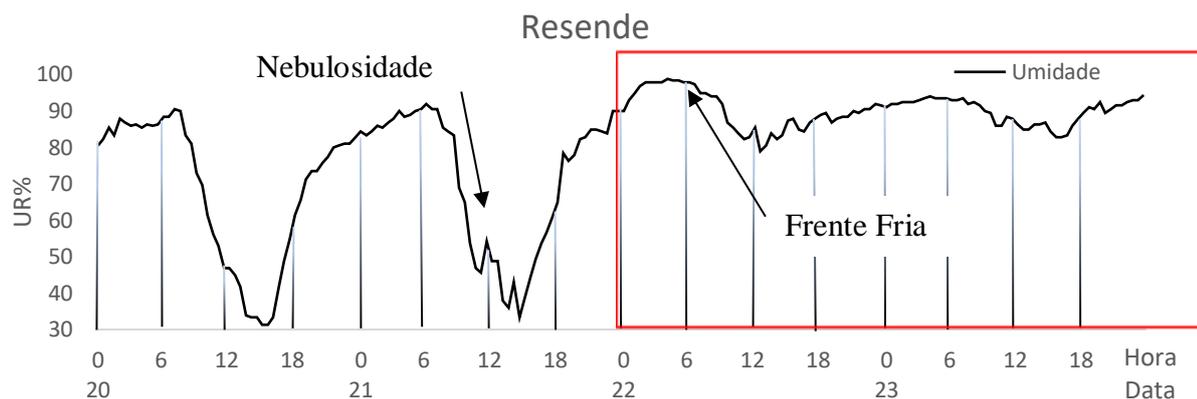


Figura 20 – Variação da umidade ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de Resende, mostrando a atuação da frente, amostrado com a caixa vermelha e o período de atuação de ondas de ar frio.

O comportamento dos dados para a cidade de Volta Redonda (fig 20 e 21) se manteve de forma similar aos de Resende. Pode-se visualizar o efeito da nebulosidade que diminui um pouco a temperatura no dia 21, por volta das 12 horas, mas que não aumenta a umidade, uma vez que o sensor estava instalado em campo aberto. De certa maneira, com as figuras 39 e 40 verifica-se também que o comportamento é bastante similar, até mesmo no momento da entrada da frente no dia 22, por volta das 6 horas da manhã.

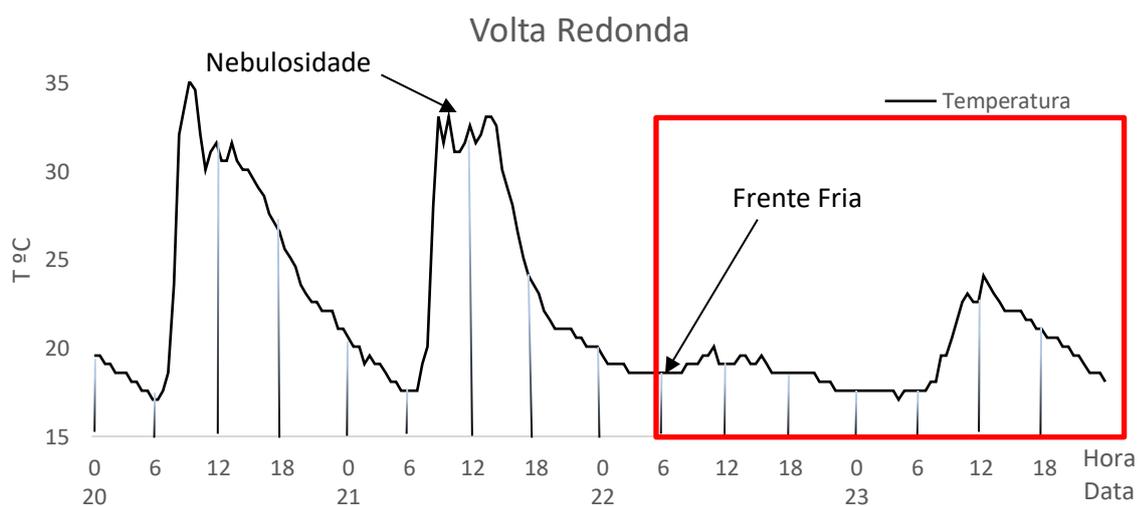


Figura 21 – Variação da temperatura ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de Volta Redonda, mostrando a atuação da frente, amostrado com a caixa vermelha e o período de atuação de ondas de ar frio.

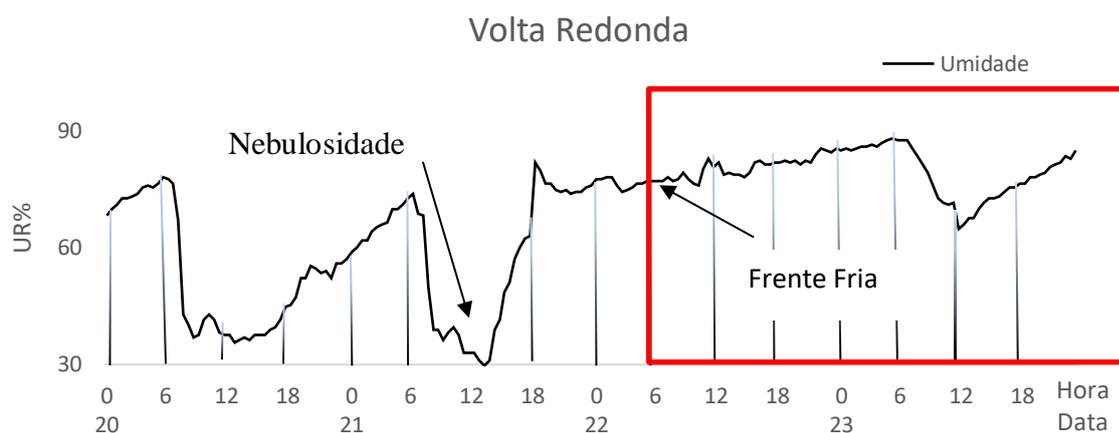


Figura 22 – Variação da umidade ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de Volta Redonda, mostrando a atuação da frente, amostrado com a caixa vermelha e o período de atuação de ondas de ar frio.

A partir das figuras 23 e 24, para a cidade de Três Rios, dois aspectos chamam a atenção: primeiro, o fato de que a frente fria atuante sobre os dias 22 e 23 fez com que os dados de umidade oscilassem entre 70% e 90% e a temperatura ficasse em torno de 20°C desde as 0 horas do dia 22 até as 6 horas da manhã do dia 23. Vale ressaltar aqui, que o sensor estava instalado dentre a mata ciliar, o que pode também contribuir para a distribuição dos dados amostrados neste período.

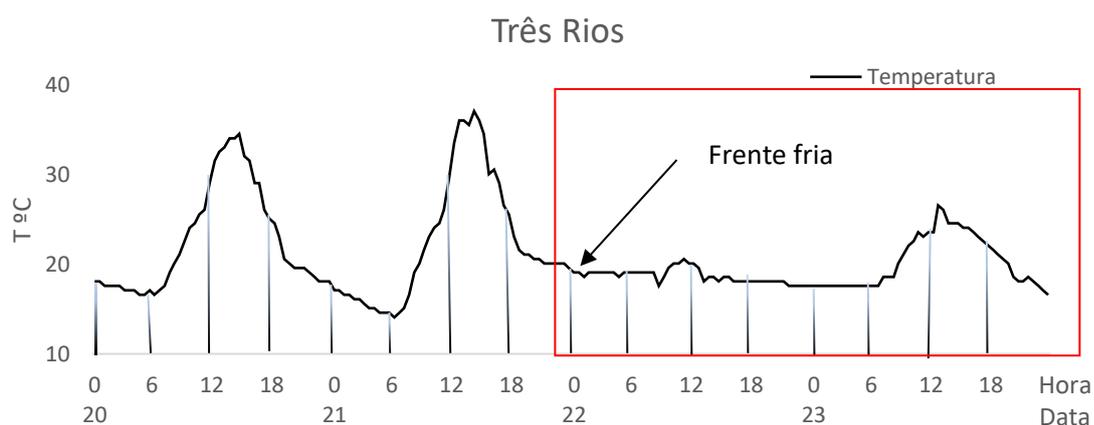


Figura 23 – Variação da temperatura ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de Três Rios, mostrando a atuação da frente, amostrado com a caixa vermelha.

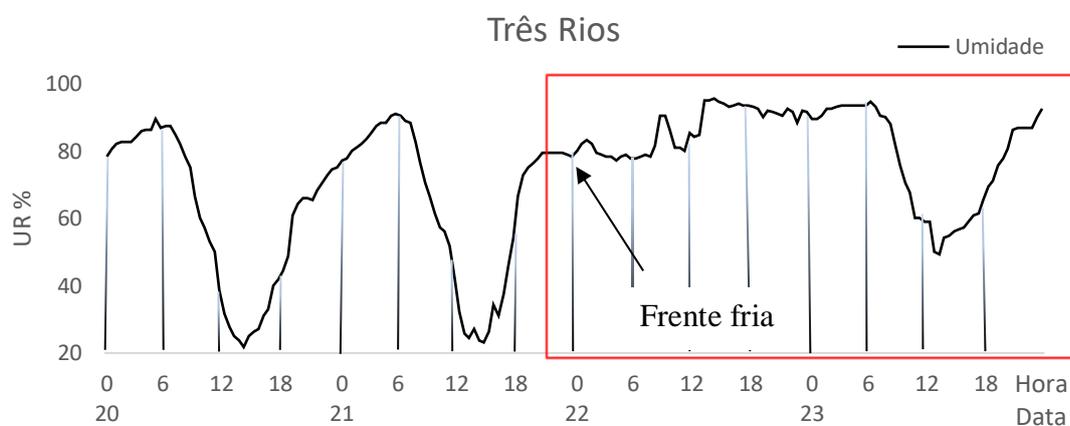


Figura 24 – Variação da umidade ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de Três Rios, mostrando a atuação da frente, amostrado com a caixa vermelha.

As figuras 25 e 26 a seguir mostram para a cidade de Além Paraíba o mesmo caso da oscilação de temperatura apresentado para Três Rios, de forma que que esta gira entre 18°C e 20°C. O período da entrada da frente é o mesmo já analisado nos gráficos anteriores, passando pelas três fases. A caracterização da fase frontal ocorre a partir das 6 horas da manhã do dia 22.

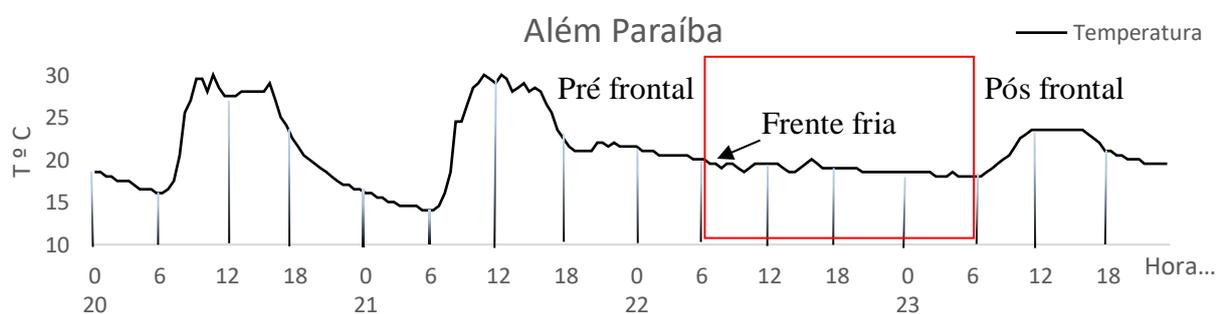


Figura 25 – Variação da temperatura ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de Além Paraíba, mostrando a atuação da frente na região amostrada dentro da caixa vermelha, bem como também as fases pré e pós frontal.

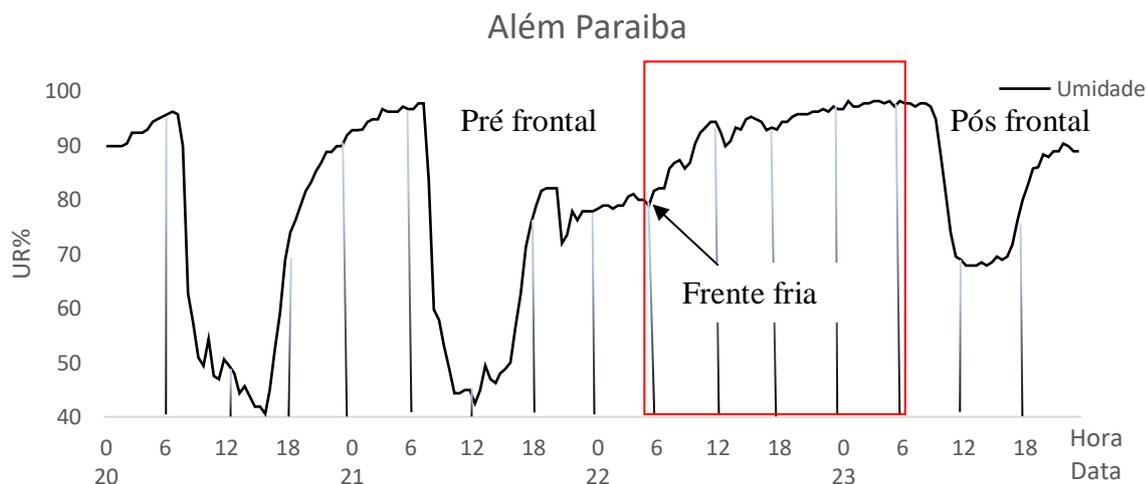


Figura 26 - Variação da umidade ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de Além Paraíba, mostrando a atuação da frente na região amostrada dentro da caixa vermelha, bem como também as fases pré e pós frontal.

De forma similar, para a cidade de Itaocara, o mesmo ocorreu como em Além Paraíba, com a frente fria adentrando as 6 horas da manhã, no dia 22. Como o resultado obtido é o mesmo, os gráficos para Itaocara se encontram no anexo.

Para a cidade de Cambuci, observa-se que a frente fria do dia 22 de julho está em sua fase frontal a partir das 9 horas da manhã do dia 22, se estendendo até as 6 horas da manhã do dia seguinte. Na continuação do dia 23, tem-se ainda a influência do sistema em sua fase pós-frontal. Tudo isso está representado nas figuras 27 e 28, com os dados de temperatura e umidade respectivamente.

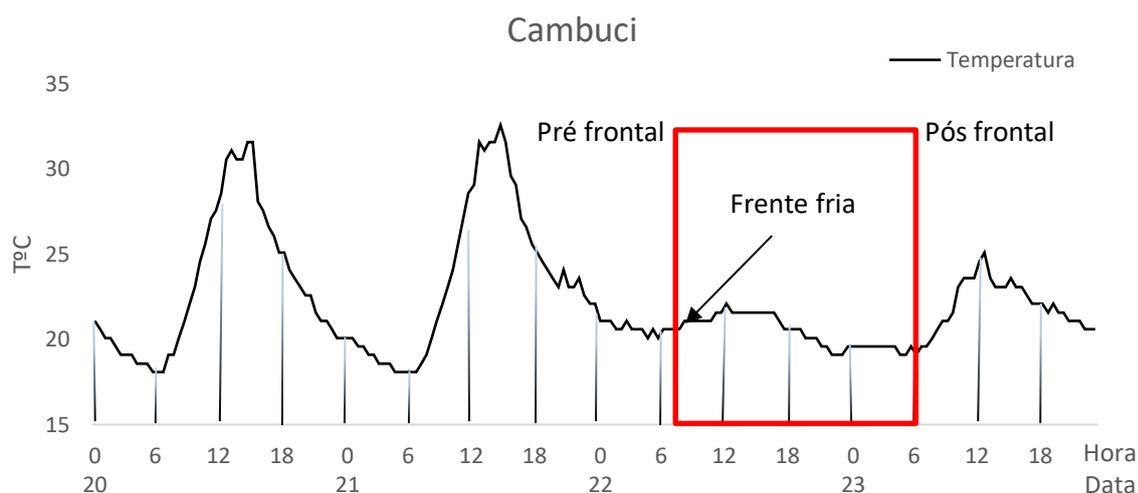


Figura 27 – Variação da temperatura ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de Cambuci, mostrando a atuação da frente na região amostrada dentro da caixa vermelha, bem como também as fases pré e pós frontal.

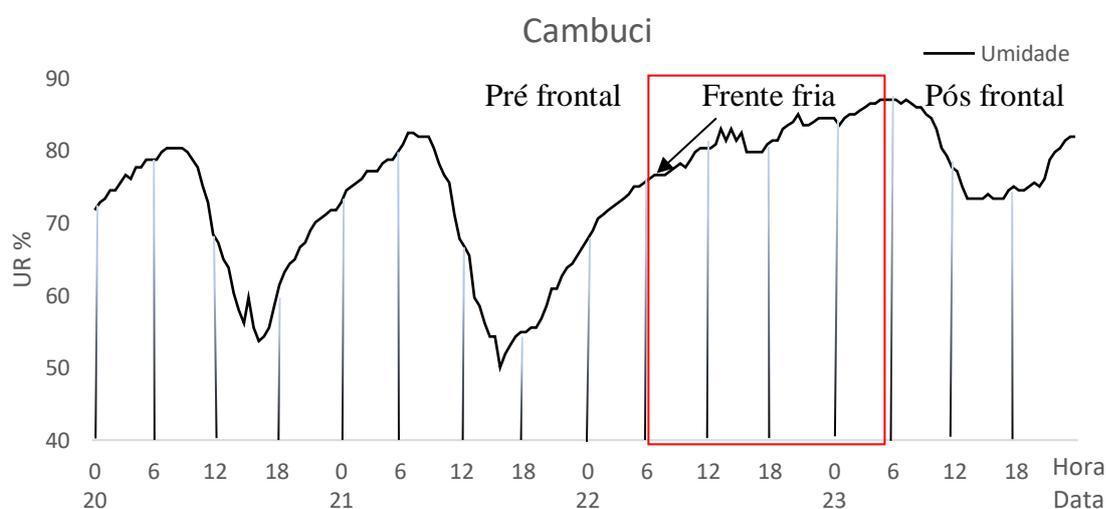


Figura 28 – Variação da umidade ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de Cambuci, mostrando a atuação da frente na região amostrada dentro da caixa vermelha, bem como também as fases pré e pós frontal.

A frente fria analisada durante os dias 20 a 23 para a cidade de Campos dos Goytacazes, São Fidélis e São João da Barra apresentam o mesmo comportamento da frente e seus períodos de fase pré-frontal, frontal e pós-frontal. Os gráficos a seguir mostram a distribuição destas fases ao longo das horas dos dias. Visualiza-se que

para Campos dos Goytacazes a frente fria entra sobre a região por volta das 10 horas da manhã, através da análise dos dados da umidade e da temperatura amostrados nas figuras 29 e 30.

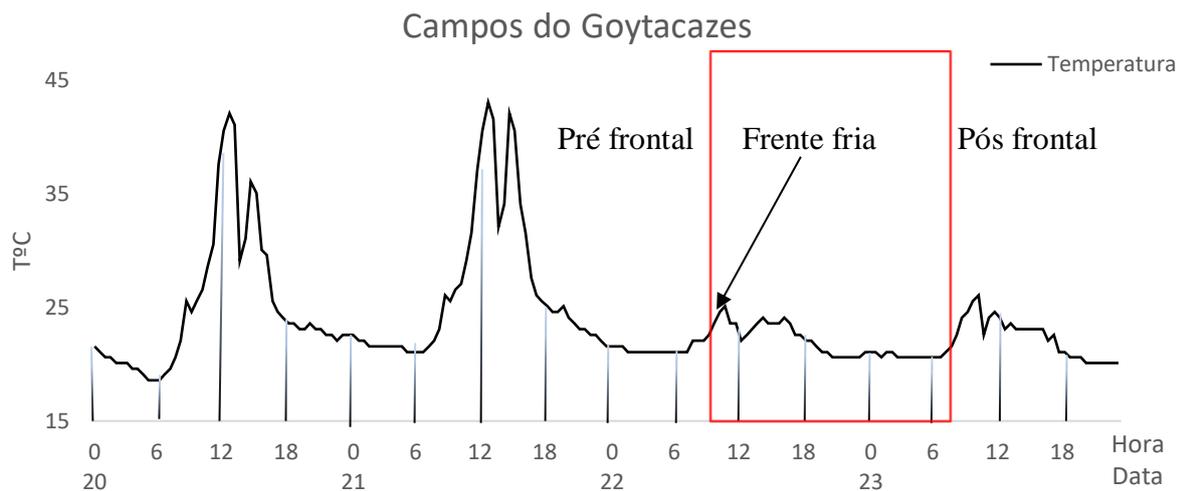


Figura 29 – Variação da temperatura ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de Campos dos Goytacazes, mostrando a atuação da frente na região amostrada dentro da caixa vermelha, bem como também as fases pré e pós frontal.

