



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – UFFS
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA

SILVANE ISABEL BRAND

CARACTERIZAÇÃO DA DIREÇÃO E VELOCIDADE DOS VENTOS EM
SANTA ROSA – RS

CERRO LARGO – RS

2014

SILVANE ISABEL BRAND

**CARACTERIZAÇÃO DA DIREÇÃO E VELOCIDADE DOS VENTOS EM
SANTA ROSA – RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia com Ênfase em Agroecologia da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Sidinei Zwick Radons

CERRO LARGO - RS

2014

DGI/DGCI - Divisão de Gestão de Conhecimento e Inovação

Brand, Silvana Isabel

CARACTERIZAÇÃO DA DIREÇÃO E VELOCIDADE DOS VENTOS EM
SANTA ROSA ? RS/ Silvana Isabel Brand. -- 2014.
45 f.:il.

Orientador: Sidinei Zwick Radons.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Agronomia , Cerro Largo, RS, 2014.

1. Vento. 2. Direção. 3. Velocidade. 4. Potencial
Eólico. I. Radons, Sidinei Zwick, orient. II.
Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

SILVANE ISABEL BRAND

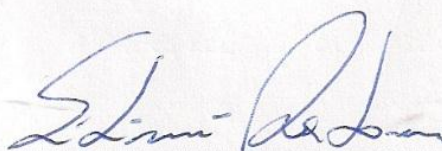
**CARACTERIZAÇÃO DA DIREÇÃO E VELOCIDADE DOS VENTOS EM SANTA
ROSA – RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia com Ênfase em Agroecologia da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

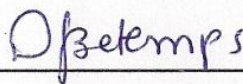
Orientador: Prof. Dr. Sidinei Zwick Radons

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 11/12/2014

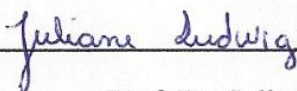
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Sidinei Zwick Radons



Prof. Dr. Débora Leitzke Betemps



Prof. Dr. Juliane Ludwig

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, por permitir cada novo dia para que possa construir cada passo dessa caminhada.

Ao meu pai Guido, minha mãe Romana e minha irmã Simone por todo o apoio dado em todos os momentos, pelo esforço para o meu sucesso e por me compreender, ajudando a enfrentar a distância durante o estágio. Pelas vezes que tiveram que sacrificar seus sonhos em prol dos meus. Meu muito obrigado por tudo, amo vocês.

Ao meu noivo Adriano pelo apoio dado ao longo da minha caminhada, sempre me incentivando a seguir em frente, meu muito obrigada, amo você.

Ao meu orientar Sidinei Zwick Radons por todo o crescimento pessoal e profissional proporcionado ao longo desses anos de orientação e pela amizade, paciência e atenção, meu muito obrigada.

Aos meus colegas por todos os momentos vividos pelas viagens, épocas de prova, todos os momentos que com certeza deixarão muita saudade. Boa sorte a todos vocês em sua caminhada.

A Universidade Federal da Fronteira Sul, pela oportunidade de cursar a graduação.

A todos os professores que ao longo do curso contribuíram para a minha formação, muito obrigado por todos os ensinamentos.

Enfim agradeço a todos que de uma ou outra forma contribuíram para que eu chegasse até aqui e para a realização deste trabalho.

Que a estrada se erga ao encontro de seu caminho.
Que o vento esteja sempre às suas costas.
Que o sol brilhe quente sobre sua face.
Que a chuva caia suave sobre seus campos.
E até que nos encontremos de novo...
Que Deus te guarde na palma da sua mão.

Benção Irlandesa

RESUMO

O vento necessita de dois elementos para caracterizá-lo, sendo estes, sua direção e velocidade. Estes podem sofrer influência do relevo, localização, época do ano, temperatura do ar, pressão atmosfera terrestre, umidade e atmosfera. Portanto, objetiva-se com este estudo definir a direção e velocidade do vento predominante na cidade de Santa Rosa tendo como base os dados da Estação Meteorológica Automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Para a direção do vento os dados, apresentados em graus, foram divididos em pontos cardeais e colaterais, sendo esses N, S, L, O, NE, NO, SE, SO, e então procurou-se definir a direção predominante no mês e no ano. Para isso, foi realizada a análise da frequência da direção do vento, de acordo com os pontos cardeais e colaterais e, velocidade do vento, sendo dividido em classes de 1 m s^{-1} . Também determinou-se a velocidade média do vento que ocorre durante o mês, ano, período diurno e noturno e a velocidade média que ocorre em cada direção do vento. A direção do vento que predomina durante a maior parte do ano é leste e sudeste, variando de 20 a 30%, seguido de noroeste com cerca de 10%, as menores frequência são a oeste e noroeste. Com relação ao turno, no diurno predomina a direção leste, com mais de 20%, seguido de sudeste, noroeste e norte, com cerca de 15%. Os ventos noturnos de maior intensidade são leste e sudeste com valores que variam de 40 a 28%. Em relação as rajadas de 15 m s^{-1} predominam as direções sul, sudeste e sudoeste (próximo a 20% no ano) e, em menor frequência nordeste e oeste (cerca de 4% ao ano). As maiores velocidades do vento são nas direções norte e noroeste, com valores próximos a 2 m s^{-1} , e menores a nordeste, leste e sul, com valores próximos a $1,3 \text{ m s}^{-1}$. O mês com a maior velocidade do vento é outubro, tanto diurno como noturno, com ventos de 2,2 e $1,34 \text{ m s}^{-1}$ respectivamente, e a menor velocidade é verificada em abril, com 1,66 e $0,97 \text{ m s}^{-1}$ diurno e noturno, respectivamente. Parece haver uma relação de crescimento do mês de menor velocidade do vento para o de maior, e um decréscimo do mês de maior para o de menor velocidade do vento. Em se tratando da velocidade do vento, a maior frequência de velocidade é na faixa de até 1 m s^{-1} (45%) e 2 m s^{-1} (26%) perfazendo assim a maior parte do período. Quanto ao potencial eólico, as condições da velocidade do vento não satisfazem o requisito para a instalação de aerogeradores, ou seja, não apresentam velocidade de 7 a 8 m s^{-1} a 50 metros de altura, sendo que a velocidade do vento diurna varia de 2,3 a $3,5 \text{ m s}^{-1}$ e noturna de 1,3 a $2,2 \text{ m s}^{-1}$, ficando bem aquém do valor requerido.

Palavras-Chave: Vento. Direção. Velocidade. Potencial Eólico.

ABSTRACT

The wind requires two elements to be characterized, these being the direction and speed. These may be influenced by relief, location, time of year, air temperature, terrestrial atmosphere pressure, humidity and atmosphere. Therefore, the objective of this study was to define the direction and speed of the prevailing wind in the city of Santa Rosa based on data from the Automatic Weather Station of the National Institute of Meteorology (INMET). The wind direction data are presented in degrees and these were divided into cardinals and collateral points N, S, E, W, NE, NW, SE, SW, and then used to define the predominant direction in the month and the year. The analysis of the frequency of the wind direction was performed in accordance with the cardinal points and the wind speed was characterized in classes of 1 m s^{-1} . It was also determined the average wind speed that occurs during the month, year, day and night, and also the average speed that occurs in every wind direction. The predominant wind direction during most of the year is east and southeast (20-30%), followed by northwestern with about 10%, and west and northwest with the lowest frequency. Regarding the shift in the daytime, predominant easterly direction, with more than 20%, followed by southeast, northwest and north, with about 15%. The night winds of greater intensity are east and southeast with values ranging from 40-28%. Gusts of 15 m s^{-1} dominate the south, southeast and southwest directions (close to 20% this year), and lower northeast and west frequency (about 4% per year). The highest wind speeds are in the north and northwest directions, with values close to 2 m s^{-1} , and lower north-east, east and south, with values close to $1,3 \text{ m s}^{-1}$. The month with the highest wind speed is October, both day and night, with wind speeds of 2,2 and 1.34 m s^{-1} respectively, and the lowest rate is observed in April, with 1,66 and $0,97 \text{ m s}^{-1}$ daytime and nighttime, respectively. There seems to be a relationship of growth from months with lowest wind speed to months with highest speed and a decrease from the month of highest to lowest wind speed. In the case of the wind speed, the speed is often in the range of 1 m s^{-1} (45%) and 2 m s^{-1} (26%). Analyzing the requirements for enjoy the potential for wind power, the wind speed conditions do not satisfy the requirement for the installation of wind turbines, i.e. the wind do not present speed of 7 to 8 m s^{-1} at 50 meters high. The diurnal wind speed varies from 2,3 to $3,5 \text{ m s}^{-1}$ and at night from 1,3 to $2,2 \text{ m s}^{-1}$, falling well short of the required value.

Key words: Wind. Direction. Speed. Wind Potential.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Zonas de pressão e ventos num globo terrestre homogêneo.	16
Figura 2 – Frequência média da direção do vento no decorrer dos meses do ano, sendo (1) Janeiro, (2) Fevereiro, (3) Março, (4) Abril, (5) Maio, (6) Junho, (7) Julho, (8) Agosto, (9) Setembro, (10) Outubro, (11) Novembro e (12) Dezembro.	29
Figura 3 – Frequência média anual da direção do vento.	30
Figura 4 – Frequência média da direção do vento de acordo com o turno, sendo (1) Diurno e (2) Noturno.	31
Figura 5 – Velocidade média do vento de acordo com a direção no decorrer dos meses do ano, sendo (1) Janeiro, (2) Fevereiro, (3) Março, (4) Abril, (5) Maio, (6) Junho, (7) Julho, (8) Agosto, (9) Setembro, (10) Outubro, (11) Novembro e (12) Dezembro.	35
Figura 6 – Velocidade média anual do vento de acordo com a direção.	36
Figura 7 – Velocidade média do vento de acordo com a direção, sendo (1) Diurna e (2) Noturna.	37
Figura 8 – Velocidade média do vento por turno, diurno e noturno, nos meses do ano a 10 metros de altura.	38
Figura 9 – Frequência relativa da distribuição da velocidade do vento de acordo com o intervalo de ocorrência.	39
Figura 10 – Velocidade média do vento por turno, diurno e noturno, nos meses do ano a 50 metros de altura.	40

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação da velocidade dos ventos de acordo com Beaufort.	20
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização da direção do vento de acordo com os pontos cardeais Norte (N), Sul (S), Oeste (O) e Leste (E) e pontos colaterais Nordeste (NE), Sudeste (SE), Sudoeste (SO) e Noroeste (NO) e intervalo em graus que representa cada direção.	25
Tabela 2 – Frequência média da direção do vento no decorrer dos meses do ano.	30
Tabela 3 – Número de registro de Rajadas de vento maior que 15 m s^{-1} , por mês, no período de 06/2010 a 05/2014.	32
Tabela 4 – Frequência da Rajada de vento maior que 15 m s^{-1} de acordo com a direção no decorrer dos meses do ano.	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

Sigla/Símbolo	Significado
<i>D</i>	Distância
<i>E</i>	Leste
m s^{-1}	Velocidade em metros por segundo
km h^{-1}	Velocidade em quilômetros por hora
MW	Mega Watt
<i>N</i>	Norte
NE	Nordeste
<i>L</i>	Leste
NO	Noroeste
<i>O</i>	Oeste
<i>S</i>	Sul
SE	Sudeste
SO	Sudoeste
<i>T</i>	Tempo
%	Porcentagem
°	Graus

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1. VENTO.....	14
2.1.1. VENTOS NO BRASIL	17
2.1.2. VENTOS NO RIO GRANDE DO SUL	17
2.2. DIREÇÃO DO VENTO	18
2.3. VELOCIDADE DO VENTO	18
2.4. POTENCIAL EÓLICO	20
2.5. O VENTO E A PLANTA.....	21
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
3.1. LOCAL DO ESTUDO E CARACTERÍSTICAS DA REGIÃO	24
3.2. ANÁLISE DOS DADOS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA DO INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (EMA-INMET) DE SANTA ROSA – RS	24
3.3. DETERMINAÇÃO DA DIREÇÃO DO VENTO	25
3.4. DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DO VENTO	26
3.5. DESCRIÇÃO DOS DADOS.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1. DIREÇÃO DO VENTO	28
4.2. RAJADAS DE VENTO	32
4.3. VELOCIDADE MÉDIA NAS DIREÇÕES DO VENTO	33
4.4. VELOCIDADE DO VENTO	37
4.5. POTENCIAL EÓLICO	39
5. CONCLUSÕES	41
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

1. INTRODUÇÃO

Os elementos meteorológicos, tais como a temperatura do ar, a precipitação, a umidade relativa do ar e o vento, interferem em diversas atividades humanas desde a construção civil, a geração de energia e a agricultura. Portanto, é preciso seu conhecimento para evitar que estes interfiram de maneira negativa nestas atividades.

