

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Escola de Engenharia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

**ESTUDO EM TÚNEL DE VENTO DA RELAÇÃO ENTRE O  
PADRÃO DE ADENSAMENTO E O CONFORTO DE  
PEDESTRES: APLICAÇÃO À REGIÃO DO ALTIPLANO CABO  
BRANCO, JOÃO PESSOA-PB**

Silvana Chaves Claudino de Queiroga

Porto Alegre  
2014

Silvana Chaves Claudino de Queiroga

**ESTUDO EM TÚNEL DE VENTO DA RELAÇÃO ENTRE O  
PADRÃO DE ADENSAMENTO E O CONFORTO DE  
PEDESTRES: APLICAÇÃO À REGIÃO DO ALTIPLANO CABO  
BRANÇA, JOÃO PESSOA-PB**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia. Orientação: Prof. Acir Mércio Loredo-Souza, Ph.D..

Porto Alegre

2014

**SILVANA CHAVES CLAUDINO DE QUEIROGA**

**ESTUDO EM TÚNEL DE VENTO DA RELAÇÃO ENTRE O  
PADRÃO DE ADENSAMENTO E O CONFORTO DE  
PEDESTRES: APLICAÇÃO À REGIÃO DO ALTIPLANO CABO  
BRANCO, JOÃO PESSOA-PB**

Esta tese de doutorado foi julgada adequada para a obtenção do título de DOUTOR EM ENGENHARIA, Área de Concentração Meio Ambiente, e aprovada em sua forma final pelo professor orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

**Prof. Acir Mércio Loredou-Souza**

Ph.D., University of Western Ontario, Canadá  
Orientador

**Prof. Armando Miguel Awruch**

Dr., UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil  
Coordenador do PPGE/UFGRS

**BANCA EXAMINADORA**

**Profa. Ângela Borges Masuero (UFRGS)**

Dra. Enga., UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

**Prof. Francisco de Assis Gonçalves da Silva (UFPB)**

Dr., USP – Universidade São Paulo, Brasil

**Prof. Adrián Roberto Wittwer (UNNE)**

Dr. Eng., UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

**Eng. Mario Gustavo Klaus Oliveira (LAC/UFRGS)**

Dr. Eng., UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Dedico este trabalho a Evandro, Matheus e Rafael,  
vivemos juntos cada momento desta caminhada.  
Família é um laço forte, fonte de amor sem medidas e  
pronta a tudo...

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pelos caminhos abertos.

Ao meu orientador, e colega Acir Mércio Loredo-Souza, Ph.D., pela orientação, pela amizade construída e pelo apoio nos vários momentos, conhecemos um grande homem.

Ao sempre professor, amigo Dr. Francisco de Assis Gonçalves da Silva, Chico, pelas conversas, pelas intuições...

Ao Dr. Eng. Adrián Roberto Wittwer, pelas conversas, orientações.

Ao meu esposo Evandro e aos meus filhos Matheus e Rafael pela cumplicidade.

Aos meus pais, Silvino e Clementina, que me trouxeram ao mundo e ensinaram que o amor vence tudo, fui sempre muito amada por eles; aos meus irmãos, Simone, Sérgio, cunhados Ruy e Janaína e sobrinhos, que estão sempre presentes.

A família de Evandro que também é minha, sogra Nonata, cunhados e sobrinhos pelo incentivo.

Ao meu tio, padrinho e professor Eng. Francisco Alves Chaves pelo incentivo, desde os primeiros anos da minha formação acadêmica em arquitetura, em buscar o conhecimento e o aperfeiçoamento técnico, em seu nome, estendo o agradecimento aos meus tios, tias, primos e primas.

À arquiteta e amiga Carmem Lúcia Costa Lins de Araújo, pela paciência, pela compreensão e pela vibração.

Aos amigos José Nivaldo Ribeiro Filho – Alejandro, Judith Yara Ribeiro Santos – Jú, Paulo Sérgio Araújo Peregrino – Pablito e Raphaela Christina Claudino Moreira – Rafa, também colegas do DINTER, mas amigos de longas datas, de muitos anos, pelos momentos de descoberta vividos em POA. Temporada, onde longe das nossas casas pudemos trocar experiências, reviver anos passados, brindar as conquistas, enfim, nos ajudar em todos os momentos, na alegria e na tristeza, na saúde e na doença, plantando amor, colhendo amor...

A Claudiana Leal pela acolhida em Porto Alegre.

Aos colegas do DINTER/UFRGS/IFPB/IFRN, Ari, Claudiana, Claudinha, Celena, Edelcides, Gastão, Judith, Luiz Ailton, Manoel, Marconi, Maria da Paz, Nabal, Nivaldo, Paulo, Raphaela e Valdith, independente dos acontecimentos construímos uma história, temos algo a contar.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC/UFRGS, pelo apoio, incluindo todos aqueles que convivemos.

A todos que fazem parte do Laboratório de Aerodinâmica das Construções – LAC, pelo sempre pronto atendimento, não podemos esquecer os ensaios, que puderam viabilizar o nosso trabalho, acompanhando de perto estava a pesquisadora Eng. Maria Cristina Dolz Bênia e o técnico Roges de Mari Leopoldo.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnológica da Paraíba – IFPB, na pessoa da Pró-reitora de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação, Profa. Dra. Nelma Mirian Chagas de Araújo, que sempre nos apoiou, sempre fez de tudo para nos ajudar, deixando sempre o nosso caminhar mais leve.

Aos colegas professores do Curso Superior de Tecnologia em Design de Interiores – CSTDI, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnológica da Paraíba – IFPB, pela solidariedade prestada ao longo desta etapa, que é fruto da vida acadêmica e para a vida acadêmica.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e Secretária de Educação Profissional e Tecnológica – SETEC, que possibilitou a presente pesquisa, modalidade doutorado – DINTER, através do programa de apoio à realização de cursos de pós-graduação *stricto sensu* interinstitucionais para a rede federal de educação profissional e tecnológica, edital Nº 01/2008 CAPES-SETEC.

Não existe trabalho de arquitetura sem considerar as questões ambientais.

*João Filgueiras Lima, o Lelé*

## RESUMO

QUEIROGA, Silvana Chaves Claudino de. **Estudo em túnel de vento da relação entre o padrão de adensamento e o conforto do pedestre: aplicação à região do Altiplano Cabo Branco, João Pessoa-PB.** Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação e Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2014.