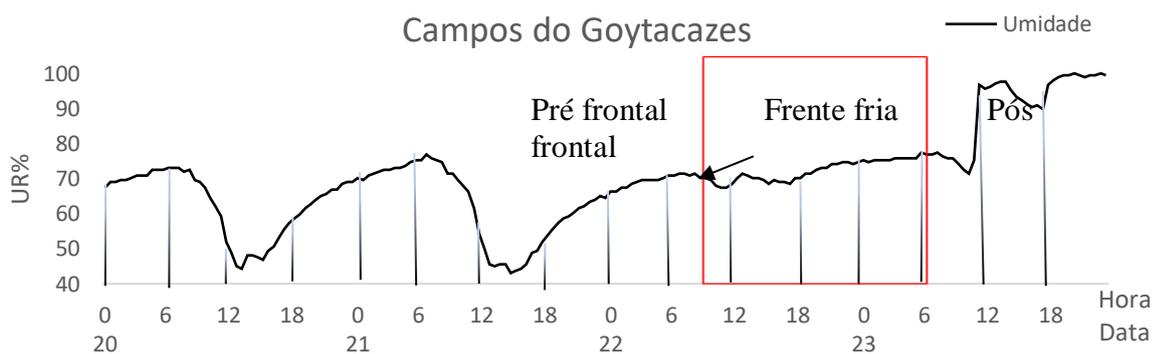


Figura 30 – Variação da umidade ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de Campos dos Goytacazes, mostrando a atuação da frente na região amostrada dentro da caixa vermelha, bem como também as fases pré e pós frontal.

São Fidélis não se comportou de maneira diferente, a primeira análise permite verificar o mesmo período de atuação da frente fria do 22. A frente se adentra em seu

estágio pré frontal de forma nítida, a partir da observação da umidade, as 18 horas do dia 21 e se estende até as 10 horas do dia 22. A partir das 10 horas da manhã, ainda no dia 22, até as 0 horas do dia seguinte temos a fase frontal, reduzindo de forma considerável a amplitude diária da temperatura e da umidade. A partir das 0 horas do dia 23 temos a fase pós frontal atuante ainda sobre a região, de forma a manter as temperaturas e, por conseguinte a umidade, principalmente do meio do dia, mais baixas. As figuras 31 e 32 retratam a variação de ambas as variáveis dentre os dias 20 e 23 de julho.

De forma análoga, para a cidade de São João da Barra, a última cidade amostrada pelo projeto, verifica-se um comportamento similar a São Fidélis para a frente fria do dia 22 de julho, de tal maneira que os gráficos obtidos também se encontram no anexo.

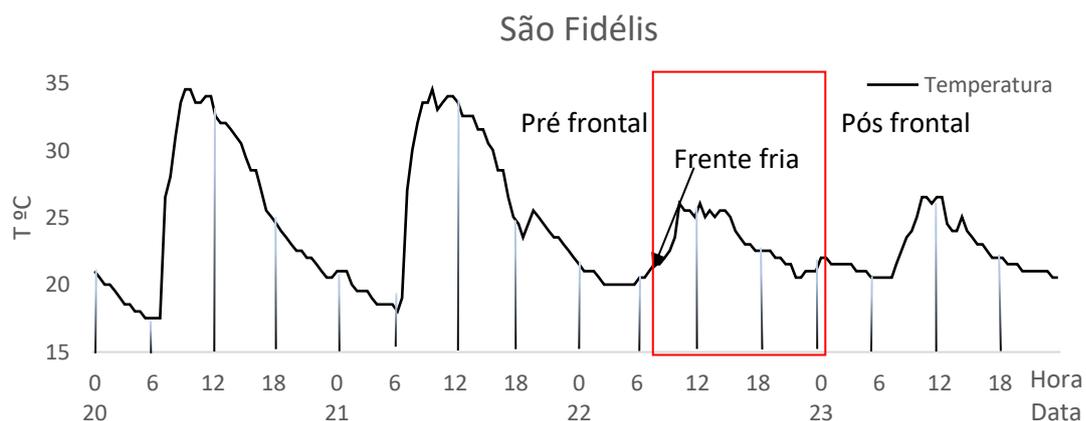


Figura 31 – Variação da temperatura ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de São Fidélis, mostrando a atuação da frente na região amostrada dentro da caixa vermelha, bem como também as fases pré e pós frontal.

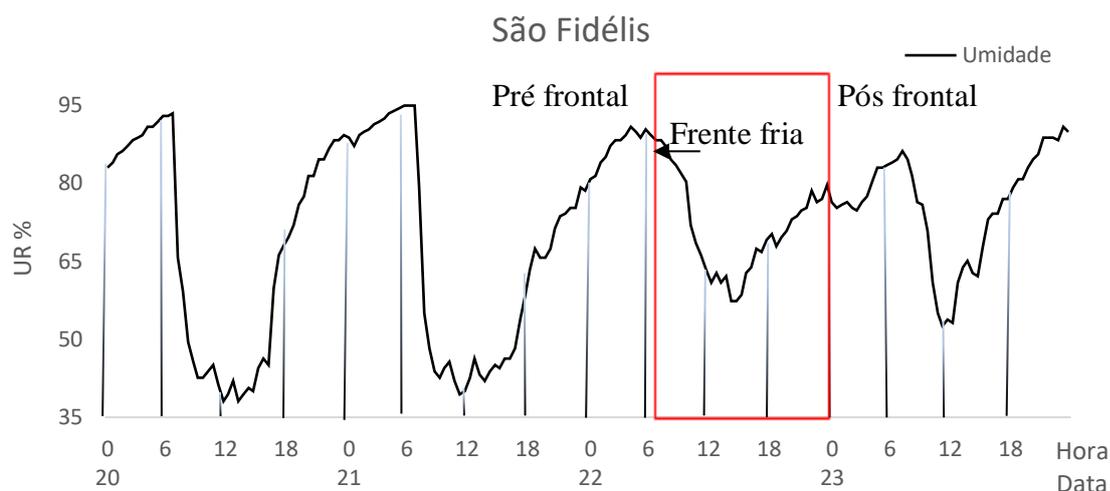


Figura 32 – Variação da umidade ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de São Fidélis, mostrando a atuação da frente na região amostrada dentro da caixa vermelha, bem como também as fases pré e pós frontal.

5.2. Frente Subtropical 25 de julho

Nos dados entre os dias 25 e 26 de julho podemos analisar os efeitos da frente subtropical sobre o microclima local de Paraibuna. Nas figuras 33-34, é apresentado o período de 24 a 27 de julho, analisando dados antes, durante e depois da passagem da frente, ou seja, iremos verificar os estágios do sistema frontal.

Na figura 32 vemos que o dia 24 compreende um padrão normal da variação da temperatura ao longo de um dia de inverno, ao analisarmos o gráfico vemos que já a partir das 18 horas do dia 24, os dados sofrem o efeito pré frontal, pois, o que se espera é que a partir deste horário, a temperatura vá decaindo, e não sofra um aumento como apresentado na figura. Analisando a umidade nesta mesma data, a partir da figura 33, verificamos que ela também acompanha um processo de diminuição por volta deste horário, se contrapondo ao processo normal de aumento.

Analisando novamente em conjunto as figuras, vemos que a partir das 12 horas é que a frente causa efeito direto, efeito da fase frontal, o que também é mostrado nas cartas sinóticas. O efeito causado sobre o clima local é percebido até o dia 26, ainda com as maiores (menores) valores de temperatura (umidade) do dia mais baixas (altos). No dia 27, já verificamos que o padrão associado ao período normal, com as amplitudes diária de temperatura e umidade, sem a presença da frente fria está retornando, de tal forma que associamos a esta data a fase pós frontal.

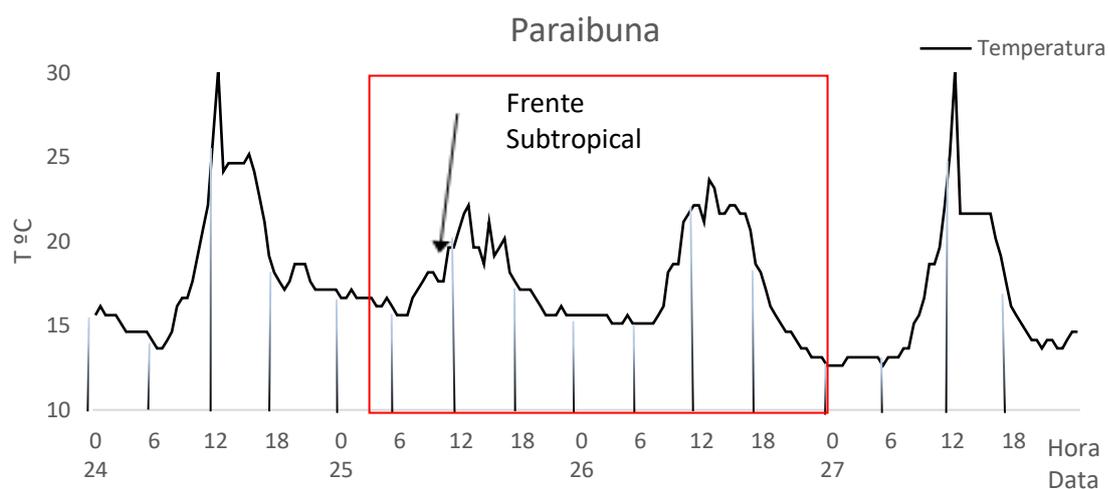


Figura 33 – Variação da temperatura ao longo dos dias 24 a 27 de julho para a cidade de Paraibuna, mostrando a entrada de frente a partir da seta preta e o período de atuação da mesma na fase frontal, amostrado com a caixa vermelha.

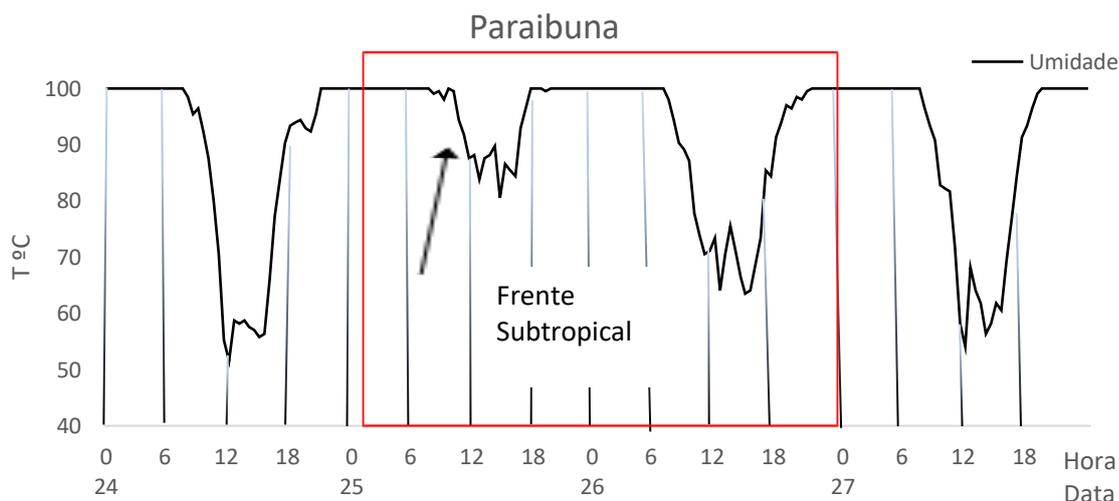


Figura 34 – Variação da umidade ao longo dos dias 24 a 27 de julho para a cidade de Paraibuna, mostrando a entrada de frente a partir da seta preta e o período de atuação da mesma na fase frontal, amostrado com a caixa vermelha.

Analisando as figuras 35 e 36, embora não tenhamos dados do padrão antes da entrada da frente subtropical, mas com dados de um dia seguinte a fase pós frontal, vemos que no dia 25 ocorre a fase frontal, sem precisamente sabermos a que horas a frente fria adentrou sobre a região. No dia 26 vemos que a fase pós frontal se caracteriza de forma visível, já com a diminuição considerável da umidade, e aumento da temperatura, mas mesmo assim, ainda menores que o dia 27.

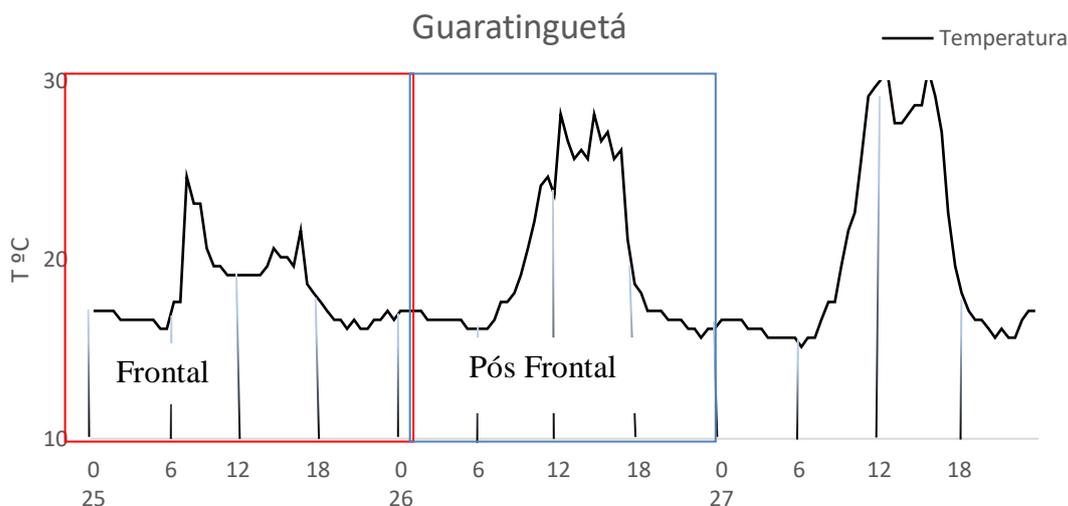


Figura 35 – Variação da temperatura ao longo dos dias 25 a 27 de julho para a cidade de Guaratinguetá, mostrando a atuação da frente subtropical, amostrado com a caixa vermelha e o período de atuação da mesma na fase pós frontal, amostrado com a caixa azul.

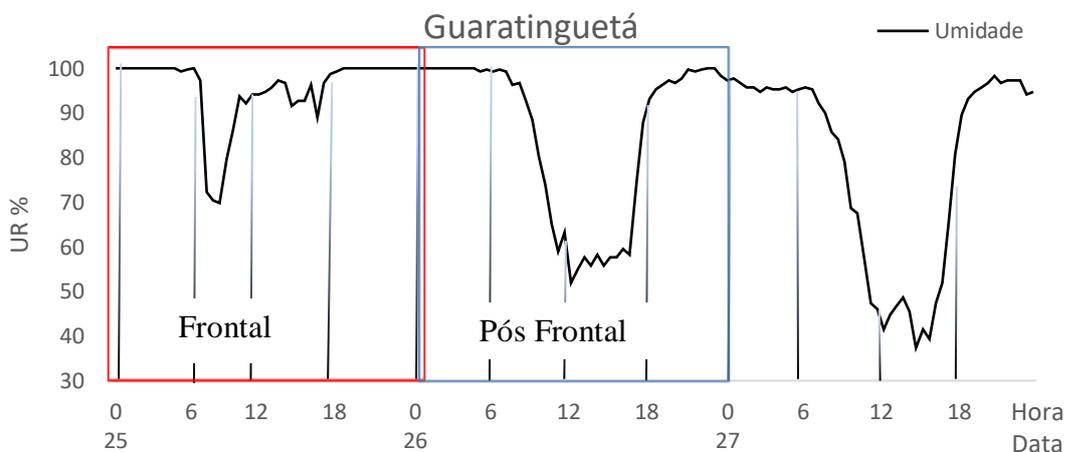


Figura 36 – Variação da umidade ao longo dos dias 25 a 27 de julho para a cidade de Guaratinguetá, mostrando a atuação da frente subtropical, amostrado com a caixa vermelha e o período de atuação da mesma na fase pós frontal, amostrado com a caixa azul.

Analisando a influência da frente subtropical sobre a cidade de Resende, assim como na análise para Guaratinguetá, vê-se, a luz das figuras 37 e 38, que existe um momento característico nos dados da fase pré-frontal, frontal e pós frontal. No período antecedente a passagem da frente, observa-se a data do dia 24 como a fase pré frontal. Visualizando-se as 0 horas do dia 24 e do dia 25, verifica-se que não há uma diferença significativa entre as leituras dos dados. A diferença significativa, em análise

da data anterior, ocorre próximo as 12 horas, o que mostra que a fase frontal ocorre a partir deste horário, e que observando principalmente o comportamento da umidade, a fase seguinte da passagem da frente (pós frontal) ocorre ainda no dia 26.

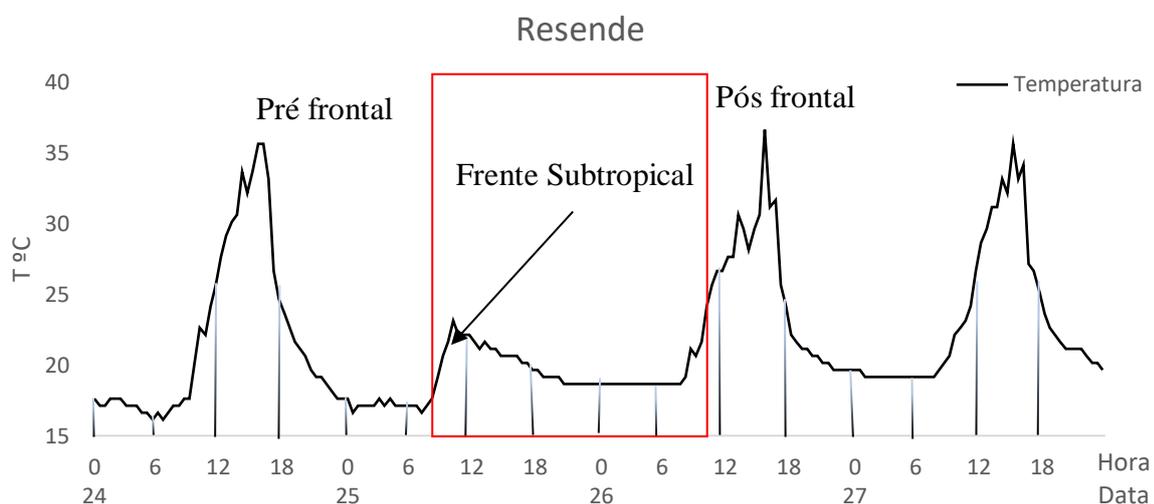


Figura 37– Variação da temperatura ao longo dos dias 24 a 27 de julho para a cidade de Resende, mostrando a atuação da frente subtropical na região amostrada dentro da caixa vermelha.

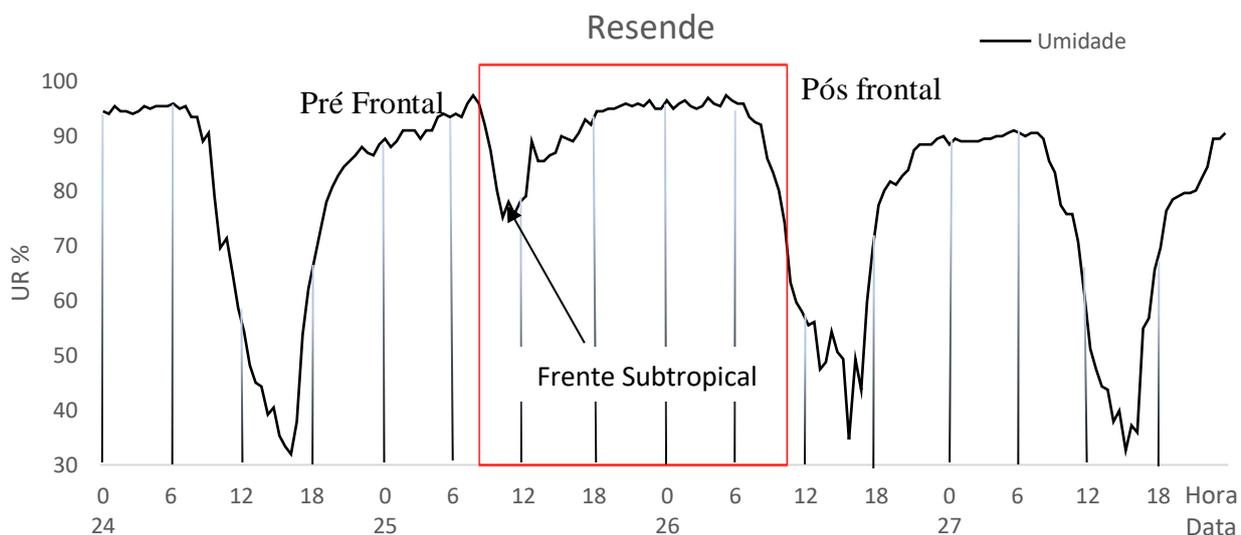


Figura 38– Variação da umidade ao longo dos dias 24 a 27 de julho para a cidade de Resende, mostrando a atuação da frente subtropical na região amostrada dentro da caixa vermelha.

Para Volta Redonda, entre os dias 24 a 27 também não há uma mudança significativa no período de entrada da frente fria. Torna-se possível a análise de que

a entrada da frente subtropical ocorreu por volta das 7 horas da manhã do dia 25, o que é amostrado nas figuras 39 e 40.