O ar em deslocamento horizontal pela superfície, submetido à diferentes condições de temperatura e pressão é o que chamamos de vento. As diferenças de saldo de radiação entre diferentes pontos da superfície terrestre acabam por proporcionar diferenças de temperatura do ar, o que por sua vez, gera uma diferença de pressão que causa um movimento de ar no sentido da maior para a menor pressão. Contudo, o que gera a diferença de velocidade e direção do vento sobre a superfície são as alterações do relevo e o movimento de rotação da Terra (BISCARO, 2007).

O vento é uma variável meteorológica de grande importância, pois interfere em diversos meios, tanto agrícolas quanto urbanos. No que tange ao meio agrícola, este interfere na aplicação de defensivos agrícolas, polinização, disseminação de doenças, instalação de quebra-ventos, evapotranspiração, entre outros fatores. No entanto, ainda é uma variável meteorológica pouco estudada (MUNHOZ; GARCIA, 2008).

Em virtude dos poucos estudos sobre o vento, em particular em nossa região, e devido a importância que esta variável desempenha tanto nas atividades agrícolas como urbanas, neste estudo buscou-se caracterizá-la para que então possa servir de base para práticas agrícolas e urbanas em que isto se faz necessário. Também pode servir de base para possíveis projetos de energia renováveis.

Diante do exposto acima, este estudo objetivou: (i) determinar a velocidade e direção do vento predominantes no município de Santa Rosa, utilizando como base os dados da Estação Meteorológica Automática pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada neste município; (ii) determinar a direção predominante do vento nos meses do ano; (iii) determinar a velocidade do vento predominante nos meses do ano; (iv) definir o mês que apresenta a maior velocidade do vento; (v) identificar o mês que apresenta menor velocidade do vento; (vi) definir os padrões de vento diurno e noturno; (vii) definir a velocidade média do vento que ocorre em cada direção; (viii) identificar as maiores rajadas e o período em que estas ocorrem; (ix) definir o potencial eólico dos ventos do local.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Vento

O vento se diferencia dos demais elementos meteorológicos, que se tratam de grandezas escalares, por este se tratar de uma grandeza vetorial. Isto se deve ao fato deste necessitar de dois elementos para ser caracterizado, sendo estes, a direção e velocidade. Tanto a direção como a velocidade do vento são grandezas pontuais e instantâneas e possuem grande variação no espaço e no tempo (MARIN et al., 2008). Estas variações são reguladas, de maneira geral, por quatro forças principais. Dentre estas temos a força do gradiente de pressão, força de Coriolis, força de fricção e força centrípeta (AYOADE, 2010).

A força do gradiente de pressão tem início com a radiação solar que promove um aquecimento e, por consequência, uma expansão do ar, sendo que nas baixas latitudes ocorre um maior aquecimento que promove a subida deste ar aquecido, ocasionando uma menor pressão atmosférica nestes locais. Já nas latitudes próximas à 30° se observa o oposto, ou seja, um menor aquecimento do ar resultando em uma maior pressão, devido uma menor quantidade de ar que ascende, sendo que sobre estas áreas ocorrem zonas de altas pressões. Sendo assim ocorre um movimento horizontal de ar da área de alta para a de baixa pressão, o que gera o vento (MENDONÇA; DANI-OLIVEIRA, 2007). No planeta Terra, estas áreas de alta e baixa pressão se localizam de maneira alternada. Sobre a linha do Equador predomina uma área de baixa pressão devido ao alto aquecimento que acontece neste local. Já na latitude de 30°, tanto ao norte como ao sul, predominam áreas de alta pressão. Na faixa de 60 e 70°, ao norte e ao sul, ocorrem áreas de baixa pressão e nos pólos, novamente, temos zonas de alta pressão. Na área de transição entre cada um destes locais é bastante normal que ocorram calmarias. Nas zonas tropicais ocorre um encontro de ventos alísios dos dois hemisférios, formando a zona de convergência intertropical, responsável por intensas e frequentes chuvas na região equatorial (MARIN et al., 2008). Os centros de baixa pressão são denominados de ciclônicos ou depressões e os de alta pressão, por sua vez, são chamados de anticiclônicos (MENDONÇA; DANI-OLIVEIRA, 2007).

Já a força de Coriolis promove uma mudança no padrão dos ventos, ou seja, o movimento da região de maior para uma de menor pressão, não sendo apenas a pressão atmosférica que exerce influência na direção que o vento irá soprar. Ocorre uma variação decorrente da força de Coriolis, que é devida a rotação da Terra, que causa um desvio em escala espacial na direção do vento que no hemisfério norte é para a direita e no hemisfério sul para a

esquerda, sendo o máximo efeito observado nos pólos e nulo no Equador (MENDONÇA; DANI-OLIVEIRA, 2007; MARIN, et al., 2008). Esta sofre efeito direto da velocidade da massa e da latitude em que está localizada. Assim, o seno da latitude é nulo no equador, resultando então em um efeito da força de Coriolis nulo, e com o aumento da latitude o seno desta aumenta e também a força de Coriolis (AYOADE, 2010).

Por sua vez, a força de fricção se refere aos obstáculos naturais impostos pelo relevo que fazem com que o vento diminua sua velocidade, devido a esta força atuar em direção oposta ao sentido que atua o vento. Este fator faz com que a força de Coriolis diminua sua força, devido a diminuição da velocidade resultante do relevo irregular (AYOADE, 2010).

Já a força centrípeta que faz com que os ventos se comportem numa trajetória curva havendo uma aceleração em direção ao centro da rotação. Isto ocorre apenas em locais de alta velocidade do vento e em um sistema de pressão muito baixo (AYOADE, 2010).

Sendo assim, de maneira sucinta o vento é regulado pelo relevo, localização, época do ano, temperatura do ar, a qual é controlada pela radiação solar, diferença de pressão atmosférica terrestre, umidade e a atmosfera (MENDONÇA; DANI-OLIVEIRA, 2007; AYOADE, 2010).

No entanto, também ocorre à formação de ventos locais, em resposta a um gradiente de pressão local causado por um aquecimento diferencial da superfície, devido a alternância do dia e da noite, sendo estas classificadas como brisas (MENDONÇA; DANI-OLIVEIRA, 2007).

Em nosso planeta ocorre um padrão nos ventos, o que chamamos de circulação geral da atmosfera, sendo esta gerida basicamente por quatro principais fatores: o desequilíbrio de radiação, umidade, momento angular e a massa entre as baixas e altas latitudes. O momento angular é proporcional a velocidade e a distância do eixo de rotação da Terra, sendo assim, esta variável nula nos pólos e máxima no Equador. Os padrões dos ventos globais de acordo com os sistemas de pressão estão descritos na (Figura 1). Foi desconsiderado o aquecimento diferenciado da superfície terrestre e aquática, mas a força de Coriolis foi levada em consideração nos padrões dos vento, em que ao norte é para direita e ao sul para a esquerda. Ocorrem zonas de baixa pressão no Equador e nas latitudes de 60° ao norte e ao sul do Equador. Já zonas de alta pressão ocorrem em torno dos pólos e nas latitudes de 30° ao norte e sul do Equador (AYOADE, 2010).

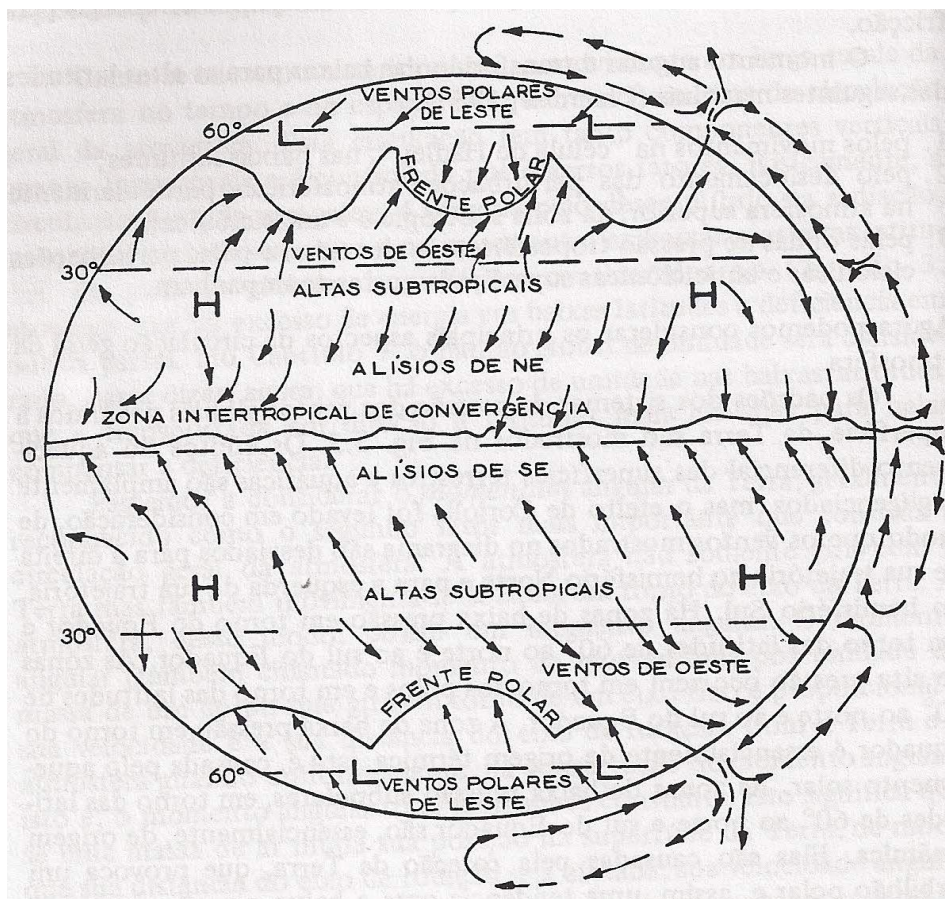


Figura 1 – Zonas de pressão e ventos num globo terrestre homogêneo.
Fonte: AYOADE, 2010.

Os ventos alísios se caracterizam por ter direção dos trópicos para o equador, de leste para oeste, em ambos os hemisférios (Figura 1). Estes são secos quando se formam sobre os continentes, mas a umidade é aumentada quando se deslocam em direção do oceano. Já a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) se deve ao encontro dos ventos alísios do SE e NE nas baixas latitudes entre 10° N e S recebendo o nome de Zona de Calma Equatorial ou Doldrums (MENDONÇA; DANI-OLIVEIRA, 2007).

A coleta das grandezas que caracterizam o vento é realizada com auxílio de equipamentos que registram os dados de velocidade e direção do vento, sendo estes denominados de anemômetros. Estes se tratam de instrumentos, mecânicos ou eletrônicos, que registram a velocidade do vento, podendo ser compostos por 3 a 4 canecas ou hélices. Cada rotação proporciona um giro em uma distância d , com um certo número de giros em um tempo t . Cada pulso é registrado em um banco de dados. A partir destes dados é possível se obter a velocidade, através da divisão da distância pelo tempo, podendo ser tanto em m s^{-1} (metros por segundo) ou km h^{-1} (quilômetros por hora), de acordo com o Sistema Internacional de Unidades. Neste mesmo instrumento está acoplado um sistema que mede a direção do vento, através de

grima que registra a direção em sua unidade armazenadora (MARIN et al., 2008; VAREJÃO-SILVA, 2006).

2.1.1. Ventos no Brasil

Os ventos no Brasil são dominados pela circulação geral da atmosfera, sendo que se sobressaem os sistemas de alta pressão Anticiclones Subtropicais do Atlântico Sul, do Atlântico Norte e a faixa de baixas pressões da Depressão Equatorial (AMARANTE et al., 2001).