O padrão de adensamento urbano impacta no conforto do pedestre no que diz respeito, sobretudo, à possibilidade de alterar as condições de vento ao nível do solo gerando zonas de desconforto. As cidades convivem com constantes mudanças em sua configuração tanto pelo adensamento quanto pela verticalização de suas estruturas, esta condição modifica a ventilação natural urbana, alterando as condições de vento no entorno de edifícios, o que afeta o escoamento de ar ao nível do solo, atingindo o conforto do pedestre. Então, o objetivo desta pesquisa é analisar o conforto do pedestre em relação ao vento em analogia a padrões de adensamento urbanos, considerando ensaios experimentais em túnel de vento a partir da aplicação em área urbana da cidade de João Pessoa-PB. A área investigada é parte dos bairros Altiplano Cabo Branco e Cabo Branco, localidade que, nos últimos anos, tem passado por grandes mudanças em sua configuração, respaldadas por alterações do instrumento urbanístico. Motivando o estudo de padrão de ocupação e seu reflexo no conforto do pedestre frente ao vento, pelo meio da avaliação de duas configurações de vizinhança ensaiadas em túnel de vento. As proposições referem-se a padrão de adensamento antigo, anterior ao ano de 2005 e adensamento recente, referente a situação atual, ano de 2012, as duas situações propostas reproduzem circunstâncias reais. Os experimentos foram realizados com modelos, M1 e M2, em escala reduzida, referente a 1/400; no Túnel de Vento Prof. Joaquim Blessmann da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, mesa M-II; pela simulação de vento do tipo turbulento, compatível com as condições do local estudado. Consideraram-se as configurações de ensaio utilizadas nesse túnel de vento para simular perfis de velocidade média, que correspondem às categorias de terreno definidos na NBR 6.123/1988, vento mar, categoria I, e vento terra, entre a categoria III e IV. Iniciou-se com os ensaios de escoamento de camada limite, que envolve a aquisição de dados de velocidades instantâneas do vento, obtidos com anemômetros de fio quente, a partir de malha de medição definida, sendo, sete linhas, oito posições e dez alturas, para dois rumos de vento, sendo  $90^{\circ}$  e  $150^{\circ}$ , definindo o comportamento do vento para a área. E, prosseguiram-se com os ensaios de conforto do pedestre, através de medições de velocidades ao nível do solo para trinta e seis posições, pontos distribuídos por passeios e calçadas, por meio de sondas de pedestres, sondas tipo Irwin, realizando tomadas para vinte e quatro ângulos de incidência de vento, marcados a cada  $15^{\circ}$ . Para aferir as condições de vento para o pedestre, utilizaram-se critérios de conforto baseados na Escala Beaufort, que relacionam a atividade, o local e o nível de conforto relativo, pondera ainda acerca de critérios de aceitação para períodos de retorno, um ano, um mês e uma semana. Os resultados obtidos para as configurações de vizinhança referentes ao escoamento para a área e ao conforto do pedestre, foram confrontados, atentando-se que o adensamento urbano modifica consideravelmente o campo de vento de áreas urbanas, atingindo o conforto do pedestre, impossibilitando-o, para algumas posições estudadas, de realizar atividades corriqueiras com conforto. Então, assentam-se fundamentos que orientam a ocupação do solo com vistas à garantia de realização pelo pedestre, com nível de conforto relativo “aceitável”, das atividades inerentes aos usos propostos para o ambiente urbano, colaborando com o planejamento, o controle e a intervenção em áreas urbanizadas, favorecendo, também, o crescimento saudável das cidades.

**Palavras-chave:** padrão de adensamento; conforto do pedestre; ventilação natural; túnel de vento.

## ABSTRACT

QUEIROGA, Silvana Chaves Claudino de. **Study in wind tunnel of the relation between the densification pattern and pedestrian comfort: application to the Altiplano Cabo Branco region, João Pessoa-PB.** Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação e Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2013.

The pattern of urban densification impacts on pedestrian comfort, specially, in relation with the possibility of changing the wind conditions at ground level, generating discomfort zones. Cities live with constant changes in its configuration due to the densification and to the verticalization of its structures. This condition modifies the urban natural ventilation, changing, the wind conditions in the building surroundings, which affects the air outflow at ground level, impacting on pedestrian comfort. The objective of this work is to analyze the relation between the pedestrian comfort and the wind, similarly to the patterns of urban densification, considering experimental tests in wind tunnel, since application in the urban area of João Pessoa-PB city. The investigated area is part of the neighborhoods of Altiplano Cabo Branco and Cabo Branco, João Pessoa-PB, region that, in the last years, has been passing through considerable changings in its configuration, supported by alterations in the urban instrument. Motivating the study of the occupation patterns and its reflection in the pedestrian comfort facing the wind through the analysis of two neighborhood configurations, simulated in the wind tunnel, through experiments. The propositions refer to an old densification before the year of 2005 and to a recent densification, referring to a current situation, both proposed situations reproduce real circumstances. The experiments were realized with models, M1 and M2, in reduced scale, regarding 1/400; in the Túnel de Vento Prof. Joaquim Blessmann from Universidade Federal do Rio Grande do Sul, table M-II; by the simulation of the turbulent wind, compatible with the conditions of the studied place. The configurations of assay used in this wind tunnel to simulate average velocity profiles were considered, which correspond to the ground defined in NBR 6.123/1988, sea wind, category I, and land wind, between the category III and IV. Beginning with experiments of the boundary layer's outflow that are related to the acquisition of the wind's instantaneous velocities' data obtained with hot wire anemometers, from the defined measurements mesh, being seven lines, eight positions and ten heights, to two wind courses, being 90<sup>0</sup> and 150<sup>0</sup>, defining the behavior of the wind to the area. And, continued with the assays of pedestrian comfort, through measurements of the velocities at ground level for thirty six positions, points distributed for sidewalks, through pedestrian sensors, sensors of the Irwin type, realizing measurements for twenty four incidence angles, marked every 15<sup>0</sup>. In order to verify the wind conditions for the pedestrians, comfort criterions based in the Escala Beaufort were utilized, which make a relation of the activity, the place and the relative comfort level, it still ponders about the acceptance criterions for return periods, one year, one month and one week. The results obtained for the configurations of the neighborhoods referents to the area's outflow and to the pedestrian comfort were confronted, paying special attention to the fact that the urban densification modifies substantially the wind field of the urban areas, affecting the pedestrian comfort, impossibilitating it, for some studied positions, for realizing everyday activities with comfort. Then, fundamentals that guide the pattern of ground occupation were consolidated, aiming the guaranty of realization by pedestrian, with an "acceptable" relative comfort level, for the activities inherent to the uses proposed to the urban ambient, collaborating with the planning, the control and the intervention in urbanized areas, still assisting the healthy growth of the cities.