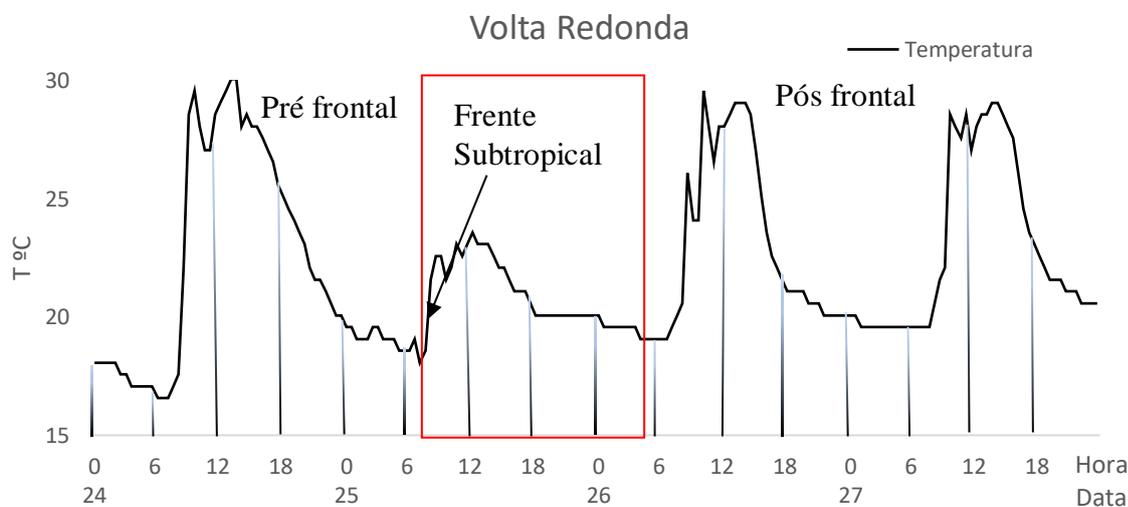


Figura 39 – Variação da temperatura ao longo dos dias 24 a 27 de julho para a cidade de Volta Redonda, mostrando a atuação da frente subtropical na região amostrada dentro da caixa vermelha, bem como também as fases pré e pós frontal.

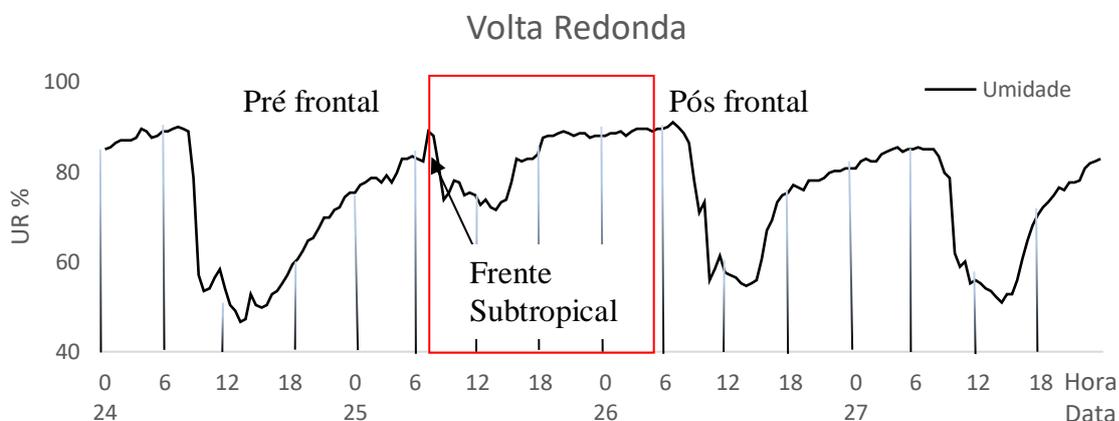


Figura 40 – Variação da umidade ao longo dos dias 24 a 27 de julho para a cidade de Volta Redonda, mostrando a atuação da frente subtropical na região amostrada dentro da caixa vermelha, bem como também as fases pré e pós frontal.

Analisando-se o período de atuação da frente subtropical em Três Rios, com a ajuda das figuras 41 e 42, vê-se que a frente não atuou de forma a modificar drasticamente a variação normal da temperatura. No dia 25, a frente reduziu um pouco a magnitude dos dados, mas de acordo com a umidade, nota-se que principalmente

a partir desta mesma data, associada a redução da temperatura, a frente subtropical atua de forma significativa trazendo precipitação para a região ao longo dos dias 26 e 27. O efeito da precipitação é visivelmente notado uma vez que ela deixa o ar saturado e com valores muito altos de umidade, chegando a 100% a partir das 18 horas do dia 26 e também causando um leve efeito redutivo na temperatura, melhor representado entre as 12:00 e as 18:00 horas do dia 27.

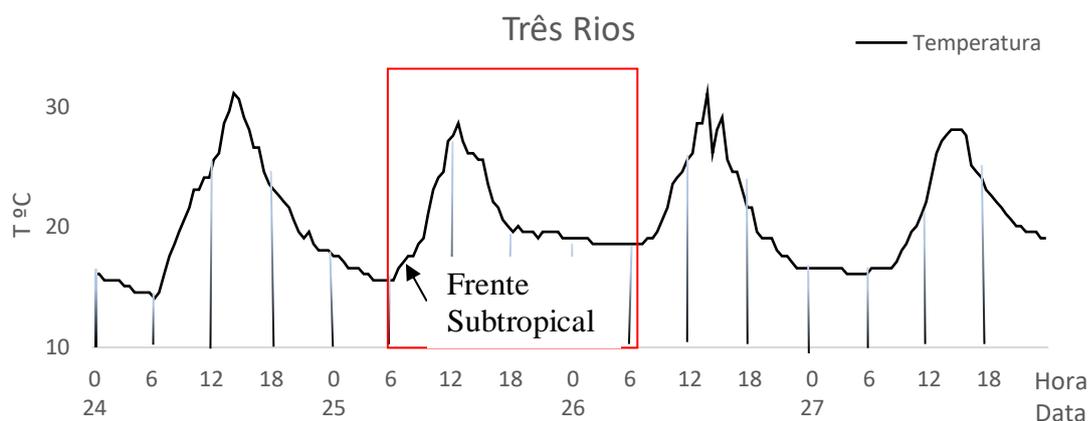


Figura 41– Variação da temperatura ao longo dos dias 24 a 27 de julho para a cidade de Três Rios, mostrando a atuação da frente subtropical na região amostrada dentro da caixa vermelha.

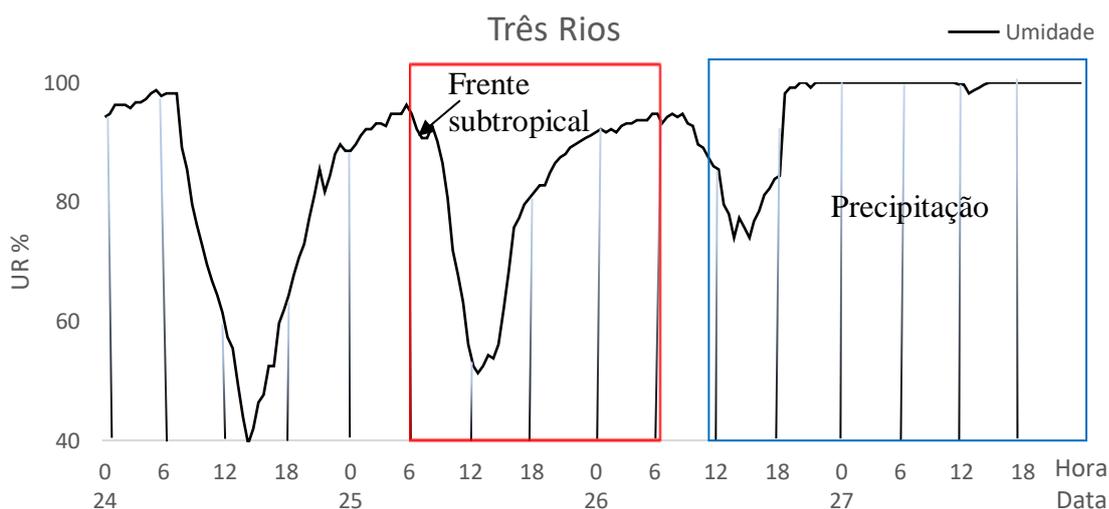


Figura 42– Variação da temperatura ao longo dos dias 24 a 27 de julho para a cidade de Três Rios, mostrando a atuação da frente subtropical na região amostrada dentro da caixa vermelha e a relação entre um período de chuva e os dados de umidade amostrados com a caixa azul.

Um resultado que chama a atenção em Além Paraíba são os dados entres os dias da frente subtropical, de 24 a 27 de julho, pois, pelo método utilizado para a detecção da frente nos dados, não foi possível localizar com precisão o momento da entrada da frente. O que se pode ver, a partir das figuras 43 e 44 é que o padrão para ambas as variáveis é seguido ao longo dos dias, de tal forma a dificultar a detecção da fase frontal.

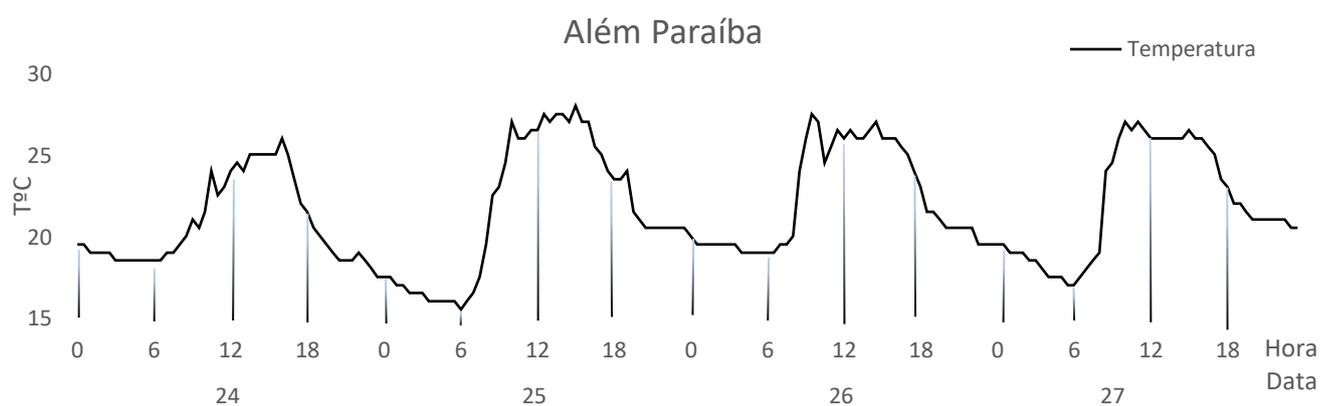


Figura 43– Variação da temperatura ao longo dos dias 24 a 27 de julho para a cidade de Além Paraíba.

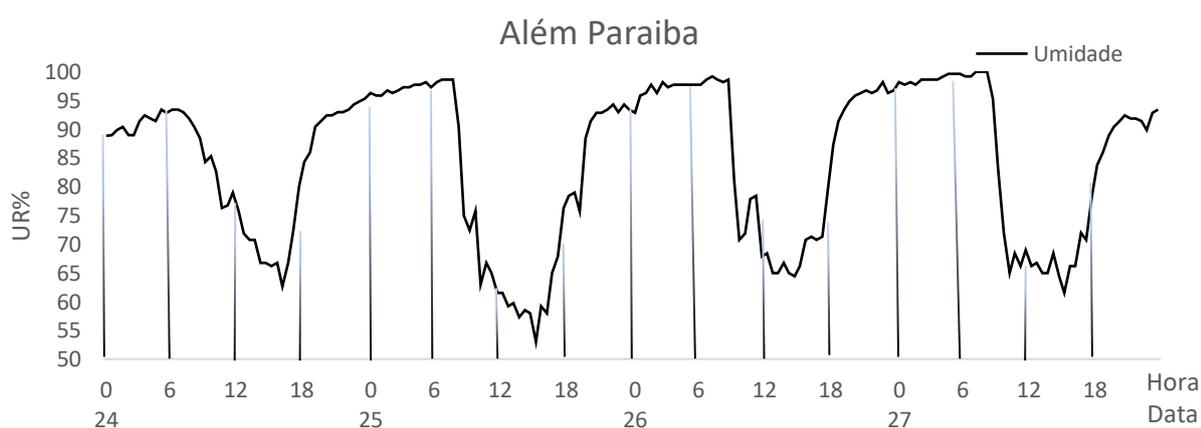


Figura 44– Variação da umidade ao longo dos dias 24 a 27 de julho para a cidade de Além Paraíba.

Em Itaocara, a verificação da influência da frente subtropical sobre o clima local a partir dos dados mostrou não impactar de forma direta, assim também como em Além Paraíba. Como o resultado obtido é o mesmo, os gráficos para Itaocara se encontram no anexo.

As demais cidades – Cambuci, Campos dos Goytacazes, São Fidélis e São João da Barra apresentam comportamento similar, sendo assim, os gráficos são apresentados no anexo.

5.3. Amplitude diária

A amplitude diária dos dados de Paraibuna para o período de 20 a 27 de julho, em função da diferença entre as medidas das 12 horas e das 6 horas (horários de maior e menor aquecimento mostrado pelos dados) pode ser observada através das figuras 45 e 46. O que se pode notar é que no dia da entrada da frente fria e da frente subtropical – 22 e 25 respectivamente, a amplitude da temperatura é muito baixa, e a de umidade também, de tal forma que se vê o efeito do resfriamento causado pela passagem da frente. Este efeito não se pronuncia nos dias 21, 23 e 24, que correspondem a fase pré e pós frontal para a frente fria e pré-frontal para a frente subtropical.

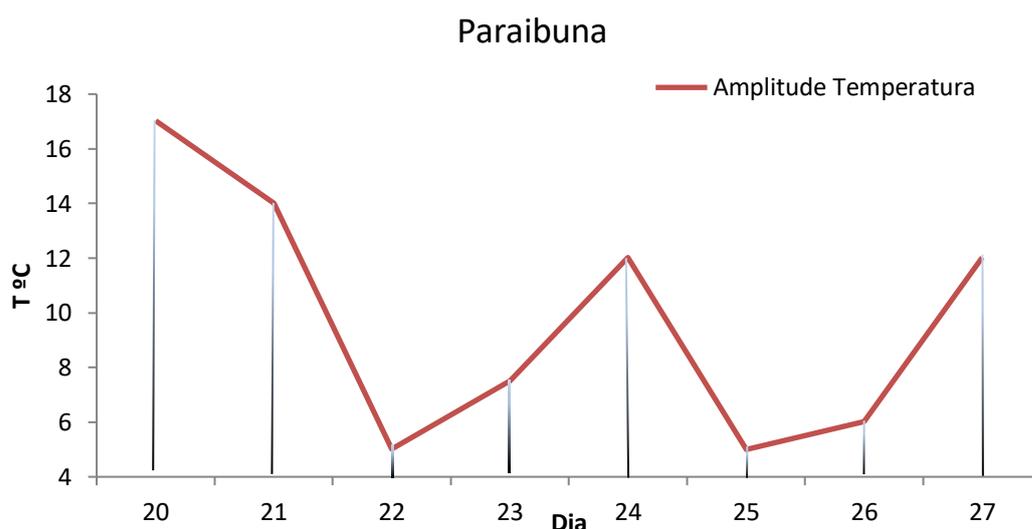


Figura 45– Amplitude diária de temperatura ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Paraibuna.

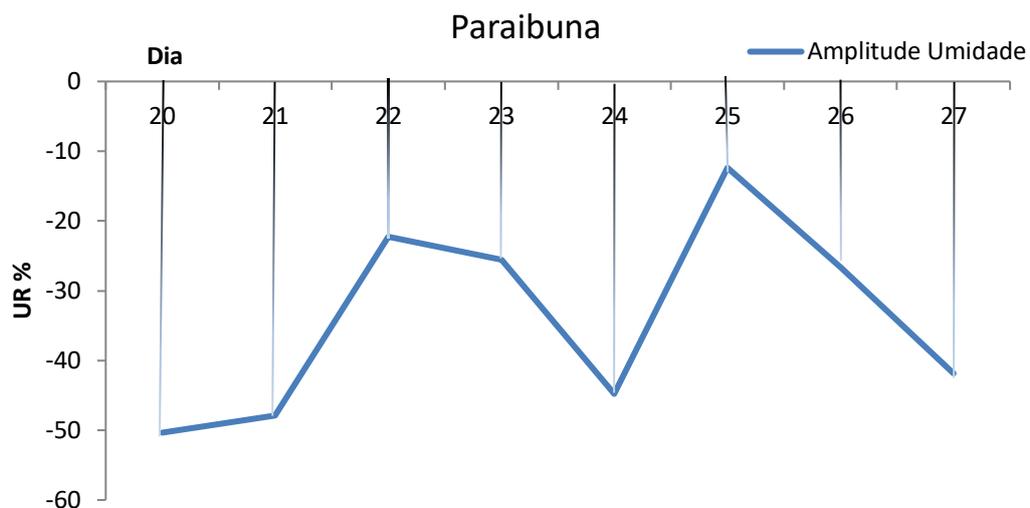


Figura 46 – Amplitude diária de umidade ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Paraibuna.

Para São José dos Campos, a amplitude diária também revela o efeito de resfriamento ocasionado pela passagem da frente fria- vide figuras 47 e 48. Nota-se que, desde o dia 20 até o dia 22 a amplitude diminuiu tanto para a temperatura quanto para a umidade e que no dia 23, na fase já caracterizada como pós-frontal, a amplitude começa a crescer.

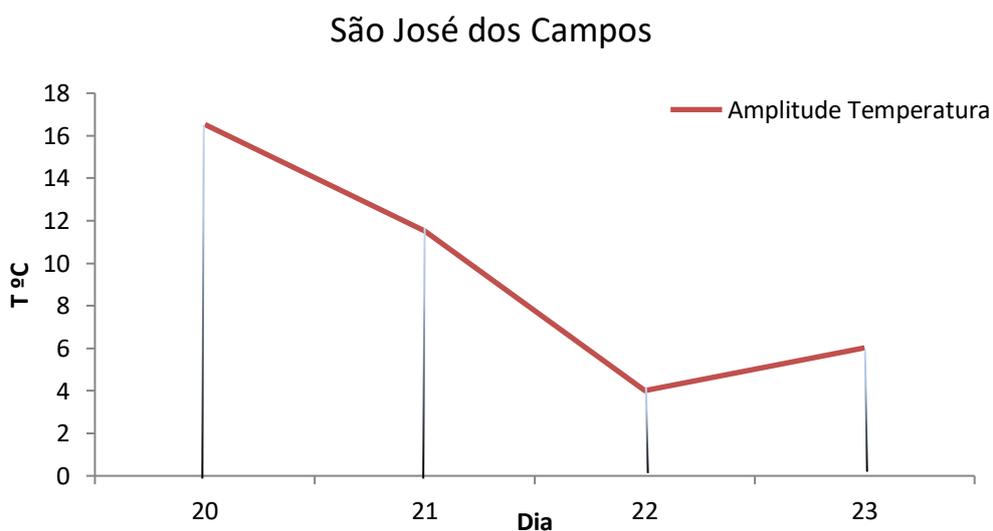


Figura 47 – Amplitude diária de temperatura ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de São José dos Campos.

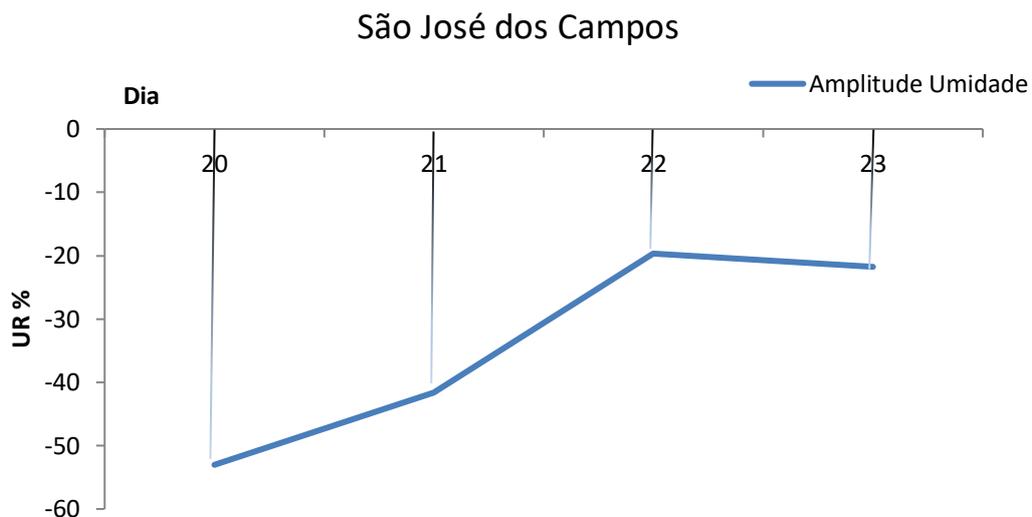


Figura 48 – Amplitude diária de temperatura ao longo dos dias 20 a 23 de julho para a cidade de São José dos Campos.

Analisando a amplitude diária de Guaratinguetá, tem-se que na passagem da frente subtropical, a diferença de temperatura e de umidade é muito pequena, em vista do efeito de resfriamento ocasionado pela frente – vide figuras 49 e 50.

