

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

JOÃO LUIZ REIS SANTANA

**Estudo da temperatura e umidade relativa do ar de um perfil longitudinal em
Santa Catarina**

São Paulo

2020

JOÃO LUIZ REIS SANTANA

**Estudo da temperatura e umidade relativa de um perfil longitudinal em Santa
Catarina**

Trabalho de Graduação Individual (TGI II)
apresentado ao Departamento de Geografia da
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências
Humanas, da Universidade de São Paulo,
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Bacharel em Geografia

Orientador: Prof. Dr. Emerson Galvani

São Paulo

2020

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

Catálogo na Publicação
Serviço de Biblioteca e
Documentação

Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de
São Paulo

S231e Santana, João Luiz Reis
Estudo da temperatura e umidade relativa do ar
de um perfil longitudinal em Santa Catarina /
João Luiz Reis Santana ; orientador Emerson
Galvani. - São Paulo, 2020.
50 f.

TGI (Trabalho de Graduação Individual)- Faculdade
de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da
Universidade de São Paulo. Departamento de
Geografia. Área de concentração: Geografia Física.

1. Climatologia. 2. Geografia Física. 3.
Temperatura atmosférica. 4. Umidade relativa do ar.
I. Galvani, Emerson, orient. II. Título.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos que me ajudaram diretamente e indiretamente na realização deste trabalho e a todos os grandes amigos que fiz durante a graduação.

Primeiramente a minha família, aos meus pais Sergio e Cassiana, por sempre me apoiarem incondicionalmente e me darem todo o suporte necessário para que essa etapa fosse concluída, e ao Balu, meu querido companheiro.

Agradeço o meu orientador, Emerson Galvani, que sempre me deu suporte e apoio para desenvolver minhas atividades acadêmicas e mesmo nos momentos mais difíceis sempre esteve lá com um sorriso no rosto e muita dedicação, desde a nossa primeira interação no trabalho de campo da disciplina Climatologia 1 até a conclusão deste trabalho, muito obrigado professor!

Agradeço também minha grande amiga Maytê, que esteve do meu lado em todos os momentos desde que nos conhecemos e me ajudou imensamente nesta etapa. Também ao meu mestre e querido amigo Sifu César Laurenti, por todos os ensinamentos e suporte.

Por fim agradeço a todos os grandes amigos que fiz na graduação, foi um prazer caminhar ao lado de vocês nesta jornada e compartilhar todas as maravilhosas experiências que vivemos juntos. Hugo, Dri, Mi, Shubão, Vandrê, Raj, Lucas, Gabão, Suenaga, Gustavo, Emerson, muito obrigado por tudo!

Resumo

Este trabalho propôs-se a analisar e caracterizar climatologicamente um perfil longitudinal delimitado em Santa Catarina, traçado no sentido sudeste, de Urussanga a Chapecó. Para que o perfil pudesse realçar diferentes ambientes e condicionantes climáticas os pontos da área de estudo foram determinados buscando um gradiente de altitude e de distanciamento do Oceano Atlântico.

A fim de desenvolver as análises e comparações foram produzidos gráficos e tabelas a partir de dados coletados de temperatura atmosférica e umidade relativa do ar registrados por estações meteorológicas automáticas num período de 24 anos, de 1992 a 2016. Também foi possível, a partir dos dados coletados, calcular o Gradiente Vertical Atmosférico do perfil longitudinal estudado, $0,47^{\circ}\text{C}/100\text{m}$.

Foi possível constatar os efeitos da altitude como forte condicionante da temperatura atmosférica, tendo em vista que São Joaquim apresenta as menores médias de temperatura do ar em todas as escalas abordadas. A continentalidade foi constatada como condicionante climatológica da umidade relativa do ar em todo o perfil longitudinal, que apresenta valores menores a medida em que estudamos dados de locais mais distantes do Oceano Atlântico. A partir dos dados estudados também foi possível classificar os pontos da área de estudo a partir da Classificação Climatológica desenvolvida por Köppen.

Palavras-chave: Climatologia, Temperatura do ar, Umidade relativa do ar

Lista de Figuras

Figura 1 - Mapa da área de estudo	12
Figura 2 - Perfil de elevação	13
Figura 3 - Mapa climatológico de Santa Catarina	17
Figura 4 - Lista das estações automáticas	19

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Temperatura mínima mensal	25
Gráfico 2 - Temperatura média mensal	26
Gráfico 3 - Temperatura máxima mensal	27
Gráfico 4 - Umidade relativa mensal	28
Gráfico 5 - Temperatura do ar e umidade relativa de Urussanga	31
Gráfico 6 - Temperatura do ar e umidade relativa de São Joaquim	32
Gráfico 7 - Temperatura do ar e umidade relativa de Lages	33
Gráfico 8 - Temperatura do ar e umidade relativa de Campos Novos	34
Gráfico 9 - Temperatura do ar e umidade relativa de Chapecó	35
Gráfico 10 – Temperatura mínima sazonal	37
Gráfico 11 – Temperatura média sazonal	38
Gráfico 12 – Temperatura máxima sazonal	39
Gráfico 13 – Umidade relativa sazonal	40
Gráfico 14 – Variabilidade anual média da temperatura do ar	42
Gráfico 15 – Variabilidade anual média da umidade relativa	44
Gráfico 16 – Umidade relativa média de toda a série por cidade	46
Gráfico 17 – Relação entre a temperatura média do ar e a altitude	47

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Temperatura mínima mensal	25
Tabela 2 - Temperatura média mensal	26
Tabela 3 - Temperatura máxima mensal	27
Tabela 4 - Umidade relativa mensal	28
Tabela 5 - Temperatura do ar e umidade relativa de Urussanga	31
Tabela 6 - Temperatura do ar e umidade relativa de São Joaquim	32
Tabela 7 - Temperatura do ar e umidade relativa de Lages	33
Tabela 8 - Temperatura do ar e umidade relativa de Campos Novos	34
Tabela 9 - Temperatura do ar e umidade relativa de Chapecó	35
Tabela 10 – Temperatura mínima sazonal	37
Tabela 11 – Temperatura média sazonal	38
Tabela 12 – Temperatura máxima sazonal	39
Tabela 13 – Umidade relativa sazonal	40
Tabela 14 – Variabilidade anual média da temperatura do ar	43
Tabela 15 – Variabilidade anual média da umidade relativa	45
Tabela 16 – Umidade relativa média de toda a série por cidade	46

Sumário

Lista de Figuras

Lista de Gráficos

Lista de Tabelas

1. Introdução	10
2. Objetivos	11
2.1 Objetivo geral	11
2.2 Objetivos Específicos	11
3. Área de Estudo	11
3.1 O perfil	11
3.2 Meio físico	13
3.3 Aspectos climáticos regionais	14
4. Materiais e Métodos	18
5. Embasamento Teórico	20
5.1 Temperatura atmosférica	20
5.2 Umidade relativa	21
5.3 Variações adiabáticas da temperatura	22
6. Análises e resultados	23
6.1 Análise mensal geral	23
6.2 Análise mensal por município	29
6.3 Análise sazonal	36
6.4 Análise anual	41

7. Gradiente vertical atmosférico	47
8. Conclusões	48
9. Bibliografia	49

1. Introdução

É na troposfera, camada mais baixa da atmosfera, que se dão as interações e trocas de energia com a superfície rugosa da terra e onde se distinguem os elementos do tempo e do clima. Dentro da troposfera, a atuação da camada de ar sobrejacente à superfície é provavelmente a variável climática mais perceptível e impactante à vida e atividade humana no geral. Portanto a compreensão de sua tendência de variabilidade é de fundamental importância não só para a Climatologia, mas para as mais diversas áreas do conhecimento e desenvolvimento econômico.

A temperatura termodinâmica é um conceito físico que caracteriza a taxa de agitação das moléculas dentro de uma determinada substância. A WMO (2018) descreve a medição padrão da temperatura do ar como a temperatura indicada por um termômetro localizado em uma área de cobertura natural, posicionado de 1,25m a 2,00 m do solo e protegido da radiação solar direta.

A ideia para este trabalho surgiu a partir da experiência teórica e prática nas disciplinas de Climatologia I e Estágio Supervisionado em Climatologia, ministradas pelo Prof. Dr. Emerson Galvani. Nas duas disciplinas tive a oportunidade de participar de trabalhos de campo a fim de compreender os elementos do clima em perfis topoclimáticos na Serra do Mar.

Outros trabalhos já se dedicaram a compreender a tendência da temperatura do ar em variadas altitudes. Em Galvani et al (2008) a relação entre temperatura do ar e altitude foi analisada no Parque Estadual de Intervales, em São Paulo, onde oito estações meteorológicas coletaram dados em diferentes altitudes obtendo o gradiente vertical atmosférico de $0,51^{\circ}\text{C}/100\text{m}$. Já em Galvani et al (2010) o estudo foi feito no Parque Nacional Alto Caparaó, na divisa entre Espírito Santo e Minas Gerais, entre as cotas 1106 m e 2892 m, e chegou a um valor de gradiente vertical atmosférico de $0,4^{\circ}\text{C}/100\text{m}$. Mantovani et al (2015) analisou a variação térmica vertical no Rio Grande do Sul a partir de 36 estações meteorológicas e obteve uma taxa de $0,75^{\circ}\text{C}/100\text{m}$. Em Mantovani et al (2016), estudando o estado de Santa Catarina a partir de 44 estações meteorológicas, obteve um gradiente de $0,48^{\circ}\text{C}/100\text{m}$.

2. Objetivos

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é analisar, dentro de um perfil longitudinal traçado no sentido sudeste – noroeste no estado de Santa Catarina, como ocorre a variação da temperatura e umidade relativa do ar em diferentes altitudes e em diferentes escalas temporais - mensal, sazonal e anual - em uma escala regional, a partir de uma série histórica de dados de 24 anos.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar a temperatura atmosférica e a umidade relativa do ar no perfil longitudinal delimitado a partir de gráficos e tabelas produzidos com base em gráficos coletados de uma série histórica de dados de 24 anos.
- Observar os efeitos da maritimidade e continentalidade na temperatura do ar.
- Calcular o gradiente vertical atmosférico da temperatura do ar perfil longitudinal traçado em °C/100m.

3. Área de Estudo

3.1 O perfil

O perfil longitudinal escolhido para o estudo é composto por estações meteorológicas que percorrem cerca de 380 km no estado de Santa Catarina, partindo de Urussanga, que fica a cerca de 30 km do Oceano Atlântico, passando por São Joaquim, Lages, Campos Novos até Chapecó, no interior do estado, a uma

distância de cerca de 100 km da fronteira com a Argentina. Na Figura 1 a seguir podemos observar o mapa da área de estudo com a extensão do perfil no estado.

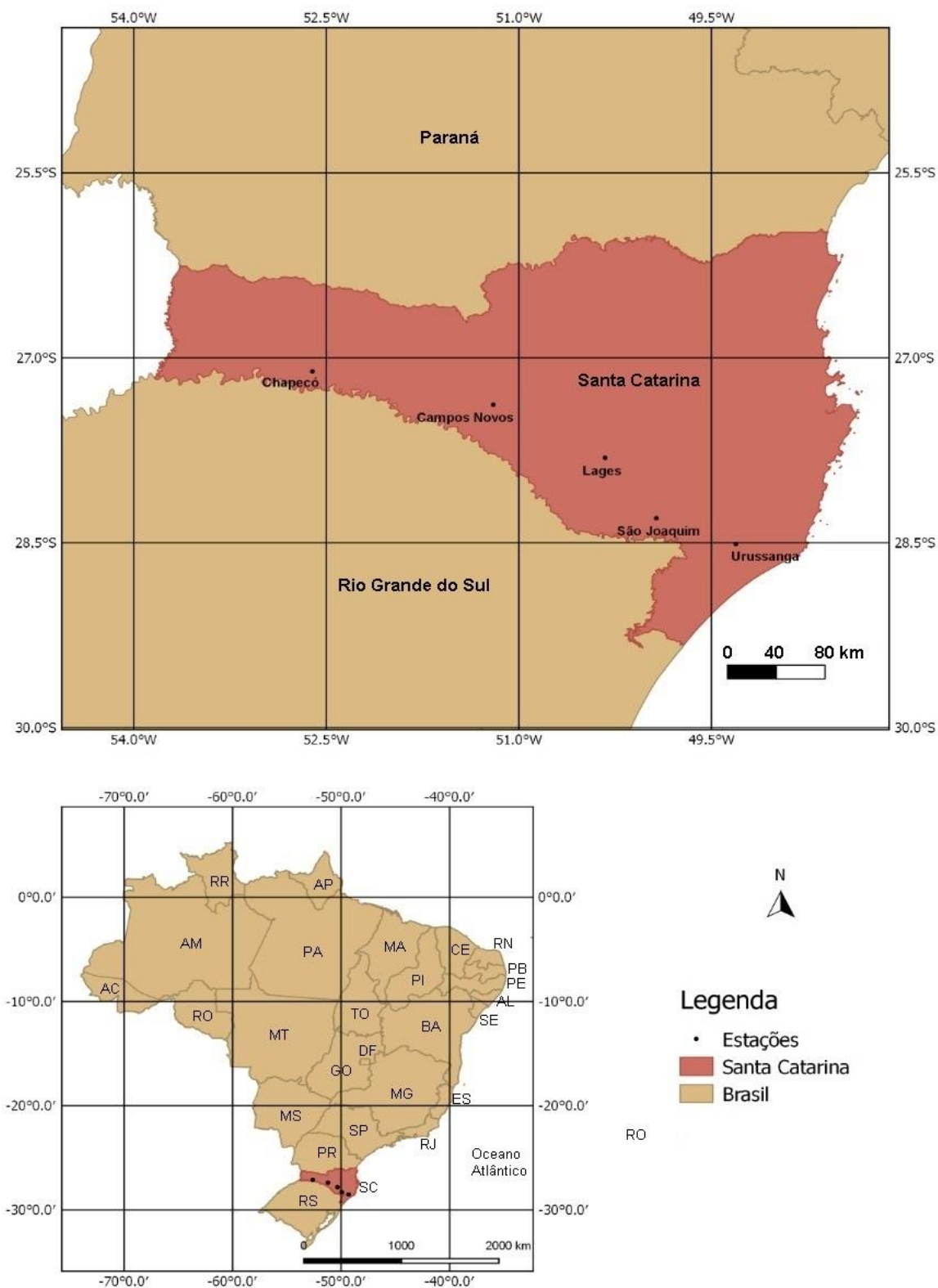


Figura 1: Mapa da área de estudo.