**Keywords:** densification pattern; pedestrian comfort; *natural ventilation*; wind tunnel.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>28</b>
1.1	MOTIVAÇÃO E CONTEXTO	28
1.2	ABRANGÊNCIA E RELEVÂNCIA DO PROBLEMA	32
1.3	OBJETIVOS	34
1.4	ESTRUTURA DA TESE	35
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>37</b>
<b>3</b>	<b>CONCEITOS FUNDAMENTAIS</b>	<b>50</b>
3.1	VENTILAÇÃO NATURAL	50
3.1.1	Camada Limite Atmosférica (CLA)	54
3.1.2	Velocidade característica do vento	56
3.2	CRITÉRIOS PARA A CLASSIFICAÇÃO DO CONFORTO DO PEDESTRE	57
3.3	ESCALA BEAUFORT	58
3.3.1	Rajadas de vento	58
3.3.2	Perfil de velocidades médias	61
3.3.3	O uso da escala Beaufort para rajadas de curta duração	62
3.4	O CONFORTO DO PEDESTRE EM AMBIENTE URBANO	65
3.4.1	Implicações do vento em pedestres	66
<b>4</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA CIDADE DE JOÃO PESSOA</b>	<b>75</b>
4.1	IDENTIFICAÇÃO DO AMBIENTE	75
4.2	CLIMA DO LUGAR	79
4.3	INSTRUMENTO DE ORDENAMENTO URBANO	82
4.4	DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	98
<b>5</b>	<b>PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL</b>	<b>106</b>
5.1	ENFOQUE METODOLÓGICO	106
5.2	MODELOS ENSAIADOS	109
5.3	INSTALAÇÕES EXPERIMENTAIS	111
5.4	CARACTERÍSTICAS DO VENTO NATURAL SIMULADO	114
5.4.1	Velocidade do vento no túnel para o ensaio de escoamento	123

5.4.2	Velocidade do vento no túnel para o ensaio de conforto do pedestre _____	125
5.4.3	Coeficiente de velocidades _____	127
5.4.4	Condições de vento ao nível dos pedestres _____	128
<b>6</b>	<b>ENSAIOS EM TÚNEL DE VENTO _____</b>	<b>131</b>
6.1	ENSAIOS REALIZADOS NO TÚNEL DE VENTO PROF. JOAQUIM BLESSMANN _____	131
6.2	ENSAIOS DE SIMULAÇÃO DE ESCOAMENTO DE CAMADA LIMITE _____	132
6.2.1	Características dos ensaios _____	133
6.2.2	Instrumentos de medição _____	137
6.2.3	Malha para medição da velocidade junto aos modelos _____	138
6.2.4	Ensaio “teste zero” _____	141
6.2.5	Descrição dos ensaios _____	143
6.3	ENSAIOS DE TOMADAS DE PRESSÃO AO NÍVEL DO PEDESTRE _____	144
6.3.1	Características dos ensaios _____	145
6.3.2	Instrumentos de medição _____	149
6.3.3	Pontos de medição de pressão ao nível do pedestre _____	151
6.3.4	Calibração das sondas e ensaio “teste zero” _____	156
6.3.5	Descrição dos ensaios _____	160
<b>7</b>	<b>RESULTADOS OBTIDOS _____</b>	<b>162</b>
7.1	APRECIÇÃO DOS RESULTADOS _____	162
7.2	ENSAIOS DE ESCOAMENTO DE CAMADA LIMITE _____	162
7.3	ENSAIOS DE CONFORTO DE PEDESTRES _____	164
7.3.1	Análise das condições de conforto em relação ao vento para <b>M1.CP</b> _____	165
7.3.2	Análise das condições de conforto em relação ao vento para <b>M2.CP</b> _____	191
7.3.3	Discussão dos resultados para o conforto do pedestre _____	224
<b>8</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS _____</b>	<b>238</b>
8.1	CONCLUSÕES _____	238
8.2	SUGESTÕES PARA NOVOS TRABALHOS _____	240
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____</b>	<b>241</b>