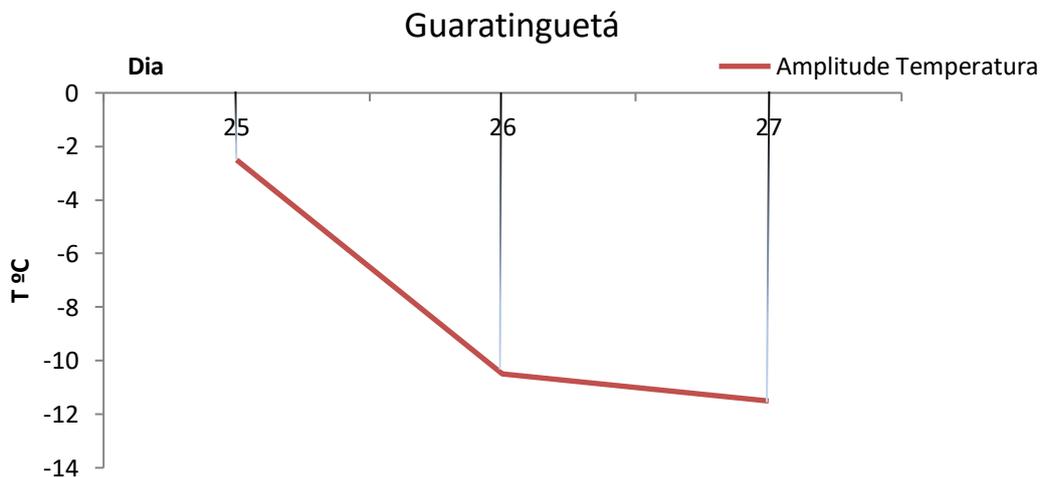


Figura 49 – Amplitude diária de temperatura ao longo dos dias 25 a 27 de julho para a cidade de Guaratinguetá.

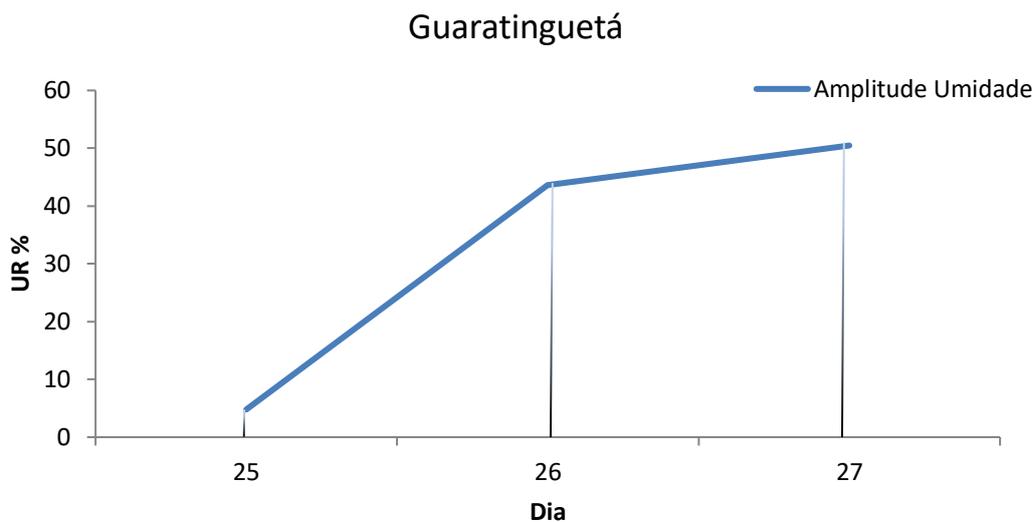


Figura 50 – Amplitude diária de umidade ao longo dos dias 25 a 27 de julho para a cidade de Guaratinguetá.

Assim como para Paraibuna, São José dos Campos e Guaratinguetá, a amplitude diária para Resende evidenciou a presença tanto da frente fria (dia 22) quanto da frente subtropical (dia 25) e seus efeitos sobre o aquecimento. Verifica-se isto a partir das figuras 51 e 52.

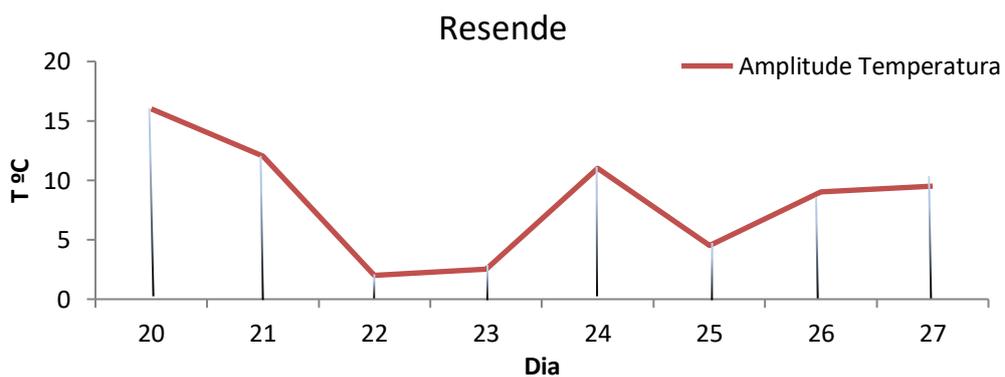


Figura 51 – Amplitude diária de temperatura ao longo dos dias 20 a 27 de Julho para a cidade de Resende.

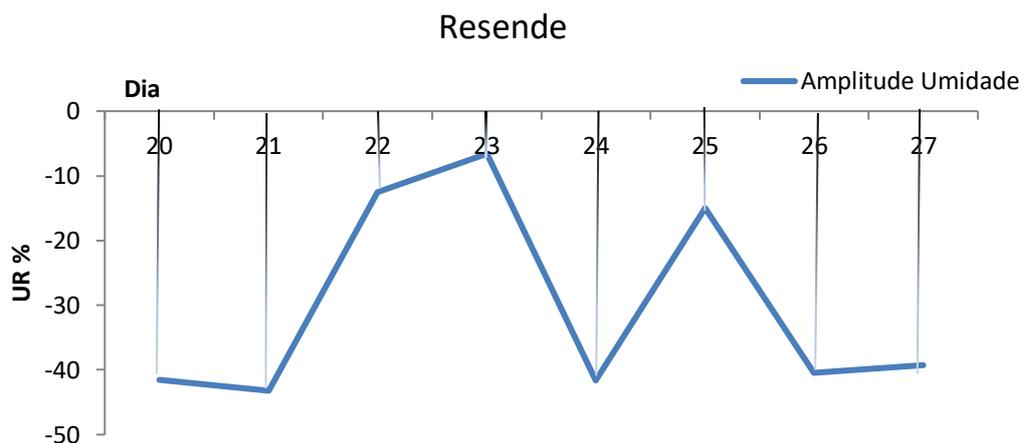


Figura 52 – Amplitude diária de umidade ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Resende.

Com a amplitude diária pode-se observar nitidamente o efeito que a passagem da frente ocasiona sobre o microclima local em Volta Redonda, uma vez que esta pode alterar as condições atmosféricas, em especial, apresentada nas figuras 53 e 54, a umidade e a temperatura. As figuras evidenciam a atuação da frente tanto no dia 22 e 25, mas com maior influência na frente fria do que na frente subtropical.

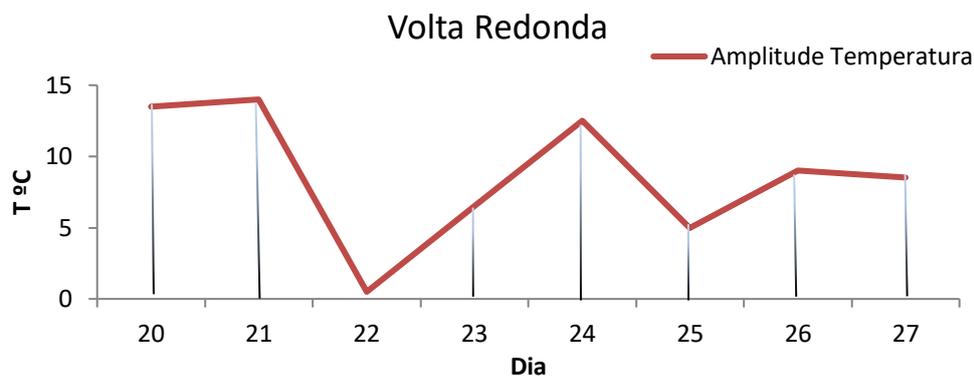


Figura 53 – Amplitude diária de temperatura ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Volta Redonda.

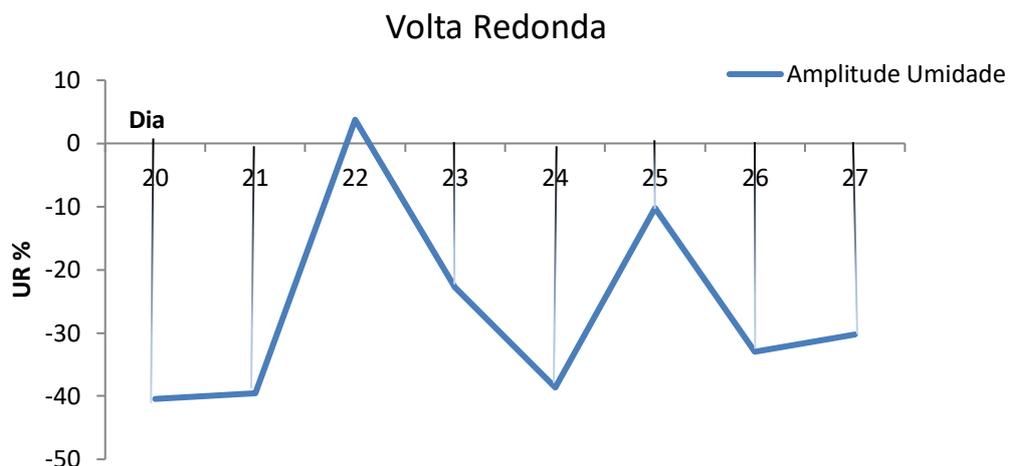


Figura 54 – Amplitude diária de umidade ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Volta Redonda.

Tomando-se a amplitude diária de temperatura e umidade, para Três Rios – figuras 54 e 55, verifica-se as informações apresentadas de que a frente fria atuou sobre a região no dia 22, tendo em vista a diminuição da amplitude neste dia, e que a frente subtropical atuante no dia 25 não causou impacto muito grande sobre o microclima local, de certa forma a não diminuir de forma acentuada a amplitude diária de temperatura (umidade), como no caso do dia 22.

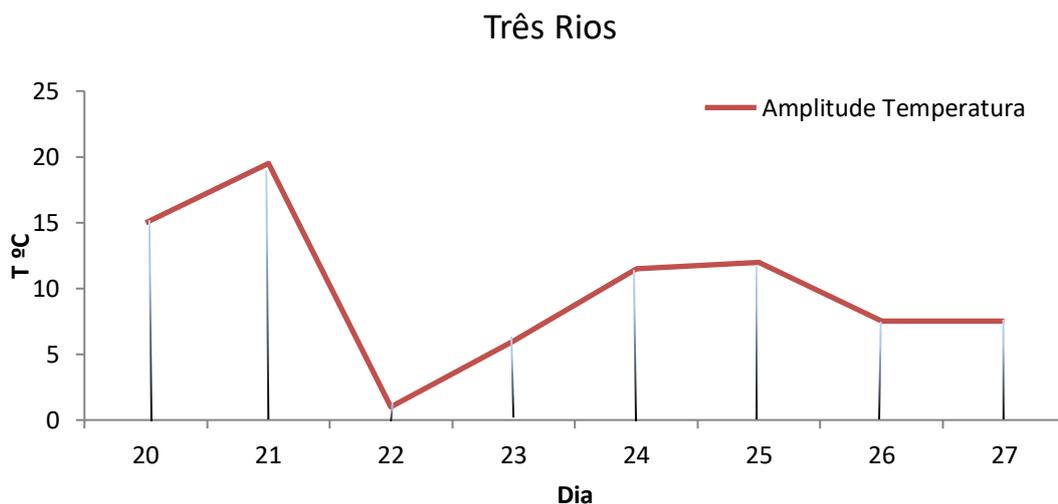


Figura 54 – Amplitude diária de temperatura ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Três Rios.

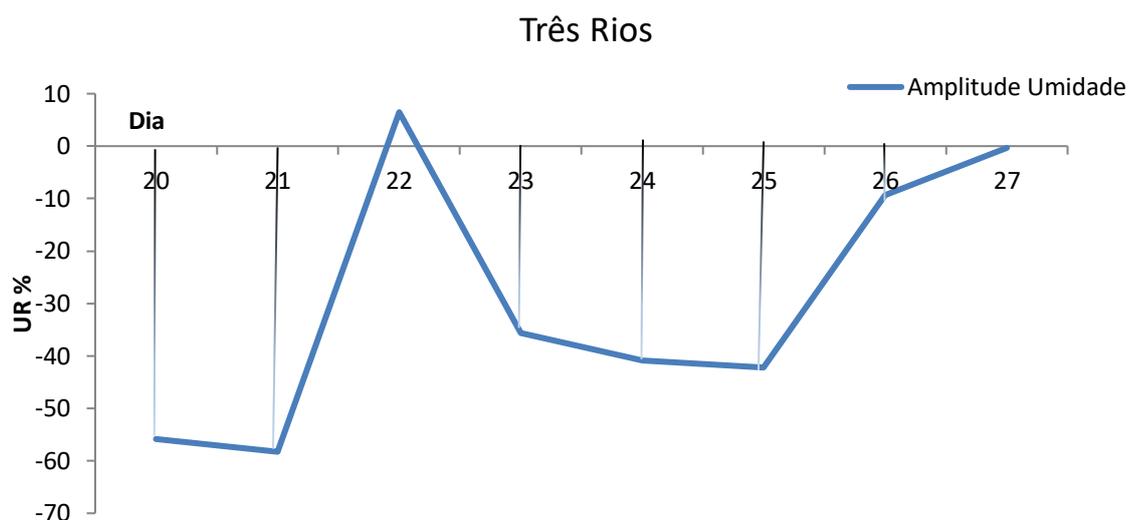


Figura 55 – Amplitude diária de umidade ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Três Rios.

Para Além Paraíba, a amplitude diária – figuras 56 e 57 - revela que no dia 22 houve a atuação da frente fria sobre a região, mas que a influência da frente subtropical não está totalmente caracterizada; a amplitude diária obtida apresenta um valor auto, aproximando-se do valor obtido nos dias 26 e 27, os quais não possuíam presença de frentes.

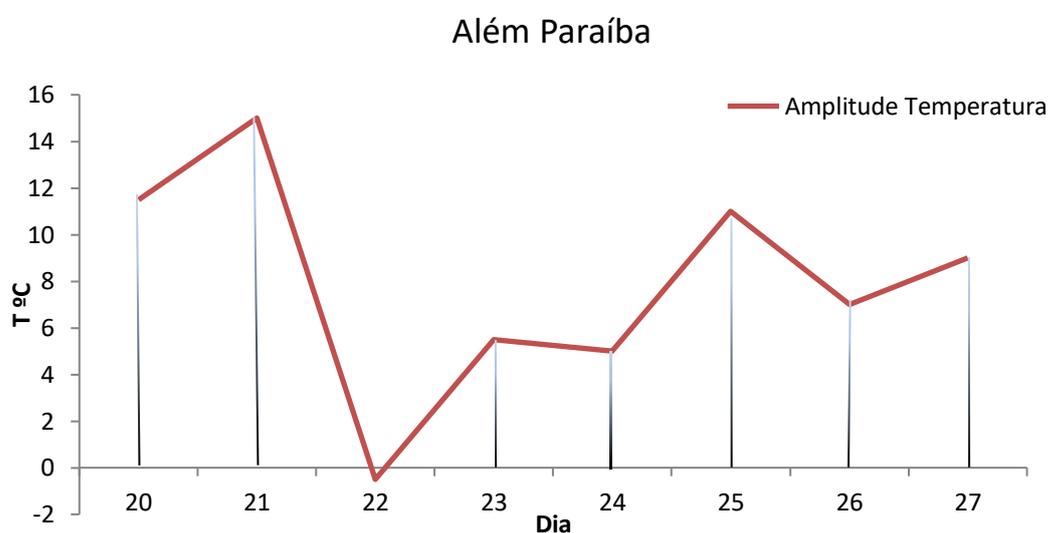


Figura 57 – Amplitude diária de temperatura ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Além Paraíba.

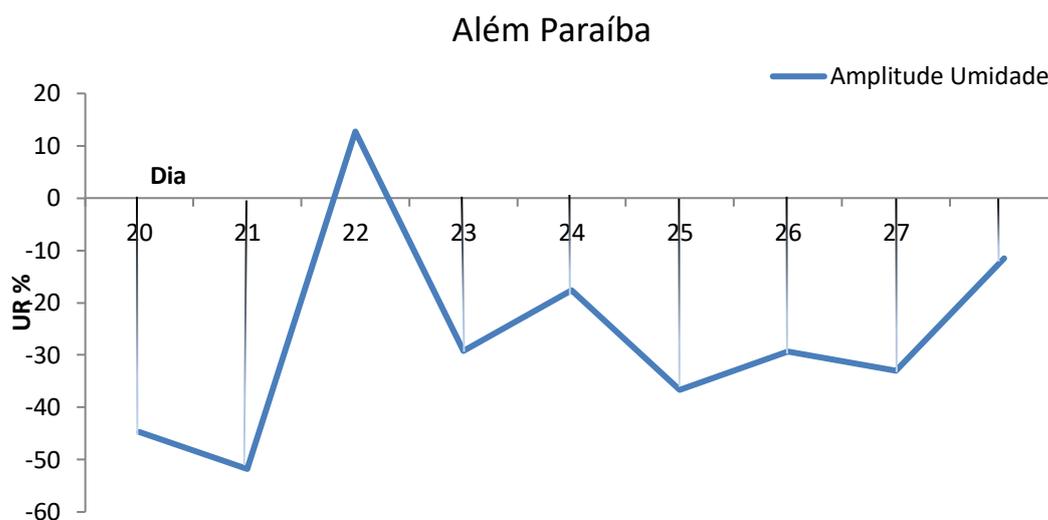


Figura 58 – Amplitude diária de temperatura ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Além Paraíba.

Os gráficos 59 e 60 mostram a amplitude diária de temperatura e umidade respectivamente para a cidade Itaocara. Nota-se que no dia 22 a frente fria atua de maneira a diminuir (aumentar) a amplitude entre os dados de temperatura (umidade) coletados, interferindo também no microclima. Já para a frente subtropical, a percepção da influência desta sobre a região não é tão clara, uma vez que a amplitude de ambas as variáveis se aproximam do período sem atuação de frentes.

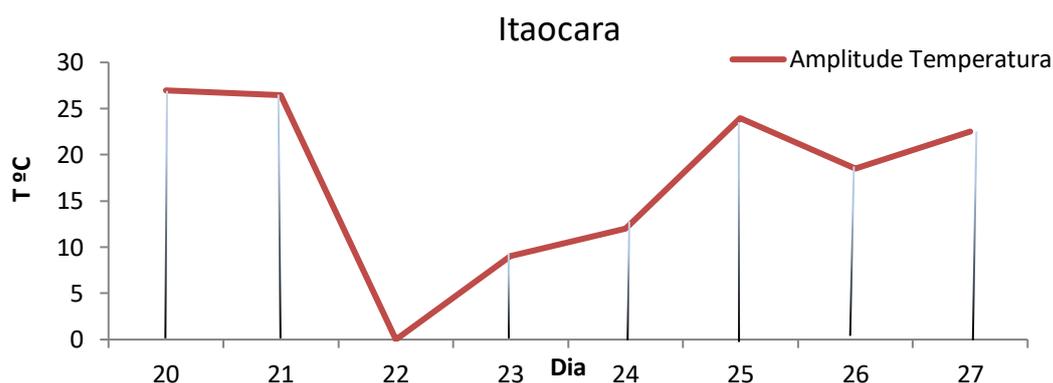


Figura 59 – Amplitude diária de temperatura ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Itaocara.

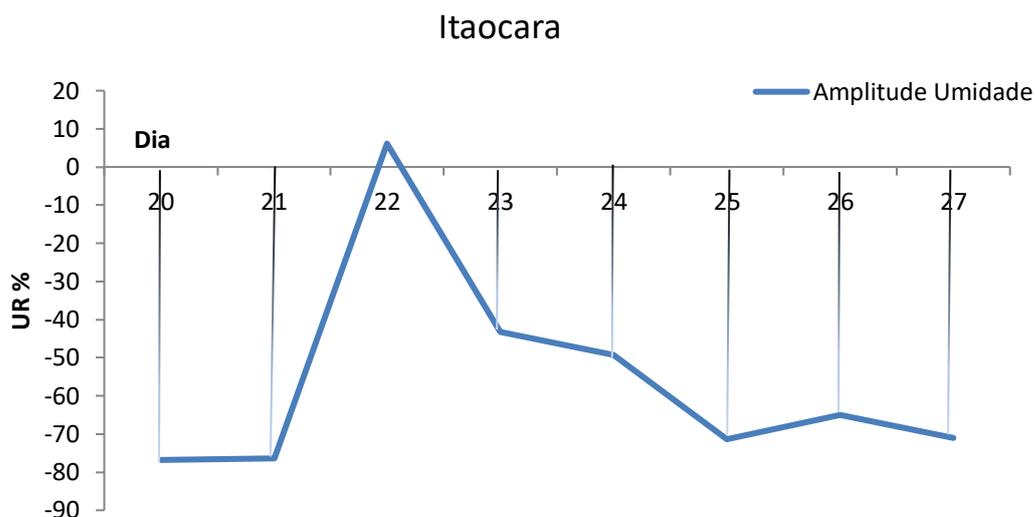


Figura 60 – Amplitude diária de umidade ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Itaocara.