Dentro desse perfil foram escolhidas estações meteorológicas que exemplifiquem o desejado gradiente de altitude, sendo a estação mais baixa a de Urussanga, a 48,17 m e localizada na mesorregião Litoral Sul, e a mais alta a de São Joaquim, a 1415 m e localizada na escarpa do planalto basáltico, como podemos observar no perfil altimétrico da Figura 2.



Figura 2 – Perfil de Elevação. Fonte: Google Earth, 2020

3.2 Meio físico

A área de estudo escolhida se estende por dois domínios morfoclimáticos distintos, no caso de Urussanga, cidade mais próxima ao litoral de Santa Catarina, temos domínio dos Mares de Morros, que é definido por Aziz Ab'Saber como

A área *core* do domínio morfoclimático tropical-atlântico, cujo protótipo é encontrado nos “mares de morros” florestados do Brasil de Sudeste, apresenta a seguinte combinação de fatos fisiográficos: decomposição funda e universal das rochas cristalinas ou cristalofílicas, de 3 a 5 até 40 a 60 m de profundidade; presença de solos devido às flutuações climáticas finais do Quaternário em sertões sincopados; mamelonização universal das vertentes, desde o nível de morros altos até os níveis dos morros intermediários e patamares de relevo; drenagem originalmente perene até para o menor dos ramos das redes hidrográficas dendríticas regionais; lençol d'água subterrâneo que alimenta permanentemente, durante e entre as chuvas, a correnteza dos leitos dos cursos d'água, cobertura florestal contínua na paisagem primária desde o fundo dos vales até as mais altas vertentes e interflúvios, desde poucos metros acima do nível do mar até os espigões divisores situados entre 1000 e 1100 m; [...] pouquíssima incidência de raios solares diretamente no chão da floresta; forte cota de umidade

do ar; equilíbrio sutil entre processos morfoclimáticos, pedológicos, hidrológicos e ecossistêmicos. (AZIZ AB'SABER, 2003, p. 29)

No caso dos municípios de São Joaquim, Lages, Campos Novos e Chapecó, que se localizam na escarpa do planalto basáltico e no planalto em si, temos o domínio dos Planaltos de Araucárias, definido por Aziz Ab'Saber como

Trata-se de planaltos de altitude médias, variando entre 800 e 1300 m, revestidos por bosques de araucárias de diferentes densidades e extensões, inclusive mosaicos de pradarias mistas e bosquetes de pinhais, ora em galeria ora nas encostas e eventualmente nas cabeceiras de drenagem. As rochas sedimentares e basálticas regionais estão sujeitas a desigual profundidade de alteração, as vertentes dos chapadões regionais tendem para um modelo convexo suave, posto que não muito regular. (AZIZ AB'SABER, 2003, p. 19)

Uma rápida e discreta perda da tropicalidade, sobretudo no que diz respeito às temperaturas médias, é a principal característica física do Brasil Meridional. Trata-se de uma condicionante climática que tornou possível a ampla e contínua instalação de um domínio de natureza extratropical, constituído por araucárias emergentes acima do dossel de matinha subtropicais. O mato é baixo e relativamente descontínuo, com pinhais altos, esguios e imponentes – um tanto exóticos e homogêneos – em face da biodiversidade marcante dos sub-bosques regionais. (AZIZ AB'SABER, 2003, p. 101)

3.3 Aspectos Climáticos Regionais

O perfil longitudinal traçado para a execução desse trabalho está situado na zona temperada, ao sul da linha do Trópico de Capricórnio, e por isso é atingida por radiação solar em diferentes ângulos, resultando em estações bem mais nítidas do que na parte setentrional do Brasil. Essa condição é bem explicada por Nimer

a zona temperada não é como a zona *intertropical* submetida a forte radiação solar, uma vez que a intensidade deste fenômeno depende essencialmente da altura do sol sobre o horizonte, ou seja, do ângulo de incidência dos raios solares, sendo tanto mais intensa quanto maior o ângulo de incidência, variando a média deste ângulo na proporção inversa da latitude. Daí resulta que, da radiação direta do Sol, a quantidade de calor absorvida pelos níveis inferiores da atmosfera na Região Sul é aproximadamente de 0,34cal/cm²/min (ondas curtas) e 0,3 cal/cm²/min (ondas longas) contra 0,39 a 0,37 (OC) em 0,3 (OL) na zona intertropical. (EDMON NIMER, 1979, p. 196)

A proximidade da linha do Trópico de Capricórnio faz com que a Região Sul seja atingida por importantes centros de ação climáticos tanto da porção norte quanto da porção sul do Brasil. No caso do perfil estudado temos dois anticiclones responsáveis pelas principais massas de ar tropicais que atuam na região, o Anticiclone do Atlântico e o Anticiclone Polar, e estes são caracterizados por serem constantes durante todo o ano e por apresentarem baixo deslocamento, ora mais próximos do continente, ora mais presentes no Oceano Atlântico, e por isso são considerados agentes fixos da condição climática do estado de Santa Catarina. O Anticiclone do Atlântico, que está mais próximo da área de estudo, e é descrito por Nimer

Este anticiclone, que constitui a massa de ar tropical marítima, possui geralmente temperaturas elevadas, ou amenas, fornecidas pela intensa radiação solar e telúrica das latitudes tropicais e forte umidade específica fornecida pela intensa evaporação marítima. Entretanto, em virtude de sua constante subsidência superior e consequente inversão de temperatura, sua umidade é limitada à camada superficial, o que lhe dá um caráter de homogeneidade e estabilidade, não obstante ser menos acentuado sobre o território brasileiro por vários motivos.

Contudo, apesar da inversão térmica superior se encontrar mais elevada no setor ocidental do anticiclone subtropical, o domínio deste anticiclone mantém a estabilidade do tempo. Praticamente, esta estabilidade, com o tempo ensolarado, somente cessa com a chegada de correntes perturbadas. (EDMON NIMER, 1979, p. 203)

O Anticiclone Polar está ao sul do Brasil, mas mesmo com a maior distância da área de estudo ele ainda é fator importante para compreender a circulação atmosférica local, como explica Nimer

Outro centro de ação positivo é representado pela alta polar, conhecido por anticlone polar *marítimico* da América do Sul. Esta alta, de notável deslocamento, tem tanta importância na participação direta da circulação atmosférica da Região Sul quanto o anticiclone subtropical do Atlântico. [...] tais altas, ao invadirem a Região, trazem consigo uma série de estado de tempo instável, dentre os quais a mais importante *corrente perturbada* ou *descontinuidade* que age sobre a Região Sul do Brasil, que é a frente polar. (EDMON NIMER, 1979, p. 204)

A fonte desses anticiclones é a região polar de superfície gelada, constituída pelo continente antártico e pela banquiza fixa. De sua superfície anticiclônica divergem ventos que se dirigem para a zona depressionária subantártica [...]. Dessa zona

partem os *anticiclones polares* que periodicamente invadem o continente sul-americano com ventos de W a SW nas altas latitudes, mas adquirindo, frequentemente, a direção S a SE em se aproximando do trópico, sobre o território brasileiro. [...] estes anticiclones possuem subsidência e forte inversão de temperatura e o ar é muito seco, frio e estável. Porém, em sua trajetória ele absorve calor e umidade colhidas da superfície morna do mar, aumentados à proporção que ele caminha para o equador. De sorte que já nas latitudes médias, a inversão desaparece e o ar polar marítimo se torna instável. (EDMON NIMER, 1979, p. 206-208)

Para caracterizar o clima da área de estudo recorreremos à classificação climática mundial de Köppen-Geiger, revisada por Alvares et al (2014), que identifica o estado de Santa Catarina como sendo mesotérmico úmido - Cf, onde não há estação seca, com duas zonas climáticas distintas, Cfa e Cfb. A zona Cfa é definida por um clima húmido subtropical oceânico com ausência de estação seca e verão quente, onde as temperaturas médias do mês mais frio não passam de 18°C e no mês mais quente são sempre maiores ou iguais a 22°C. Na zona Cfb temos um clima húmido subtropical oceânico com ausência de estação seca e verão temperado, onde as temperaturas médias do mês mais quente ficam perto de 22°C, e cerca de quatro meses onde a temperatura média mínima é maior do que 10°C. Na Figura 3 podemos observar a porção leste de Santa Catarina com a classificação Cfa, em áreas mais baixas que 700 m, e na porção mais a oeste na região da bacia do Rio Uruguai, em áreas mais baixas que 650m. Na área central do estado, com altitudes

maiores do que 700 m, nos planaltos de araucárias, observamos a classificação Cfb.

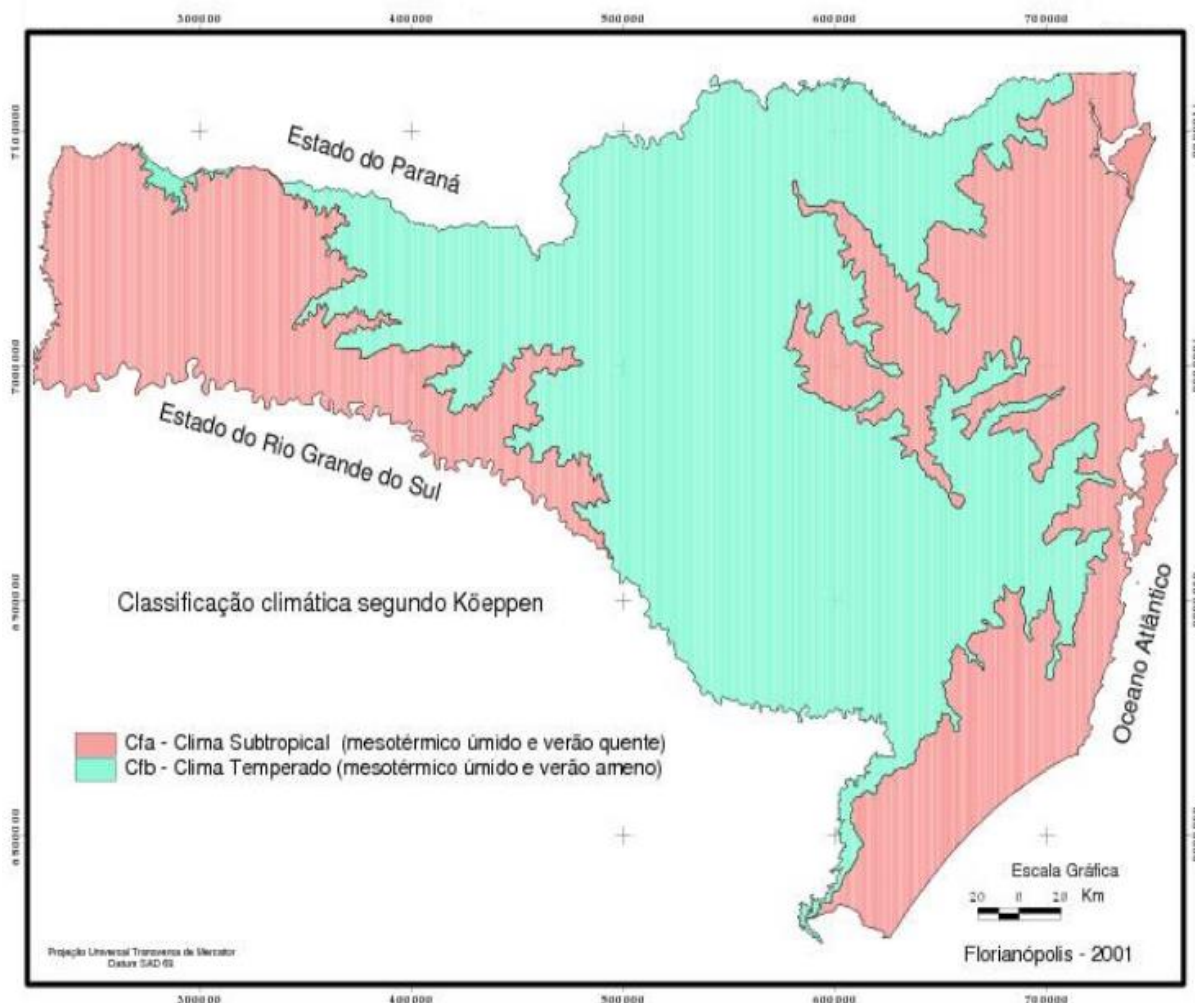


Figura 3 - Mapa Climatológico do Estado de Santa Catarina. Fonte: http://www.ciram.sc.gov.br/atlas_climatologico/

Santa Catarina apresenta precipitações pluviométricas muito bem distribuídas ao longo do ano, como exemplificou Köppen-Geiger, revisada por Alvares et al (2014), em suas classificações. Contudo, a orografia da região influi na ocorrência de nebulosidades e as precipitações locais, no caso o obstáculo montanhoso da Serra Geral. Monteiro explica essa interação do relevo com o regime pluviométrico dentro do estado

O relevo de Santa Catarina contribui, fundamentalmente, na distribuição diferenciada da precipitação em distintas áreas do Estado. Naquelas mais próximas às encostas de montanhas, do lado barlavento, as precipitações são mais abundantes, pois a elevação do ar úmido e quente favorece a formação de nuvens cumuliformes, resultando no aumento do volume de precipitação local. Neste sentido são observados índices maiores de precipitação nos municípios

próximos à encosta da Serra Geral, quando comparados aos da zona costeira. (MONTEIRO, 2001, p. 70)

4. Materiais e Métodos

Para desenvolver esse trabalho foram coletados dados de órgãos públicos, neste caso oriundos de estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), no site <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Os dados colhidos são médias mensais de temperatura do ar e de umidade relativa do ar. Os dados compõem uma série histórica que começa em janeiro de 1992 e vai até dezembro de 2016, como podemos observar na Figura 4. Estes dados foram organizados em escala mensal, sazonal e anual.