A Depressão Equatorial se estende de leste a oeste da região norte brasileira e pelo lado do Oceano Atlântico, estando localizada sobre a bacia Amazônica, em um local de baixa pressão. Neste local há uma pequena diferença de pressão e predomínio de ventos fracos. Mais ao norte da Depressão Equatorial os ventos predominantes são de leste a nordeste. Já ao sul da Depressão Equatorial, os ventos persistentes são de leste a sudeste. Isto faz com que soprem ventos leste e nordeste sobre o território brasileiro ao norte da bacia Amazônica bem como do litoral nordeste. Na Depressão Equatorial predominam ventos de fraca intensidade junto a superfície do solo, mas que aumentam de intensidade mais ao sul e norte desta. Os ventos que sopram sobre este local são designados ventos alísios de leste a sudeste. Logo abaixo da depressão Equatorial, isto é, a cerca de 10° de latitude sul até o sul do território do Brasil, predominam os ventos de origem do centro de alta pressão Anticiclone Subtropical Atlântico, os deslocamentos de massas polares e a Depressão Nordeste da Argentina, vinda do centro de baixa pressão do Andes (ATLAS DO POTENCIAL EÓLICO BRASILEIRO, 2001).

2.1.2. Ventos no Rio Grande do Sul

Segundo Camargo, (2002), no Atlas Eólico do Rio Grande do Sul, neste estado os principais ventos que sopram são os provenientes dos Anticiclones Subtropicais do Atlântico, intermitentes deslocamentos de massas polares e depressões barométricas da Argentina. O primeiro se caracteriza por ser um vento de direção leste-nordeste. Já o segundo apresenta-se com predomínio de direção sul, sendo a chegada de uma frente fria precedida de vento de direção norte-nordeste e, após, o vento minuído de direção sudoeste com velocidades que, por vezes, excedem os 10 m s⁻¹. O terceiro associa-se ao primeiro e intensifica a direção leste-nordeste com vento de velocidade entre 5,5 e 6,5 m s⁻¹, podendo alcançar velocidades de até 7 m s⁻¹, o equivalente a 25,2 km h⁻¹, em condição de relevo de baixa rugosidade como o da campanha gaúcha.

2.2. Direção do vento

A direção do vento é expressa pelo azimute, sendo este o ângulo formado entre o vetor velocidade do vento e o norte geográfico local, correspondendo a 0° (zero grau). Como não existe instrumento que situe a direção do vento com precisão, esta é feita em relação a rosa dos ventos, pelos pontos cardeais Norte (N), Sul (S), Leste (E) e Oeste (O) e pelos pontos colaterais Nordeste (NE), Noroeste (NO), Sudeste (SE) e Sudoeste (SO) (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Direção do vento, por convenção, é expressa pela direção de onde é procedente o vento e não para onde este sopra. Assim, o vento que possui direção até 90° será leste, até 180° sul, até 270° oeste e até 0° norte (MARIN et al., 2008).

Com relação aos padrões de distribuição de pressão, no planeta possuímos seis sistemas, sendo três em cada hemisfério. No hemisfério sul temos os alísios de sudeste, ventos de predomínio oeste e ventos polares leste. Já no hemisfério norte há ventos alísios de nordeste, vento dominante oeste e ventos polares leste. É importante ressaltar que quando o vento alísio do sudeste cruza o Equador este passa a ser vento de sudoeste, e os de nordeste tornam-se de noroeste (AYOADE, 2010).

De acordo com o explicado sobre a força de Coriolis, esta faz com que, próximo a superfície, a velocidade seja reduzida e a direção do vento seja alterada, fazendo com que a direção forme um ângulo em relação a isóbaras de 10° no continente e 30° no Oceano. Na América do Sul, essa força faz com que as massas de ar polar se movimentem em direção ao Equador. A força de Coriolis promove uma mudança na direção da massa de ar polar para oeste e as massas de ar quentes tendem a retardar o avanço desta massa de ar frio. No entanto, a direção do vento também sofre influência da rugosidade, relevo e obstáculos naturais ou artificiais. Dessa forma, a direção do vento apresenta boa exatidão nas camadas mais altas da atmosfera, diferentemente do que se observa nas camadas próximas da superfície que sobrem com atrito e turbulências, com o aquecimento e viscosidade do ar junto à superfície, diminuindo a velocidade do vento e modificando a direção do vento (MARIN et al., 2008).

2.3. Velocidade do vento

Conforme já relatado, no que se refere às pressões atmosféricas, a velocidade do vento também é controlada por este fator, sendo que quanto maior for a diferença entre áreas de alta e baixa pressão maior será a velocidade do vento (MENDONÇA; DANI-OLIVEIRA, 2007). Portanto, o vento sopra em direção as isóbaras de menor magnitude, sendo que quanto mais próximas estão estas, maior será a velocidade do vento e quanto mais distantes, menor será a mesma (MENDONÇA; DANI-OLIVEIRA, 2007).

Conforme já dito acima, o vento é regulado pela radiação incidente, sendo assim, a velocidade do vento apresenta mudança no decorrer do dia. No início da manhã, a velocidade do vento é baixa devido ao balanço de radiação ser negativo, havendo no decorrer do dia um aumento na velocidade do vento, seguido de redução no decorrer da noite (BISCARO, 2007).

Outro fator que modifica a velocidade do vento é a rugosidade do terreno, seja esta natural ou artificial. Sendo assim, quanto mais plano o relevo, maior será a velocidade, pois, menor será a força de atrito. O mesmo vale para obstáculos e ondulações no terreno que tendem a diminuir a velocidade pela maior ação do atrito. Em geral, maiores velocidades são atingidas no campo e não em cidades (DE SOUZA, 2006; MARIN et al., 2008).

Contudo, quando se leva em conta a altitude do relevo, esta interfere no vento de maneira diferente. Em maiores alturas o atrito que o vento sofre é menor e, portanto, alcança velocidades maiores que em alturas menores, aumentando exponencialmente a velocidade em relação ao aumento da altura (MARIN et al., 2008).

A velocidade do vento também apresenta mudança no decorrer do ano, conforme as estações do ano e a região em que está situada. No Brasil, as maiores velocidades do vento são observadas no início da primavera e, os ventos de menor velocidade ocorrem no início do verão (BISCARO, 2007).

Conforme já visto acima, o vento pode ser caracterizado quanto a sua direção e sua velocidade. A velocidade pode causar diferentes efeitos no local onde este irá atuar. Para tanto, tem-se a classificação de Beaufort (Quadro 1) que demonstra a velocidade do vento e que característica a paisagem irá apresentar conforme o tipo de vento que estiver atuando (MENDONÇA; DANI-OLIVEIRA, 2007).

Quadro 1 – Classificação da velocidade dos ventos de acordo com Beaufort.

Grau	Velocidade m s^{-1}	Classificação do vento	Características da paisagem
0	0 – 0,2	Calmo	A fumaça sobe verticalmente. As bandeiras pedem tranquilas.
1	0,3 – 1,5	Leve	A fumaça desvia-se um pouco e indica a direção do vento.
2	1,6 – 3,3	Brisa leve	Sente-se o vento na face. As folhas das árvores alvoroçam-se.
3	3,4 – 5,4	Brisa suave	As folhas das árvores movem-se constantemente. As bandeiras desfraldam-se. Formam-se pequenas ondas de aspecto cristalino sobre os lagos.
4	5,5 – 7,9	Vento moderado	Galhos finos de árvores curvam-se. Começa a levantar poeira e papel do solo.
5	8,0 – 10,7	Vento fresco	Pequenas árvores em crescimento começam a se curvar. Bandeira flamulam estendidas.
6	10,8 – 13,8	Vento forte	Galhos grandes curvam-se. Arames silvam; há dificuldade de manter guarda-chuvas abertos. Formam-se crostas de espuma sobre as ondas.
7	13,9 – 17,1	Vento rápido	As árvores movem-se por inteiro. É difícil caminhar contra o vento.
8	17,2 – 20,7	Ventania	Quebram-se ramos de árvores. E muito difícil caminhar contra o vento.
9	20,8 – 24,4	Ventania forte	Estragos leves em casas e edifícios, arrancando telhas. Quebram-se galhos de árvores.
10	24,5 – 28,4	Ventania desenfreada	Árvores são arrancadas. Janelas são quebradas.
11	28,5 – 32,6	Tempestade	Estragos generalizados em construções.
12	Acima de 37,2	Furacão ou ciclone	Destruição geral.

Fonte: Classificação de Beaufort (MENDONÇA; DANI-OLIVEIRA, 2007).

2.4. Potencial Eólico

A energia eólica é expressa como sendo a energia cinética contida no vento (ENERGIA EÓLICA, 2005). É necessário que ocorra a transformação da energia eólica ou energia cinética do vento em energia elétrica renovável, para que esta possa ser aproveitada. Isto se dá, através do uso de aerogeradores que fazem essa transformação de energia. Estes estão acoplados em um cata vento de hélices bem grandes, em número elevado e em local com boa disponibilidade de vento (MARIN et al., 2008).

Em países desenvolvidos, se utiliza desta fonte de energia eólica de maneira bem expressiva. Já no Brasil, apesar de apresentar um grande potencial para a geração deste tipo de energia, são aproveitados apenas 4.735,10 MW (Mega Watt), de um potencial que gira em torno de 117.134,72 MW (RELATÓRIO ANEEL, 2012). Porém, para instalação de parque eólico é necessário, pelo menos, 7 a 8 m s^{-1} de velocidade do vento a 50 metros do nível do solo (GRUBB; MEYER, 1993).

Portanto, é necessário que ocorram estudos sobre o comportamento do vento, bem como, sua velocidade ao longo dos anos, com dados de estações meteorológicas, por exemplo, para se ter ideia do potencial bruto ou teórico para aproveitamento em energia eólica e assim proceder com a sua instalação se os requisitos forem atingidos (ENERGIA EÓLICA, 2005).

2.5. O vento e a planta

Em sistemas de irrigação, por exemplo, o vento é uma variável muito importante, pois este irá interferir no manejo da irrigação e também na quantidade de água a ser utilizada. Como pode ser observado na equação de Penman-Monteith (MONTEITH, 1981), a velocidade do vento é um dos fatores que irão contribuir para uma maior demanda de água pela planta. Também o vento irá interferir no horário da irrigação, que deverá ser ajustado levando em consideração o regime dos ventos predominante em dada época para minimizar as perdas (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2007). Estudos realizados por Pinto et al., (2006) apresentaram um comparativo entre o efeito da velocidade do vento e a umidade, sendo a velocidade do vento a variável que mais influenciou na eficiência de aplicação de água com uso de pivô central no oeste baiano. Já em estudo realizado por Oliveira et al., (2009), os autores apontam que a irrigação com o uso de canhão hidráulico, sob uma maior velocidade do vento, tem relação direta com um menor raio de alcance, com destaque para ventos que sopram perpendicularmente e em direção contrária, resultando em raio de alcance menor com o aumento da velocidade. Neste caso, os autores observaram que o efeito é menor se o vento sopra a favor do sentido de irrigação.

O uso de quebra-ventos busca diminuir a velocidade do vento e o dano causado às culturas. Pedro Júnior et al., (1998) conduziram um estudo com videira Niágara Rosada, que apresentava dificuldade de condução das mesmas e perdas de produtividade em virtude dos ventos de velocidade elevada. Os autores apontaram que o uso de quebra-ventos artificial apresentou-se como uma importante ferramenta para minimizar esta perda. Com 4 metros de altura do quebra-ventos o efeito prejudicial diminuiu em 49%, sendo que com 8 metros e 16 metros, a redução observada foi de 39% e 28%, respectivamente. Já em relação ao vento com direção sudeste, a redução da velocidade com quebra-ventos de 4 metros de altura foi de 55%, ao passo que, com 8 metros e 16 metros, foi observada uma diminuição de 48% e 39%, respectivamente. Portanto, é importante saber a direção e velocidade do vento para ver se as mesmas causam perdas e então tomar as medidas corretas para minimizar os danos causados. De acordo com Varejão-Silva, (2006) ao instalar-se o quebra-ventos deve-se levar em

consideração a velocidade do vento e a direção que este sopra. Sendo assim, para se conter o vento, o quebra-ventos deve estar posicionado perpendicular em relação à direção do vento que causa danos à cultura de interesse.