<b>APÊNDICE A</b>   CORRESPONDÊNCIA ENTRE AS TOMADAS DO MODELO E OS CANAIS DO SCANIVALVE _____	<b>246</b>
<b>APÊNDICE B</b>   CORRESPONDÊNCIA ENTRE O ÂNGULO INCIDÊNCIA DO VENTO E O ÂNGULO MARCADO NA MESA _____	<b>248</b>
<b>APÊNDICE C</b>   CALIBRAÇÃO DAS SONDAS _____	<b>249</b>
<b>APÊNDICE D</b>   IMAGENS DOS ENSAIOS DE ESCOAMENTO DE CAMADA LIMITE _____	<b>251</b>
<b>APÊNDICE E</b>   IMAGENS DOS ENSAIOS DE CONFORTO DO PEDESTRE _____	<b>258</b>
<b>APÊNDICE F</b>   COEFICIENTES DE VELOCIDADES A DOIS METROS DE ALTURA _____	<b>262</b>
<b>APÊNDICE G</b>   GRÁFICOS POLARES PARA COEFICIENTES DE VELOCIDADES _____	<b>265</b>
<b>APÊNDICE H</b>   VELOCIDADES DO VENTO SOBRE 3 SEGUNDOS A DOIS METROS DE ALTURA _____	<b>278</b>
<b>APÊNDICE I</b>   GRÁFICOS POLARES PARA VELOCIDADES DO VENTO _____	<b>291</b>
<b>ANEXO A</b>   ISOPLETAS DA VELOCIDADE BÁSICA DO VENTO _____	<b>328</b>
<b>ANEXO B</b>   DETERMINAÇÃO DO FATOR ESTATÍSTICO $s_3$ _____	<b>329</b>
<b>ANEXO C</b>   ESCALA BEAUFORT _____	<b>331</b>
<b>ANEXO D</b>   ATLAS DE VENTO DO AEROPORTO CASTRO PINTO _____	<b>334</b>
<b>ANEXO E</b>   CLASSIFICAÇÃO DOS USOS E ATIVIDADES _____	<b>335</b>
<b>ANEXO F</b>   BAIRRO ALTIPLANO CABO BRANCO _____	<b>337</b>
<b>ANEXO G</b>   BAIRRO CABO BRANCO _____	<b>339</b>
<b>ANEXO H</b>   RUGOSIDADE DO TERRENO _____	<b>341</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Troca de calor, referente ao meio dia e período de verão. _____	51
Figura 2: Diagrama do vento no globo terrestre. _____	53
Figura 3: Camada limite urbana, representativa de terrenos planos. _____	54
Figura 4: Perfis de velocidade ao longo de três terrenos de diferentes rugosidades. _____	55
Figura 5: Parâmetros básicos para rajadas. _____	59
Figura 6: Perfil de velocidades médias e turbulência variam com a rugosidade do terreno. _____	61
Figura 7: Perfil de velocidades médias para 1h e 3s, terreno categoria II da NBR 6.123/1988. _____	62
Figura 8: Escala Beaufort – gráfico para conforto humano. _____	63
Figura 9: Campo de vento no entorno de obstáculo imerso na camada limite atmosférica, perfil de CLA e extensões do obstáculo. _____	67
Figura 10: Representação, através de seção horizontal, do comportamento do vento no entorno de edificação. _____	68
Figura 11: Esboço, em seção vertical, dos resultados típicos para o comportamento do vento. _____	69
Figura 12: Fluxo de vento em torno de um único edifício alto retangular. _____	70
Figura 13: Circulação de ar a sotavento de edifício, efeito esteira. _____	71
Figura 14: Escoamento entre edifícios vizinhos, efeito Venturi. _____	72
Figura 15: Fluxo de ar sob edifícios através de espaços abertos sob edifícios, tipo pilotis. _____	73
Figura 16: Fluxo através de ruas retas e longas, efeito de canalização. _____	73
Figura 17: Incidência de vento em cantos de edifícios, efeito de canto, em (a) e em (b). _____	74
Figura 18: Em (a), mapa do Brasil destacando o estado da Paraíba; e em (b) mapa do estado da Paraíba, marcada a cidade de João Pessoa. _____	75
Figura 19: Mapa da cidade de João Pessoa e sua divisão política, que conta com 65 bairros, em destaque os bairros relacionados no texto. _____	78
Figura 20: Mapa do estado da Paraíba com tipos de clima segundo Köppen, marcada a cidade de João Pessoa. _____	80
Figura 21: Rosa dos ventos atribuída ao Atlas do Vento do Aeroporto Castro Pinto (284600; 9209600) – 85.01-94.08, destacando as incidências de vento <b>90<sup>o</sup></b> e <b>150<sup>o</sup></b> . _____	81

Figura 22: Detalhe Mapa 2, zonas de restrições adicionais relacionadas ao estudo, quais sejam, a Orla Marítima e o Altiplano do Cabo Branco, Decreto N <sup>o</sup> 6.499/2009, Anexo II do PD 2009. _____	85
Figura 23: Detalhe do Mapa do Macrozoneamento PD 1992, Decreto N <sup>o</sup> 03/1992. _____	87
Figura 24: Detalhe do Mapa do Macrozoneamento PD 2009 (atualizado em janeiro de 2012 com emendas), Decreto N <sup>o</sup> 6.499/2009, Anexo I – Mapa 1. _____	87
Figura 25: Imagem do Altiplano Cabo Branco, vista a partir da Avenida Ministro José Américo de Almeida, abril de 2013. _____	88
Figura 26: Mapa de zoneamento urbano e ambiental do Altiplano do Cabo Branco, Anexo I do Decreto N <sup>o</sup> 5.363/2005, Anexo I. _____	91
Figura 27: delimitação da ZAP do Altiplano Cabo Branco e zoneamento, Decreto N <sup>o</sup> 5.844/2007, Anexo II. _____	93
Figura 28: Uso do solo quadra 01 bairro Altiplano Cabo Branco, Decreto N <sup>o</sup> 7.029/2010. _____	96
Figura 29: Imagens de satélite de duas séries históricas, em (a) imagem de 10-02-2005; e em (b) imagem de 22-07-2013. _____	98
Figura 30: Área de estudo e entorno: limites, formas de relevo, hidrografia e acessos. _____	99
Figura 31: Dimensionamento da área de estudo, mostrada no contexto urbano. _____	100
Figura 32: Representação gráfica esquemática da área estudada com enfoque no zoneamento atual correspondente. _____	101
Figura 33: Demarcação da área ensaiada, abrangendo a identificação das quadras e as incidências de vento estudadas. _____	104
Figura 34: Síntese ilustrativa dos processos relevantes para o presente estudo. _____	106
Figura 35: Balizamento da área de estudo, incluindo ângulos de incidência do vento para os experimentos do escoamento. _____	107
Figura 36: Marcação da região correspondente a área estudada, e ângulos de incidência do vento para os experimentos para pedestres. _____	108
Figura 37: Os dois modelos estudados no interior do túnel de vento, (a) <b>M1</b> , para o rumo 150 <sup>o</sup> ; (b) <b>M2</b> , para o rumo 90 <sup>o</sup> . _____	109
Figura 38: Representação tridimensional esquemática de modelo ensaiado, modelo <b>M2</b> , em destaque dimensões adotadas. _____	110
Figura 39: Vista recente externa do Túnel de Vento Prof. Joaquim Blessmann. _____	111
Figura 40: Indicação dos eixos coordenados adotados pelo Túnel de Vento Prof. Joaquim Blessmann a partir de modelo colocado dentro do túnel. _____	112
Figura 41: Circuito aerodinâmico do Túnel de Vento Prof. Joaquim Blessmann, em destaque a mesa <b>M-II</b> . _____	114