Localidade	Altitude (m)	Latitude	Longitude	Série de Dados	Falhas (%)	Instituto
Urussanga	48,2	28,51 Sul	49,31 Oeste	1992 - 2016	44,30%	INMET
São Joaquim	1415,0	28,30 Sul	49,93 Oeste	1992 - 2016	7%	INMET
Lages	936,8	27,81 Sul	50,33 Oeste	1992 - 2016	3%	INMET
Campos Novos	946,7	27,38 Sul	51,20 Oeste	1992 - 2016	3,33%	INMET
Chapecó	679,0	27,11 Sul	52,61 Oeste	1992 - 2016	6,30%	INMET

Figura 4 – Estações Meteorológicas Automáticas utilizadas no trabalho.

Mesmo com a grande porcentagem de falhas nos dados colhidos da estação meteorológica do município de Urussanga esta localidade foi mantida no trabalho. Por ser o município localizado na faixa litorânea do estado e com menor altitude dentro da faixa latitudinal delimitada, é de fundamental importância que seus dados sejam incluídos nas análises. Como as análises do trabalho se dão com médias em escala mensal, sazonal e anual, os dados de Urussanga tem uma menor precisão histórica na análise, mas ainda assim podem mostrar o contraste desejado na região.

Para a análise sazonal das médias mensais, os dados foram agrupados para que todas as estações do ano tivessem aproximadamente o mesmo número de dias dentro dos meses analisados, por isso foram consideradas assim as estações:

- Verão: janeiro, fevereiro e março;
- Outono: abril, maio e junho;
- Inverno: julho, agosto e setembro;
- Primavera: outubro, novembro e dezembro.

5. Embasamento Teórico

Para assimilar a série de dados da área de estudo e como ela interage com os elementos climáticos regionais é preciso fundamentar alguns elementos climáticos que serão usados como parâmetros para a análise.

Partindo do objetivo de tornar o mais evidente possível a variabilidade da temperatura em diferentes cotas altimétricas, a delimitação do perfil se deu tendo como principal premissa um grande gradiente de altitude. A partir deste intuito, o município de São Joaquim tem sua relevância destacada por estar localizado em uma escarpa de grande altitude e por ser conhecido por suas baixas temperaturas, podendo apresentar a ocorrência de neve, e por isso é uma referência turística no período de inverno dentro do território nacional. A fim de isolar ainda mais a tendência da temperatura em diferentes altitudes foram escolhidas estações meteorológicas com semelhante latitude a partir do município de São Joaquim, para que o peso deste determinante climatológico fosse minimizado.

Para compreender o clima da área de estudo em escala regional, Giacomini explica

A abordagem sugerida para a compreensão dos climas regionais apoia-se na busca do ritmo da variação anual, sazonal e mensal dos elementos do clima que representem os mecanismos de atuação dos sistemas atmosféricos característicos da circulação intermediária entre a circulação primária e a secundária. Por outro lado, há que se fazer um estudo criterioso dos fatores geográficos naturais que provocam a definição de cada espaço regional, como elemento causal da

modificação geral da atmosfera e geração do clima regional. (GIACOMINI, 1993, p. 3)

5.1 Temperatura atmosférica

A temperatura pode ser compreendida essencialmente como a taxa de agitação das moléculas de um corpo e pode ser determinada pelo balanço da radiação que chega e sai. Para medir a temperatura máxima e mínima do ar são usados termômetros a uma altura de aproximadamente 1,5m do solo em um abrigo, como nas estações meteorológicas estudadas neste trabalho.

A variação espacial da temperatura do ar é determinada pela latitude (incidência e angulação de raios solares), cobertura da superfície do local, pela distância de grandes massas hídricas, pelo relevo, pela natureza dos ventos e pelas correntes oceânicas. Quanto a importância do relevo na variação da temperatura do ar, Ayoade explica

O relevo tem um efeito atenuador sobre a temperatura, principalmente porque a temperatura do ar normalmente diminui com a altitude crescente a uma taxa média de 0,6°C por 100 metros. [...] A altura é importante fator que influencia a temperatura nos trópicos. A relativa uniformidade térmica que predomina nos trópicos é distorcida principalmente pelos efeitos da altura. As grandes diferenças de temperatura entre distâncias curtas nos trópicos são usualmente devidas aos efeitos da variação da altitude. Entretanto, o índice de variação térmica é variável e controlado principalmente pela elevação e nebulosidade. (AYOADE, 1996, p.53-54).

A distância de corpos hídricos causa os efeitos da continentalidade, onde a superfície continental se aquece e se esfria mais rapidamente do que a superfície hídrica. Esse efeito faz com que seja possível observar que a amplitude térmica anual é menor nas localidades costeiras do que nas localidades continente adentro. Esta característica se relaciona diretamente com a quantidade de raios solares incididos num local quando analisada em uma escala sazonal. Ayoade, 1996, explica a interação dessas duas determinantes

As variações sazonais na temperatura resultam principalmente das variações sazonais no volume de insolação recebida em qualquer lugar sobre o globo. As temperaturas são mais elevadas no verão, quando os volumes de insolação são maiores, e mais baixas no inverno, quando as recepções de insolação são mais baixas. As variações sazonais na temperatura do ar são maiores nas áreas extratropicais, particularmente nos interiores continentais, enquanto são mais baixas em torno da faixa equatorial, particularmente nas superfícies hídricas. Portanto, podemos dizer que as variações sazonais da temperatura aumentam com a latitude e com o grau de continentalidade. (AYOADE, 1996, p.57).

5.2 Umidade relativa

O vapor d'água representa um pequeno volume na composição da atmosfera, cerca de 4%, mas tem grande importância na compreensão do tempo e do clima. Ayoade explica essa interação

A quantidade de vapor d'água num certo volume de ar é uma indicação da capacidade potencial da atmosfera para produzir precipitação. [...] o vapor d'água pode absorver tanto a radiação solar quanto a terrestre e, assim, desempenha papel regulador térmico do sistema Terra-atmosfera. Em particular, ele exerce um grande efeito sobre a temperatura do ar. (AYOADE, 1996, p.128).

Para compreender e quantificar o vapor d'água em uma porção de ar é usado o conceito umidade relativa. A umidade relativa, grandeza analisada neste trabalho, é definida pela “razão entre o conteúdo real de umidade de uma amostra de ar e a quantidade de umidade que o mesmo volume de ar pode conservar na mesma temperatura e pressão quando saturado.” (AYOADE, 1996, p143). Além de ser facilmente obtida e computada por termômetros de bulbo seco e de bulbo úmido, a umidade relativa indica o grau de saturação do ar. Seu valor é diretamente influenciado pela temperatura do ar é explicada por Ayoade

O valor pode variar se houver uma mudança na temperatura do ar, mesmo que não tenha havido nenhum aumento ou diminuição em seu conteúdo de umidade. Por exemplo, a umidade relativa do ar varia inversamente com a temperatura, sendo mais baixa no começo da tarde e mais elevada à noite. É sempre importante lembrar que a umidade relativa não oferece, na verdade, informação sobre a quantidade de umidade na atmosfera, mas informa quão próximo o ar está da saturação. [...] Há também variações sazonais nos valores da umidade relativa

nas baixas latitudes. As variações sazonais são mínimas no equador e crescem com o aumento em latitude. (AYOADE, 1996, p.144).

5.3 Variações adiabáticas da temperatura

Dentro da Troposfera temos a variação vertical da temperatura, que ocorre mesmo sem troca de energia com a cobertura terrestre - também conhecida como gradiente adiabático atmosférico - e se dá pela diferença de pressão atmosférica conforme a altitude aumenta. Quando um determinado volume de ar ascende na atmosfera a sua pressão e densidade diminui (a pressão atmosférica é inversamente proporcional à altitude), resultando numa menor taxa de agitação das moléculas e consequentemente a expansão e o resfriamento do ar. Quando um volume de ar descende na atmosfera a sua densidade aumenta e consequentemente o número de colisões entre as moléculas também aumenta, resultando num aumento da temperatura do ar sem que aquele volume tenha recebido energia. A quantidade de água presente nas moléculas de ar atua diretamente na taxa de variação de temperatura, como explicam Mendonça e Danni-Oliveira

À medida que a temperatura de uma coluna de ar em ascensão é rebaixada adiabaticamente, sua umidade relativa aumenta, e a temperatura do ponto de orvalho decresce. Uma vez alcançada a temperatura do ponto de orvalho pela temperatura do ar ascendente, ocorre a condensação do vapor na coluna de ar e a formação de nuvens. A liberação do calor latente para o meio, como consequência do processo de condensação, reduz a taxa de resfriamento do ar para $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, o que define o *gradiente adiabático úmido ou saturado*. O valor do GAU é um valor médio de referência, pois depende do conteúdo de umidade e da temperatura inicial do ar. (MENDONÇA, F. DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 64)

Ainda segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007), o gradiente adiabático seco corresponde a $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ e o gradiente vertical médio da Troposfera é de $0,6^{\circ}\text{C}$ a cada 100m.

Ainda sobre a razão adiabática e sua interação com a umidade do ar Ayoade explica

A razão adiabática saturada não é constante como a razão adiabática seca. Ela varia com a temperatura. Por ser uma massa de ar quente capaz de conter mais umidade do que uma massa mais fria, maior quantidade de calor latente será liberada na condensação. Por isso, para uma alta temperatura, a razão adiabática

saturada é baixa (cerca de 4° por quilômetro) e aumenta com a diminuição da temperatura, atingindo cerca de 9°C pro quilômetro quando a temperatura é de -40°C. (AYOADE, 1996, p.147-148).

6. Análises e Resultados

Como explicado no capítulo de Materiais e Métodos, os gráficos e tabelas a seguir foram desenvolvidos a partir de 23 anos de dados colhidos de Estações Meteorológicas Automáticas do INMET. Os gráficos desenvolvidos serão dispostos seguidos da sua respectiva tabela onde será possível consultar os valores de cada ponto, e em seguida serão desenvolvidas as análises e comparações.

6.1 Análise mensal geral

Os Gráficos 1, 2 e 3, trazem a evolução da temperatura do ar mensal e neles é já é possível observar os efeitos da sazonalidade na faixa latitudinal escolhida para o estudo. Nessa faixa latitudinal é possível observar um ciclo anual com marcada redução da temperatura do ar nos meses de outono e inverno, tanto nas temperaturas médias mensais mínimas do Gráfico 1 quanto nas temperaturas médias mensais máximas no Gráfico 3. Os valores mínimos no mês mais frio da série, julho, chegam a 5,9 °C em São Joaquim e a são muito próximos em Urussanga e Chapecó, 10,3 °C e 10,5 °C respectivamente, como podemos observar na Tabela 1. Já nos meses mais quentes do ano, na primavera e no verão, as temperaturas médias mensais máximas podem chegar a 30,2 °C em Urussanga e 29,3 °C em Chapecó, segundo a Tabela 3.

É interessante notar como as linhas das temperaturas médias mensais mínimas, no Gráfico 1, estão muito mais próximas se comparadas com as linhas das temperaturas médias mensais máximas do Gráfico 3. Já nos Gráficos 1 e 2 podemos notar como as temperaturas mínimas e médias mensais de Urussanga e Chapecó

são muito próximas durante o ano, e só se diferenciam quando analisamos as temperaturas máximas no Gráfico 3.

A análise das médias mensais da temperatura do ar e umidade relativa também nos permite classificar as localidades estudadas dentro da classificação climática mundial de Köppen-Geiger, revisada por Alvares et al (2014).

Todo o estado de Santa Catarina se caracteriza dentro dessa classificação como subtropical úmido de clima oceânico com ausência de estação seca, e ao observarmos os valores de umidade relativa média no Gráfico 4 podemos ver que mesmo no meses mais secos do ano, agosto e novembro, os valores não ficam menores que 67%. Também é interessante notar, ainda no Gráfico 4, como os meses de setembro e outubro apresentam uma alta da umidade relativa do ar em comparação com seus antecessores e sucessores. O mês mais frio do ano, julho, também é o mês mais úmido e isto se deve à sucessivas entradas de massas de ar polar que trazem umidade e instabilidades do oceano para o continente.

Ao observarmos a temperatura do ar média no Gráfico 2 podemos diferenciar as nossas estações meteorológicas da área de estudo dentro das duas classificações possíveis para o estado segundo a classificação climática mundial de Köppen-Geiger, revisada por Alvares et al (2014). Na categoria Cfa, clima úmido subtropical com ausência de estação seca e verão quente, temos que a média do mês mais frio, julho, deve ser maior ou igual a -3°C e menor que 18°C , e que a média do mês mais quente, fevereiro, deve ser maior ou igual a 22°C , e dentro desses parâmetros podemos identificar classificar os municípios Urussanga e Chapecó. Na categoria Cfb, clima úmido subtropical com ausência de estação seca e verão temperado, temos que o mês mais quente do ano deve apresentar temperaturas menores ou iguais a 22°C , e deve apresentar pelo menos quatro meses com temperaturas acima dos 10°C , e dentro desses parâmetros podemos classificar os municípios São Joaquim, Lages e Campos Novos.