A amplitude diária para Cambuci revela que no dia 22 a frente fria impactou sobre o clima local, mas que no dia 25, a frente subtropical não causou efeito a região tendo em vista o crescimento da amplitude, o que mostra valores maiores de temperatura ao longo dia, que é o que se espera em dias sem a presença de sistemas frontais. As figuras 61 e 62 apresentam a amplitude de temperatura e umidade para Cambuci, respectivamente.

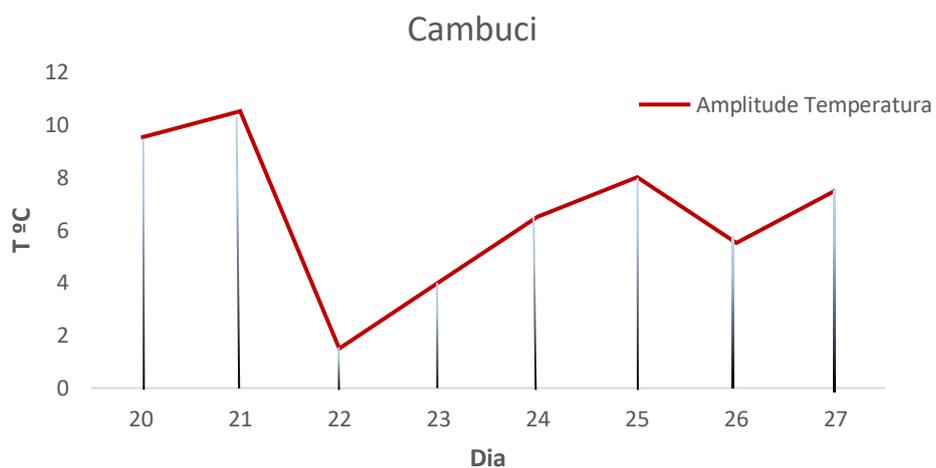


Figura 61 – Amplitude diária de temperatura ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Cambuci.

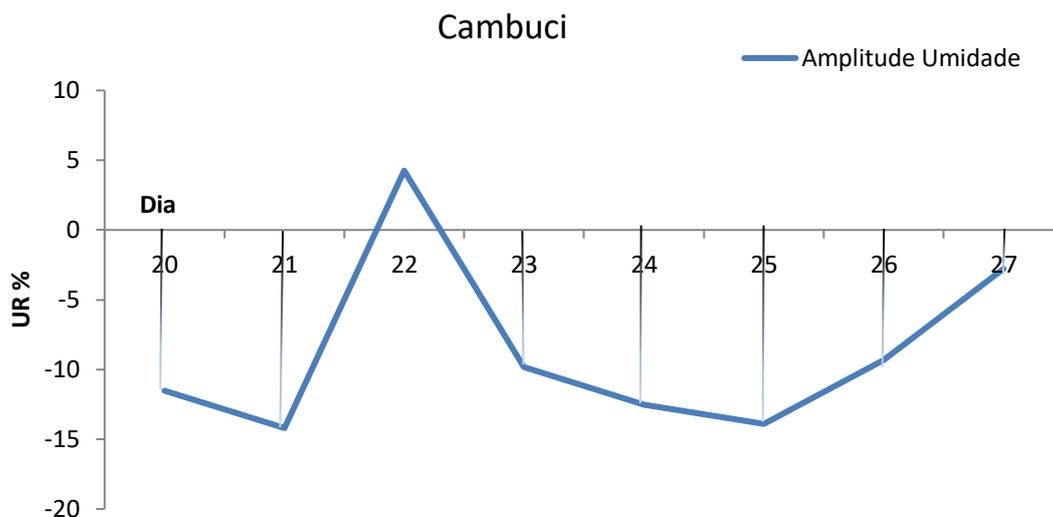


Figura 62 – Amplitude diária de umidade ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Cambuci.

Assim como as cidades já apresentadas, Campos dos Goytacazes apresenta em sua amplitude diária – figuras 63 e 64 - a influência da frente fria do dia 22, reduzindo assim a amplitude normal de temperatura e aumentando a amplitude de umidade. No dia 25, como já abordado, a frente subtropical não exerce efeito sobre esta localidade, tendo em vista o crescimento da amplitude, se equiparando aos valores normais de dias sem a presença de sistemas frontais.

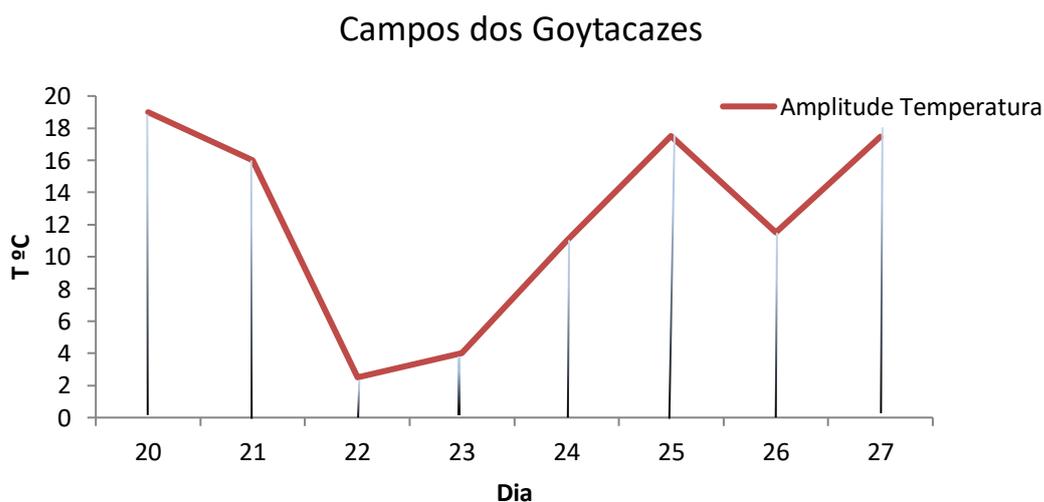


Figura 63 – Amplitude diária de temperatura ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Campos dos Goytacazes.

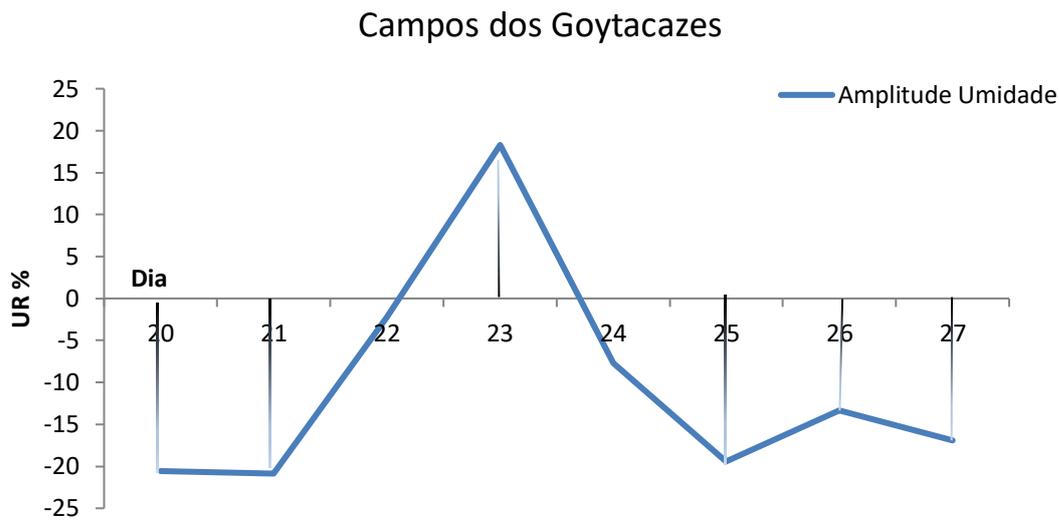


Figura 64 – Amplitude diária de umidade ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de Campos dos Goytacazes.

A mesma análise feita para a amplitude diária em Campos dos Goytacazes foi feita para São Fidélis e São João da Barra – figuras 65 a 68, de forma a pronunciar a não interferência da frente subtropical sobre estas regiões, em função da grande amplitude térmica e de umidade.

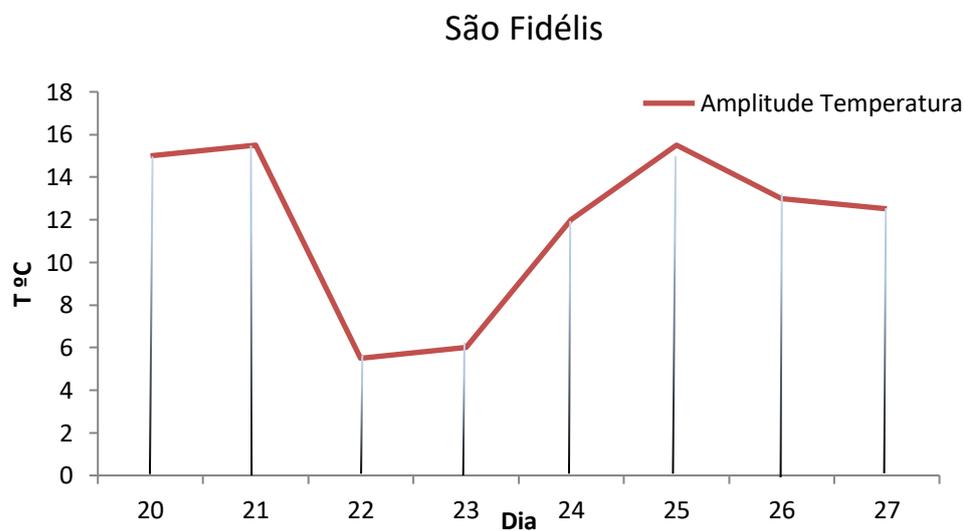


Figura 65 – Amplitude diária de temperatura ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de São Fidélis.

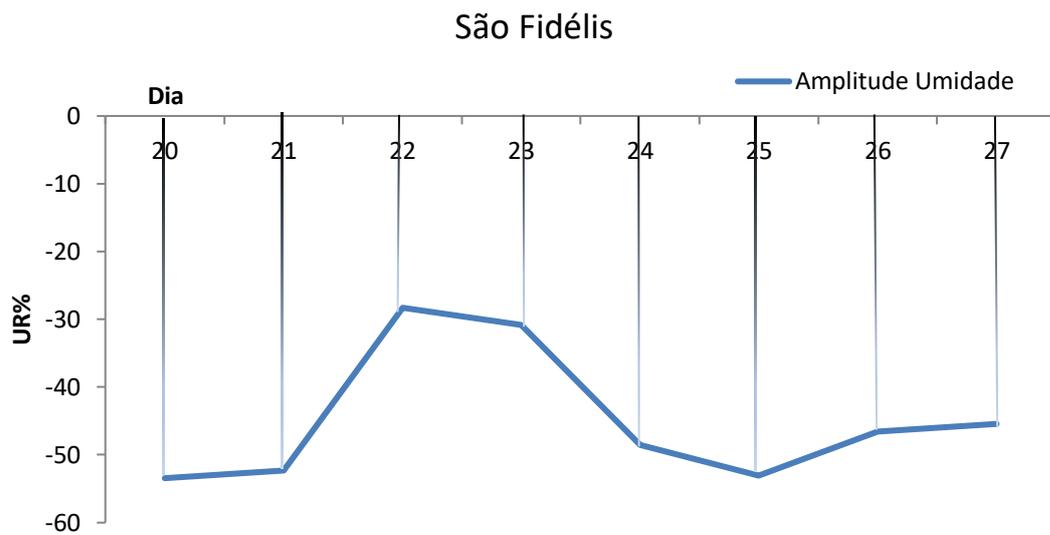


Figura 66 – Amplitude diária de umidade ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de São Fidélis.

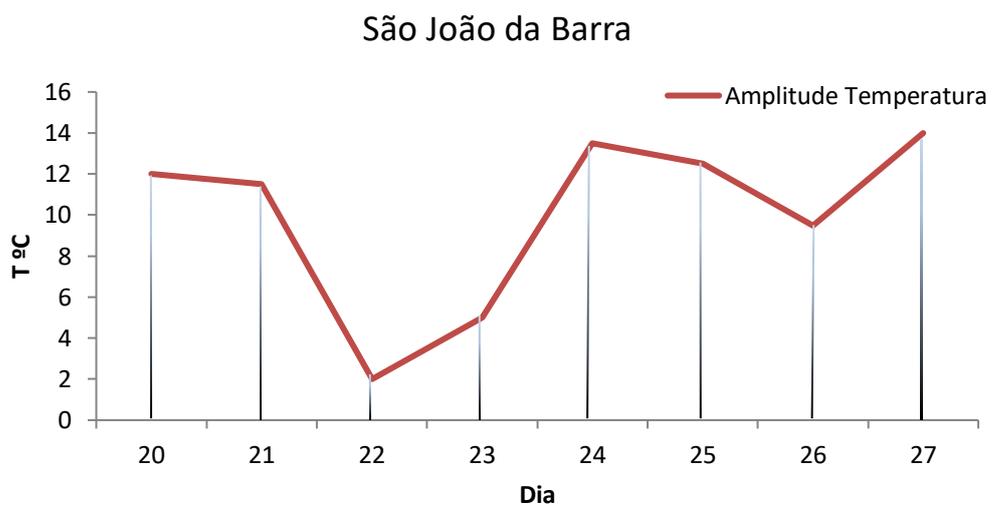


Figura 67 – Amplitude diária de temperatura ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de São João da Barra.

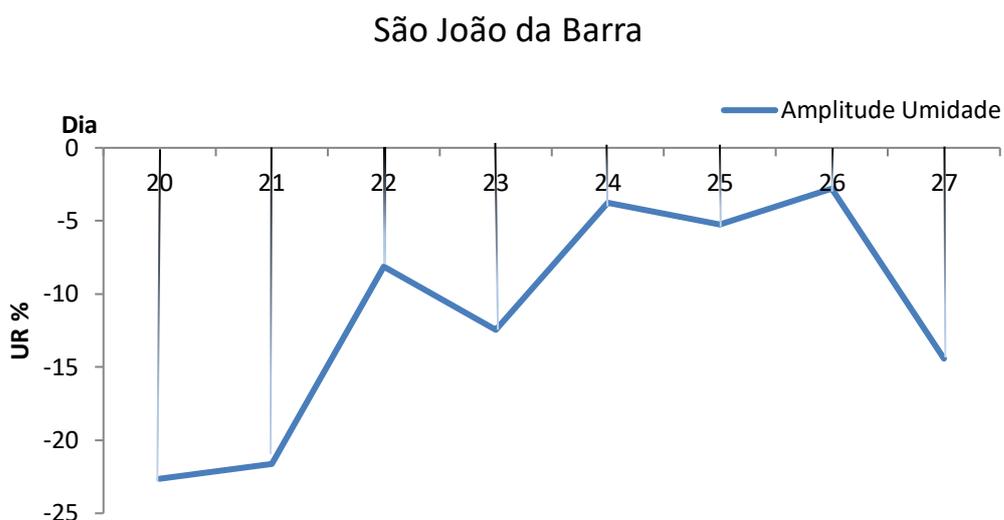


Figura 68 – Amplitude diária de umidade ao longo dos dias 20 a 27 de julho para a cidade de São João da Barra.

Verifica-se que no período de atuação da frente fria, a resposta dos sensores em vista do meio no qual estavam instalados - com ou sem a influência da mata ciliar e da localidade foi diferente, por exemplo: o sensor para a cidade de Cambuci, como já discutido, estava instalado sobre a influência da mata ciliar; cerca de 50 Km a frente, na cidade de São Fidélis, tinha-se um ibutton instalado sem a influência da mata. O que se pode ver, a partir das figuras 31-32 e 27-28 é que tomando-se o período inicial da manhã, a partir das 6 horas, que a temperatura para São Fidélis (figuras 31-32) dá um salto nas primeiras horas da manhã, com pico de aquecimento antes mesmo das 12 horas, e que no mesmo período de horário mas para a cidade de Cambuci (figuras 27 -28), o período de aquecimento é mais normalizado, não passa pelo salto e nem pelo pico de aquecimento antes das 12 horas. Isto é reflexo da influência da mata ciliar, uma vez que não houve uma variação espacial e nem de altitude tão grandes. Outra informação amostrada pela análise conjunta dos gráficos é que no período de atuação da frente fria, no dia 22, a mata ciliar exerce papel fundamental nas medidas sobre as condições atmosféricas existentes provenientes da passagem da frente e como se pode observar, os valores de temperatura (umidade) são mais baixos (altos) para Cambuci do que para São Fidélis, ou seja, a resposta da frente fria é diferente quando o sensor estava sobre a influência da mata ciliar e quando não estava.

Assim como os dados de Além Paraíba e Itaocara, Cambuci, Campos dos Goytacazes, São Fidélis e São João da barra não apresentaram uma caracterização

a partir do método utilizado para a detecção da fase frontal para a frente subtropical do dia 25 de julho, de tal forma que o padrão de oscilação dos dados ao longo do dia foi mantido. Sendo assim, para a frente subtropical do dia 25, a figura gerada para cada localidade também se encontra no anexo.

5.4. Balão

A entrada de sistemas frontais ocasiona mudanças significativas sobre as variáveis meteorológicas e por sua vez no microclima local. Mas, a análise também da interferência do sistema aquáticos sobre o microclima a ele exposto pode ser feita através dos dados coletados com o balão meteorológico. Os dados do sensor fixo as margens do rio em Paraibuna, para o dia 31 de julho, foram comparados com os dados coletados com o balão, amostrando assim, a mesma região do percurso do rio em Paraibuna – figuras 69-70.

A percepção do efeito do corpo d'água sobre os dados no local pode ser analisada de maneira complementar entre os dados de temperatura e umidade. Pode-se verificar a partir das figuras 69 e 70 que, o ibutton a 1 metro de altura, mais próximo a superfície da água, apresenta na maior parte do tempo, os maiores valores de temperatura e menores de umidade. Os demais ibuttons (3,5,7 e a 10 metros de altura) apresentam comportamento similar praticamente ao longo de toda a série de dados, o que mostra que a maior variação de temperatura e umidade ocorre próximo a superfície da água. Destaca-se aqui que o ibutton fixo, por estar instalado as margens do rio, e sobre a influência direta da mata ciliar e seu efeito de sombreamento, apresenta medidas de temperatura (umidade) abaixo (acima) dos valores obtidos com os sensores no balão. Desta maneira, analisando-se novamente as figuras 21 e 22, pode-se identificar a atuação direta da vegetação ao entorno do rio na temperatura e umidade, ou seja, o que indica que a mata ciliar também exerce um papel essencial e fundamental sobre o microclima local.

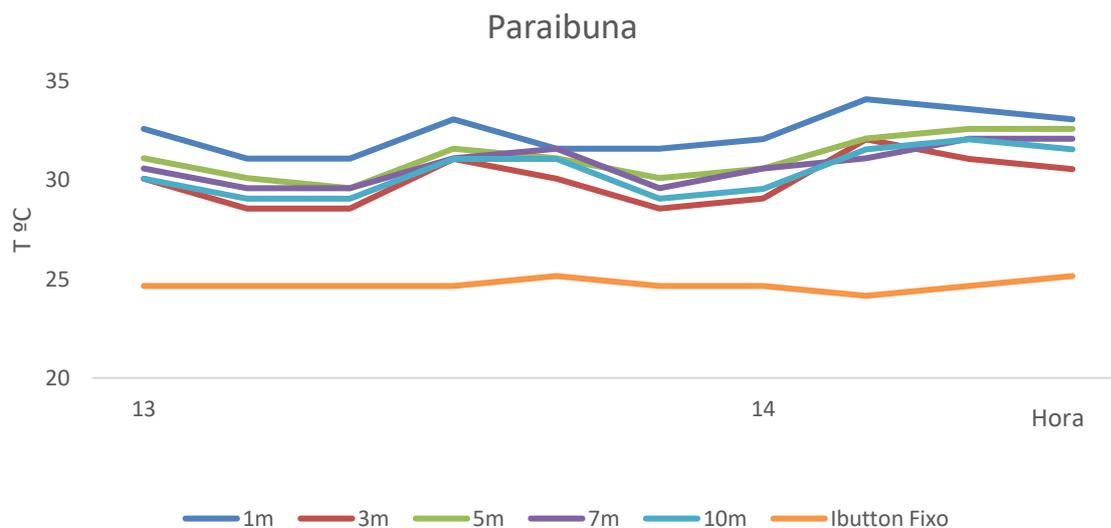


Figura 69 – Variação da temperatura ao longo de Paraibuna, no dia 31 de julho, a uma análise entre os dados do balão com 5 sensores – 1 metro, 3 metros, 5 metros, 7 metros e a 10 metros de altura- e os dados do ibutton fixo.