O vento também interfere na disseminação de doenças, ou seja, é responsável por carregar o inóculo, em geral, para outros locais. Este agente é o principal processo mecânico responsável pela liberação de esporos de fungos, liberando conídios, uredósporos, teliósporos e até esporângios. A liberação pelo vento se dá, principalmente, no caso de fungos pulverulentos, onde ao redor destes se forma uma camada estacionária de ar que é removida pelo vento, acarretando na liberação e transporte do patógeno. Isto acontece mais na parte mais exposta da plantação, sendo o efeito menor no interior da vegetação. Este processo pode se dar a curtas ou longas distâncias, sendo que a curtas distâncias o transporte ocorre devido à pequenos redemoinhos e, a longa distância este se deve a correntes de convecção que fazem com que o patógeno alcance camadas mais elevadas, retornando a superfície, principalmente, pela ação da chuva (AMORIM et al., 2011). O fungo causador da ferrugem da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, produz uredósporos que são facilmente disseminados pelo vento, não sobrevivendo em restos culturais e sementes. Portanto, este patógeno chegou até a América do Sul provindo da África atravessando o Oceano Atlântico, através de esporos carregados pelo vento (YORINORI et al., 2004). A ferrugem da soja apresenta fácil disseminação pelo vento sendo, por isto, encontrada em todas as regiões produtoras (ALMEIDA, et al., 2005).

No que se refere a pulverização, o vento é um dos fatores que irá interferir na deriva dos agrotóxicos. Segundo Costa et al., (2007) em estudo realizado para avaliar a deriva dos agrotóxicos, um dos parâmetros avaliados foi a velocidade do vento sendo realizada em dois dias: no primeiro a velocidade do vento ultrapassou 10 km h^{-1} e no segundo esta ficou abaixo de 6 km h^{-1} . Foram fixados dois amostradores na direita e esquerda da cabine do trator, mais dois amostradores nas extremidades da barra, totalizando quatro amostradores de espuma. Conforme esperado, no período em que ocorreu maior velocidade do vento à deriva foi maior. No entanto, ocorreu diferença quanto ao tipo de ponta de pulverização, sendo que com jato cônico à deriva foi maior do que a encontrada com ponta de pulverização com jato plano com indução de ar.

Em relação ao solo, o vento também pode interferir neste de maneira negativa através da erosão eólica. Principalmente quando se trata de solos arenosos, como se observa no sudoeste do Rio Grande do Sul, em decorrência da falta de vegetação e também devido a ação do vento sobre este solo, a erosão tem-se intensificado. Com o estabelecimento de cobertura vegetal neste solo, houve uma redução no transporte desta areia pela ação do vento, se intensificando com o

cultivo ao longo dos anos. Percebeu-se que em épocas de maior ocorrência de vento, na primavera-verão, houve um aumento no transporte de areia (ROVEDDER; ELTZ, 2008).

O vento na cultura do feijoeiro influencia na taxa de abscisão das flores. Velocidade do vento de 2 a 12 m s⁻¹ reduzem a proporção de flores vingadas em estádios de desenvolvimento R1, R2 e R3. Com o desenvolvimento das flores, essas são menos sensíveis ao vento, decaindo assim a taxa de abscisão. Quando as vagens iniciam a sua formação, não há mais vulnerabilidade do vento (HEINEMANN; STONE; SILVA, 2009). Plantios em locais protegidos do vento resultaram em maior produtividade (HODGES et al., 2004).

Na cultura do girassol, em um estudo realizado apontou que vento de 0,45 m s⁻¹, 4 m s⁻¹, 8,5 m s⁻¹ e 15 m s⁻¹, durante 30 dias (SCHOFFEL, 2008), resultaram em uma menor área foliar, em plantas expostas estas velocidades do vento, sendo que a massa seca foi inversamente proporcional a velocidade do vento, observou-se um menor crescimento, devido a menor área foliar, e redução da estatura da planta, com menor comprimento dos internódios (UNGARO et al., 2009).

Por outro lado, as rajadas também acarretam danos em algumas culturas como, por exemplo, na cultura do milho em que o uso de quebra-ventos diminuiu o efeito da ação do vento e, quando instalado quebra-ventos poroso de grande altura houve uma diminuição na demanda de água pela planta, devido a redução da velocidade do vento (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2009).

A cultura do trigo também sofre influência de ventos mais intensos, como rajadas de cerca de 12 m s⁻¹, com danos mais severos ocorrendo na floração, acarretando em redução do potencial de rendimento de grãos e na qualidade do grão, devido ao contato deste com a umidade do solo em função do acamamento ocasionado pelo vento (CUNHA et al., 2009).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Local do estudo e características da região

O estudo foi realizado com os dados da estação meteorológica automática pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada em Santa Rosa (RS), Brasil. Esta estação localiza-se à latitude 27°53'25,77"S e longitude 54°28'48,06"O, a 274 metros de altitude em relação ao nível médio dos mares. O clima da região é cfa segundo a classificação de Köppen, caracterizado como subtropical úmido, com verão quente e sem estação seca definida (MORENO, 1961).

De acordo com as Normais Climatológicas do Brasil de 1961-1990, na cidade de Santo Ângelo, localizada a aproximadamente 60 km da cidade de Santa Rosa, a velocidade do vento apresenta comportamento em que raramente as velocidades ultrapassam os $1,5 \text{ m s}^{-1}$. O mês que mostra-se com menor velocidade do vento é abril e o maior é outubro, não apresentando um comportamento de crescimento claro do mês de menor para o de maior velocidade.

No que se refere a direção do vento o que podemos observar nas Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990, é que em Santo Ângelo, o vento em todo o ano é calmo, ou seja, não apresenta direção predominante, pois a velocidade é nula ou muito baixa não havendo portanto nenhuma direção predominante.

As comparações foram realizadas com a cidade de Santo Ângelo em virtude da cidade em estudo, Santa Rosa, não possuir normais climatológicas, devido a não haver estação meteorológica em funcionamento por um período de 30 anos, em que a partir de então são calculadas as médias de dados climatológicos. E atualmente a cidade de Santo Ângelo não possui mais estação meteorológica em funcionamento (INMET).

3.2. Análise dos dados da Estação Meteorológica Automática do Instituto Nacional de Meteorologia (EMA-INMET) de Santa Rosa – RS

O banco de dados utilizado acerca das variáveis que envolvem a caracterização da velocidade e direção, foi da estação meteorológica automática do INMET, estando disponível por um período de 90 dias para *download* de maneira gratuita pelo site do INMET, no ícone referente a Estação Meteorológica Automática (<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>). A coleta dos dados a serem analisados foi do período de junho de 2010 a maio de 2014. Este banco de dados

perfaz 4 anos em que é realizado seu *download* e armazenam-se os mesmos em planilhas eletrônicas.

Os dados da estação meteorológica apresentam registros horários sendo que as falhas foram desconsideradas, ou seja, os dias em que não ocorreram as leituras de hora em hora não tendo, portanto, as 24 leituras, ou então falhas devido a problemas técnicos, para que possa se ter um melhor entendimento do comportamento do vento durante um dia. Com os dados a análise procedeu com a caracterização das variáveis do vento, de acordo com o período em que estas ocorrem, de dia ou a noite, bem como nos meses e o comportamento médio do ano. Então se procedeu com a caracterização da velocidade e direção neste períodos.

Após foi realizada a divisão dos dados em horários, períodos do dia (noturnos e diurnos), nos meses e anos, bem como a análise da direção predominante do vento nos meses e no ano. Para fazer a divisão no que se refere ao período do dia, o período diurno foram do intervalo das 9 h às 21 h do horário de Greenwich (Universal Time Coordinated – UTC), ou seja, das 6 h às 18 h no horário de Brasília. E o noturno foram das 22 h às 8 h do horário de Greenwich (Universal Time Coordinated – UTC), sendo o período das 19 h às 5 h do horário de Brasília, conforme (PEÑA; GHISI; PEREIRA, 2008).

3.3. Determinação da direção do vento

Os dados que caracterizam a direção nas estações meteorológicas são registrados em graus (°) que vão de 0° a 360°, sendo estes registrados em cada hora do dia. A partir destes foram definidas as direções N, NE, E, SE, S, SO, O ou NO (Tabela 1), isto é, a cada 45° corresponde a um determinado ponto cardeal ou colateral de acordo com Silva, Alves e Cavalcanti (2002).

Tabela 1 – Caracterização da direção do vento de acordo com os pontos cardiais Norte (N), Sul (S), Oeste (O) e Leste (E) e pontos colaterais Nordeste (NE), Sudeste (SE), Sudoeste (SO) e Noroeste (NO) e intervalo em graus que representa cada direção.

Direção	Intervalo de dados (°)	
N	338° a 360°	0° a 23°
NE	23°	68°
E	68°	113°
SE	113°	158°
S	158°	203°
SO	203°	248°
O	248°	293°
N	293°	338°

Fonte: Elaborada pela Autora.

Sendo assim, foi efetuada, com os dados coletados, uma análise sobre que direção predomina em cada horário, e assim, foi possível caracterizar a direção do vento predominante no período diurno e noturno, nos meses e no ano.

3.4. Determinação da velocidade do vento

Com relação a velocidade do vento, os dados da estação meteorológica estão em m s^{-1} . Com estes dados fez-se análises sobre a frequência com que dada velocidade ocorre seguindo a classificação por classes de vento de acordo com Filho et al. (2011), sendo assim divididos em intervalos de 1 m s^{-1} , iniciando em 0 a 1 m s^{-1} até 9,1 a 10 m s^{-1} e, por fim, mais de 10 m s^{-1} .

Quanto a frequência de ocorrência da velocidade do vento, fez-se a divisão pelas classes de 1 m s^{-1} e analisou-se a frequência de ocorrência relativa de determinada classe do vento, semelhante ao realizado por Filho et al. (2011).

Também foram estudadas as velocidades médias do vento nos horários, diurnos e noturnos, nos diferentes meses do ano, tais com realizado por Munhoz e Garcia (2008). Também procedeu-se a análise da frequência das velocidades do vento em cada direção, semelhante ao realizado por Tomasini (2011).

Após esta separação dos dados, nos meses e no ano e também nos diferentes períodos do dia (diurno e noturno) calculou-se a média das leituras para mostrar o comportamento da velocidade do vento em cada um dos períodos a serem analisados. Também foi analisada a velocidade média do vento de acordo com a direção de ocorrência do vento conforme estudo realizado por Pitz et al. (2012).

Com relação a velocidade do vento que é coletada a 10 metros do solo, fez-se a transformação desta para 50 metros do solo para verificar se há ou não potencial eólico na cidade. Para tanto, utilizou-se a seguinte expressão, proposta por Pasquill (1949):

$$\left(\frac{U_2}{U_1}\right) = \left(\frac{Z_2}{Z_1}\right)^{0,143}$$

Em que, U_2 e U_1 são respectivamente, a velocidade do vento a 50 e a 10 metros em relação ao solo, Z_2 e Z_1 são as altura de 50 e 10 metros respectivamente.

3.5. Descrição dos dados

A demonstração dos dados será realizada uma análise descritiva através da média e da frequência. Para análise de frequência das observações foi realizada através da seguinte expressão (MUNHOZ; GARCIA, 2008):

$$f(x) = \frac{n}{N} \cdot 100$$

Em que, $f(x)$ expressão a ocorrência do vento em determinada observação; n o número de ocorrência em uma determinada observação; N número total de observações.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Direção do vento

Podemos perceber na Figura 2, que nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril ocorre o predomínio do vento na direção leste e sudeste. No mês de janeiro, observa-se uma maior ocorrência de ventos leste e sudeste, com frequência que varia de 30 a 20%. Com relação ao mês de fevereiro podemos visualizar que ocorre um maior predomínio dos ventos na direção leste (30%), embora ocorra também frequência de vento da direção sudeste, sendo que a direção norte também ocorre de maneira mais intensa que no mês anterior. No mês de março se observa algo semelhante ao que ocorre no mês de janeiro, com preponderância de ventos leste e sudeste nas mesmas frequências, de 30 a 20 %, porém, a direção sul se mostra com maior frequência. No mês de abril acontece uma mudança na direção do vento, sendo que a maior frequência de ocorrência do vento ainda é leste e sudeste, mas começa a haver um aumento na frequência do vento na direção norte.