Figura 42: Vista da câmara de simuladores, destacando os dispositivos de geração de camada limite para o expoente $p = 0,11$ , configuração de ensaio <b>0,11</b> .	118
Figura 43: Características do vento simulado, expoente $p = 0,11$ , em (a) perfil vertical de velocidade média; em (b) perfil de intensidade da componente longitudinal da turbulência; e, em (c) perfil da macroescala da componente longitudinal da turbulência.	118
Figura 44: Esboço do dispositivo de simulação utilizado para o expoente $p = 0,11$ , quadro de simuladores, em (a) vista frontal; e, em (b) perspectiva.	119
Figura 45: Vista da câmara de simuladores, destacando os dispositivos de geração de camada limite para o expoente $p = 0,23$ , configuração de ensaio <b>0,23</b> .	120
Figura 46: Características do vento simulado, expoente $p = 0,23$ , em (a) perfil vertical de velocidade média; em (b) perfil de intensidade da componente longitudinal da turbulência; e em (c) perfil da macroescala da componente longitudinal da turbulência.	120
Figura 47: Esboço de elementos de rugosidade utilizado para o expoente $p = 0,23$ ; em (a) planta; e, em (b) perspectiva.	121
Figura 48: Esboço do dispositivo de simulação utilizado para o expoente $p = 0,23$ , quadro de simuladores, em (a) vista frontal; e, em (b) perspectiva.	122
Figura 49: Em (a) vista do tubo de Pitot Prandtl posicionado no túnel; e em (b) micro manômetro eletrônico ManoAir 500 e mangueiras de conexão com o instrumento utilizado; e em (c) barômetro.	124
Figura 50: Em (a) os transdutores do Scanivalve; em (b) micro manômetro ManoAir 500 e em (c), o posicionamento dos anéis piezométricos na parede do túnel.	127
Figura 51: Ilustração resumo dos ensaios relacionados ao escoamento para a área.	131
Figura 52: Ilustração resumo dos ensaios relacionados ao pedestre para a área.	132
Figura 53: Modelos ensaiados; em (a) detalhe de <b>M1</b> para $90^0$ , em destaque mesa auxiliar a sotavento; em (b) <b>M1</b> para $150^0$ , mostrando em primeiro plano mesa auxiliar a sotavento; em (c) <b>M2</b> para $90^0$ , presença da mesa auxiliar a sotavento; e em (d) e (e) <b>M2</b> para $150^0$ , edifícios colocados a barlavento e detalhe mesa auxiliar a sotavento, respectivamente.	134
Figura 54: Área ensaiada, em (a), para os ensaios <b>M1.90<sup>0</sup></b> e <b>M2.90<sup>0</sup></b> ; e em (b), para os ensaios <b>M1.150<sup>0</sup></b> e <b>M2.150<sup>0</sup></b> .	135
Figura 55: Em (a) anemômetro; em (b) suporte para posicionamento da sonda; em (c) sonda – fio quente ou ponta de prova.	137
Figura 56: Em (a) coordenômetro posicionado para ensaios; e em (b) par de sonda – fio quente em suportes, fixadas na haste do coordenômetro para realização dos ensaios.	138
Figura 57: Planta e vistas, longitudinal e transversal, representando o modelo no túnel, mesa <b>M-II</b> , destaca-se a malha proposta para aquisição de dados, linhas, pontos e alturas, modelos <b>M1</b> e <b>M2</b> .	139

Figura 58: Planta com posicionamento dos pontos para medição para o modelo <b>M1</b> , em (a) representação para o rumo de vento $90^{\circ}$ , <b>M1.90<sup>0</sup></b> ; e em (b) representação para o rumo de vento $150^{\circ}$ , <b>M1.150<sup>0</sup></b> .	140
Figura 59: Planta com posicionamento dos pontos para medição para o modelo <b>M2</b> , em (a) representação para o rumo de vento $90^{\circ}$ , <b>M2.90<sup>0</sup></b> ; e em (b) representação para o rumo de vento $150^{\circ}$ , <b>M2.150<sup>0</sup></b> .	140
Figura 60: Aparelhos de leitura e aquisição de dados, em (a) barômetro eletrônico; em (b) higrômetro analógico; e em (c) conjunto de aquisição de dados, destacando dois micro manômetros eletrônicos ManoAir 500.	141
Figura 61: Modelos ensaiados visando o conforto do pedestre, destacando o uso da mesa auxiliar; em (a) <b>M1</b> para $90^{\circ}$ ; em (b) <b>M1</b> para $105^{\circ}$ ; em (c) <b>M2</b> para $90^{\circ}$ ; e em (d) <b>M2</b> para $255^{\circ}$ , presença de modelos representativos de edificações sobre mesa auxiliar.	146
Figura 62: Alcance da área, presença de edifícios para os experimentos relacionados ao pedestre, <b>M1.CP</b> , contorno laranja e <b>M2.CP</b> , contorno vermelho.	147
Figura 63: Os 36 sensores omnidirecionais posicionadas no modelo, destacando a sonda 32.	149
Figura 64: Em (a) o sensor omnidirecional tipo Irwin; em (b) vista superior dos transdutores de 64 canais do Scanivalve; e em (c) representação esquemática em vista superior e corte do sensor omnidirecional tipo Irwin.	150
Figura 65: Localização e identificação dos sensores para tomadas de medidas das velocidades do vento referentes ao nível do pedestre.	152
Figura 66: Em (a) posição <b>26</b> , caminhando rapidamente, para <b>M1</b> e <b>M2</b> ; em (b) posição <b>8</b> , parado, curta exposição, para <b>M1</b> e <b>M2</b> ; em (c) posição <b>31</b> , caminhando rapidamente, para <b>M1</b> , e parado, curta exposição, para <b>M2</b> ; e em (d) posição <b>12</b> , passeio, atividades de carga e descarga, para <b>M1</b> e <b>M2</b> .	153
Figura 67: Classificação das posições, indicação das atividades para cada uma das posições, considerando o modelo <b>M1</b> , ensaio <b>M1.CP</b> .	155
Figura 68: Classificação das posições, indicação das atividades para cada uma das posições, considerando o modelo <b>M2</b> , ensaio <b>M2.CP</b> .	156
Figura 69: Mesa de calibração das sondas Irwin, usada pelo LAC/UFRGS.	157
Figura 70: Aparelhos de leitura e aquisição de dados, em (a) higrômetro analógico; em (b) transdutores de 64 canais do Scanivalve; e em (c) conjunto de aquisição de dados.	158
Figura 71: Perfil vertical de velocidades para o posição <b>P5</b> , em (a) para <b>M1.90<sup>0</sup></b> , em linha tracejada, na cor preta, e em (b) para <b>M2.90<sup>0</sup></b> , representada em linha azul, marcadores quadrados.	163
Figura 72: Perfil vertical de velocidades para o posição <b>P5</b> , em (a) para <b>M1.150<sup>0</sup></b> , em linha tracejada, na cor preta, e em (b) para <b>M2.150<sup>0</sup></b> , representada em linha azul, marcadores quadrados.	163