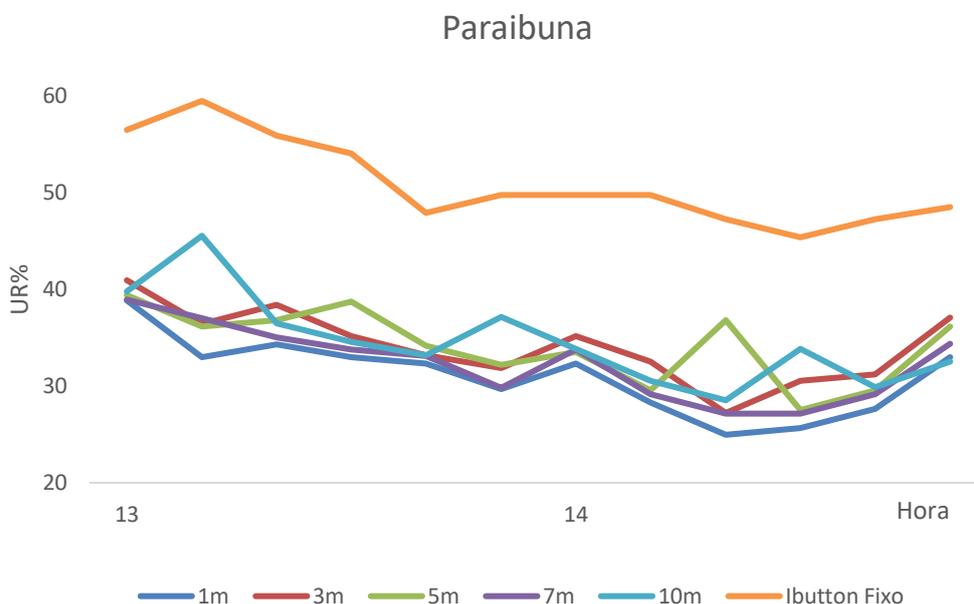


Figura 70 – Variação da umidade ao longo de Paraibuna, no dia 31 de julho, a uma análise entre os dados do balão com 5 sensores – 1 metro, 3 metros, 5 metros, 7 metros e a 10 metros de altura- e os dados do ibutton fixo.

As figuras 71 e 72 apresentam a evolução temporal do perfil de umidade e temperatura para a cidade de São José dos Campos no dia 12 de agosto em função dos dados coletados pelo balão e pelo sensor fixo as margens do rio e sobre a

influência da mata ciliar. A região do rio aqui amostrada apresenta uma corredeira e os efeitos desta sobre as variáveis atmosféricas pode ser analisada. Assireu et al. (2015) mostrou que as corredeiras influenciam de maneira significativa a umidade relativa do ar, como se pode observar na figura 28 a partir das 11 horas da manhã, comparando-se as medidas realizadas com o ibutton fixo, medidas de referência. Nota-se que esta influência não ocorre somente próximo a superfície, todos os sensores mostraram um aumento em suas medidas; o sensor a 1 metro apresentou a maior influência da corredeira, a qual foi diminuindo com a altura, mas ainda assim a 10 metros a influência é perceptível.

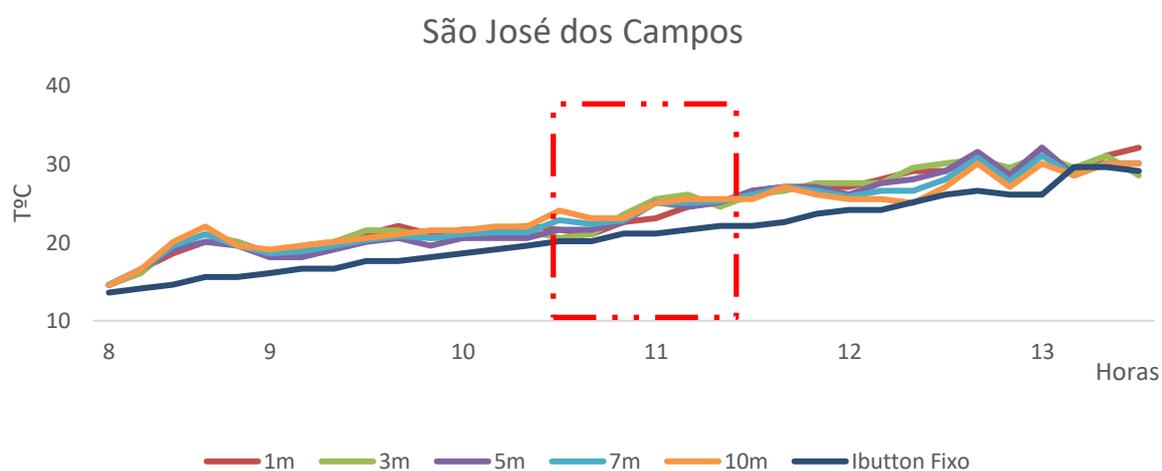


Figura 71 – Variação da temperatura ao longo de São José dos Campos, no dia 12 de agosto, a uma análise entre os dados do balão com 5 sensores – 1 metro, 3 metros, 5 metros, 7 metros e a 10 metros de altura- e os dados do ibutton fixo. Caixa vermelha apresenta o momento da passagem do balão pela corredeira.

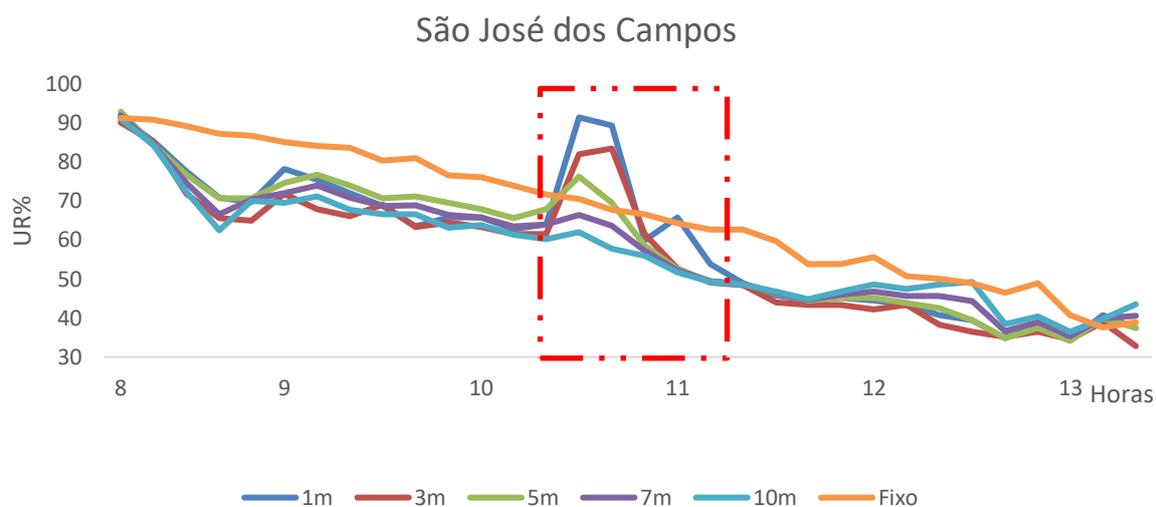


Figura 72 – Variação da umidade ao longo de São José dos Campos, no dia 12 de agosto, a uma análise entre os dados do balão com 5 sensores – 1 metro, 3 metros, 5 metros, 7 metros e a 10 metros de altura- e os dados do ibutton fixo. Caixa vermelha apresenta o momento da passagem do balão pela corredeira.

5.5 Distancia Nascente x média temperatura e umidade

Em vista das cidades acima apresentadas pela análise da frente fria e dos dados coletados para o mês de julho, entre os dias 25 e 31, tem-se um perfil - média dos dias, médias diurnas e noturnas - de temperatura e umidade traçado em função da distância com relação a nascente, de acordo com o deslocamento do rio. A tabela 1 abaixo apresenta as coordenadas geográficas das cidades, bem como sua distância da nascente em quilômetros.

Tabela 1 – Distância das cidades com relação a nascente do rio Paraíba do Sul, de acordo com o deslocamento do rio.

Local	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Distância Nascente (Km)
Nascente	22°45'28.88"S	44°45'46.52"O	1834	0
Paraibuna	23°23'0.20"S	45°39'47.65"O	638	82
S J Campos	23° 9'18.00"S	45°53'27.60"O	555	152
Guaratinguetá	22°48'36.72"S	45°12'1.44"O	530	272

Resende	22°28'4.01"S	44°26'34.87"O	404	360
Volta Redonda	22°29'58.42"S	44° 5'51.76"O	375	395
Três Rios	22° 7'18.18"S	43°12'37.33"O	344	495
Além Paraíba	21°52'36.70"S	42°40'54.41"O	145	555
Itaocara	21°40'14.05"S	42° 5'23.21"O	61	620
Cambuci	21°34'37.85"S	41°54'30.64"O	43	640
São Fidélis	21°38'35.23"S	41°45'21.49"O	28	660
C. Goytacazes	21°44'46.50"S	41°19'33.49"O	11	710
São J. Barra	21°38'17.48"S	41° 3'2.88"O	7	750

As figuras 73 e 74 apresentam a média de temperatura e umidade para todo o período de julho analisado. Vê-se que os menores valores de temperatura e os maiores de umidade são obtidos ao longo do percurso entre a nascente e São José dos Campos, de tal forma que os efeitos das coordenadas de latitude, longitude e altura podem ser percebidos.

O efeito do aquecimento e conseqüente diminuição da umidade pode ser visto (figuras 73-74) em função do deslocamento do rio, o qual está indo para regiões cada vez menores, em altitude, o que está atrelado ao fato já apresentado que a cada 126 metros em decréscimo de altura ocorre um aumento de temperatura de 1°C (Fritzsos, 2008). O aquecimento nas cidades de Três Rios e Cambuci não é tão pronunciado uma vez que se tem o efeito das margens do rio, ou seja, os sensores estavam instalados sobre a influência da mata ciliar. O efeito da proximidade do mar, associado com a brisa marítima, é revelado com os pontos em Campos do Goytacazes e São João da Barra, com leve diminuição da temperatura e aumento da umidade.

O perfil de elevação entre a nascente e Paraibuna e entre Paraibuna e São José dos Campos é mostrado pelas figuras 75 e 76 respectivamente, de tal forma a verificar-se que há uma elevação muito grande margeando o rio entre a Nascente e Paraibuna e que entre Paraibuna e São José dos Campos também existe um perfil de elevação, o que faz com que o rio contorne esta região dando a volta na cidade de Guararema, a cerca de 122 quilômetros da nascente.

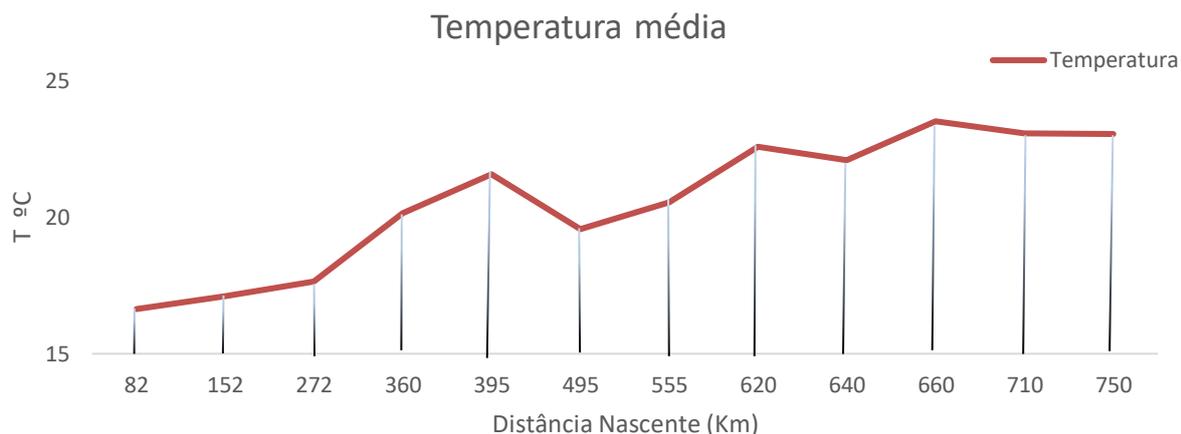


Figura 73– Média de temperatura entre os dias 25 e 31 de julho para todas as cidades com ibuttons instalados ao longo do percurso do rio Paraíba do Sul.

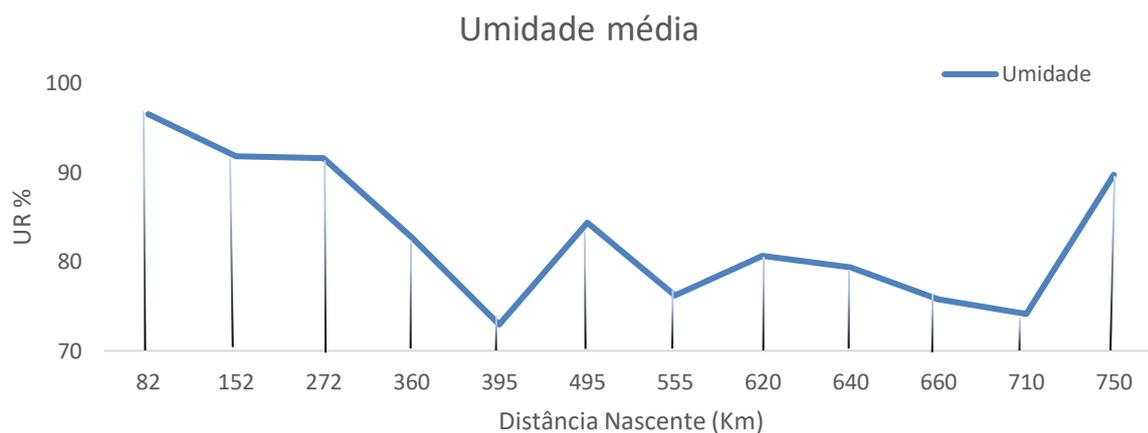


Figura 74– Média de umidade entre os dias 25 e 31 de julho para todas as cidades com ibuttons instalados ao longo do percurso do rio Paraíba do Sul.



Figura 75– Perfil de elevação entre a nascente do rio Paraíba do Sul, em Campos de Cunha, e a cidade de Paraibuna.

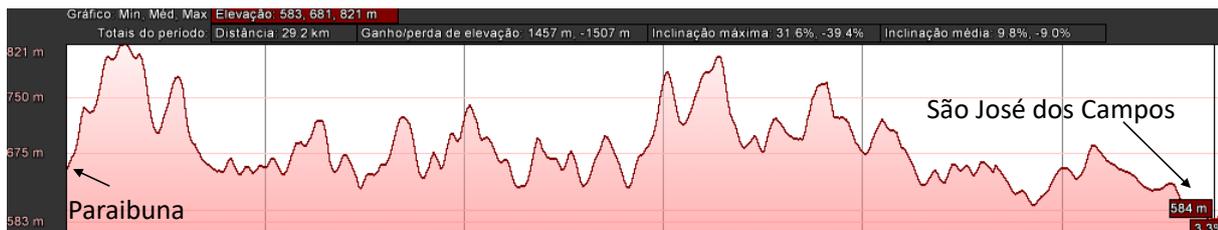


Figura 76– Perfil de elevação entre Paraibuna e São José dos Campos.

Tomando agora a média diurna e noturna, apresentada nas figuras 77-78 e 79-80, respectivamente, vê-se que, ao longo do dia (noite), as maiores (menores) temperaturas são observadas. Uma questão a ser tratada e que chama a atenção é o fato esperado que, como já discutido a partir das figuras 73 e 74, como o rio desloca de regiões em maiores altitudes para regiões de menores, à medida que se afasta da nascente, a temperatura irá aumentar; mas verifica-se que a 395 km – 495 km e 620 km – 640 km da nascente a temperatura diminui, tanto no período diurno, quanto no período noturno, isto se deve ao fato de que as cidades amostradas - Três Rios e Cambuci apresentarem sensores instalados sobre a influência da mata ciliar e como já visto está causa um efeito de resfriamento e conseqüentemente aumento de umidade.

Todavia para Itaocara, a 620 km da nascente, o aquecimento é mais pronunciado, o qual já foi apresentado nas figuras 10 e 13. O que se espera é que a medida que se aproxima do mar, o efeito da brisa marítima seja sentido; as figuras (77 a 80) mostram que quando as medidas são feitas para São João da Barra (740 km), local onde o rio deságua no mar, a temperatura diminui, em vista do ponto anterior de medida, Campos dos Goytacazes (740 km), o que em vista da relação entre coordenadas de altura, latitude e longitude não é justificável, mas que atrelado a brisa marítima se torna possível. Aqui se vê o efeito da brisa pronunciado sobre as medidas da temperatura e da umidade.

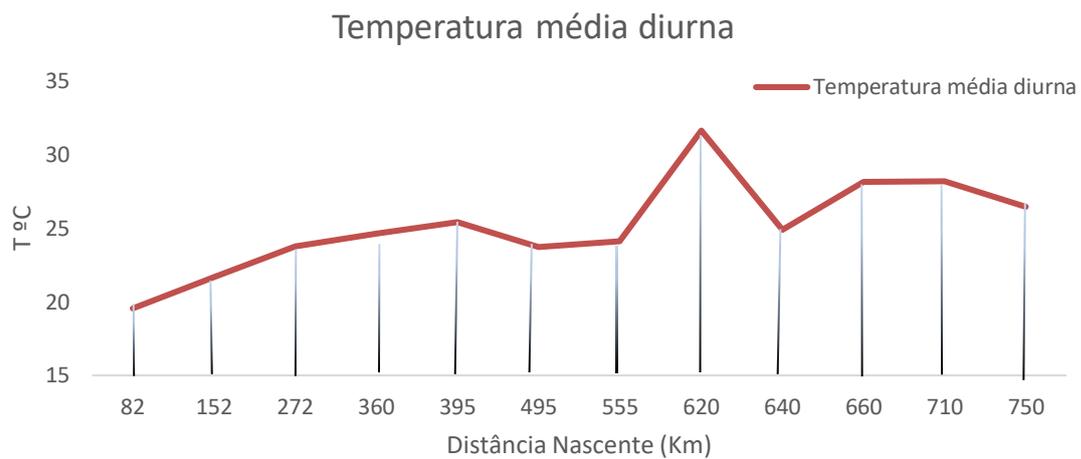


Figura 77 – Média diurna de temperatura entre os dias 25 e 31 de julho para todas as cidades com ibuttons instalados ao longo do percurso do rio Paraíba do Sul.

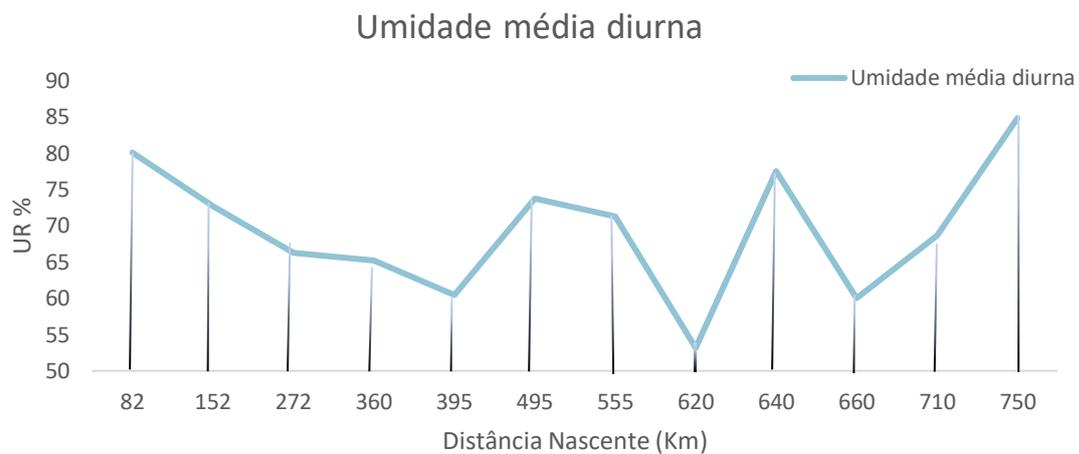


Figura 78 – Média diurna de umidade entre os dias 25 e 31 de julho para todas as cidades com ibuttons instalados ao longo do percurso do rio Paraíba do Sul.

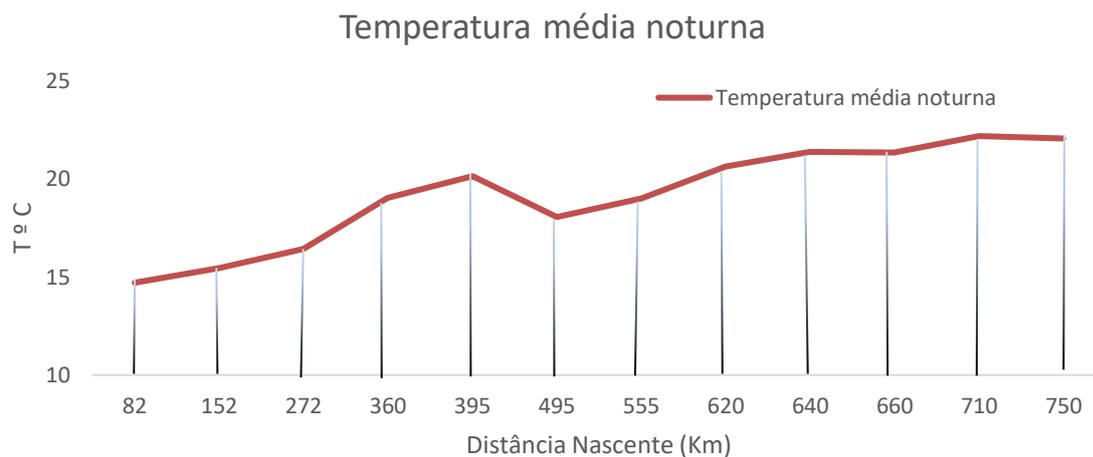


Figura 79 – Média noturna de temperatura entre os dias 25 e 31 de julho para todas as cidades com ibuttons instalados ao longo do percurso do rio Paraíba do Sul.