Observa-se na Figura 2, a direção dos ventos nos meses de maio, junho, julho e agosto, com comportamento semelhante ao observado nos meses anteriores. No mês de maio ocorre novamente uma modificação na direção do vento, com uma maior frequência ainda na direção leste e sudeste (maior que 35%) e direção nordeste também aumenta. Em junho a direção do vento sofre alteração, com a maior direção leste e sudeste, a direção nordeste aumenta ao passo que a direção norte diminui a sua frequência. Já em julho o padrão de vento que começava a se modificar em junho se intensifica, com maior frequência na direção leste e sudeste, mas agora a diferença entre as demais direções diminuem. No mês de agosto, continua a predominar a direção leste e sudeste, mas a direção nordeste possui maior frequência em relação ao mês anterior.

Na Figura 2, estão representadas as direções dos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro. No mês de setembro a direção que predomina continua sendo leste e sudeste, apresentando a maior frequência em relação aos demais meses do ano. No mês de outubro se observa novamente uma modificação na direção do vento, diminuindo a intensidade dos ventos de leste e sudeste e, aumentando a frequência de ocorrência dos ventos da direção sudoeste, sul, norte e nordeste, em relação ao mês anterior. Em novembro se observa igualmente uma alteração do padrão dos ventos, com uma diminuição na frequência dos ventos de leste e sudeste e, com menor diferença entre as demais direções. Já em dezembro mais uma vez o padrão se modifica, com uma nova diminuição da frequência dos ventos de leste e sudeste e, com as demais direções apresentando frequências de ocorrência bem próximas.

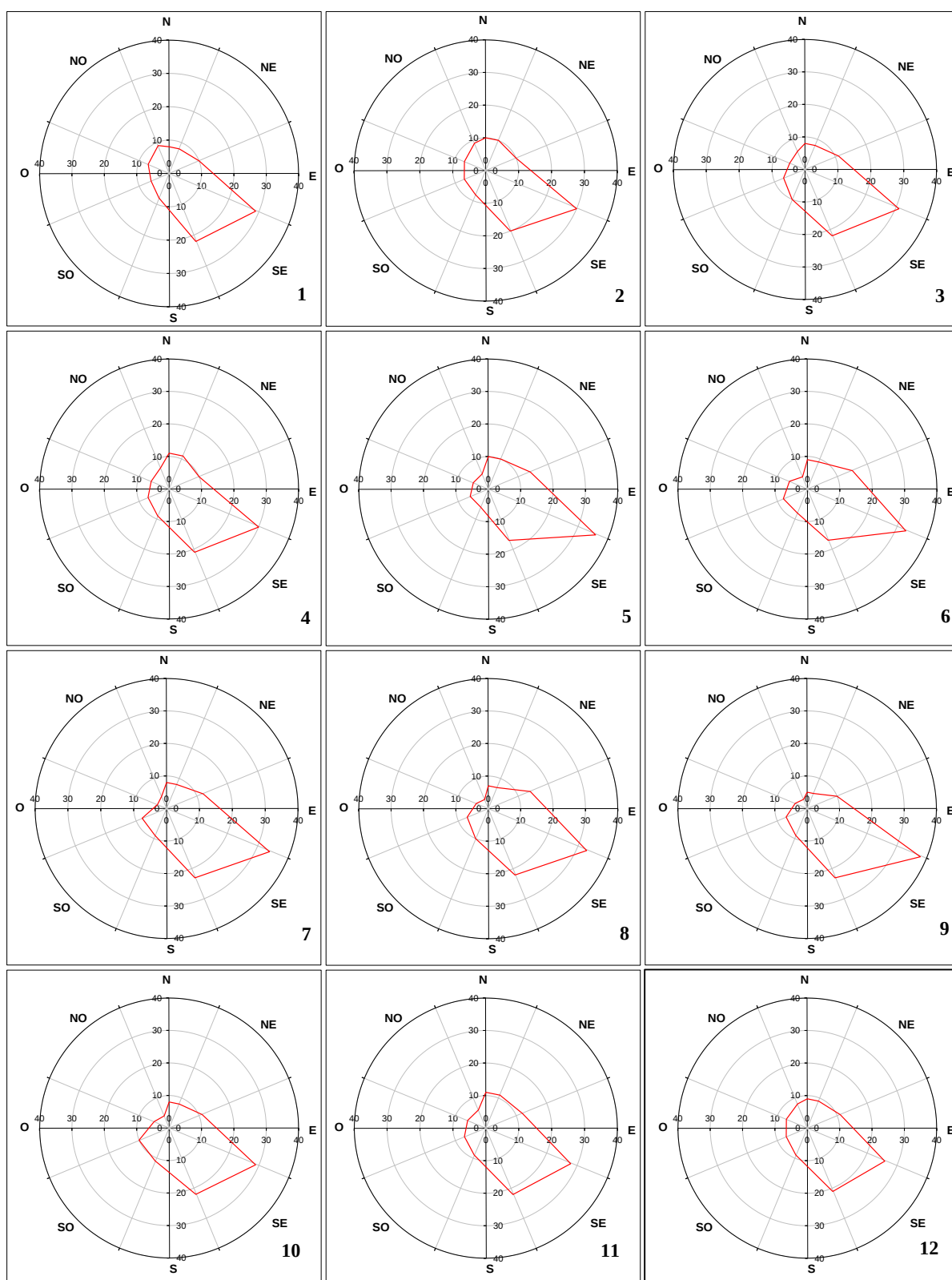


Figura 2 – Frequência média da direção do vento no decorrer dos meses do ano, sendo (1) Janeiro, (2) Fevereiro, (3) Março, (4) Abril, (5) Maio, (6) Junho, (7) Julho, (8) Agosto, (9) Setembro, (10) Outubro, (11) Novembro e (12) Dezembro.

Fonte: Elaborada pela Autora.

Com relação ao padrão da direção do vento ao longo do ano (Figura 3), na média, a maior frequência do vento é nas direções leste e sudeste, numa escala de 20 a 30%, sendo que a direção nordeste também ocorre em frequência levemente maior em relação as demais. As demais direções tem menor frequência de ocorrência comparada a essas. Isso pode ser visualizado também no comportamento da direção do vento mensal, em que essas direções são as que predominam na maior parte dos meses.

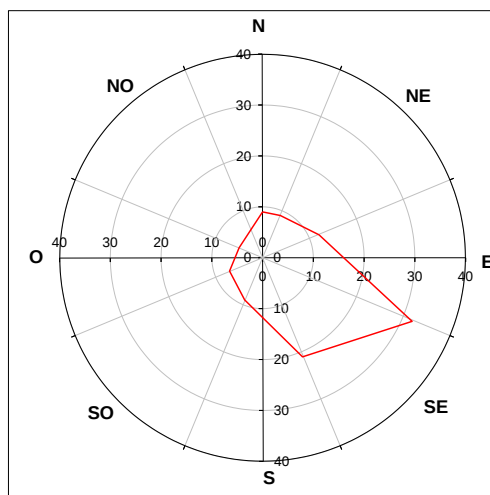


Figura 3 – Frequência média anual da direção do vento.

Fonte: Elaborada pela Autora.

Na Tabela 2, está representada a frequência relativa de ocorrência da direção dos ventos nos meses do ano. Percebe-se que as frequências nas direções não se alteram muito ao longo do ano, apresentando pequenas variações de maneira geral. A direção leste apresenta maior frequência, seguido da direção sudeste e nordeste com maior frequência respectivamente. Em estudos realizados por Machado (1950) no Rio Grande do Sul, foram encontrados resultados semelhantes, em que a direção do vento que apresenta predomínio é nordeste, leste e sudeste.

Tabela 2 – Frequência média da direção do vento no decorrer dos meses do ano.

Direção	Jan (%)	Fev (%)	Mar (%)	Abr (%)	Mai (%)	Jun (%)	Jul (%)	Ago (%)	Set (%)	Out (%)	Nov (%)	Dez (%)	Média (%)
N	8	10	8	11	10	9	8	7	5	8	11	9	9
NE	10	10	11	10	14	15	12	14	10	11	12	11	12
L	29	30	31	30	36	33	34	33	38	29	28	26	32
SE	22	20	22	21	17	17	23	22	23	22	22	21	21
S	8	8	10	9	6	8	9	10	9	11	9	9	9
SO	6	7	7	7	6	8	8	7	7	10	7	7	7
O	7	7	5	6	5	6	3	4	4	5	6	7	5
NO	9	9	6	7	5	4	4	3	3	4	6	8	6

Fonte: Elaborada pela Autora.

Com relação a normal climatológica de 1961-1990, se observa que, para a cidade de Santo Ângelo localizada a aproximadamente, 60 km da estação meteorológica do estudo, a direção do vento não apresenta um padrão, sendo que se caracteriza como vento calmo, ou seja, não ocorre nenhuma direção predominante. Este resultado difere do que foi encontrado neste estudo, quando se observa que a direção do vento apresenta um predomínio, na maior parte do ano, de leste, sudeste e nordeste.

Com relação a frequência de ocorrência do vento de acordo com o turno em que esses acontecem, podemos observar na Figura 4, que estes diferem um do outro. No período diurno a direção do vento apresenta uma maior diferença do padrão do vento, com maior frequência de ocorrência leste, maior que 20%, embora a direção sudeste, norte e nordeste apresente também frequência de ocorrência próxima a 15 %. Já no período noturno, se observa um padrão mais claro de direção do vento, em que predomina a direção leste e sudeste, com frequência que varia de 40 a 28%, respectivamente.

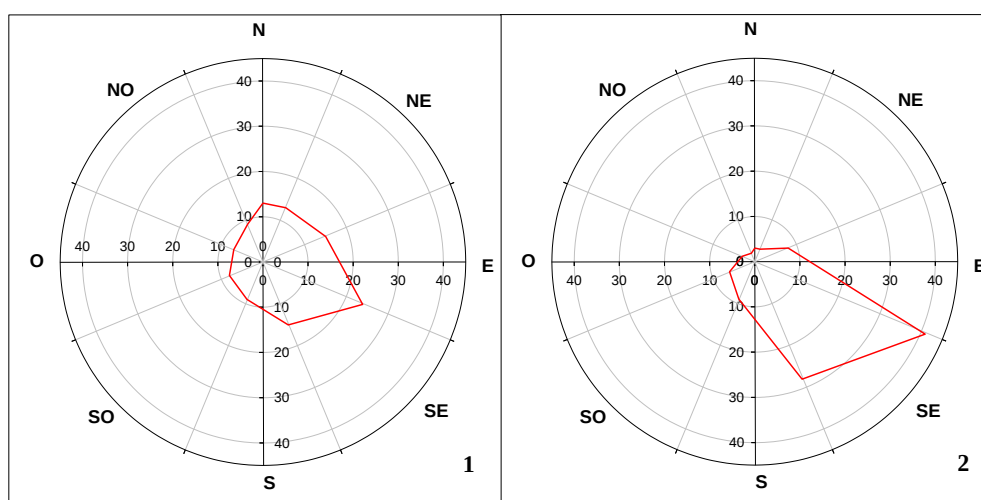


Figura 4 – Frequência média da direção do vento de acordo com o turno, sendo (1) Diurno e (2) Noturno.

Fonte: Elaborado pela Autora.

A maior frequência de ocorrência da direção do vento, nos períodos diurno e noturno, neste estudo são nas direções leste, sudeste e nordeste, corroborando ao encontrado por Machado (1950) no Rio Grande do Sul. Embora a direção sul também aconteça no período noturno em maior frequência, ao passo que no período diurno ocorra vento na direção norte em maiores frequências.

4.2. Rajadas de vento

Em relação ao número de registros de rajadas de vento maior que 15 m s^{-1} , se observa na Tabela 3, que está apresenta registros variados ao longo do ano. Os meses que mais apresenta rajadas é outubro e dezembro, com números maiores em relação aos demais meses. Já outros meses apresentam comportamento bastante similar, tais como janeiro, fevereiro, abril, agosto, setembro e novembro, com valores que variam de 7 a 10 registros de rajadas por mês. Há ainda meses que possuem baixa ocorrência de registros de rajadas tais como, março, maio e julho com valores que giram de 1 a 2. O mês de junho não apresenta nenhum registro de ocorrência de rajada.

Tabela 3 – Número de registro de Rajadas de vento maior que 15 m s^{-1} , por mês, no período de 06/2010 a 05/2014.

Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Nº de Rajadas	7	10	2	10	1	0	2	8	10	33	10	21

Fonte: Elaborada pela Autora.

Em relação as rajadas do vento maiores que 15 m s^{-1} , podemos perceber que estas apresentam ampla variações de direções no decorrer dos meses do ano (Tabela 4). No mês de janeiro se observa que a maior frequência de rajadas se dá nas direções leste, sudeste, sul, sudoeste e oeste. Já no mês de fevereiro estas direções são diferentes, com predomínio na direção sul e sudoeste. No mês de março observa-se que ocorrem apenas dois padrões de direção do vento, um na direção sudeste e outro na direção sudoeste. Em abril se visualiza uma maior ocorrência de rajadas na direção sudoeste. Em maio ocorre um único predomínio das rajadas do vento, sendo está na direção norte, com 100 % de frequência. No mês de junho, não se observa rajadas de vento maior que 15 m s^{-1} no período analisado. No mês de julho, novamente se observa um predomínio das rajadas em uma única direção, sendo esta na direção sudoeste. Já em agosto, visualiza-se um padrão diferente das rajadas com predomínio na direção sudeste e leste. No mês de setembro o predomínio do vento é sudeste. Em outubro se visualiza uma maior distribuição na frequência das rajadas, sendo que a maior ocorrência se dá nas direções leste, sudeste e sudoeste. No mês de novembro se observa uma maior frequência do vento na direção noroeste. Em dezembro se observa maior ocorrência das rajadas na direção sul. Em relação ao comportamento das rajadas ao longo do ano podemos perceber que a maior parte destas são nas direções sudeste, sul e sudoeste.

Tabela 4 – Frequência da Rajada de vento maior que 15 m s^{-1} de acordo com a direção no decorrer dos meses do ano.

Direção	Jan (%)	Fev (%)	Mar (%)	Abr (%)	Mai (%)	Jun (%)	Jul (%)	Ago (%)	Set (%)	Out (%)	Nov (%)	Dez (%)	Média (%)
N	0	10	0	10	100	0	0	13	0	15	10	0	9
NE	0	0	0	0	0	0	0	13	10	3	0	5	4
L	29	10	0	0	0	0	0	25	10	18	0	0	11
SE	14	40	50	30	0	0	0	38	40	21	0	19	24
S	29	10	0	20	0	0	0	13	0	15	20	43	19
SO	29	20	50	40	0	0	100	0	20	24	20	24	25
O	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10	10	4
NO	0	10	0	0	0	0	0	0	10	3	40	0	6

Fonte: Elaborada pela Autora.

A maior frequência das rajadas se dá nas direções sudoeste, sudeste e sul. Em relação a rajada do vento, a direção desta difere da maior frequência de ocorrência do vento que é, nordeste, leste e sudeste no estado do Rio Grande do Sul (MACHADO, 1950). Esta maior ocorrência de rajadas na direção sul pode ser devido a atuação das massas de ar frio que possuem direção sul, influenciando fortes rajadas provindas deste quadrante, podendo girar para leste ou oeste dependendo da atuação do centro de alta pressão (CRUZ, 2007). Em estudos realizados por Camargo (2002), apontam que durante o inverno e primavera, intensificam-se as frentes frias, com ventos de direções sudoeste e sudeste, que são ventos fortes e com duração de cerca de três dias, resultando assim em maiores rajadas nestes quadrantes.

4.3. Velocidade média nas Direções do Vento

Podemos observar na Figura 5, que ocorrem diferenças nos primeiros quatro meses do ano com relação a velocidade do vento e suas direções. No mês de janeiro se observa uma maior velocidade do vento na direção noroeste, sudeste e norte, sendo que na direção nordeste a velocidade do vento é menor e, nas demais direções a velocidade média do vento não diferem. No mês de fevereiro se observa uma semelhança ao que ocorre no mês de janeiro, com maior velocidade média do vento acontecendo na direção noroeste, norte e sudeste, e menor na direção nordeste novamente, mas a intensidade aumenta em relação ao mês anterior. No mês de março ocorre uma modificação do padrão dos ventos, com maior velocidade ocorrendo na direção norte, e menor a sul, nordeste e leste. No mês de abril a maior velocidade do vento ocorre novamente a norte e sudoeste, e a menor agora passa a ser nas direções leste e sul.

Com relação aos meses de maio, junho, julho e agosto a velocidade do vento apresenta variação (Figura 5). No mês de maio se observa que as maiores velocidades médias do vento ocorrendo nas direções norte, sudoeste e noroeste e, com menor velocidade do vento ocorrendo na direção sul e leste. Em junho as maiores velocidade do vento continua a ser norte e agora também sudoeste, com as menores acontecendo nas direções sul, noroeste e leste. No mês de julho as maiores velocidades do vento são nas direções norte e sudeste e as menores são observadas na direção leste. Em agosto se visualiza as maiores velocidades do vento acontecendo nas direções oeste e norte, e a menor ocorrendo novamente na direção leste.

Observa-se na Figura 5, a velocidade do vento nos últimos quatro meses do ano. No mês de setembro se observa uma mudança na maior velocidade do vento de acordo com a direção em que o vento sopra, sendo a maior velocidade observada nas direções sudoeste e oeste e a menor na direção sul. Em outubro, novamente alteram-se os padrões de velocidade do vento, com as maiores velocidades ocorrendo nas direções norte, sudoeste e oeste, e a menor acontecendo novamente ao sul. No mês de novembro, ocorre uma nova alteração na maior velocidade do vento quanto a direção, sendo que esta passa a ser agora sudoeste, sudeste e as menores a nordeste e leste, sendo que a diferença das velocidades é menor. Por sua vez em dezembro, novamente se altera a maior velocidade do vento passando agora para a direção noroeste e a menor passa a ser nordeste.

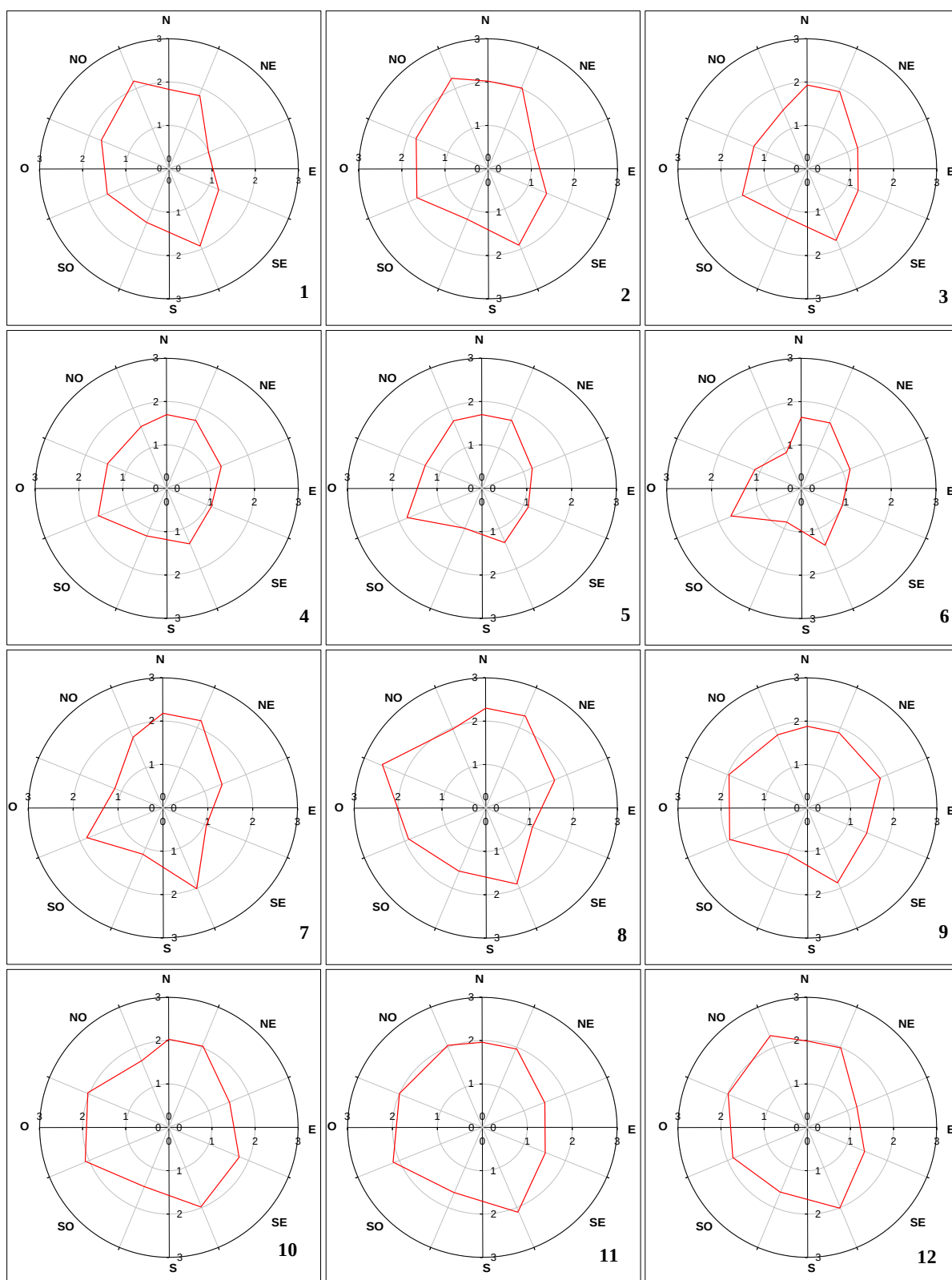


Figura 5 – Velocidade média do vento de acordo com a direção no decorrer dos meses do ano, sendo (1) Janeiro, (2) Fevereiro, (3) Março, (4) Abril, (5) Maio, (6) Junho, (7) Julho, (8) Agosto, (9) Setembro, (10) Outubro, (11) Novembro e (12) Dezembro.

Fonte: Elaborada pela Autora.

Em relação ao comportamento da velocidade média do vento de acordo com a direção que o vento sopra, se observa que as maiores velocidade do vento ocorrem nas direções norte e noroeste e as menores a leste, sul e nordeste, ficando as demais entre estes valores (Figura 6). As maiores velocidades nas direções norte e nordeste e menores a leste, sul e nordeste, é o que prevalece na maior parte dos meses, com exceção dos meses de setembro, novembro e dezembro.

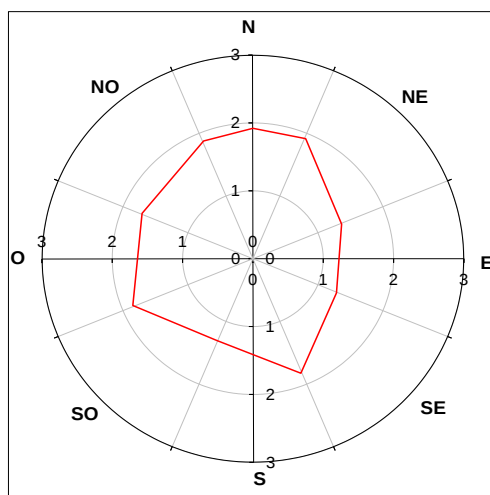


Figura 6 – Velocidade média anual do vento de acordo com a direção.
Fonte: Elaborada pela Autora.

As maiores velocidade do vento encontrados neste estudo foram nas direções norte e noroeste, e as menores leste e nordeste. De acordo com Camargo (2002), a maior velocidade do vento ocorre nas direções norte e noroeste, isto deve-se a atuação de ventos mais intensos nestas direções, que possuem curta duração, sendo precedidos da chegada de uma frente fria. Assim, antes de uma frente fria, ventos atuam nestas direções, e após a passagem desta frente, a direção passa a ser sudoeste, conhecido como vento minuano, devido a atuação do anticiclone subtropical Atlântico, sendo intensificado durante o inverno e a primavera. Depois disto, o padrão dos ventos passa a ser na direção leste e nordeste novamente, até a passagem de uma nova frente fria (CAMARGO, 2002).

Com relação a velocidade média do vento em relação a direção, de acordo com o turno que este sopra, diurno ou noturno (Figura 7), podemos observar que ocorre uma clara distinção em função do período do dia. A velocidade do vento diurna é maior quando comparada a noturna. No período diurno as maiores velocidades do vento são observadas nas direções sudeste, sudoeste e norte, enquanto que as menores são observadas na direção nordeste. Quanto ao período noturno, a maior velocidade do vento ocorre nas direções sudeste, seguido da direção sudoeste, enquanto que as menores ocorrem nas direções noroeste e sul.