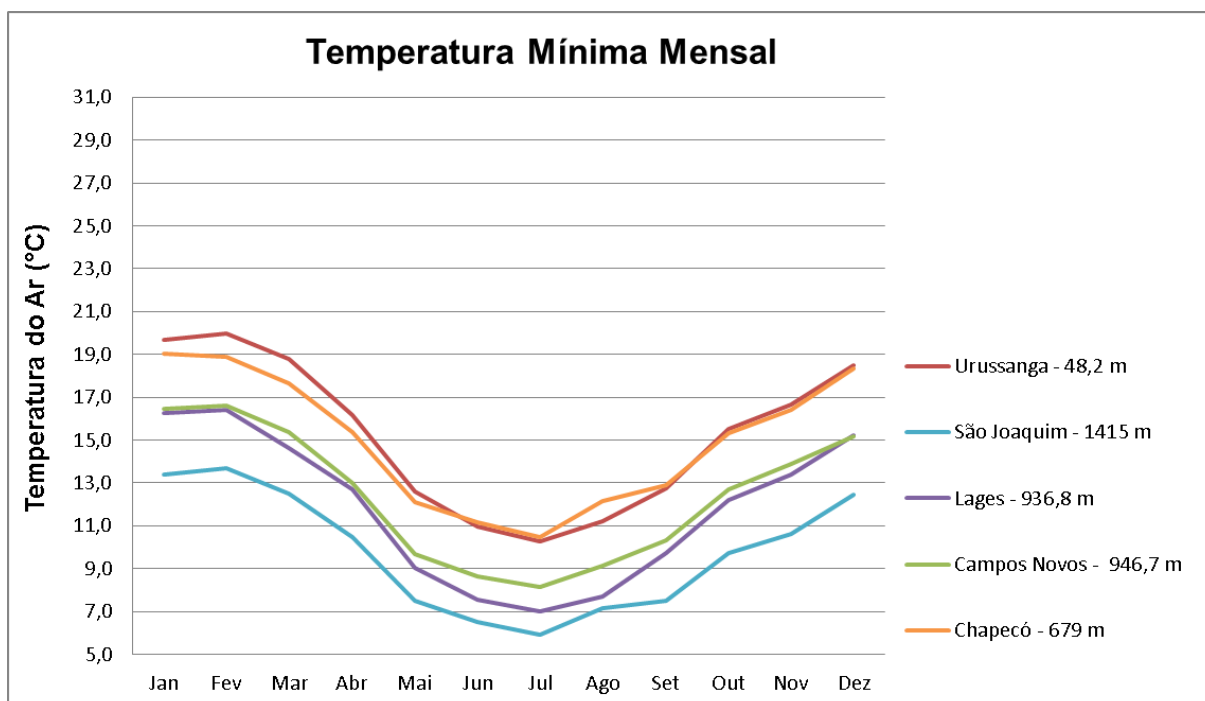


Gráfico 1: Temperatura mínima média mensal.

Temperatura Mínima (°C)					
Mês	Urussanga	São Joaquim	Lages	Campos Novos	Chapecó
Janeiro	19,7	13,4	16,3	16,5	19,0
Fevereiro	20,0	13,7	16,4	16,6	18,9
Março	18,8	12,5	14,6	15,4	17,6
Abril	16,1	10,5	12,7	13,0	15,4
Maio	12,6	7,5	9,1	9,7	12,1
Junho	11,0	6,5	7,5	8,6	11,1
Julho	10,3	5,9	7,0	8,1	10,5
Agosto	11,2	7,1	7,7	9,1	12,2
Setembro	12,8	7,5	9,7	10,3	12,9
Outubro	15,5	9,7	12,2	12,7	15,3
Novembro	16,6	10,6	13,4	13,9	16,4
Dezembro	18,5	12,4	15,2	15,2	18,3
Anual	15,3	9,8	11,8	12,4	15,0

Tabela 1: Temperatura mínima média mensal.

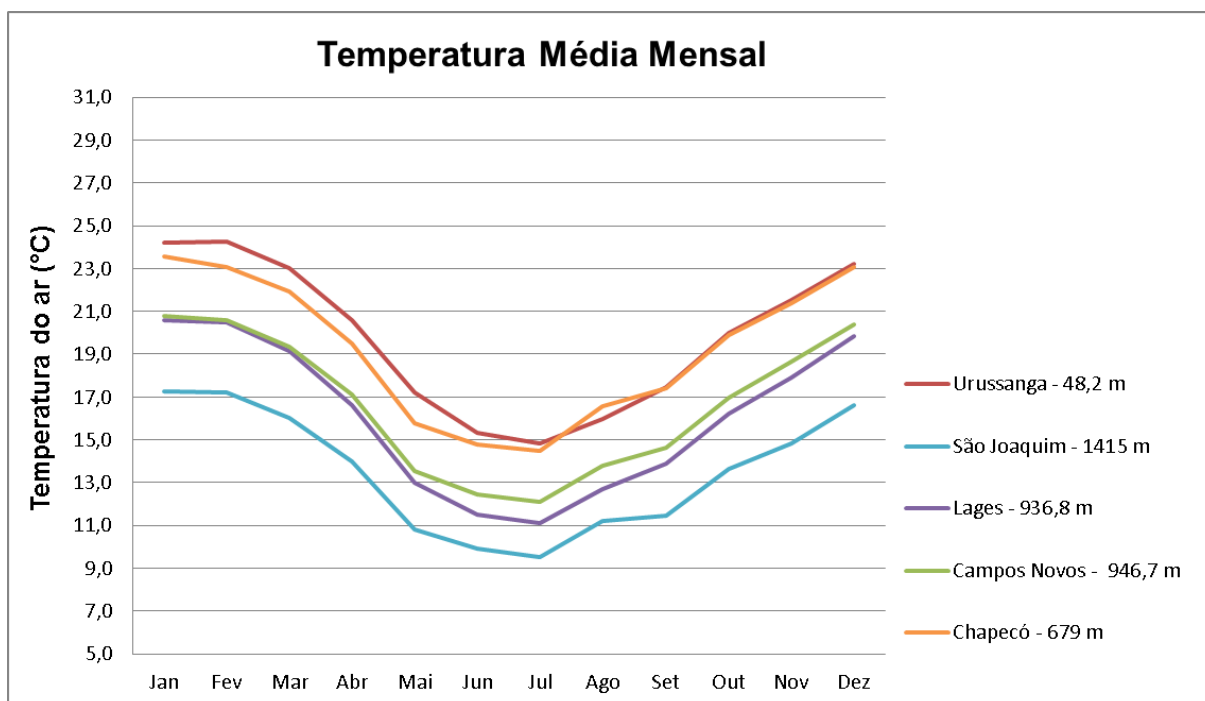


Gráfico 2: Temperatura média mensal.

Temperatura Média (°C)					
Mês	Urussanga	São Joaquim	Lages	Campos Novos	Chapecó
Janeiro	24,2	17,2	20,6	20,8	23,6
Fevereiro	24,3	17,2	20,5	20,6	23,1
Março	23,0	16,0	19,2	19,4	21,9
Abril	20,6	14,0	16,6	17,1	19,5
Maio	17,2	10,8	13,0	13,6	15,8
Junho	15,3	9,9	11,5	12,5	14,8
Julho	14,8	9,5	11,1	12,1	14,5
Agosto	16,0	11,2	12,7	13,8	16,5
Setembro	17,5	11,5	13,9	14,6	17,4
Outubro	20,0	13,6	16,2	17,0	19,9
Novembro	21,5	14,8	17,9	18,7	21,4
Dezembro	23,2	16,6	19,8	20,4	23,1
Anual	19,8	13,5	16,1	16,7	19,3

Tabela 2: Temperatura média mensal.

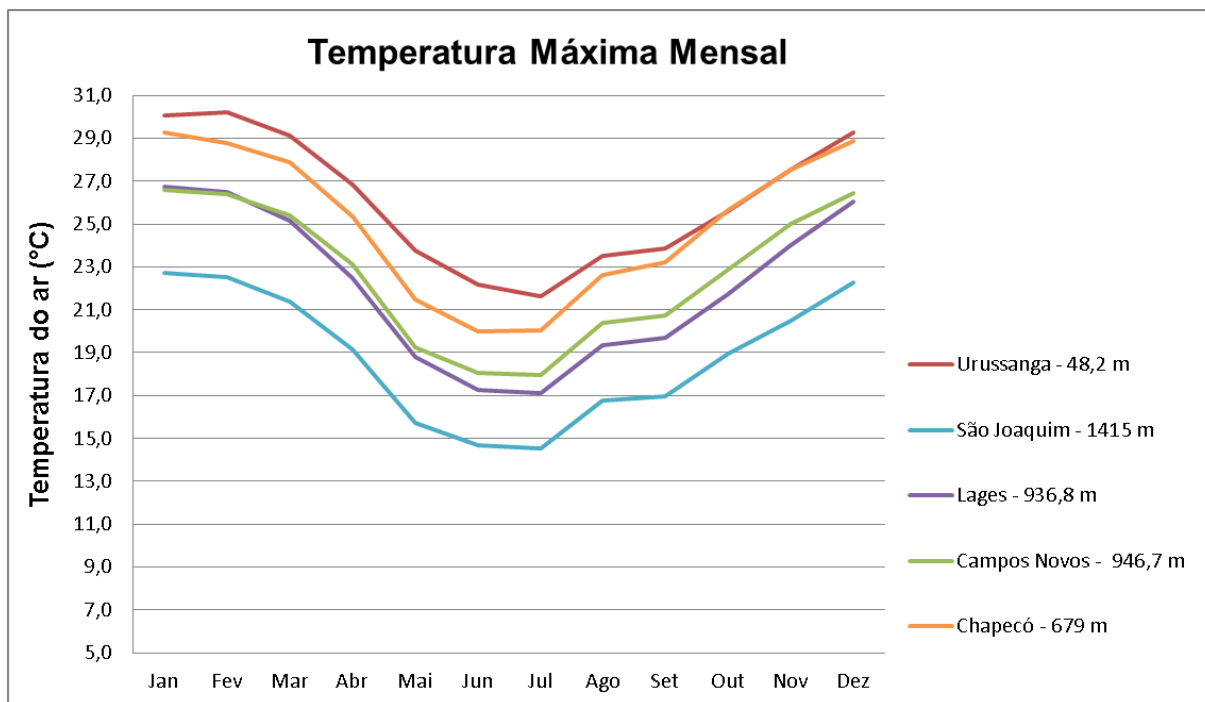


Gráfico 3: Temperatura máxima média mensal.

Temperatura Máxima (°C)					
Mês	Urussanga	São Joaquim	Lages	Campos Novos	Chapecó
Janeiro	30,1	22,7	26,8	26,6	29,3
Fevereiro	30,2	22,5	26,5	26,4	28,8
Março	29,1	21,4	25,2	25,4	27,9
Abril	26,8	19,2	22,5	23,1	25,4
Maio	23,8	15,7	18,8	19,3	21,5
Junho	22,2	14,7	17,3	18,1	20,0
Julho	21,6	14,5	17,1	18,0	20,0
Agosto	23,5	16,8	19,4	20,4	22,6
Setembro	23,8	17,0	19,7	20,7	23,2
Outubro	25,6	18,9	21,7	22,9	25,6
Novembro	27,5	20,5	24,0	25,0	27,5
Dezembro	29,3	22,3	26,1	26,4	28,9
Anual	26,1	18,9	22,1	22,7	25,1

Tabela 3: Temperatura máxima média mensal.

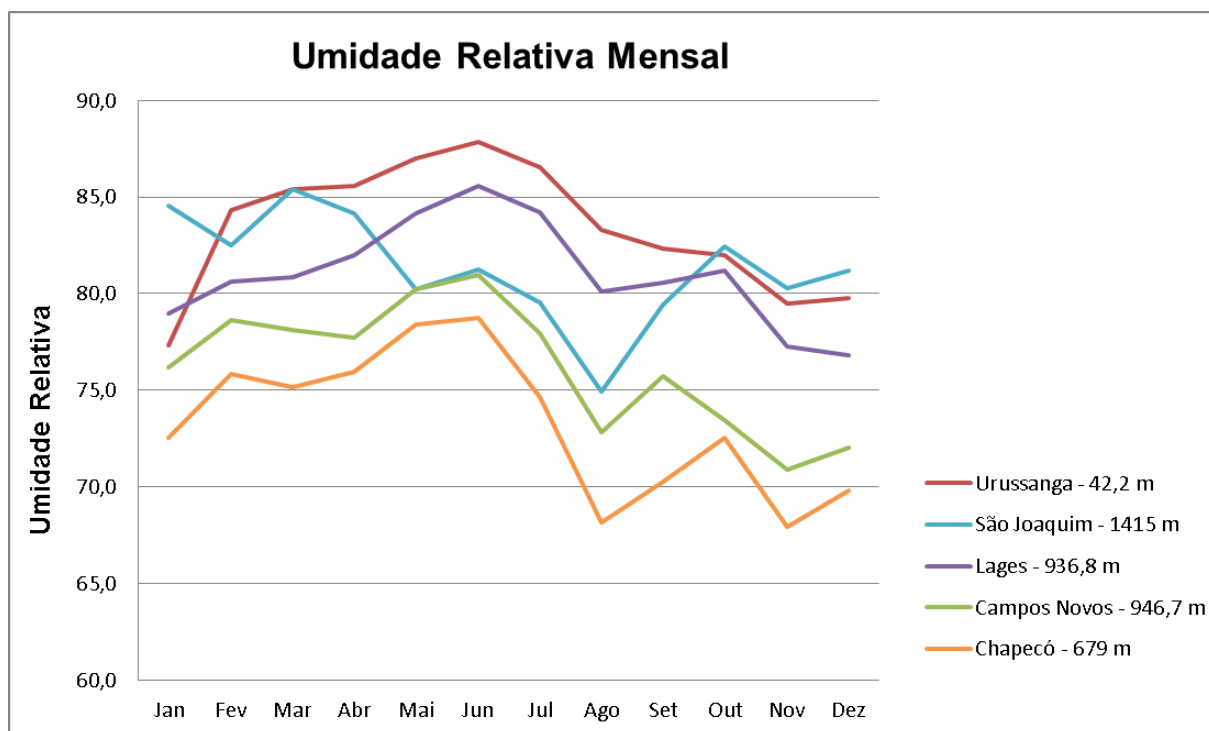


Gráfico 4: Umidade relativa média mensal.