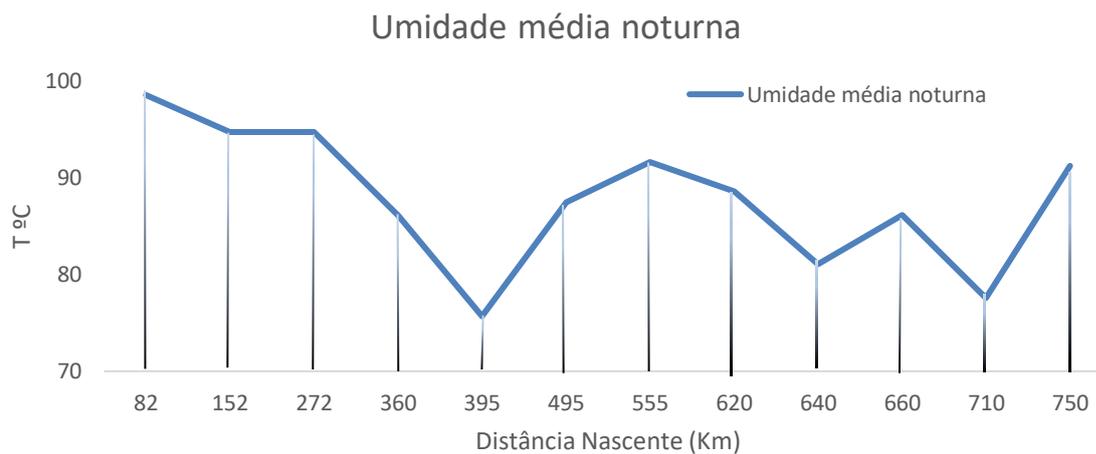


Figura 80 – Média noturna de umidade entre os dias 25 e 31 de julho para todas as cidades com ibuttons instalados ao longo do percurso do rio Paraíba do Sul.

6. CONCLUSÃO

A análise dos dados coletados no Projeto Cacheiras, ainda que de forma preliminar, auxiliou no entendimento de processos microclimáticos que ocorrem ao longo do rio, principalmente evidenciando a influência dos efeitos de sombra, da passagem de frentes frias, coordenadas de latitude, longitude e altitude e da mata sobre o microclima, o que antes somente passava pelo campo da especulação.

A influência do microclima em regiões arborizadas não é limitada apenas a sua localização, mas é amplamente transferido para a comunidade nas suas vizinhanças. Os valores associados a preservação das matas, principalmente a mata ciliar, e a diminuição do desmatamento tem sido cada vez mais buscados, a fim de que os tomadores de decisão se apoiem em dados concisos, fidedignos, para assim transformarem o modo de pensar e agir da comunidade em prol da melhoria do microclima local. Os resultados deste trabalho mostraram que os efeitos da mata ciliar ao longo do Rio Paraíba do Sul são fundamentais para que o microclima se pronuncie de maneira a manter as temperaturas mais baixas e favorecer o aumento de umidade nas regiões próximas ao rio.

As coordenadas de latitude, longitude e altitude – com relação ao nível do mar, ao longo do percurso do rio foram analisados e mostraram que os pontos de maior aquecimento ocorreram nas cidades cariocas, principalmente as mais próximas a cidade de São João da Barra, visto que as altitudes eram menores – mais próximo do mar. Entrelaçado também aos efeitos das coordenadas, o fato de que os sensores em alguns pontos diferenciarem da forma como estavam instalados, se revelou de forma pronunciada na comparação entre os dados de Cambuci – sensor sobre a influência da mata ciliar - e Itaocara – sensor sem a influência da mata ciliar, distantes 50 km rio a baixo, de tal modo que: a umidade (temperatura) foi a menor (maior) para Itaocara, enquanto que o inverso ocorreu para Cambuci.

Os sistemas sinóticos vêm sendo bastante estudados, principalmente a partir do avanço da tecnologia e desenvolvimento de ferramentas capazes de auxiliar na detecção e previsão dos mesmos. O entendimento de processos associados com a passagem de uma frente fria por exemplo se apresenta muitas vezes a partir do conhecimento das fases de sua passagem, principalmente: pré-frontal, frontal e pós frontal; bem como os efeitos nas variáveis atmosféricas ocasionados pelo mesmo. Os

resultados obtidos mostraram que os efeitos das fases são: pré-frontal – leve aquecimento; frontal e pós frontal – diminuição da temperatura e consequente aumento da umidade. Estes efeitos, para a passagem da frente fria estudada foi sentido ao longo de toda a bacia do rio Paraíba do Sul. Outro sistema importante também analisado com os dados foi o sistema de frente subtropical, que confinou sua atuação – através do método utilizado para detecção da frente fria, no mês de junho, até a cidade de Três Rios.

A utilização do balão, na cidade de Paraibuna e São José dos Campos revelou que, respectivamente, o efeito da mata sobre a diminuição da temperatura e também o efeito confinado de maiores variações de temperatura e umidade nos primeiros metros acima da superfície do rio, bem como o efeito da corredeira/ cachoeira na dispersão de vapor d'água para a atmosfera.

7. REFERÊNCIAS

Andrade, K., Cavalcanti, I. F. A., (2004). Climatologia dos sistemas frontais e padrões de comportamento para o verão na América do Sul. **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 13, 2004, Fortaleza. **Anais...Fortaleza: SBMET**, 2004. 1 CD-ROM.

Andrade, K., (2007). Climatologia e comportamento dos sistemas frontais sobre a América do Sul. 2007. 187 f. Tese (Mestrado em Meteorologia) – **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**, 2007.

Araújo, F. G., (1998). Adaptação do índice de integridade biótica usando a comunidade de peixes para o rio Paraíba do Sul. **Rev. Brasil. Biol.**, 58(4): 547-558.

Assireu, A. T., Luciano, P. P., Ometto, J. P., Pacheco, F. S., Rudorff, C., Anderson, L. O., Silva, M. S., Reis, A. L., Iwama, A. Y., Trajber, R., Miranda, M., Medeiros, L. C., Marchezini, V., Oliva, P., (2015). Projeto Cachoeiras: Primeiros resultados. **IX Workshop brasileiro de micrometeorologia**, Santa Maria (RS), 2015.

Assis, E. S., (2006). Aplicações da Climatologia Urbana no Planejamento da Cidade. **Revisão dos estudos brasileiros. Revista de Urbanismo e Arquitetura Rua**. Vol. 7, nº. 01, 2006.

Barbirato, G. M., Barbosa, R. G. R., Fernandes, M. F., Morais, C. S., (2001). A influência da proximidade de massas D'água em ambiente climático urbano de Maceió- Alagoas. **Antac VI Encontro Nacional e III Encontro Latino Americano sobre Conforto no Ambiente Construído**, São Pedro, SP, Brasil, 2001.

Barbirato, G. M., Barbosa, R. G. R., Fernandes, M. F., Morais, C. S., (2002). Análise de perfis térmicos urbanos em Maceió- Al. **IX Encontro Nacional de tecnologia e Ambiente Construído**. Anais...Foz do Iguaçu, PR.

Bastos, C., Ferreira, N., (2000). Análise Climatológica da Alta Subtropical do Atlântico Sul. In: **XI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**, 2000. Anais... Rio de Janeiro, p. 612-619, 2000.

Bjerknes, J., (1919). On the structure of moving cyclones. **Geofysiske Publikationer**, v.1, n.2, p.1-8, 1919.

Cavalcanti, IFA, VE Kousky, (2003). Climatology of South American cold fronts. In : VII International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, Wellington, New Zealand, 2003.

Changnon, S. A., (1980). Evidence of Urban and Lake Influences on Precipitation in the Chicago Area. **Journal of Applied Meteorology**. Vol. 19, num. 10, 1980.

Christofolletti, A., (1993). Implicações geográficas relacionadas com mudanças climáticas globais. **Boletim de Geografia Teorética, Rio Claro, v. 23, n.45-46, p.18-31, 1993.**

Christopher C. Moeller, Oscar K. Huh, Roberts, H., Liam E. Gumley, & W. Paul Menzel. (1993). Response of Louisiana Coastal Environments to a Cold Front

Passage. *Journal of Coastal Research*,9(2), 434-447. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/4298101>

Davis, M., Steademan, P., Oreszczyn, T., (2008). Strategies for the modification of the urban climate and the consequent impact in building energy use. **Energy Policy**, n. 36, 4548-4551, 2008.

Dimoudi, A.; Nikolopoulou, M., (2003). Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits. **Energy and Buildings**, v. 35, n. 1, p. 69-76, 2003.

Escobar, G. C. J.; Bischoff, S., (2001). Criterio de detección de irrupciones de aire frío en la region central de Argentina a partir de descensos interdiurnos de temperatura. **Meteorologica**, v. 26, n. 1 y 2, p. 57-68, 2001.

Escobar, G. C. J., (2007). Padrões sinóticos associados a ondas de frio sobre a cidade de São Paulo. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.22, n. 2, p. 241-254, 2007.

Escobar, G. C. J., Compagnucci, R. H., Bischoff, S., (2004). A. Sequence Patterns of 1000 hPa and 500 hPa geopotential height fields associated with cold surges in Buenos Aires. **Atmosfera**, v 12, n. 2, p. 69-89, 2004.

Fedorova, N., (1999). *Meteorologia sinótica*, Pelotas: **UFPEL**, 1999, v.1.

Fedorova, N; Carvalho, M. H., (2000). Processos sinóticos em anos de La Niña e de El Niño. Parte II: Zonas frontais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 15, n. 2, p. 57-72, 2000.

Ford, R. P., Moore, W. K., (1990). Secondary Cyclogenesis – Coparison of Observation and Theory. **Monthly Weather Review**, v. 118, p. 427-446, 1990.

Fortune, M.A., (1982). A severidade da grande geada de 1981: uma avaliação por satélite em tempo real. São José dos Campos, **INPE**. (INPE-2586-PRE/234).

Frey, C.M., Parlow, E., Vogt, R.; Harhash, M., Mohammad, M., Wahab, A., (2011). Flux measurements in Cairo. Part 1: in situ measurements and their applicability for comparison with satellite data. **International Journal of Climatology**, v. 31, p. 218–231, 2011.

Fritzsons, E.; Mantovani, L. E.; Aguiar, A. V. de. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no Estado do Paraná. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 10, n. 1, p. 49-64, 2008.

Galvani, E., Beserra de Lima, N. G., Falcão, R. M., (2010). Ocorrência da inversão térmica no perfil topoclimático do Pico da Bandeira, Parque Nacional do alto Caparaó. **VI Seminário Latino Americano de Geografia Física II Seminário Ibero Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra**, Maio de 2010.

Hathway, E.A. and Sharples, S., 2012. The interaction of rivers and urban form in mitigating the Urban Heat Island effect: A UK case study. **Building and Environment**, 58, 14–22.

Jauregui, E., (1991). Effects of Revegetation and New Artificial Water Bodies on the Climate of Northeast Mexico City. **Energy and Buildings**, 15-16, p. 447-455, 1991.

Johansson, E., Emmanuel, R., (2006). Influence of urban morphology and sea breeze on hot humid microclimate: the case of Colombo, Sri Lanka. **Climate Research**. Vol. 30: p. 189-200, 2006.

Kousky, V. E., (1988). Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector. **Rev. Bras. Meteo.**, 3, 217-231.

Krüger, E. L., Pearlmutter, D., (2008). The effect of urban evaporation on building energy demand in a arid Environment. **Energy and Buildings** 40, p. 2090-2098, 2008.

Labaki, L.C. et al., (2000). Thermal comfort in outdoor spaces: the role of vegetation as a means of controlling solar radiation. In: PLEA: architecture, city, environment, 2000, Cambridge. Proceedings.... Londres: **James & James (Science Publishers)**, 2000. p. 501-505.

Lemos, C. F., Calbete, N. O., (1996) Sistemas Frontais que atuaram no Brasil de 1987 a 1995. **Climanálise especial**, edição comemorativa de 10 anos. MCT/INPE-CPTEC.

Lemos, C. F., Calbete, N. O., (1998). Período que os sistemas frontais atuaram no litoral do Brasil entre a cidade de Porto Alegre e Rio de Janeiro (Período 1988-1993). In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 10, Brasília, 1998. Anais... (CD-ROM).

Lima, J. S. Aspectos Climáticos da Região Metropolitana de Porto Alegre. **Porto Alegre: Instituto de Proteção ao Vôo**. Ministério da Aeronáutica, 1985. 54 páginas

Lombardo, M. A., (1985). Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo – São Paulo: **HUCITEC**, 1985.

Lucena, A.J., Rotunno Filho, O. C., Peres, L.F., França, J.R.A., (2013). Algorithms implementation for land surface temperature estimation based on Landsat data as an indicator of urban heat island. In: Joint Urban Remote Sensing Event (JURSE). São Paulo/SP, Brasil. Anais. 2013.

Lupo, A. R., Nocera, J. J.; Bosart, L. F., (2001). South American cold surges: types, composites, and cases studies. **Mon. Wea Rev**, v. 129, n. 5, p. 1021-1041, 2001.

Marengo, J., Cornejo, A., Satyamurty, P., Nobre, C. , (1997). Cold Surges in Tropical and Extratropical South America: The Strong Event in June 1994. Department of Soil, Water and Climate, University of Minnesota, St. Paul, Minnesota, 1997.

Masiero, E., (2014). Análise da Influência de corpos d'água em microclimas urbanos: estudo de caso em São José do Rio Preto, SP. 2014. 143 f. Tese de pós-graduação- Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, 2014.

Morais, M. A., Castro, W. A. C., Tundisi, J. C., (2010). Climatologia de frentes frias sobre a região metropolitana de São Paulo (RMSP), e sua influência na limnologia dos

reservatórios de abastecimento de água. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.25, n.2, 205 - 217, 2010.

Morecroft, M.D., Taylor M.E., Oliver H.R., (1998). Air and soil microclimates of deciduous woodland compared to an open site. *Agriculture and Forest Meteorology*, 90, 141–156.

Oliveira, L.L., Vianello, R.L., Ferreira, N.J., (2001). *Meteorologia Fundamental*. **Erichim, RS: EDIFAPES**, 2001. 432 p.

Oke, T.R., (1978). *Boundary Layer Climates*. **2 nd ed. London: Ethuen & CO**,1978.

Parmenter, F. C., (1976). A Southern Hemisphere cold front passage at the equator. **Bull. Amer. Meteor. Soc.**, v. 57, p. 1435-144, 1976.

Pettersen, S., (1956). *Weather analysis and forecasting*. **New York: McGraw-Hill**, 1956. v.1, 498p.

Quadro, M.F.L., Machado, L.H.R., Calbete, S., Batista, N.N.M., Sampaio, G., (1996). *Climatologia de Precipitação e Temperatura*. **Climanálise, Edição comemorativa 10 anos**, 1996. (INPE-10717-PRE/6178). Disponível em: Acesso em: 20 maio 2002.

Reboita, M. S., (2008). *Ciclones Extratropicais sobre o Atlântico Sul: Simulação Climática e Experimentos de Sensibilidade*. Tese de Doutorado em Meteorologia, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – IAG–USP, 359 pg., 2008.

Reboita, M. S., Rocha, R. P., Ambrizzi, T., (2009). Análise de um ciclone semi-estacionário na costa sul do Brasil associado a bloqueio atmosférico. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.24, n.4, 407 - 422, 2009.

Reboita, M. S., Krusche, N., Ambrizzi, T., Rocha, R. P., (2012). Entendendo o tempo e clima da América do sul. **TERRÆ DIDÁTICA** 8(1):34-50, 201.

Rost, S., Gerten, D., Hoff, H., Lucht, W., Falkenmark, M., Rockstrom, J. (2009). Global potential to increase crop production through water management in rainfed agriculture. *Environmental Research Letters*, 4, 1748-9326.

Sailor, D. J., (1998). Simulations of annual degree day impacts of urban vegetative augmentation. In: **Atmospheric Environment**, Oxford, v.32, n.1, p.43-52, 1998.

Santos, J. B., Amorim, R. F. C., Cavalcante, L. P. A., (2011). Análise do conforto térmico humano no município de Arapiraca- Alagoas, utilizando o software MATLAB. **Revista Brasileira de Geografia Física**, vol.07, n.05 (Número Especial-VIWMCRHPE), (2014) 939-948.

Satyamurty, P., Fonseca, J. F. B., Botino, M.J., Seluchi, M.E., Lourenço, M.C.M., Gonçalves, L.G., (2002). An early freeze in southern Brazil in April 1999 and inst NWP guidance. **Meteorol. Appl**, v. 9, n. 1, p. 113-128, 2002.

Seluchi, M.E., Nery, J. T., (1992). Condiciones meteorológicas asociadas a la ocurrencia de heladas en la región de Maringá. **Revista Brasileira de Meteorología**, v. 7, n. 1, p. 523-534, 1992.

Seluchi, M. E.; Calbete, N. O., Rozante J. R., (2001). Análisis de Un Desarrollo Ciclónico en la Costa Oriental de América Del Sur. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 16, n. 1, p. 51-65, 2001.

Souza, D. O., (2008). Influência da ilha de calor urbana das cidades de Manaus e Belém sobre o microclima local. **INPE** ePrint: sid.inpe.br/mtc-m19@80/2010/04.15.13.41_v1_2010-04-16.

Spirn, A. W., 1995. O jardineiro de granito. São Paulo:EDUSP,1995.

Stech, J. L., Lorenzetti, J. A., (1992). The response of the South Brazil Bight to the passage of wintertime cold fronts. **Journal Geophysical Research**, v. 97, n. 66, p. 9507-9520, 1992.

Tubelis, S. A., Nascimento, F. J. L., (1992). Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras. São Paulo: **Nobel**, 1992. 374 p.

Tundisi, J. G; Matsumura-Tundisi, T; Arantes Junior, J. D; Tundisi, J. E; Manzini, N. F; Ducrot, R., (2004). The response of Carlos Botelho (Lobo, Broa) reservoir to the passage of cold fronts as reflected by physical, chemical, and biological variables. *Brazilian Journal of Biology*, v. 64, n. 1, p. 177-186, 2004.

Vera, C. S., Vigliarolo, P.K., Berbery, E.H., (2002). Cold Season Synoptic-Scale Waves over Subtropical South America. **Mon. Wea. Rev.**, v. 130, n. 3, p. 684-699, 2002.

Vianello, R. L. (1991). Meteorologia básica e aplicações. Viçosa: **UFV**, 1991. 449p.

Xu, J., Wei, Q., Huang, X., Zhu, X., Li, G., (2010). Evaluation of human thermal comfort near urban waterbody during summer. **Building and Environment** 45 p. 1072-1080, 2010.

ANEXOS

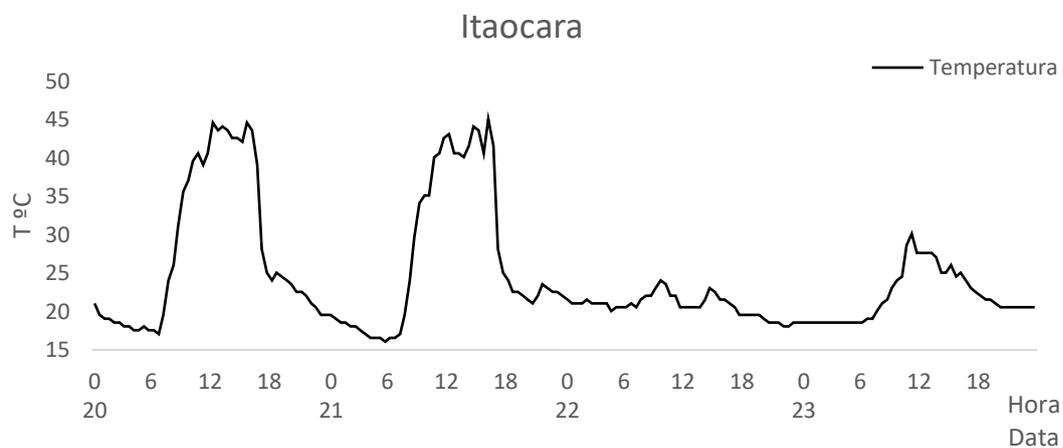


Figura 1– Variação da temperatura ao longo dos dias 20 a 23 de Julho para a cidade de Itaocara,

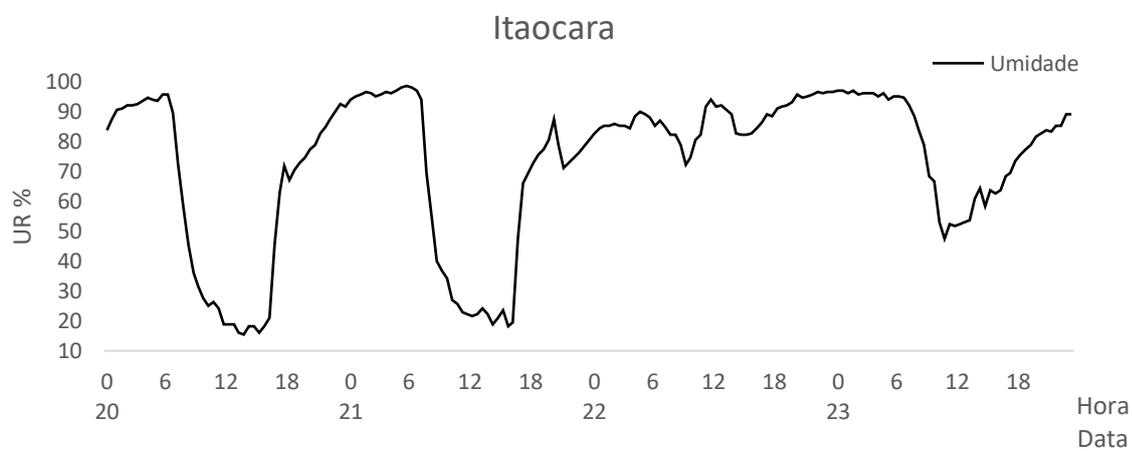


Figura 2– Variação da umidade ao longo dos dias 20 a 23 de Julho para a cidade de Itaocara.