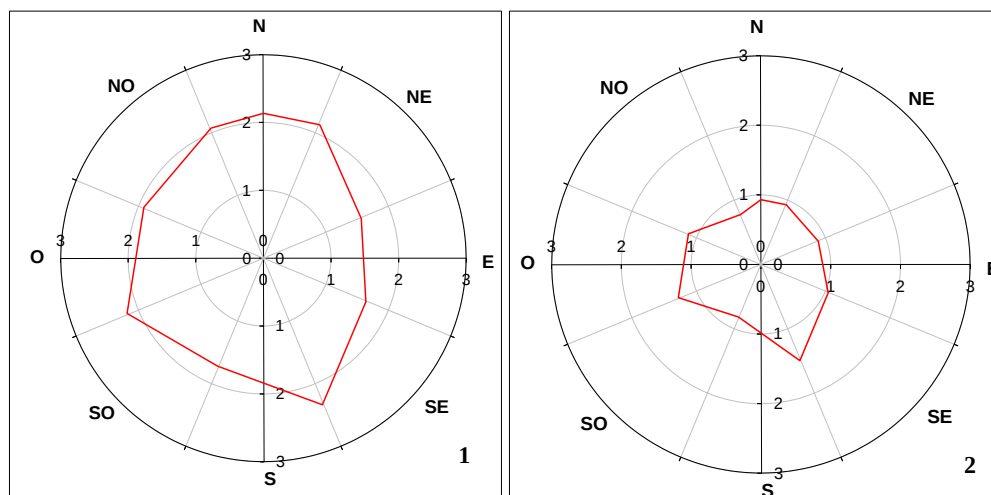


Figura 7 – Velocidade média do vento de acordo com a direção, sendo (1) Diurna e (2) Noturna. Fonte: Elaborada pela Autora.

Podemos observar, de maneira geral, um padrão da velocidade dos ventos mais forte na direção sul, devido as massas de ar frio, que são de maior intensidade, com variação para leste e oeste (CRUZ, 2007). Assim, as maiores velocidades encontradas nestes estudo, também ocorrem nestas direções tanto no período diurno quanto no noturno, com pequenas variações.

4.4. Velocidade do vento

Na Figura 8, está representado o comportamento do vento de acordo com o turno de ocorrência, diurno e noturno, no decorrer dos meses do ano. Pode-se visualizar claramente que a velocidade média do vento é maior no período diurno em comparação ao noturno. O mês que apresenta a maior velocidade do vento tanto diurna quanto noturna é outubro, e o menor é o mês de junho. Parece haver um comportamento de crescimento do mês de menor velocidade até o de maior e após estes valores começam a decair até chegar novamente no mês de menor velocidade e depois volta a subir.

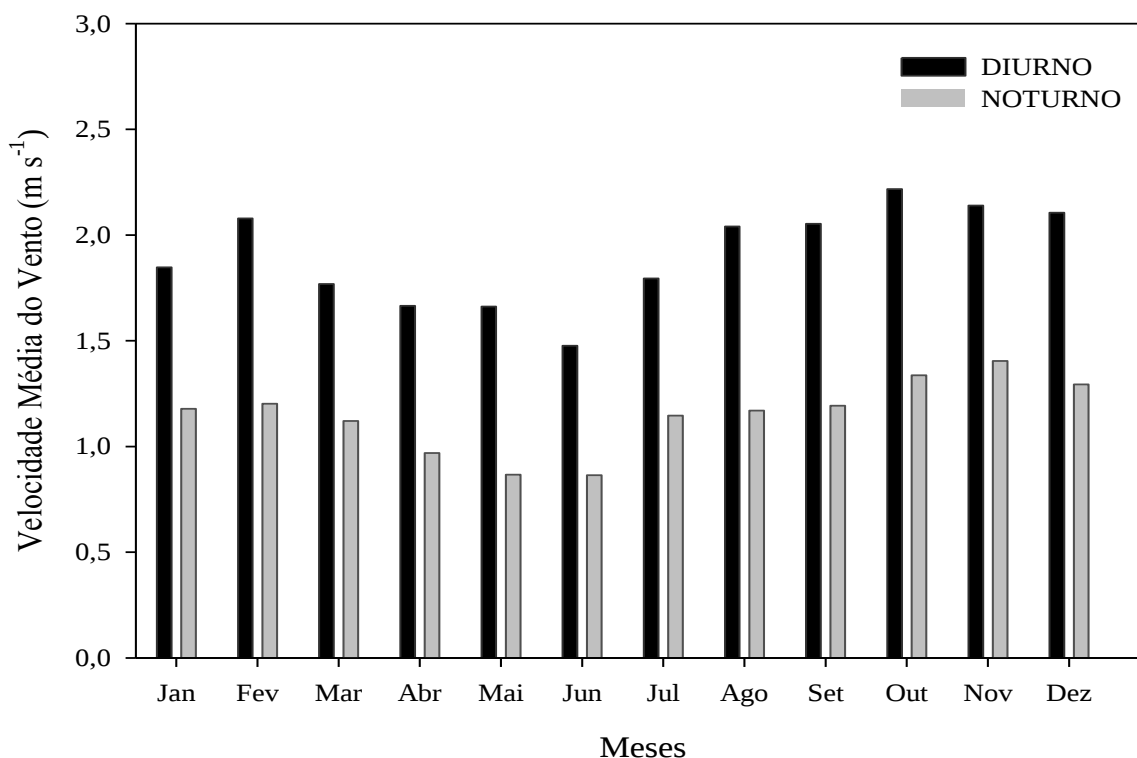


Figura 8 – Velocidade média do vento por turno, diurno e noturno, nos meses do ano a 10 metros de altura.

Fonte: Elaborada pela Autora.

A maior velocidade do vento diurna em relação a noturna se deve ao padrão de circulação do ar, sendo que durante o dia o ar se aquece e ascende e, então, um ar mais frio entra no local deste ar que ascendeu, fazendo com que ocorra uma movimentação horizontal (MARIN et al., 2008). Assim, durante o dia o aquecimento é maior e, portanto, a velocidade deste vento é maior que a do período noturno.

De acordo com a normal climatológica de 1961-1990, podemos perceber que para a cidade de Santo Ângelo as velocidades do vento no decorrer dos meses são menores. Também o mês que apresenta menor velocidade do vento difere, sendo que nas normais é o mês de abril e neste estudo é o mês de junho. O mês com maior velocidade do vento nas normais é outubro, que é o mesmo do encontrando neste estudo.

Podemos visualizar na Figura 9, a frequência da velocidade do vento quanto a sua ocorrência, em intervalos de 1 m s^{-1} . Se observa que a maior frequência, próximo a 45%, ocorre na faixa da velocidade do vento de até 1 m s^{-1} . Nas demais velocidades do vento de 2, 3, 4, 5 e 6 m s^{-1} estes valores decaem respectivamente para, 26%, 18%, 9%, 4% e 1%, sendo que não se observa uma frequência relativa de ocorrência da velocidade do vento nos demais intervalos.

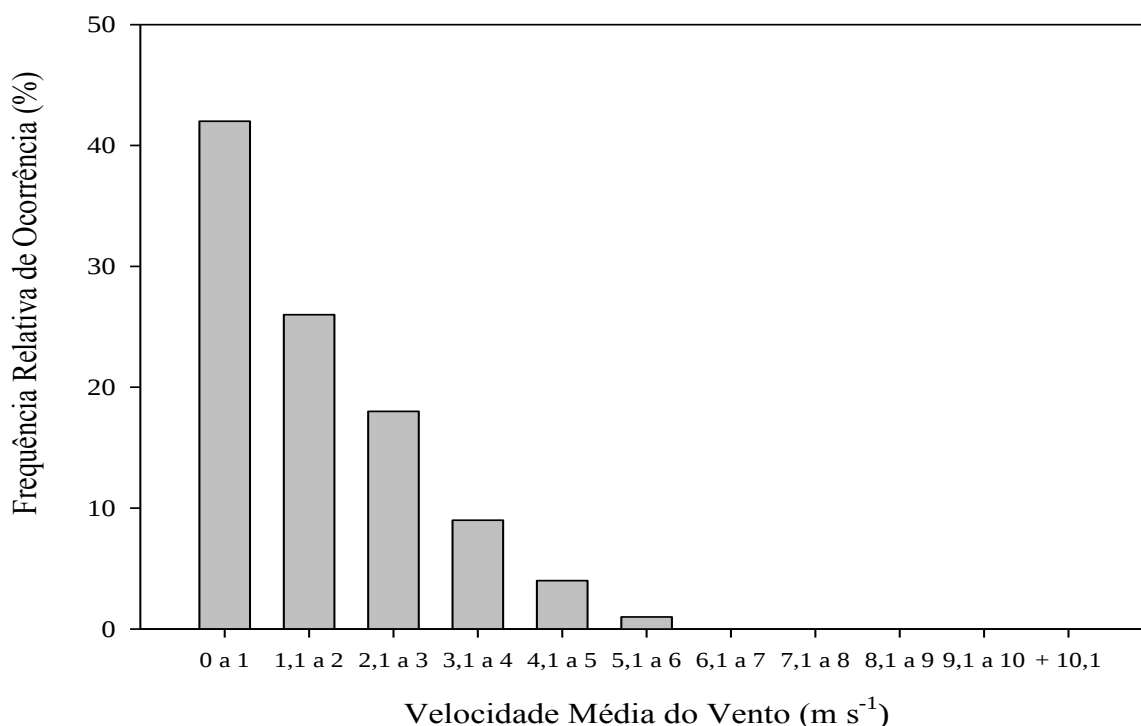


Figura 9 – Frequência relativa da distribuição da velocidade do vento de acordo com o intervalo de ocorrência.

Fonte: Elaborada pela Autora.

A velocidade do vento apresenta influência da mesoescala e microescala, através de diferenças em propriedades da superfície, como geometria e altitude de terreno, vegetação e distribuição de superfície de terra e água. A velocidade média anual do vento no Rio Grande do Sul varia entre 5,5 e 6,5 m s⁻¹ (CAMARGO, 2002). Nesta região, a rugosidade do relevo e mudanças na altura de vegetação acabam por causar impedimentos e com isto a velocidade do vento diminui. Assim, esse pode ser algum dos fatores que ocasiona a menor velocidade do vento nesta região, com relação à média do estado.

4.5. Potencial Eólico

Podemos perceber na Figura 10, que a velocidade média do vento a 50 metros de altura encontra-se bem abaixo do limite considerado como suficiente para a instalação de aerogeradores, que situa-se entre 7 e 8 m s⁻¹ segundo Grubb e Meyer, (1993). No período diurno as velocidades variam de 2,3 a 3,5 m s⁻¹ e no período noturno de 1,3 a 2,2 m s⁻¹, bem abaixo do limite exigido para instalação de aerogeradores. Isto se deve a baixa velocidade do vento que

ocorre na localidade, de acordo com as condições de rugosidade e vegetação que diminuem a velocidade do vento.