- Figura 73: Distribuição dos coeficientes de velocidade,  $CV_1$ , em função do ângulo de incidência do vento, para o ensaio **M1.CP**, destacando, em (a) sonda **1**, o maior valor encontrado, **0,96**, para  $0^\circ$ ; e em (b) sonda **20**, o menor valor encontrado, **0,22**, para  $255^\circ$  e  $270^\circ$ . \_\_\_\_\_ 166
- Figura 74: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, ensaio **M1.CP**, período de retorno de **um ano**, em (a) o maior valor encontrado **11,6m/s**, para a sonda **1** para  $0^\circ$ ; e em (b) menor valor encontrado **2,5m/s**, para a sonda **20**, para  $270^\circ$ . \_\_\_\_\_ 185
- Figura 75: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, ensaio **M1.CP**, período de retorno de **um mês**, em (a) o maior valor encontrado **7,9m/s**, para a sonda **1** para  $0^\circ$ ; e em (b) menor valor encontrado **1,7m/s**, para a sonda **20**, para  $255^\circ$  e  $270^\circ$ . \_\_\_\_\_ 188
- Figura 76: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, ensaio **M1.CP**, período de retorno de **uma semana**, em (a) o maior valor encontrado **6,2m/s**, para a sonda **1** para  $0^\circ$ ; e em (b) menor valor encontrado **1,4m/s**, para a sonda **20**, em  $255^\circ$  e  $270^\circ$ . \_\_\_\_\_ 191
- Figura 77: Distribuição dos coeficientes de velocidade,  $CV_1$ , em função do ângulo de incidência do vento, ensaio **M2.CP**, destacando, em (a) sonda **1**, o maior valor, **0,96**, para  $0^\circ$ ; e em (b) sonda **20**, o menor valor, **0,22**, para  $255^\circ$  e  $270^\circ$ . \_\_\_\_\_ 192
- Figura 78: Distribuição das velocidade em função do ângulo de incidência do vento, ensaio **M2.CP**, período de retorno de **um ano**, em (a) o maior valor encontrado **17,9m/s**, para a sonda **1** para  $60^\circ$ ; e em (b) menor valor encontrado **0,7m/s**, para a sonda **20**, em  $195^\circ$  e  $210^\circ$ . \_\_\_\_\_ 217
- Figura 79: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, ensaio **M2.CP**, período de retorno de **um mês**, em (a) o maior valor encontrado **12,1m/s**, para a sonda **1** para  $60^\circ$ ; e em (b) menor valor encontrado **0,5m/s**, para a sonda **20**, para  $195^\circ$  e  $210^\circ$ . \_\_\_\_\_ 220
- Figura 80: Distribuição dos coeficientes de velocidade em função do ângulo de incidência do vento, ensaio **M2.CP**, período de retorno de **uma semana**, em (a) o maior valor encontrado **9,6m/s**, para a sonda **1** para  $60^\circ$ ; e em (b) menor valor encontrado **0,4m/s**, para a sonda **20**, para  $195^\circ$  e  $210^\circ$ . \_\_\_\_\_ 223
- Figura 81: Atividades propostas para o experimento **M1.CP**, modelo **M1** e o período de retorno de **um mês**, em (a) atividades indicadas como “**desconfortável**” para as posições; em (b) atividades que podem ser realizadas em cada uma das posições. \_\_ 233
- Figura 82: Atividades propostas para o experimento **M2.CP**, modelo **M2** e período de retorno de **um mês**, em (a) atividades indicadas como “**desconfortável**” para as posições; em (b) atividades que podem ser realizadas em cada uma das posições. \_\_ 234
- Figura 83: Atividades propostas para o experimento **M1.CP**, modelo **M1** e período de retorno de **uma semana**, em (a) atividades indicadas como “**desconfortável**” para as posições; em (b) atividades que podem ser realizadas em cada uma das posições. \_\_\_\_\_ 235
- Figura 84: Atividades propostas para o o experimento **M2.CP**, modelo **M2** e período de retorno de **uma semana**, em (a) atividades indicadas como “**desconfortável**” para

as posições; em (b) atividades que podem ser realizadas em cada uma das posições. _____	236
Figura 85: Janelas extraídas do software CurveExpert – Power Fit, indicando, em (a) o gráfico em função dos coeficientes; e, em (b) a expressão matemática e os valores atribuídos aos coeficientes <i>a</i> e <i>b</i> . _____	249
Figura 86: Modelo <b>M1, adensamento antigo</b> , no interior do túnel de vento, ensaio <b>M1.150<sup>0</sup></b> , , expoente p <b>0,23</b> ; visualização do tubo de Pitot Prandtl ao centro e acima. _____	251
Figura 87: Modelo <b>M1, adensamento antigo</b> , no interior do túnel de vento, ensaio <b>M1.150<sup>0</sup></b> , expoente p <b>0,23</b> ; visualização dos instrumentos de medição, em primeiro plano, no centro e acima, par de sondas de fio quente fixadas em suportes. _____	252
Figura 88: Detalhe do modelo <b>M1, adensamento antigo</b> , no interior do túnel de vento, vista superior, ensaio <b>M1.90<sup>0</sup></b> para expoente p <b>0,11</b> ; instrumentos de medição posicionados na haste do corrdinmetro, suporte para sondas e sondas de fio quente. _____	252
Figura 89: Detalhe do modelo <b>M1, adensamento antigo</b> , no interior do túnel de vento, vista superior, ensaio <b>M1.90<sup>0</sup></b> para expoente p <b>0,11</b> ; posicionamento do instrumentos de medição junto ao modelo. _____	253
Figura 90: Detalhe do modelo <b>M1, adensamento antigo</b> , no interior do túnel de vento, vista lateral, ensaio <b>M1.90<sup>0</sup></b> para expoente p <b>0,11</b> ; posicionamento do instrumentos de medição junto ao modelo. _____	253
Figura 91: Modelo Modelo <b>M2, adensamento recente</b> , no interior do túnel de vento, ensaio <b>M1.90<sup>0</sup></b> , expoente p <b>0,11</b> ; visualização dos instrumentos de medição, par de sondas de fio quente fixadas em suportes. _____	254
Figura 92: Detalhe do modelo <b>M2, adensamento recente</b> , no interior do túnel de vento, ensaio <b>M2.90<sup>0</sup></b> , expoente p <b>0,11</b> ; sondas de fio quente fixadas em suportes, medição da altura <b>H10</b> . _____	254
Figura 93: Detalhe do modelo <b>M2, adensamento recente</b> , no interior do túnel de vento, vista superior, ensaio <b>M2.90<sup>0</sup></b> , expoente p <b>0,11</b> ; sondas de fio quente junto ao modelo. _____	255
Figura 94: Modelo <b>M2, adensamento recente</b> , no interior do túnel de vento, ensaio <b>M2.150<sup>0</sup></b> , expoente p <b>0,23</b> ; visualização dos instrumentos de medição, par de sondas de fio quente fixadas em suportes, lateral esquerda da imagem. _____	255
Figura 95: Modelo <b>M2, adensamento recente</b> , no interior do túnel de vento, ensaio <b>M2.150<sup>0</sup></b> , expoente p <b>0,23</b> ; visualização dos instrumentos de medição, par de sondas de fio quente fixadas em suportes, no centro e acima da imagem. _____	256
Figura 96: Detalhe do modelo <b>M2, adensamento recente</b> , no interior do túnel de vento, vista superior, ensaio <b>M2.150<sup>0</sup></b> , expoente p <b>0,23</b> ; posicionamento do instrumentos de medição junto ao modelo, entre edifícios. _____	256
Figura 97: Detalhe do modelo <b>M2, adensamento recente</b> , no interior do túnel de vento, vista lateral, ensaio <b>M2.150<sup>0</sup></b> , expoente p <b>0,23</b> ; posicionamento do instrumentos de medição junto ao modelo, medições próximas a edifício. _____	257