Umidade Relativa					
Mês	Urussanga	São Joaquim	Lages	Campos Novos	Chapecó
Janeiro	77,3	84,5	79,0	76,2	72,5
Fevereiro	84,3	82,5	80,6	78,6	75,8
Março	85,4	85,4	80,8	78,1	75,1
Abril	85,6	84,2	82,0	77,7	76,0
Maio	87,0	80,2	84,2	80,2	78,4
Junho	87,8	81,3	85,6	81,0	78,7
Julho	86,5	79,5	84,2	77,9	74,7
Agosto	83,3	74,9	80,1	72,8	68,2
Setembro	82,3	79,4	80,6	75,7	70,3
Outubro	82,0	82,4	81,2	73,4	72,5
Novembro	79,5	80,3	77,2	70,9	67,9
Dezembro	79,8	81,2	76,8	72,0	69,8
Anual	83,4	81,3	81,0	76,2	73,3

Tabela 4: Umidade relativa média mensal.

6.2 Análise da temperatura e umidade relativa do ar média mensal por município

Na análise mensal focada nos municípios e com os gráficos desenvolvidos demonstrando como variam a temperatura máxima, média e mínima e da umidade relativa do ar, podemos trazer para a análise como se dão a influência da proximidade e distância do Oceano Atlântico, maritimidade e continentalidade. Nesta abordagem também é possível observar como a temperatura do ar evolui com o passar dos meses e como a altitude e a declinação dos raios solares é um controlador importante desta variável climática. É possível ver com clareza como a proximidade de grandes corpos hídricos é um regulador da umidade relativa do ar, mas não é possível observar a amplitude térmica sendo regulada por essa variável climática nessa série.

Podemos ver em Urussanga, no Gráfico 5, como a umidade relativa do ar é superior à das outras cidades estudadas. Isso se deve também pela maior exposição às massas de ar úmidas originárias do anticiclone tropical atlântico. Já em Chapecó, no Gráfico 9, podemos ver valores menores da umidade relativa do ar, sendo este o município mais distante do Oceano Atlântico e mais protegido pelo relevo das massas úmidas que invadem o continente.

Quando comparamos a evolução mensal da umidade relativa do ar em São Joaquim, no Gráfico 6, com os outros municípios, podemos observar que nos meses mais frios do ano a umidade relativa do ar é ligeiramente menor, quando nos outros municípios essa relação é inversa, e também é possível notar que a umidade relativa permanece relativamente constante durante todo o ano.

Lages e Campos Novos são dois municípios que estão localizados em altitudes muito semelhantes, respectivamente 936,8 metros e 946,7 metros. Podemos observar que a temperatura do ar varia de maneira muito semelhante nas duas localidades, porém a umidade relativa do ar é visivelmente maior em Lages do que em Campos Novos.

Podemos estabelecer uma relação entre as médias mínimas mensais de cada localidade analisada com os valores mínimos extremos registrados no estado nos meses de inverno. Para isso observamos um estudo sobre recordes de frio em

Santa Catarina, publicado pelo CIRAM, Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina, produzido por Gilsânia Cruz, Kellen de Cássia B. Kruscinski e Maria de Lourdes Mello, publicado em http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=140&Itemid=364.

Neste estudo são trazidos registros extremos de temperatura mínima em diversas cidades do estado, entre elas as que são objeto de estudo do presente trabalho. Em Urussanga temos um registro de 1955 que traz -3,0 °C, -3,6 °C e -4,6 °C em junho, julho e agosto, valores muito menores se comparados com o registro das médias mínimas mensais do presente trabalho da Tabela 5, sendo essas 11,0 °C, 10,3 °C e 11,2 °C respectivamente. Em São Joaquim, estado que registra as menores temperaturas médias mínimas da série, temos um registro datado em 1991 que apresenta -7,9 °C, -9,0 °C e -10 °C nos meses de inverno, respectivamente junho, julho e agosto. No nosso estudo, que abrange os anos de 1992 a 2016, temos a temperatura mínima média mensal de 6,5 °C, 5,9 °C e 7,1 °C também nos meses de junho, julho e agosto, como podemos observar na Tabela 6. Lages apresenta, em registro de 1915, valores de temperatura mínima média mensal próximos a 10 °C de diferença dos analisados neste trabalho. No estudo de recordes de frio em Santa Catarina, os valores registrados são de -6,4 °C em junho, -8,0 °C em julho e -6,2 °C em agosto, enquanto os valores do presente trabalho encontrados na Tabela 7 são de 7,5 °C em junho, 7,0 °C em julho e 7,7 °C em agosto. Já em Campos Novos, município com altitude muito semelhante a Lages, porém muito mais afetado pelos efeitos da continentalidade como podemos observar na comparação dos valores de umidade relativa do ar nas duas localidades, temos os registros de temperaturas mínimas médias extremas datados de 1948, onde no inverno daquele ano tivemos -3,8 °C em junho, -6,3 °C em julho e -6,5 em agosto. Já no nosso trabalho as médias de temperaturas mínimas mensais são respectivamente 8,6 °C, 8,1 °C e 9,1 °C. Chapecó é o município com os menores valores de umidade relativa do ar e com os maiores valores de temperatura média mínima mensal de toda a série estudada, e em um registro de 2000 apresenta temperaturas médias mínimas extremas com valores de -2,8 °C, -4,5 °C e -4,0 °C nos meses do inverno, enquanto os valores observados na Tabela 9 para os mesmos meses são de 11,1 °C em junho, 10,5 °C em julho e 12,2 °C em agosto.

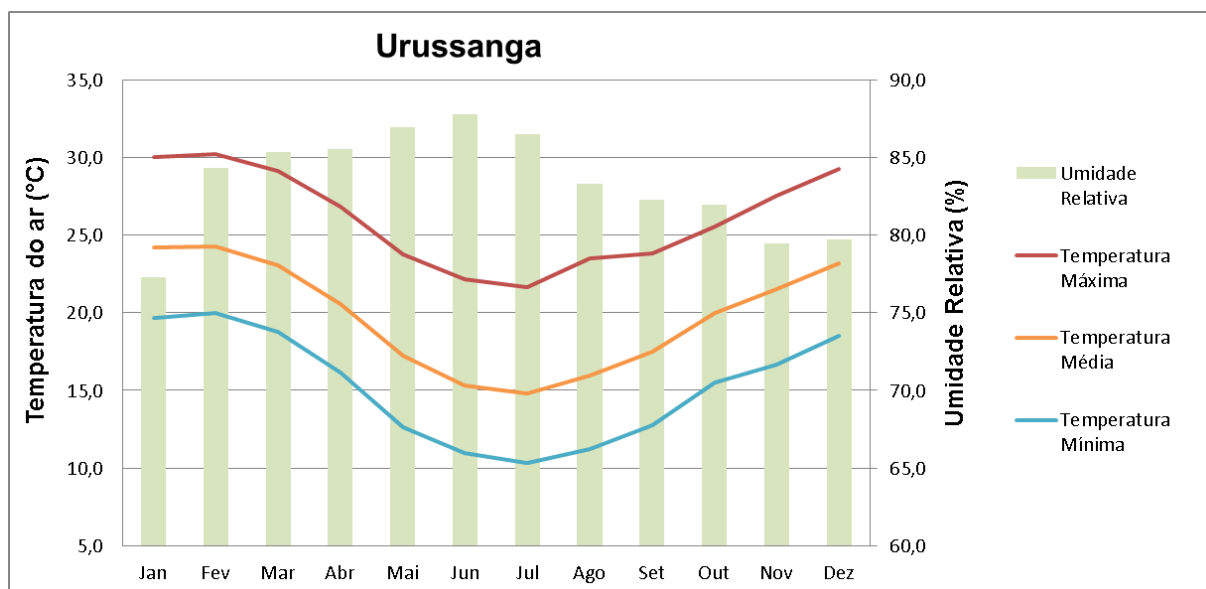


Gráfico 5: Médias de temperatura do ar e umidade relativa em Urussanga.

Urussanga				
Mês	T Máxima (°C)	T Média (°C)	T Mínima (°C)	Umidade Relativa (%)
Janeiro	30,1	24,2	19,7	77,3
Fevereiro	30,2	24,3	20,0	84,3
Março	29,1	23,0	18,8	85,4
Abril	26,8	20,6	16,1	85,6
Maio	23,8	17,2	12,6	87,0
Junho	22,2	15,3	11,0	87,8
Julho	21,6	14,8	10,3	86,5
Agosto	23,5	16,0	11,2	83,3
Setembro	23,8	17,5	12,8	82,3
Outubro	25,6	20,0	15,5	82,0
Novembro	27,5	21,5	16,6	79,5
Dezembro	29,3	23,2	18,5	79,8
Anual	26,1	19,8	15,3	83,4

Tabela 5: Médias de temperatura do ar e umidade relativa em Urussanga.

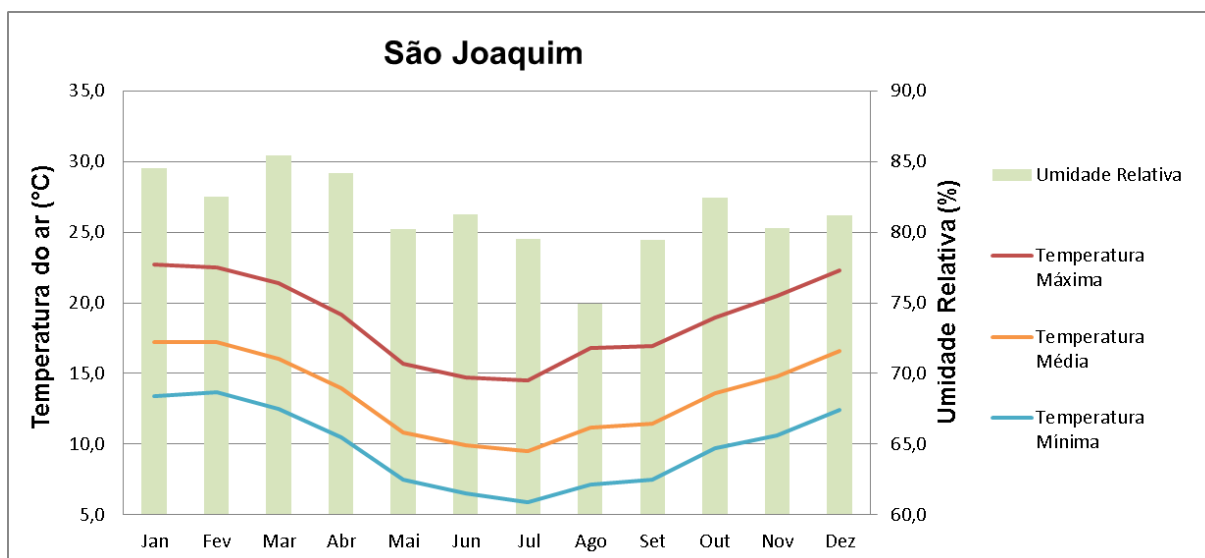


Gráfico 6: Médias de temperatura do ar e umidade relativa em São Joaquim.

São Joaquim				
Mês	T Máxima (°C)	T Média (°C)	T Mínima (°C)	Umidade Relativa (%)
Janeiro	22,7	17,2	13,4	84,5
Fevereiro	22,5	17,2	13,7	82,5
Março	21,4	16,0	12,5	85,4
Abril	19,2	14,0	10,5	84,2
Maio	15,7	10,8	7,5	80,2
Junho	14,7	9,9	6,5	81,3
Julho	14,5	9,5	5,9	79,5
Agosto	16,8	11,2	7,1	74,9
Setembro	17,0	11,5	7,5	79,4
Outubro	18,9	13,6	9,7	82,4
Novembro	20,5	14,8	10,6	80,3
Dezembro	22,3	16,6	12,4	81,2
Anual	18,9	13,5	9,8	81,3

Tabela 6: Médias de temperatura do ar e umidade relativa em São Joaquim.

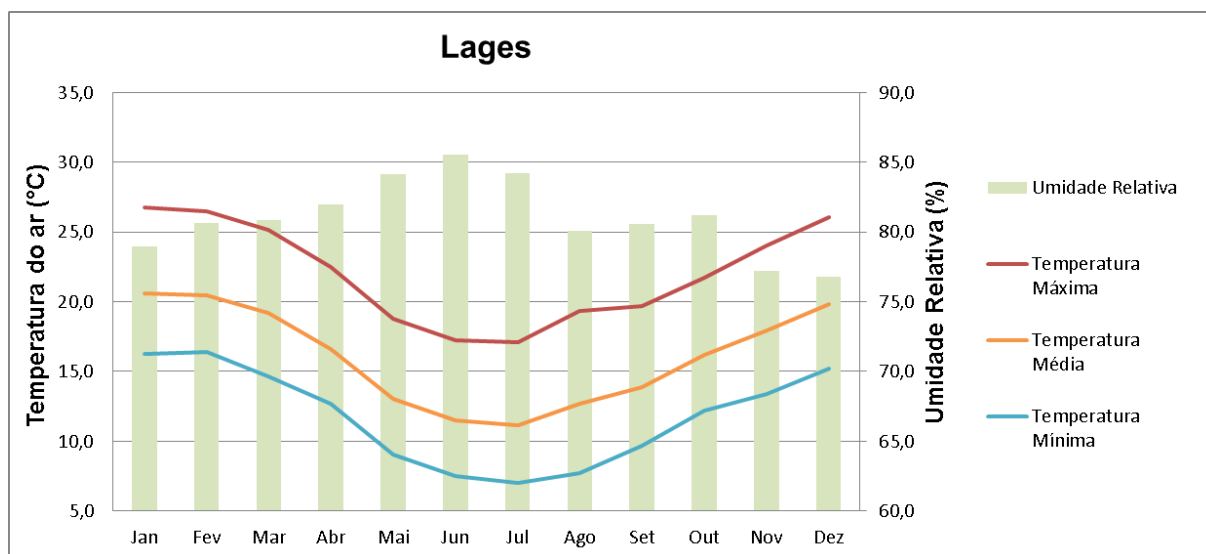


Gráfico 7: Médias de temperatura do ar e umidade relativa em Lages.