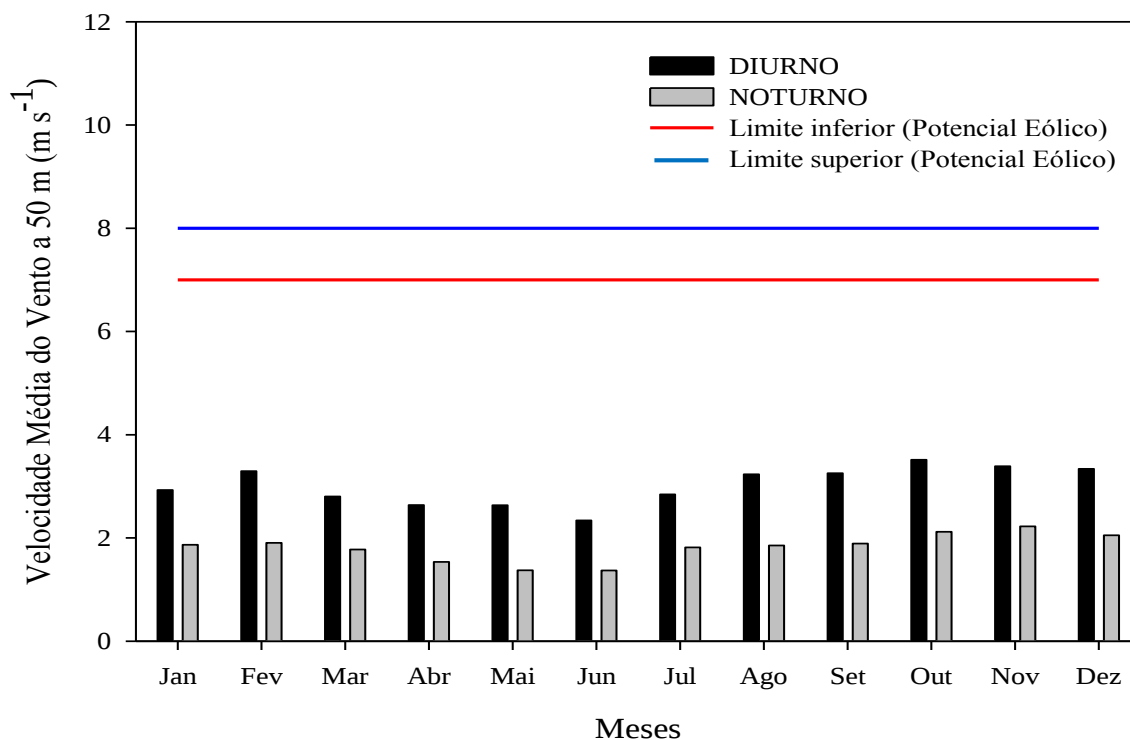


Figura 10 – Velocidade média do vento por turno, diurno e noturno, nos meses do ano a 50 metros de altura.

Fonte: Elaborada pela Autora.

De acordo com o mapa do Potencial Eólico Brasileiro, a cidade em estudo encontra-se na classe de energia 2, podendo ou não ser favorável ao aproveitamento de energia eólica, mas depende da topografia. Como este trata-se de um campo aberto, a velocidade do vento neste local gira em torno de 4,5 a 6,0 m s^{-1} . Assim a velocidade do vento não chega ao limite suficiente para instalação dos aerogeradores (Energia eólica, 2005).

De acordo com o mapa do potencial eólico da região sul, podemos perceber que a velocidade do vento gira em torno de 6 a 6,5 m s^{-1} , diferindo do outro estudo (AMARANTE et al., 2001).

5. CONCLUSÕES

De acordo com os dados conclui-se que a direção do vento varia no decorrer do ano, mas as direções que ocorrem com maior frequência é a de leste, sudeste e nordeste.

Com relação as rajadas estas também apresentam ampla variação no decorrer dos meses do ano mas, de maneira geral, predominam na maior parte do tempo ventos sudoeste, sudeste e sul, com menor intensidade de rajadas nas direções nordeste e oeste.

A velocidade dos ventos apresenta também variação no decorrer dos meses do ano, sendo as maiores velocidades do vento nas direções norte e noroeste, e as menores a nordeste, leste e sul.

A velocidade dos ventos de acordo com o turno de ocorrência apresenta variação, sendo que a maior velocidade observada no período diurno. O mês com maior velocidade dos ventos, tanto no período diurno quanto no noturno é outubro, sendo que a menor velocidade é observada no mês de abril.

Em relação a frequência relativa de ocorrência da velocidade do vento, em mais da metade do tempo predominam ventos de até 1 m s^{-1} ou de 2 m s^{-1} , com destaque para o primeiro que possui maior frequência.

Em relação a possibilidade ou não de haver um potencial eólico satisfatório no local do estudo, foi constatado que não se encontra potencial eólico devido à baixa velocidade dos ventos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A.M.R. et al. Doenças de Soja. p. 479. In: KIMATI, H. et al. **Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**. 4 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. p. 569-588.
- AMARANTE, O. A. C de. et al. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. 2001. Ministério de Minas e Energia. Brasília, 2001. p. 45. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2014.
- AMORIM, L.; PASCHOLATI, S. F. Ciclos das relações patógeno-hospedeiro. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia: Princípios e conceitos**. 4 ed. São Paulo: Ceres, 2011. p. 59-100.
- Atlas da Energia Elétrica do Brasil. **Agência Nacional de Energia Elétrica**. 2. ed. Brasília. ANEEL, 2005. p. 243. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/download.htm>>. Acesso em: 21. abr. 2014.
- AYOADE, J. O. A circulação atmosférica. In: _____. **Introdução à climatologia para os Trópicos**. 13. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. cap. 5, p. 72-97.
- BERGAMASCHI H.; MATZENAUER R. Milho. In: MONTEIRO, J. E. B. **A. Agrometeorologia dos Cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola**. 1. ed. Brasília: INMET, 2009. p. 261-278.
- BISCARO, G. A. Ventos. In: _____. **Meteorologia agrícola básica**. 1. ed. Mato Grosso do Sul: UNIGRAF, 2007. p. 36-38. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABDAAAL/meteorologia-agricola-basica>>. Acesso em: 18 abr. 2014
- BRAGA, A. S.; BRAGA, S. M.; FERNANDES, C. V. S. **Estações Meteorológicas Automáticas: Relato de uma Experiência com Sensores Independentes em Bacia Experimental**. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2011. p 16.
- CAMARGO, O. A. **Atlas Eólico: Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria de Energia Minas e Comunicações, SEMC, 2002. p. 70. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=28&cod_conteudo=7130>. Acesso em: 04 Abr. 2014. 70 p.
- COSTA, A. G. F. et al. Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 25, n. 1, p. 203-210, 2007.
- CRUZ, G. C. F. da. Alguns aspectos do clima dos Campos Gerais. In: MELO, M. S.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. **Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná**. Ponta Grossa: UEPG, 2007. cap. 5, p.59-72.

CUNHA, G. R. da et al. Trigo. In: MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, 2009. p. 279-293.

ENERGIA EÓLICA. In: **Atlas da Energia Elétrica do Brasil**. Agência Nacional de Energia Elétrica. 2 ed. Brasília. ANEEL. 2005. p. 93-110. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-Energia_Eolica\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-Energia_Eolica(3).pdf)>. Acesso em: 14. out. 2014.

Estação Meteorológica Automática. INMET. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 09. Jun. 2014.

FILHO, L. R. A. G. et al. Caracterização analítica e geométrica da metodologia geral de determinação de distribuições de *Weibull* para o regime eólico e suas aplicações. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.1, p.56-66, jan./fev. 2011.

GRUBB, M. J.; MEYER, N. I. Wind Energy: Resources, Systems and Regional Strategies. In: JOHANSSON, T. B. et al. **Renewable Energy: Sources for Fuels and Electricity**. Washington, D.C.: Islan Press, 1993. cap3. p. 157-212. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=40XtqVMRxOUC&pg=PA12&lpg=PA12&dq=Renewable+Energy:+Sources+for+Fuels+and+Electricity.&source=bl&ots=j-BpEY2nRy&sig=BiblBG8cmqUULRo9Gc6LtyXp_uE&hl=pt-BR&sa=X&ei=xf54U-bDCo2lsAT8lIEI&ved=0CGoQ6AEwBQ#v=onepage&q=Wind%20Energy%3A%20Resources%2C%20Systems%20and%20Regional%20%20Strategies.&f=false>. Acesso em: 22 abr. 2014.

HEINEMANN, A. B.; STONE, L. F.; SILVA, S. C. da. Feijão. In: MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, 2009. p. 183-201.

HODGES, L. et al. Growth and Yield of snap beans as affected by wind protection and microclimate changes due to shelterbelts and planting dates. **HortScience** 39 (5), p 996-1004, 2004.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 07 Jun. 2014.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. p. 531.

MACHADO, F.P.. **Contribuição ao clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1950. 91p.

MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. Solo, água, clima, planta e suas interações com a irrigação. In: _____. **Irrigação - Princípios e Métodos**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2007. p. 40-97.

MARIAN, F. R.; ASSAD, E. D.; PILAU, F. G. Vento. In: _____. **Clima e Ambiente: Introdução a climatologia para ciências ambientais**. 1. ed. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2008. p. 85-96.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Circulação e dinâmica atmosférica. In: _____. **Climatologia: Noções básicas e clima do Brasil**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos. 2007. cap. 4. p. 83-112.

MONTEITH, J. L. Evaporation and surface temperature. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, London. v.107, p.1-27, 1981.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul. Diretoria de Terras e Colonização, Secção de Geografia. 1961. p. 61.

MOURA, A. D. et al. **Nota técnica no. 001/2011/SEGER/LAIME/CSC/INMET: Rede de Estações Meteorológicas Automáticas do INMET**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Nacional de Meteorologia. 2011. 11 p. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/css/content/topo_iframe/pdf/Nota_Tecnica-Rede_estacoes_INMET.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2014.

MUNHOZ, F. C.; GARCIA, A. Caracterização da velocidade e direção predominante dos ventos para a localidade de Ituverava–SP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n. 1, p. 30-34, 2008.

Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em: 06 jun. 2014.

PASQUILL, F. Eddy diffusion of water vapour and heat near the ground. Proceedings of the Royal Society of London. Series A. **Mathematical and Physical Sciences**, v. 198, n. 1052, p. 116-140, 1949.

PEDRO JUNIOR, M. J. et al. Efeito do uso de quebra-ventos na produtividade da Videira ‘Niagara Rosada’. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 75-79, 1998.

PEÑA, C. C.; GHISI, E.; PEREIRA, C. D. Comparação entre Necessidade e Disponibilidade de Vento e Radiação Solar para Fins de Análise Bioclimática de Edificações em Florianópolis. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 4, p. 87-101, 2008.

PINTO, J. M.; SILVA, C. L. da.; OLIVEIRA, C. A. da S. Influência de variáveis climáticas e hidráulicas no desempenho da irrigação de um pivô central no oeste baiano. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 26, n. 1, p.76-85, 2006.

PITZ, I. W. et al. Caracterização da velocidade e direção predominante dos ventos para a localidade de Ituporanga-SC. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 17., 2012, Gramado. **Anais eletrônicos...** Gramado: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2012. Disponível em: <<http://www.sbmec.org.br/cbmet2012/pdfs/64HS.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2014.

OLIVEIRA, H. F. E de.; COLOMBO, A.; FARIA, C. L. Modelagem dos efeitos do vento sobre as dimensões do alcance do jato de um canhão hidráulico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, (Suplemento), p.818–824, 2009.

Relatório ANEEL 2011. **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Brasília: ANEEL, 2012. p. 108. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/Relatorio_Aneel_2011.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2014.

ROVEDDER, A. P. M.; ELTZ, F. L. F. Revegetação com plantas de cobertura em solos arenizados sob erosão eólica no Rio Grande do Sul. Seção VI – Manejo e conservação do solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [online], v. 2, n.1, p. 315-321, 2008.

SCHOFFEL, E. R. **Importância agroecologia dos ventos**. Disciplina de Agrometeorologia na Universidade Federal de Pelotas. 2008.

SILVA, B. B da.; ALVES, J. J. A.; CAVALCANTI, E. P. Caracterização do potencial eólico da direção predominante do vento no estado da Bahia. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 12., 2002, Foz de Iguaçu. **Anais eletrônicos...** Foz de Iguaçu: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2002. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/11-3059cc0af5f6ffd6e04169d08d75bc2e.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2014.

SOUZA, V. M. B. de. **A influência da ocupação do solo no comportamento da ventilação natural e na eficiência energética em edificações: estudo de caso em Goiânia: clima tropical de altitude**. 2006. 240 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

UNGARO, M. R. G.; et al. Girassol. In: MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos**: O fator meteorológico na produção agrícola. Brasília: INMET, 2009. p. 203-221.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Versão digital 2, Recife, 2006. 449 p. Disponível em: <http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2014.

WMO. WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation**. 7th ed. 2008. 681 p. Disponível em: <http://www.wmo.int/pages/prog/gcos/documents/gruanmanuals/CIMO/CIMO_Guide-7th_Edition-2008.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2014.

YORINORI, J. T; JÚNIOR, J. N.; LAZZAROTTO, J. J. **Ferrugem “asiática” da soja no Brasil**: evolução, importância econômica e controle. Londrina: EMBRAPA Soja, 2004. 36p. (Documentos, 247).