Figura 98: Detalhe em da haste de posicionamento do coordenômetro e par de sondas de fio quente fixadas em suportes, junto ao modelo <b>M2, adensamento recente</b> , dentro do túnel, ensaio <b>M2. 150<sup>0</sup></b> , expoente p 0,23. _____	257
Figura 99: Modelo <b>M1, adensamento antigo</b> , no interior do túnel de vento, ensaio <b>M1.CP</b> para expoente p <b>0,11</b> , incidência de vento <b>180<sup>0</sup></b> , uso de duas mesas auxiliares. _____	258
Figura 100: Modelo <b>M1, adensamento antigo</b> , no interior do túnel de vento, ensaios <b>M1.CP</b> para expoente p <b>0,11</b> , incidência de vento <b>150<sup>0</sup></b> , percebe-se o posicionamento das trinta e seis sondas ominidirecionais intaladas na mesa pricipal. _____	259
Figura 101: Modelo <b>M1, adensamento antigo</b> , no interior do túnel de vento, ensaios <b>M1.CP</b> para expoente p <b>0,23</b> , incidência de vento <b>75<sup>0</sup></b> , uso de duas mesas auxiliares. _____	259
Figura 102: Modelo <b>M2, adensamento recente</b> , no interior do túnel de vento, ensaios <b>M2.CP</b> para expoente p <b>0,11</b> , incidência de vento <b>90<sup>0</sup></b> , uso de duas mesas auxiliares. _____	260
Figura 103: Modelo <b>M2, adensamento recente</b> , no interior do túnel de vento, ensaios <b>M2.CP</b> para expoente p <b>0,23</b> , incidência de vento <b>315<sup>0</sup></b> , uso de duas mesas auxiliares. _____	260
Figura 104: Detalhe dos sensores ominidirecionais dispostos na mesa, modelo <b>M2, adensamento recente</b> , ensaio <b>M2.CP</b> , expoente p <b>0,11</b> , incidência de vento <b>150<sup>0</sup></b> . _____	261
Figura 105: Detalhe dos sensores ominidirecionais dispostos na mesa, modelo <b>M2, adensamento recente</b> , ensaio <b>M2.CP</b> , expoente p <b>0,11</b> , incidência de vento <b>180<sup>0</sup></b> . _____	261
Figura 106: Distribuição dos coeficientes de velocidade em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M1.CP, adensamento antigo</b> , modelo <b>M1</b> , sondas <b>1, 2, 3, 4, 5 e 6</b> . _____	266
Figura 107: Distribuição dos coeficientes de velocidade em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M1.CP, adensamento antigo</b> , modelo <b>M1</b> , sondas <b>7, 8, 9, 10, 11 e 12</b> . _____	267
Figura 108: Distribuição dos coeficientes de velocidade em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M1.CP, adensamento antigo</b> , modelo <b>M1</b> , sondas <b>13, 14, 15, 16, 17 e 18</b> . _____	268
Figura 109: Distribuição dos coeficientes de velocidade em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M1.CP, adensamento antigo</b> , modelo <b>M1</b> , sondas <b>19, 20, 21, 22, 23 e 24</b> . _____	269
Figura 110: Distribuição dos coeficientes de velocidade em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M1.CP, adensamento antigo</b> , modelo <b>M1</b> , sondas <b>25, 26, 27, 28, 29 e 30</b> . _____	270
Figura 111: Distribuição dos coeficientes de velocidade em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M1.CP, adensamento antigo</b> , modelo <b>M1</b> , sondas <b>31, 32, 33, 34, 35 e 36</b> . _____	271
Figura 112: Distribuição dos coeficientes de velocidade em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M2.CP, adensamento recente</b> , modelo <b>M2</b> , sondas <b>1, 2, 3, 4, 5 e 6</b> . _____	272