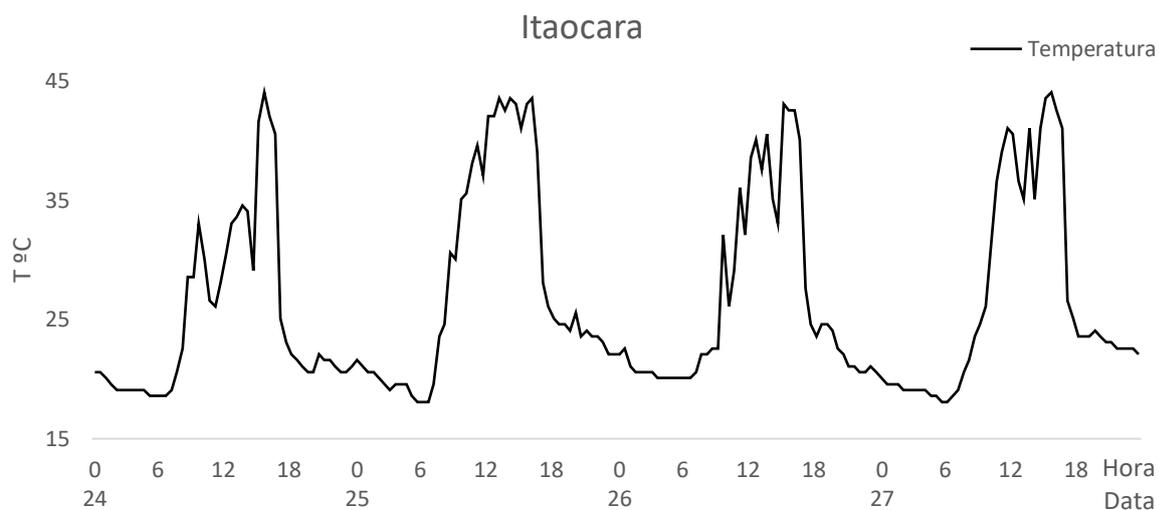


Figura 3– Variação da temperatura ao longo dos dias 24 a 27 de Julho para a cidade de Itaocara, mas sem uma análise direta do comportamento da frente subtropical.

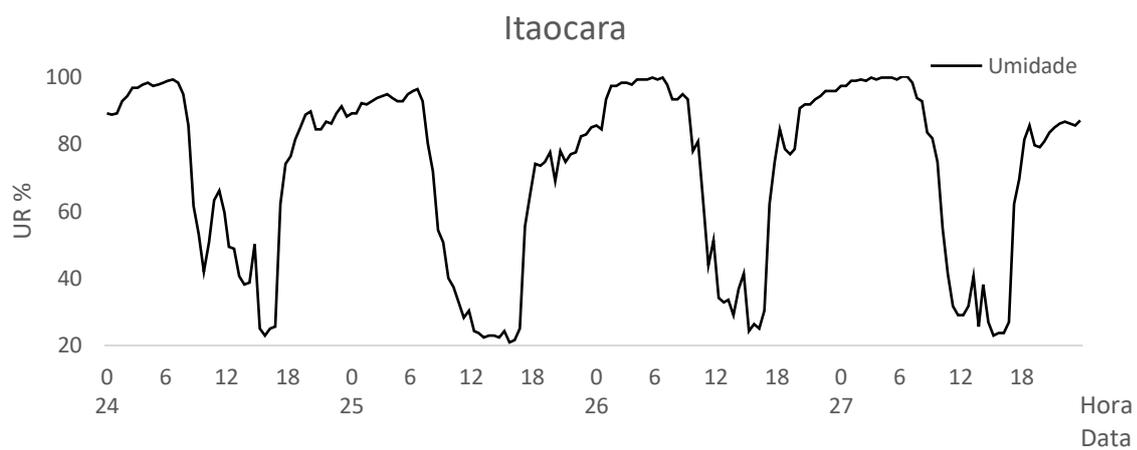


Figura 4– Variação da umidade ao longo dos dias 24 a 27 de Julho para a cidade de Itaocara, mas sem uma análise direta do comportamento da frente subtropical.

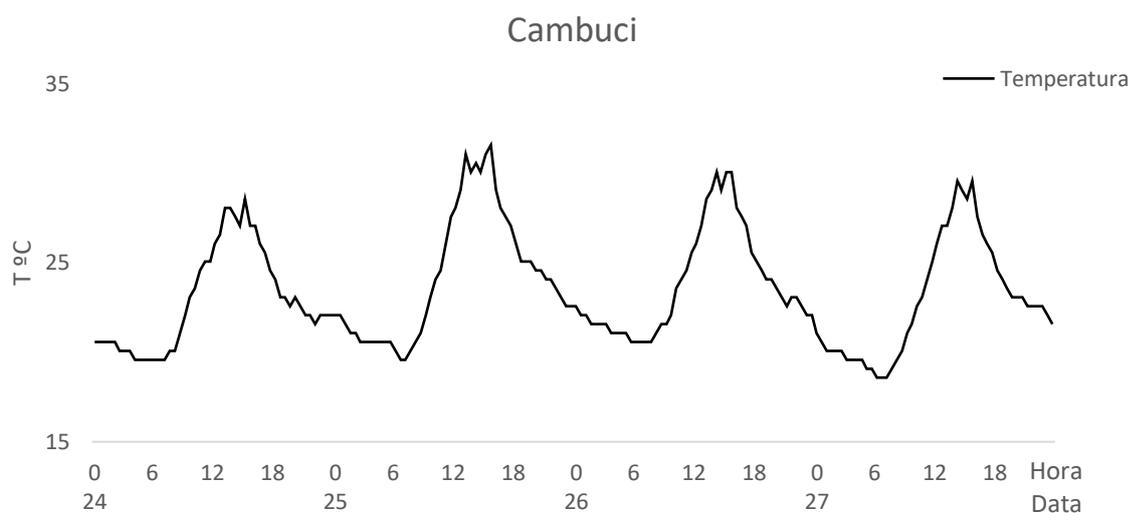


Figura 5– Variação da temperatura ao longo dos dias 24 a 27 de Julho para a cidade de Cambuci, mas sem uma análise direta do comportamento da frente subtropical.

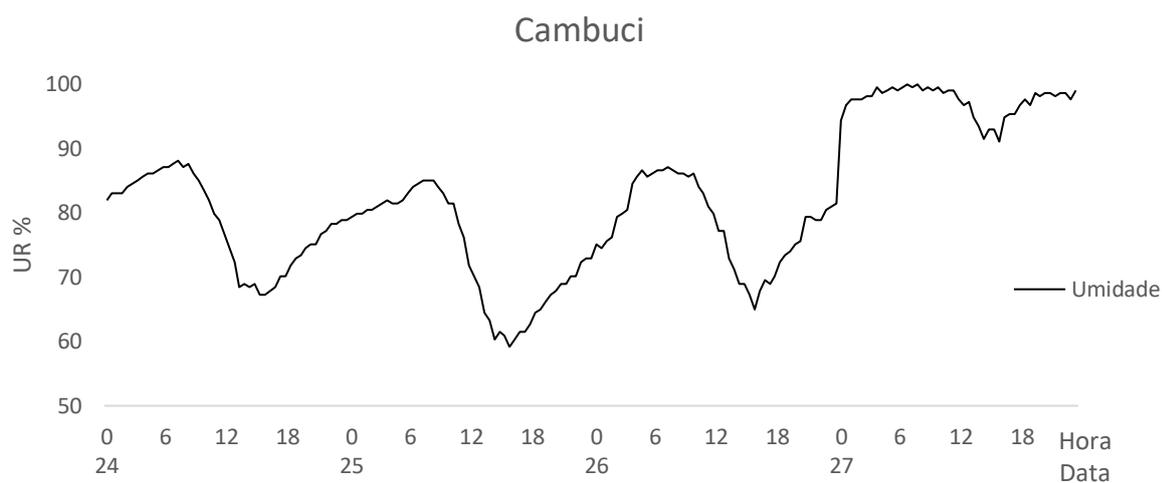


Figura 6 – Variação da umidade ao longo dos dias 24 a 27 de Julho para a cidade de Cambuci, mas sem uma análise direta do comportamento da frente subtropical.

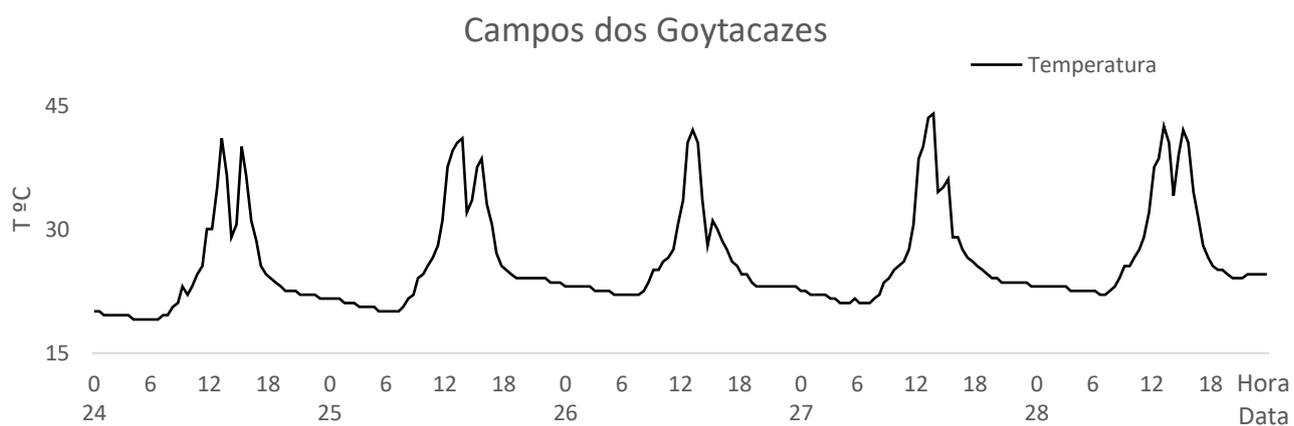


Figura 7 – Variação da temperatura ao longo dos dias 24 a 28 de Julho para a cidade de Campos dos Goytacazes, mas sem uma análise direta do comportamento da frente subtropical.

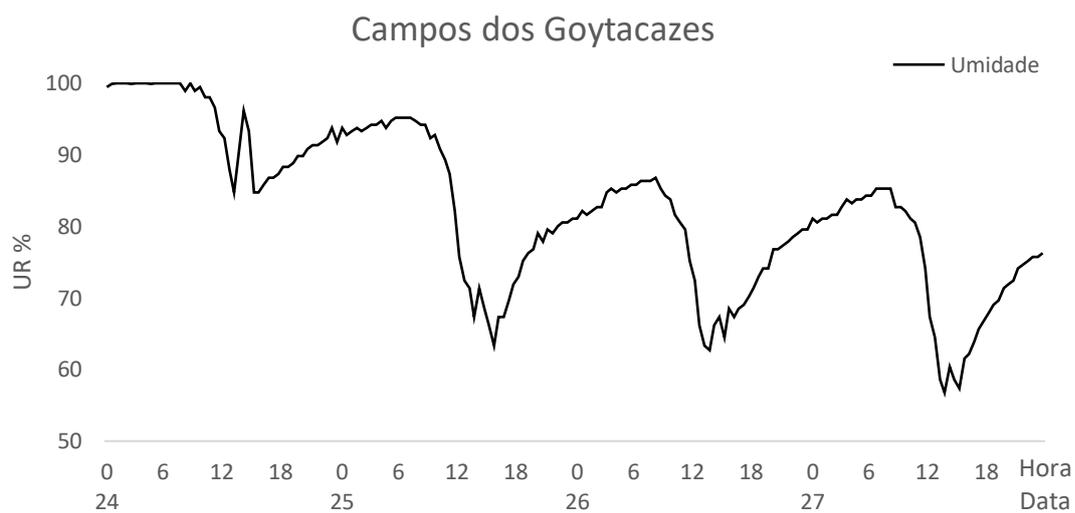


Figura 8– Variação da temperatura ao longo dos dias 24 a 28 de Julho para a cidade de Campos dos Goytacazes, mas sem uma análise direta do comportamento da frente subtropical.

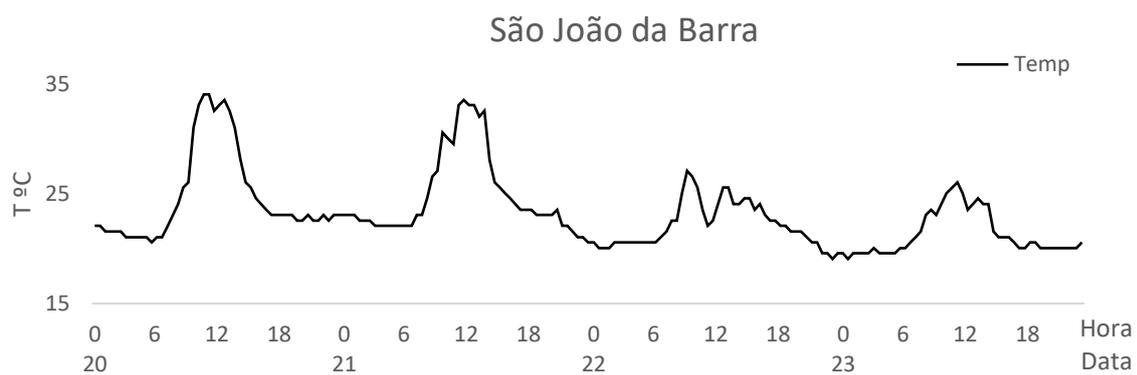


Figura 9 – Variação da temperatura ao longo dos dias 24 a 27 de Julho para a cidade de São João da Barra, mas sem uma análise direta do comportamento da frente subtropical.

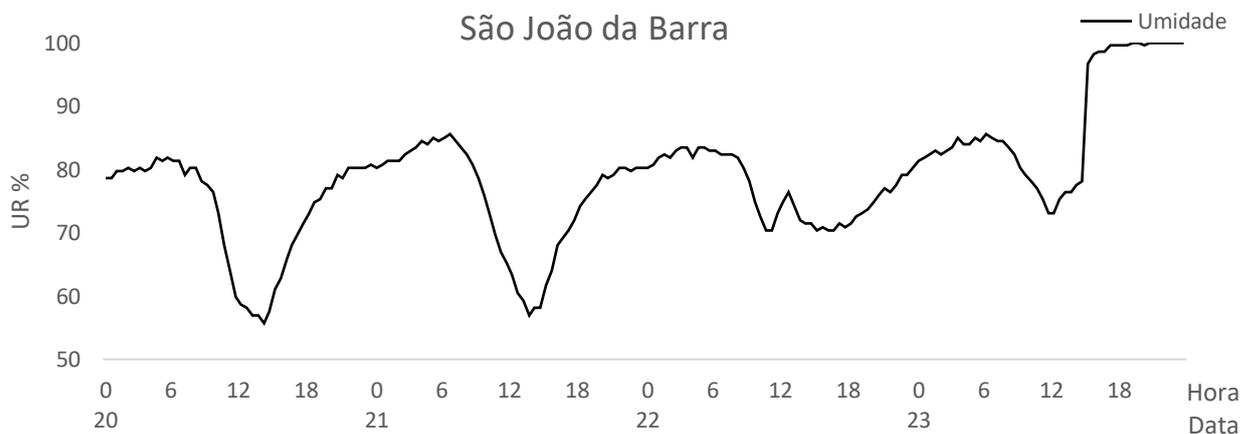


Figura 10 – Variação da umidade ao longo dos dias 24 a 27 de Julho para a cidade de São João da Barra, mas sem uma análise direta do comportamento da frente subtropical.

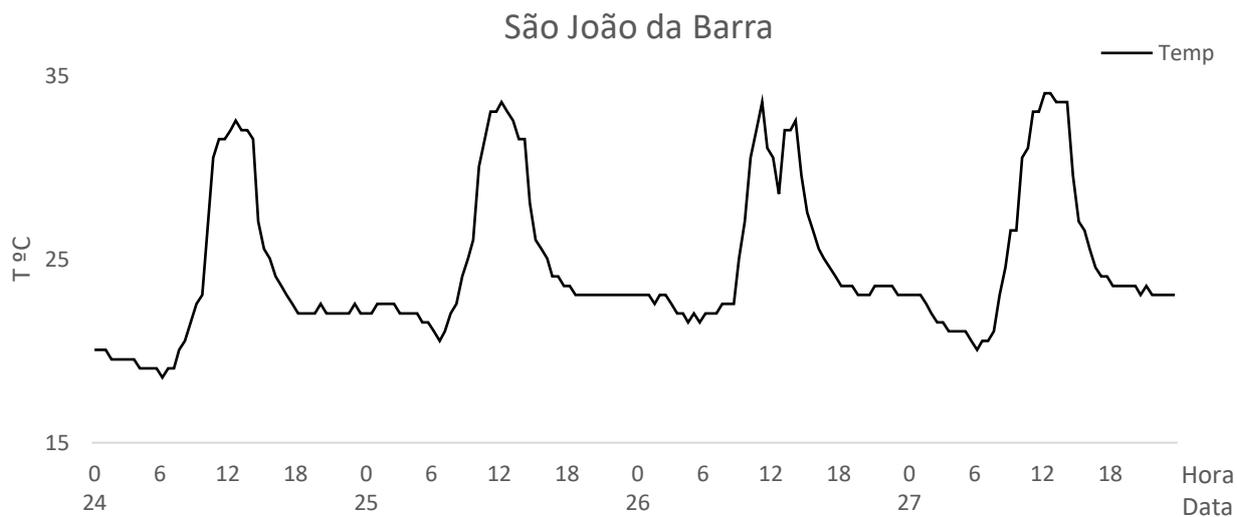


Figura 11 – Variação da temperatura ao longo dos dias 24 a 28 de Julho para a cidade de São João da Barra, mas sem uma análise direta do comportamento da frente subtropical.

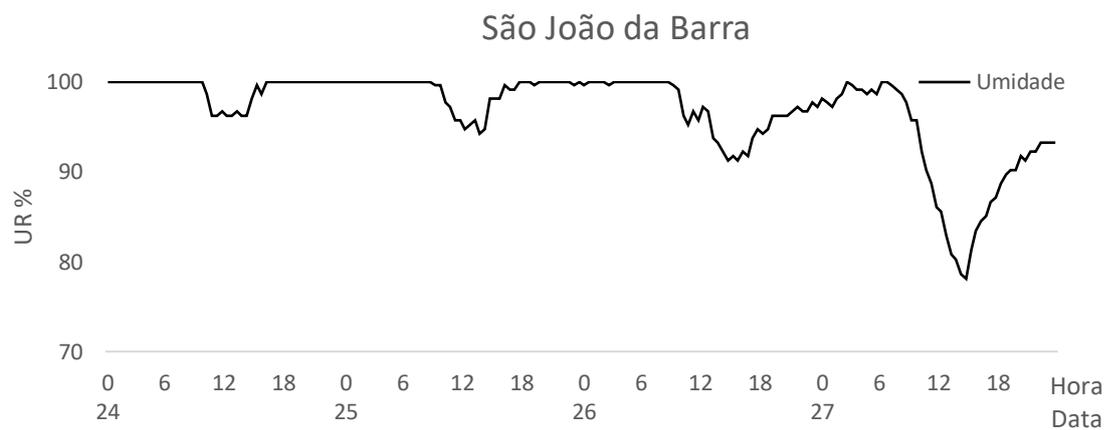


Figura 12 – Variação da temperatura ao longo dos dias 24 a 28 de Julho para a cidade de São João da Barra, mas sem uma análise direta do comportamento da frente subtropical.