Lages				
Mês	T Máxima (°C)	T Média (°C)	T Mínima (°C)	Umidade Relativa (%)
Janeiro	26,8	20,6	16,3	79,0
Fevereiro	26,5	20,5	16,4	80,6
Março	25,2	19,2	14,6	80,8
Abril	22,5	16,6	12,7	82,0
Maio	18,8	13,0	9,1	84,2
Junho	17,3	11,5	7,5	85,6
Julho	17,1	11,1	7,0	84,2
Agosto	19,4	12,7	7,7	80,1
Setembro	19,7	13,9	9,7	80,6
Outubro	21,7	16,2	12,2	81,2
Novembro	24,0	17,9	13,4	77,2
Dezembro	26,1	19,8	15,2	76,8
Anual	22,1	16,1	11,8	81,0

Tabela 7: Médias de temperatura do ar e umidade relativa em Lages.

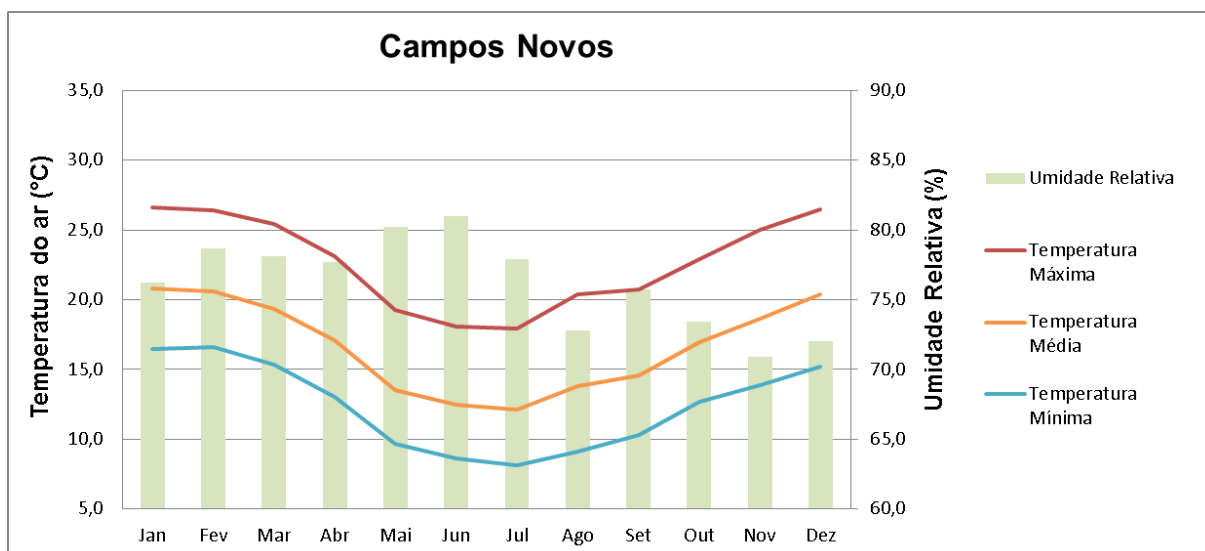


Gráfico 8: Médias de temperatura do ar e umidade relativa em Campos Novos.

Campos Novos				
Mês	T Máxima (°C)	T Média (°C)	T Mínima (°C)	Umidade Relativa (%)
Janeiro	26,6	20,8	16,5	76,2
Fevereiro	26,4	20,6	16,6	78,6
Março	25,4	19,4	15,4	78,1
Abril	23,1	17,1	13,0	77,7
Maio	19,3	13,6	9,7	80,2
Junho	18,1	12,5	8,6	81,0
Julho	18,0	12,1	8,1	77,9
Agosto	20,4	13,8	9,1	72,8
Setembro	20,7	14,6	10,3	75,7
Outubro	22,9	17,0	12,7	73,4
Novembro	25,0	18,7	13,9	70,9
Dezembro	26,4	20,4	15,2	72,0
Anual	22,7	16,7	12,4	76,2

Tabela 8: Médias de temperatura do ar e umidade relativa em Campos Novos.

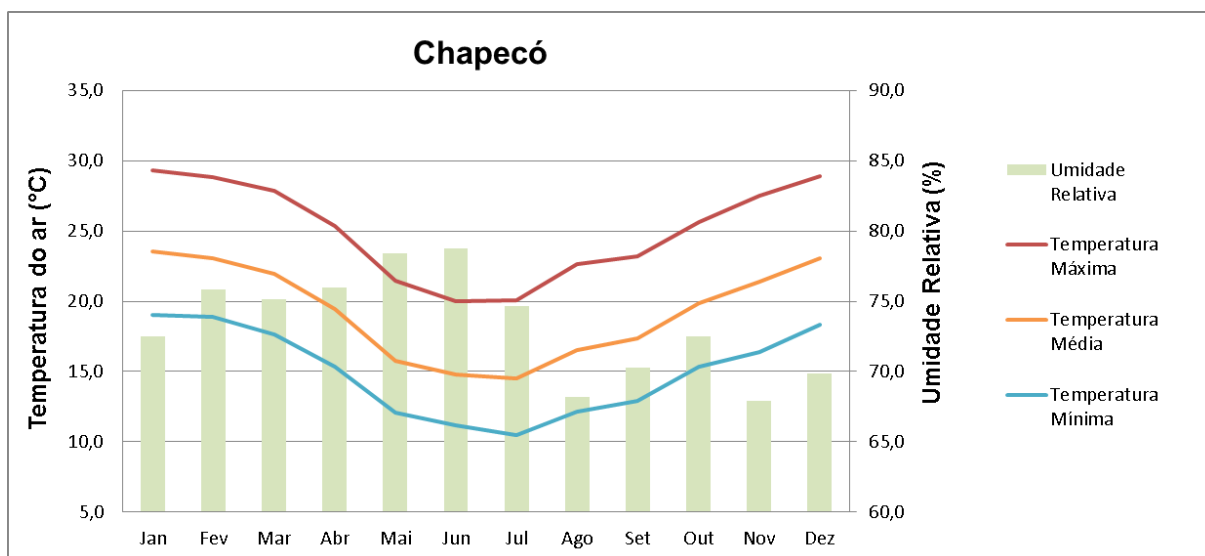


Gráfico 9: Médias de temperatura do ar e umidade relativa em Chapecó.

Chapecó				
Mês	T Máxima (°C)	T Média (°C)	T Mínima (°C)	Umidade Relativa (%)
Janeiro	29,3	23,6	19,0	72,5
Fevereiro	28,8	23,1	18,9	75,8
Março	27,9	21,9	17,6	75,1
Abril	25,4	19,5	15,4	76,0
Maio	21,5	15,8	12,1	78,4
Junho	20,0	14,8	11,1	78,7
Julho	20,0	14,5	10,5	74,7
Agosto	22,6	16,5	12,2	68,2
Setembro	23,2	17,4	12,9	70,3
Outubro	25,6	19,9	15,3	72,5
Novembro	27,5	21,4	16,4	67,9
Dezembro	28,9	23,1	18,3	69,8
Anual	25,1	19,3	15,0	73,3

Tabela 9: Médias de temperatura do ar e umidade relativa em Chapecó.

6.3 Análise sazonal

Quando trazemos a escala sazonal para a análise dos dados podemos ver a progressão das variáveis climáticas estudadas quando agrupadas em categorias que destacam a radiação solar, que apresenta uma variação sazonal, onde as maiores temperaturas se concentram na primavera e no verão, e as menores temperaturas se concentram no outono e no inverno, e a influência de diferentes massas oceânicas no continente, onde em Urussanga vemos os maiores valores de umidade relativa do ar, sendo este um município que se localiza na faixa litorânea do estado, e em Chapecó os menores valores de umidade relativa do ar, o que evidencia o efeito da continentalidade neste local.

Quando observamos os valores da umidade relativa no Gráfico 13 podemos ver que no caso da nossa série de dados não é possível identificar uma correlação direta entre a estação do ano e a quantidade de vapor d'água no ar. Enquanto Urussanga, Lages, Campos Novos e Chapecó apresentam o Outono como a estação mais úmida do ano, São Joaquim tem no Inverno seus maiores valores de umidade relativa. Podemos também observar que a amplitude de umidade relativa entre o verão e a primavera aumenta conforme nos distanciamos da faixa litorânea.

Em Chapecó, município mais seco da série, o Inverno e a Primavera apresentam umidade relativa muito semelhante. Também são muito semelhantes neste local os valores da temperatura máxima, média e mínima no Outono e no Inverno.

É possível observar a declinação solar como um grande controlador da temperatura do ar nesta escala. O Verão é a estação que apresenta os maiores valores de temperatura do ar máxima, média e mínima, isso se dá devido à incidência de raios solares num ângulo mais intenso tendo em vista que a área de estudo está bem próxima do Trópico de Capricórnio, onde os raios incidem com um ângulo próximo de 90° no solstício de verão. Já o Inverno, que apresenta as menores temperaturas do ar máxima, média e mínima em todos os pontos conta com raios solares incidindo com um ângulo mais ameno, tendo em vista que nessa época do ano o Sol incide raios solares com um ângulo próximo de 90° no Trópico de Câncer, localizado no hemisfério norte.

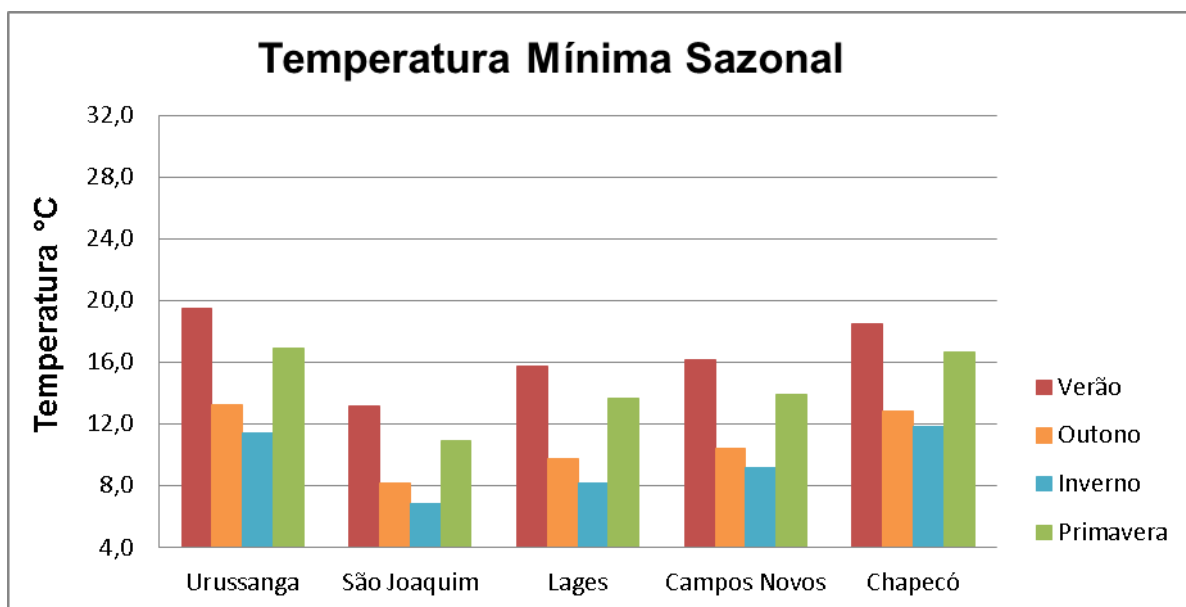


Gráfico 10: Temperatura mínima sazonal.

Temperatura Mínima (°C)					
Estação	Urussanga	São Joaquim	Lages	Campos Novos	Chapecó
Verão	19,5	13,2	15,8	16,1	18,5
Outono	13,2	8,2	9,8	10,4	12,9
Inverno	11,4	6,8	8,1	9,2	11,8
Primavera	16,9	10,9	13,6	13,9	16,7

Tabela 10: Temperatura mínima sazonal.

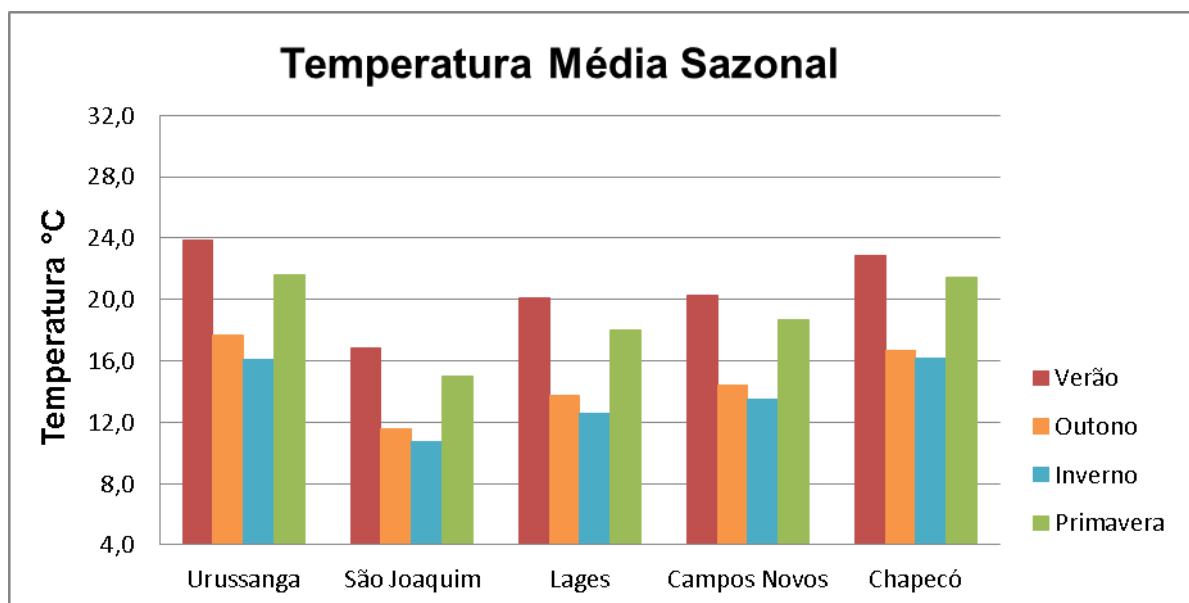


Gráfico 11: Temperatura média sazonal.

Temperatura Média (°C)					
Estação	Urussanga	São Joaquim	Lages	Campos Novos	Chapecó
Verão	23,8	16,8	20,1	20,2	22,9
Outono	17,7	11,6	13,7	14,4	16,7
Inverno	16,1	10,7	12,6	13,5	16,1
Primavera	21,6	15,0	18,0	18,7	21,5

Tabela 11: Temperatura média sazonal.

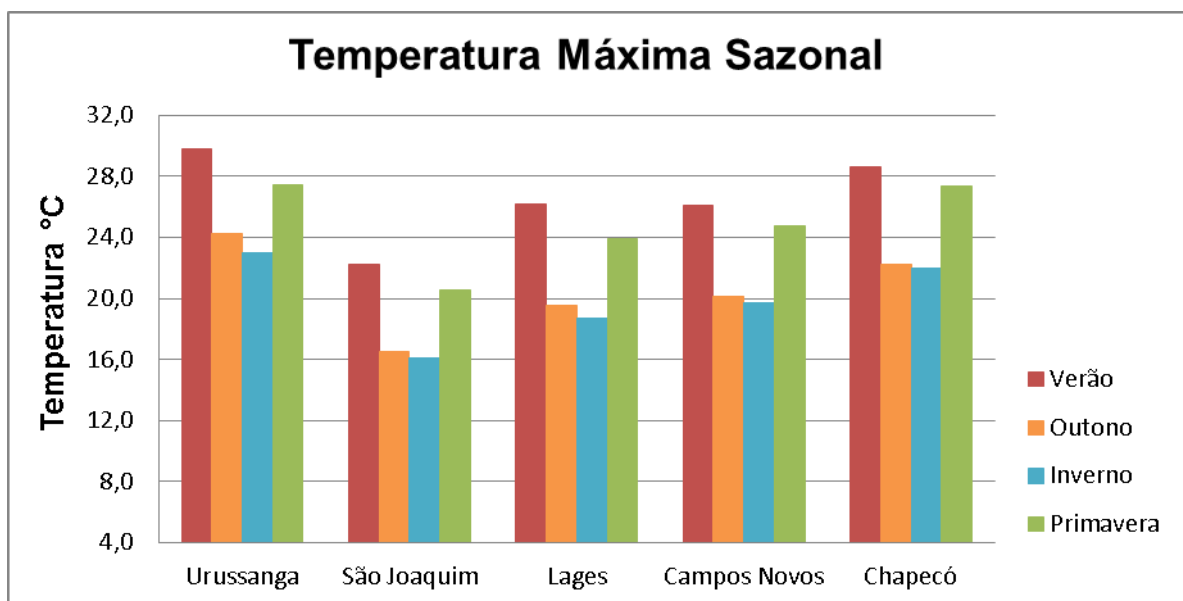


Gráfico 12: Temperatura máxima sazonal.

Temperatura Máxima (°C)					
Estação	Urussanga	São Joaquim	Lages	Campos Novos	Chapecó
Verão	29,8	22,2	26,1	26,1	28,7
Outono	24,3	16,5	19,5	20,1	22,3
Inverno	23,0	16,1	18,7	19,7	22,0
Primavera	27,5	20,6	23,9	24,8	27,4

Tabela 12: Temperatura máxima sazonal.

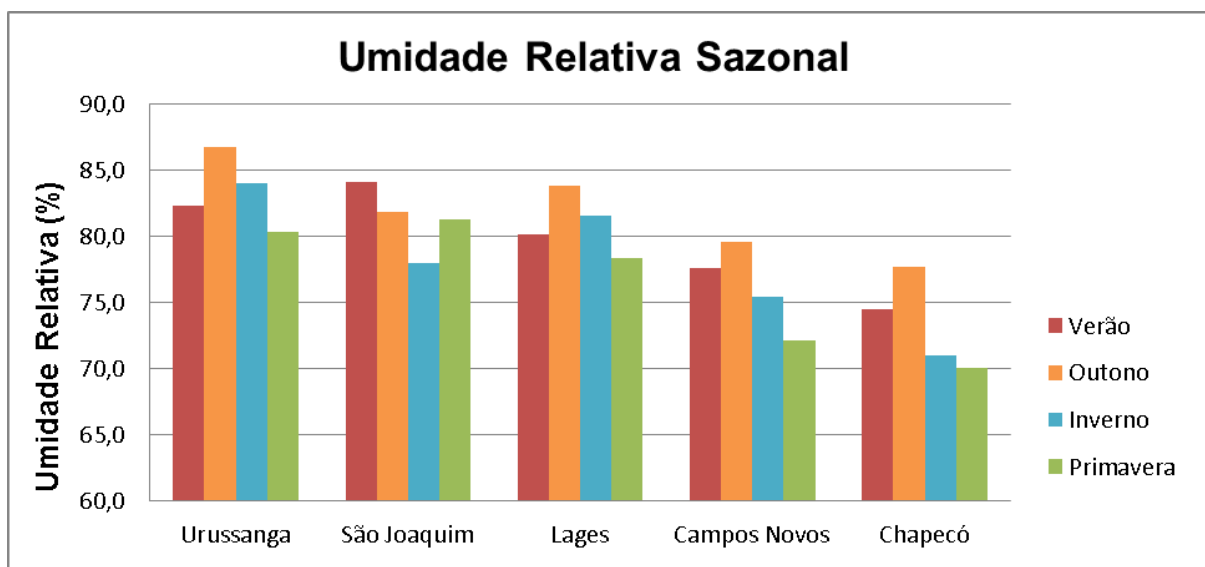


Gráfico 13: Umidade relativa sazonal.

Umidade Relativa					
Estação	Urussanga	São Joaquim	Lages	Campos Novos	Chapecó
Verão	82,3	84,2	80,1	77,7	74,5
Outono	86,8	81,9	83,9	79,6	77,7
Inverno	84,1	78,0	81,6	75,5	71,0
Primavera	80,4	81,3	78,4	72,1	70,1

Tabela 13: Umidade relativa sazonal.

6.4 Análise anual

Quando dispomos os dados deste trabalho em uma escala anual é possível visualizar as falhas na série de dados principalmente no município de Urussanga, que não teve registros meteorológicos constantes até 2002. Isso faz com que as médias calculadas com os dados de Urussanga não sejam tão precisas como a dos outros municípios.

Podemos observar no Gráfico 15 que nos registros mais recentes, a partir de 2012, temos um aumento relativo constante na umidade relativa do ar em todos os pontos até 2016. Também é possível observar nesse mesmo gráfico que Chapecó apresenta grande variação anual de umidade relativa quando comparado aos outros municípios, chegando a apresentar valores médios anuais maiores do que Campos Novos em 2001 e 2002.

O Gráfico 14, que mostra a variação anual da temperatura, apresenta uma variação muito mais constante do que o Gráfico 15, que mostra a umidade relativa do ar. É possível observar altas da temperatura do ar média em todos os municípios entre os anos 2001 e 2002, 2009 e 2010 e 2015 e 2016. Em 2012 é possível observar que Urussanga apresentou registros de uma queda na temperatura média em comparação com os outros municípios, que apresentaram uma alta na temperatura.

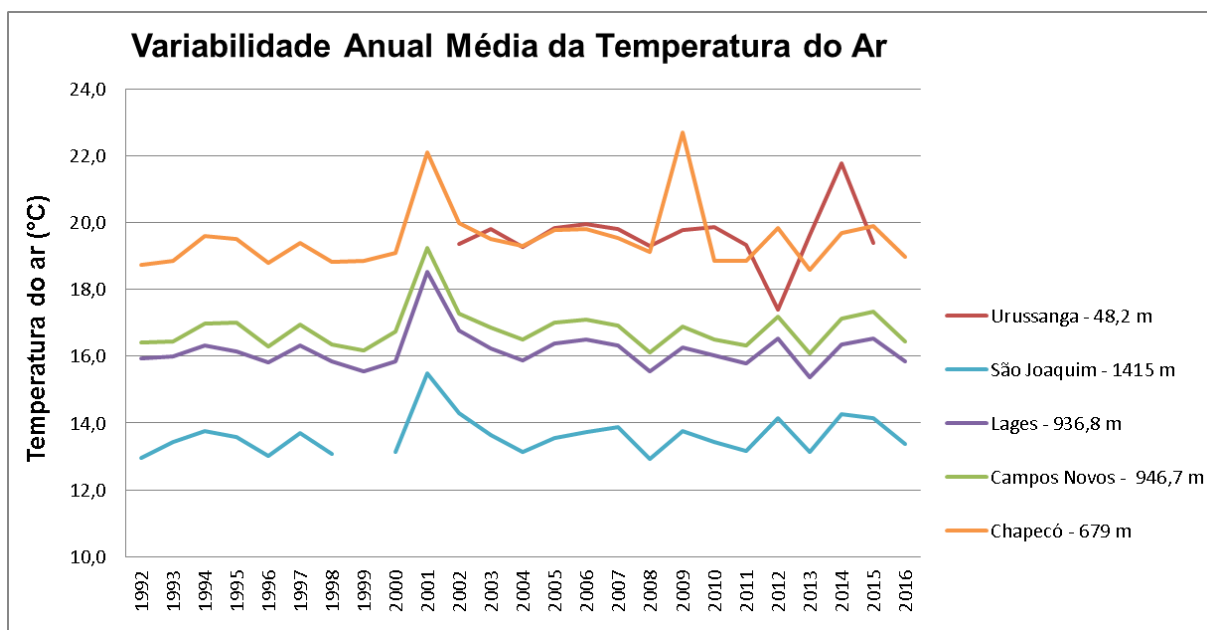


Gráfico 14: Variabilidade anual média da temperatura do ar.

Temperatura Média Anual (°C)					
Ano	Urussanga	São Joaquim	Lages	Campos Novos	Chapecó
1992		12,9	15,9	16,4	18,7
1993		13,4	16,0	16,5	18,9
1994	19,9	13,8	16,3	17,0	19,6
1995		13,6	16,2	17,0	19,5
1996		13,0	15,8	16,3	18,8
1997		13,7	16,3	17,0	19,4
1998		13,1	15,9	16,4	18,8
1999			15,5	16,2	18,9
2000		13,1	15,8	16,7	19,1
2001		15,5	18,5	19,2	22,1
2002	19,4	14,3	16,8	17,3	20,0
2003	19,8	13,7	16,2	16,8	19,5
2004	19,3	13,1	15,9	16,5	19,3
2005	19,8	13,6	16,4	17,0	19,8
2006	19,9	13,7	16,5	17,1	19,8
2007	19,8	13,9	16,3	16,9	19,5
2008	19,3	12,9	15,5	16,1	19,1
2009	19,8	13,8	16,3	16,9	22,7
2010	19,9	13,4	16,0	16,5	18,8
2011	19,3	13,2	15,8	16,3	18,9
2012	17,4	14,2	16,5	17,2	19,8
2013	19,6	13,1	15,4	16,1	18,6
2014	21,8	14,3	16,4	17,1	19,7
2015	19,4	14,1	16,5	17,3	19,9
2016		13,4	15,9	16,5	19,0

Tabela 14: Variabilidade anual média da temperatura do ar.

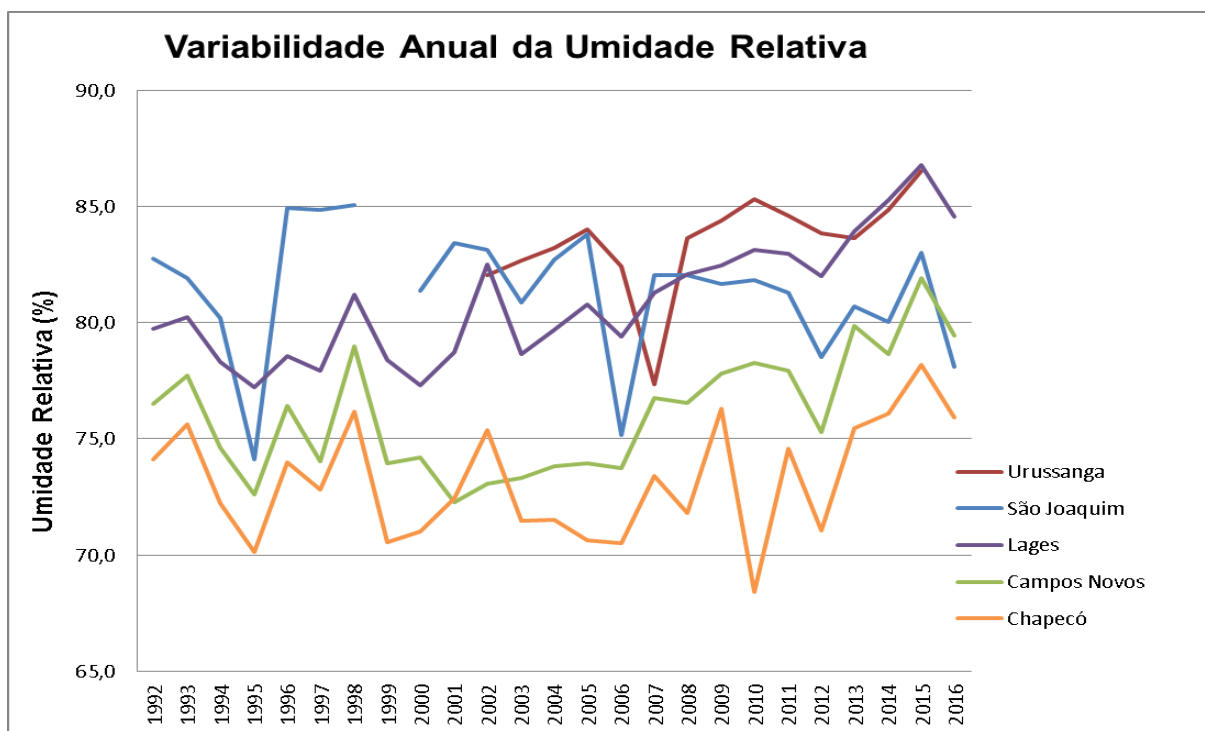


Gráfico 15: Variabilidade anual da umidade relativa.

Umidade Relativa Anual (%)					
Ano	Urussanga	São Joaquim	Lages	Campos Novos	Chapecó
1992		82,8	79,7	76,5	74,1
1993		81,9	80,2	77,7	75,6
1994	83,5	80,2	78,3	74,6	72,2
1995		74,1	77,2	72,6	70,1
1996		84,9	78,6	76,4	74,0
1997		84,8	77,9	74,0	72,8
1998		85,1	81,2	79,0	76,2
1999			78,4	74,0	70,6
2000		81,4	77,3	74,2	71,0
2001		83,4	78,7	72,3	72,4
2002	82,0	83,1	82,5	73,1	75,4
2003	82,7	80,9	78,6	73,3	71,5
2004	83,2	82,7	79,7	73,8	71,5
2005	84,0	83,8	80,8	73,9	70,6
2006	82,4	75,2	79,4	73,7	70,5
2007	77,3	82,0	81,3	76,8	73,4
2008	83,6	82,1	82,1	76,5	71,8
2009	84,4	81,7	82,4	77,8	76,3
2010	85,3	81,8	83,1	78,3	68,4
2011	84,6	81,3	83,0	77,9	74,6
2012	83,9	78,5	82,0	75,3	71,1
2013	83,6	80,7	83,9	79,9	75,5
2014	84,8	80,0	85,3	78,6	76,1
2015	86,5	83,0	86,8	81,9	78,2
2016		78,1	84,6	79,4	75,9

Tabela 15: Variabilidade anual média da umidade relativa.

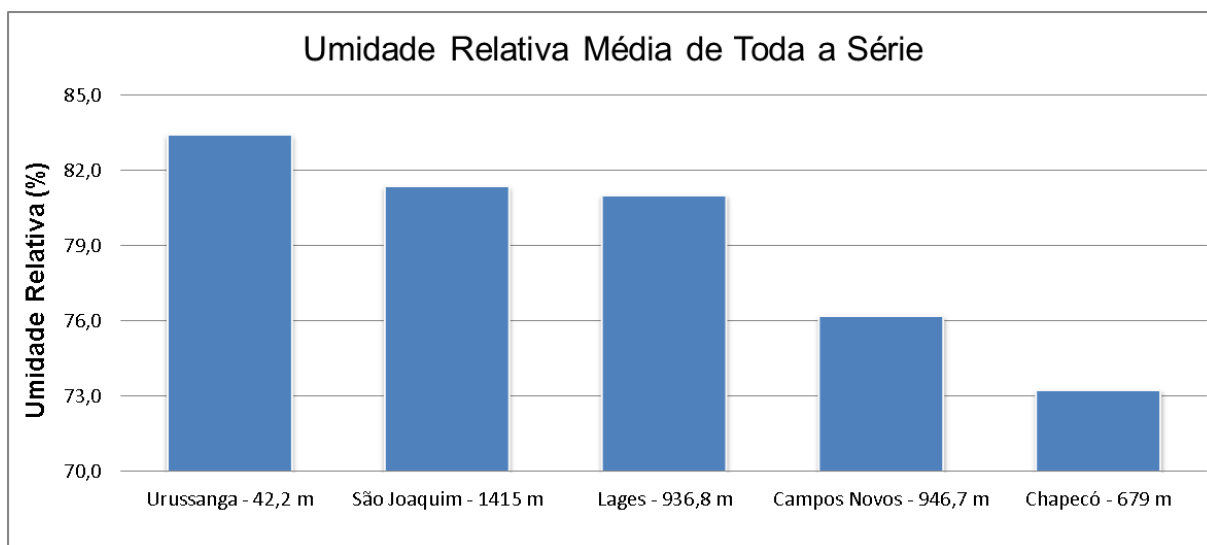


Gráfico 16: Umidade relativa média de toda a série por cidade.

Umidade Relativa Média de Toda a Série					
	Urussanga	São Joaquim	Lages	Campos Novos	Chapecó
Umidade Relativa (%)	83,4	81,3	81,0	76,2	73,2

Tabela 16: Umidade relativa média de toda a série por cidade.

7. Gradiente vertical atmosférico

Considerando os valores médios da temperatura do ar em diferentes altitudes no perfil longitudinal estudado foi possível chegar a uma correlação matemática inversamente proporcional, quanto maior a altitude menor a temperatura do ar. Tomando como base para os cálculos os dados coletados pelas estações meteorológicas analisadas neste trabalho foi possível chegar a um coeficiente de $-0,47^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, ou seja, a cada 100 metros a mais em relação ao nível do mar é possível observar um decréscimo de $0,47^{\circ}\text{C}$ na temperatura do ar. Este coeficiente se mostra coerente quando comparado a outros trabalhos semelhantes que efetuaram o mesmo calculo. No Gráfico 17 é possível visualizar esse coeficiente.

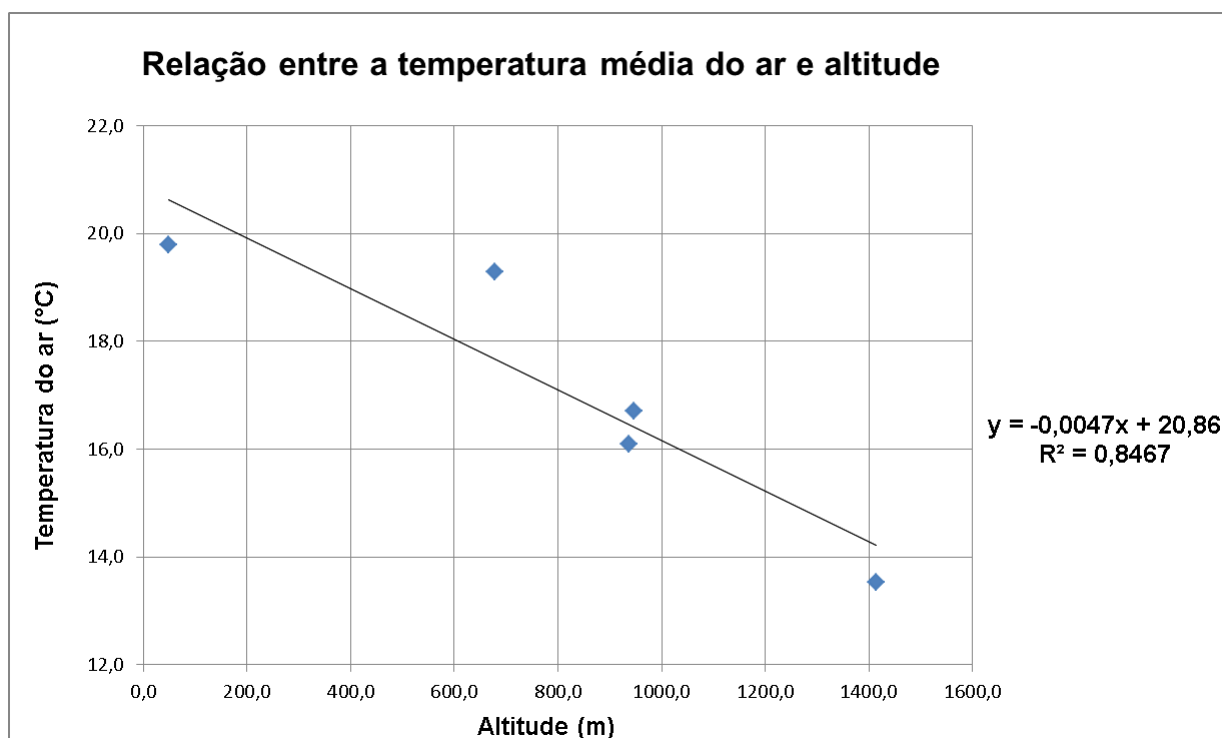


Gráfico 17: Relação entre a temperatura média do ar e altitude.

O gradiente vertical atmosférico calculado neste trabalho, $0,47^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, é muito próximo do calculado em Mantovani et al (2016) no estado de Santa Catarina, $0,48^{\circ}\text{C}/100\text{m}$. Os valores calculados no estado de São Paulo por Galvani et al (2010) no Parque Nacional Alto do Caparaó e Galvani et al (2018) no Parque Estadual de Intervales são de $0,51^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ e $0,4^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ respectivamente, também muito próximos do valor obtido no presente trabalho. Já o valor encontrado por Mantovani

et al (2015) no Rio grande do Sul é de 0,75 °C/100m, muito superior ao valor da nossa área de estudo.

8. Conclusões

Observamos ao longo do trabalho como as variáveis climáticas escolhidas para a análise influenciam na caracterização climatológica do perfil delimitado. A interação das variáveis, sendo diretamente ou indiretamente, positiva ou inversamente proporcional, é fundamental para a compreensão da climatologia local.

A variação sazonal da temperatura do ar foi visível em gráficos que mostram como no inverno esta variável apresenta seus menores valores, enquanto que no verão temos os maiores valores. Já os efeitos da altitude na temperatura do ar foram evidenciados em todas as análises gráficas produzidas, onde São Joaquim, município com maior altitude do perfil estudado apresentou a menores temperaturas médias seja em escala mensal, sazonal ou anual.

Quando analisamos a umidade relativa do ar, foi possível observar que em lugares próximos ao Oceano Atlântico os valores são muito elevados se comparados com outras localidades continente adentro, o que evidencia a forte presença da continentalidade na região estudada. Não foi possível estabelecer uma relação direta entre a umidade relativa do ar e sazonalidade, tendo em vista que essa variável se comporta de maneira diferente dependendo do local estudado.

Foi possível classificar a área de estudo segundo a Classificação Climatológica desenvolvida por Köppen, que define parâmetros para descrever o clima local segundo as tipologias Cfa e Cfb, sendo essas respectivamente clima subtropical úmido oceânico com ausência de estação seca e verão quente e clima subtropical úmido oceânico com ausência de estação seca e verão temperado.

Também foi possível, através das análises estatísticas dos dados por gráficos e tabelas, calcular o gradiente vertical atmosférico no perfil longitudinal, chegando a um valor de 0,47°C/100m.

9. Bibliografia

AB'SÁBER, Aziz. **Os Domínios de Natureza no Brasil**: Potencialidades Paisagísticas. 4. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2007.

AGUIAR, D.; MENDONÇA, M. **Climatologia das geadas em Santa Catarina**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2004, Florianópolis.

ALVARES, Clayton Alcarde et al. **Köppens's climate classification map for Brazil**. *Meteorologische Zeitschrift*, [s.l.], v22, n.6, p711-728, 1 dez. 2013.

AYOADE, J. O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

GALVANI, Emerson et al. **Análise da Temperatura do Ar no Perfil Topoclimático do Pico da Bandeira, Parque Nacional Alto do Caparaó, Brasil, entre as altitudes 1106 m e 2892 m**. In: SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 2010. Universidade de Coimbra.

GALVANI, Emerson et al. **Avaliação da temperatura do ar no perfil topoclimático do Parque Estadual Intervales – SP, entre as altitudes de 150 a 950 metros**. In: SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 2008. Santa Maria.

KRUSCINSKI, C. B. et al. **Recordes de Frio em SC**. Disponível em: http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=140&Itemid=364. Acesso em 18 ago. 2020.

KUINCHTNER, Angélica; BURIOL, Galileo Adeli. **Clima do estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite**. *Disciplinarum Scientia*, Santa Maria, v. 2, n.1, p. 171-182, 2001.

MAGNAGO, Rachel Faverzani et al. **Incidência de desastres naturais em Santa Catarina de 2011 a 2013**. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, Florianópolis, v.4, n.1, p. 156-175, abr/set. 2015.

MANTOVANI, L. E.; FRITZSONS, E.; WREGE, M. S. **Altitude e Temperatura: estudo do gradiente térmico no Rio Grande do Sul**. Revista Brasileira de Climatologia, Curitiba, ano 11, v. 16, jan/jul, 2015.

MANTOVANI, L. E.; FRITZSONS, E.; WREGE, M. S. **Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado de Santa Catarina, Brasil**. Revista Brasileira de Climatologia, Curitiba, ano 12, v.18, jan/jun, 2016.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MINUZZI, Rosandro B. **Tendências na variabilidade climática de Santa Catarina, Brasil**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, vol. 14, n.12, p. 1288-1293, 2010.

MONTEIRO, Maurici Amantino. **Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano**. Geosul, Florianópolis, v.16, n.31, jan/jun, 2001.

NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Ibge, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

RAMASWAMY, V.; HURRELL, J. W.; WEEHL, G. A. **Temperature Trends in the Lower Atmosphere - Understanding and Reconciling Differences**. Disponível em: https://www.gfdl.noaa.gov/bibliography/related_files/vr0603.pdf. Acesso em 14 ago. 2020

RIBEIRO, Antonio Giacomini. **As escalas do clima**. Boletim de Geografia Teorética, Uberlândia, vol. 23, n. 45-46, 1993.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION – WMO. **Guide to Instruments and Methods of Observation**. Genebra, 2018.

WREGE, Marcos Silveira et al. **Atlas Climático da região Sul do Brasil**. 2. Ed. Brasília: Embrapa, 2012.