Figura 113: Distribuição dos coeficientes de velocidade em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M2.CP</b> , <b>adensamento recente</b> , modelo <b>M2</b> , sondas <b>7, 8, 9, 10, 11</b> e <b>12</b> .	273
Figura 114: Distribuição dos coeficientes de velocidade em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M2.CP</b> , <b>adensamento recente</b> , modelo <b>M2</b> , sondas <b>13, 14, 15, 16, 17</b> e <b>18</b> .	274
Figura 115: Distribuição dos coeficientes de velocidade em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M2.CP</b> , <b>adensamento recente</b> , modelo <b>M2</b> , sondas <b>19, 20, 21, 22, 23</b> e <b>24</b> .	275
Figura 116: Distribuição dos coeficientes de velocidade em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M2.CP</b> , <b>adensamento recente</b> , modelo <b>M2</b> , sondas <b>25, 26, 27, 28, 29</b> e <b>30</b> .	276
Figura 117: Distribuição dos coeficientes de velocidade em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M2.CP</b> , <b>adensamento recente</b> , modelo <b>M2</b> , sondas <b>31, 32, 33, 34, 35</b> e <b>36</b> .	277
Figura 118: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M1.CP</b> , <b>adensamento antigo</b> , modelo <b>M1</b> , período de retorno de <b>um ano</b> , sondas <b>1, 2, 3, 4, 5</b> e <b>6</b> .	292
Figura 119: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M1.CP</b> , <b>adensamento antigo</b> , modelo <b>M1</b> , período de retorno de um ano, sondas <b>7, 8, 9, 10, 11</b> e <b>12</b> .	293
Figura 120: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M1.CP</b> , <b>adensamento antigo</b> , modelo <b>M1</b> , período de retorno de <b>um ano</b> , sondas <b>13, 14, 15, 16, 16</b> e <b>18</b> .	294
Figura 121: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M1.CP</b> , <b>adensamento antigo</b> , modelo <b>M1</b> , período de retorno de <b>um ano</b> , sondas <b>19, 20, 21, 22, 23</b> e <b>24</b> .	295
Figura 122: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M1.CP</b> , <b>adensamento antigo</b> , modelo <b>M1</b> , período de retorno de <b>um ano</b> , sondas <b>25, 26, 27, 28, 29</b> e <b>30</b> .	296
Figura 123: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M1.CP</b> , <b>adensamento antigo</b> , modelo <b>M1</b> , período de retorno de <b>um ano</b> , sondas <b>31, 32, 33, 34, 35</b> e <b>36</b> .	297
Figura 124: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M1.CP</b> , <b>adensamento antigo</b> , modelo <b>M1</b> , período de retorno de <b>um mês</b> , sondas <b>1, 2, 3, 4, 5</b> e <b>6</b> .	298
Figura 125: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M1.CP</b> , <b>adensamento antigo</b> , modelo <b>M1</b> , período de retorno de <b>um mês</b> , sondas <b>7, 8, 9, 10, 11</b> e <b>12</b> .	299
Figura 126: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M1.CP</b> , <b>adensamento antigo</b> , modelo <b>M1</b> , período de retorno de <b>um mês</b> , sondas <b>12, 14, 15, 16, 17</b> e <b>18</b> .	300

Figura 127: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M1.CP</b> , <b>adensamento antigo</b> , modelo <b>M1</b> , período de retorno de <b>um mês</b> , sondas <b>19, 20, 21, 22, 23 e 24</b> .	301
Figura 128: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M1.CP</b> , <b>adensamento antigo</b> , modelo <b>M1</b> , período de retorno de <b>um mês</b> , sondas <b>25, 26, 27, 28, 29 e 30</b> .	302
Figura 129: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M1.CP</b> , <b>adensamento antigo</b> , modelo <b>M1</b> , período de retorno de <b>um mês</b> , sondas <b>31, 32, 33, 34, 35 e 36</b> .	303
Figura 130: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M1.CP</b> , <b>adensamento antigo</b> , modelo <b>M1</b> , período de retorno de <b>uma semana</b> , sondas <b>1, 2, 3, 4, 5 e 6</b> .	304
Figura 131: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M1.CP</b> , <b>adensamento antigo</b> , modelo <b>M1</b> , período de retorno de <b>uma semana</b> , sondas <b>7, 8, 9, 10, 11 e 12</b> .	305
Figura 132: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M1.CP</b> , <b>adensamento antigo</b> , modelo <b>M1</b> , período de retorno de <b>uma semana</b> , sondas <b>13, 14, 15, 16, 17 e 18</b> .	306
Figura 133: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M1.CP</b> , <b>adensamento antigo</b> , modelo <b>M1</b> , período de retorno de <b>uma semana</b> , sondas <b>19, 20, 21, 22, 23 e 24</b> .	307
Figura 134: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M1.CP</b> , <b>adensamento antigo</b> , modelo <b>M1</b> , período de retorno de <b>uma semana</b> , sondas <b>25, 26, 27, 28, 29 e 30</b> .	308
Figura 135: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M1.CP</b> , <b>adensamento antigo</b> , modelo <b>M1</b> , período de retorno de <b>uma semana</b> , sondas <b>31, 32, 33, 34, 35 e 36</b> .	309
Figura 136: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M2.CP</b> , <b>adensamento recente</b> , modelo <b>M2</b> , período de retorno de <b>um ano</b> , sondas <b>1, 2, 3, 4, 5 e 6</b> .	310
Figura 137: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M2.CP</b> , <b>adensamento recente</b> , modelo <b>M2</b> , período de retorno de <b>um ano</b> , sondas <b>7, 8, 9, 10, 11 e 12</b> .	311
Figura 138: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M2.CP</b> , <b>adensamento recente</b> , modelo <b>M2</b> , período de retorno de <b>um ano</b> , sondas <b>13, 14, 15, 16, 17 e 18</b> .	312
Figura 139: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M2.CP</b> , <b>adensamento recente</b> , modelo <b>M2</b> , período de retorno de <b>um ano</b> , sondas <b>19, 20, 21, 22, 23 e 24</b> .	313
Figura 140: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M2.CP</b> , <b>adensamento recente</b> , modelo <b>M2</b> , período de retorno de <b>um ano</b> , sondas <b>24, 25, 26, 27, 28 e 29</b> .	314

Figura 141: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M2.CP</b> , <b>adensamento recente</b> , modelo <b>M2</b> , período de retorno de <b>um ano</b> , sondas <b>31, 32, 33, 34, 35</b> e <b>36</b> .	315
Figura 142: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M2.CP</b> , <b>adensamento recente</b> , modelo <b>M2</b> , período de retorno de <b>um mês</b> , sondas <b>1, 2, 3, 4, 5</b> e <b>6</b> .	316
Figura 143: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M2.CP</b> , <b>adensamento recente</b> , modelo <b>M2</b> , período de retorno de <b>um mês</b> , sondas <b>7, 8, 9, 10, 11</b> e <b>12</b> .	317
Figura 144: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M2.CP</b> , <b>adensamento recente</b> , modelo <b>M2</b> , período de retorno de <b>um mês</b> , sondas <b>13, 14, 15, 16, 17</b> e <b>18</b> .	318
Figura 145: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M2.CP</b> , <b>adensamento recente</b> , modelo <b>M2</b> , período de retorno de <b>um mês</b> , sondas <b>19, 20, 21, 22, 23</b> e <b>24</b> .	319
Figura 146: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M2.CP</b> , <b>adensamento recente</b> , modelo <b>M2</b> , período de retorno de <b>um mês</b> , sondas <b>25, 26, 27, 28, 29</b> e <b>30</b> .	320
Figura 147: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M2.CP</b> , <b>adensamento recente</b> , modelo <b>M2</b> , período de retorno de <b>um mês</b> , sondas <b>31, 32, 33, 34, 35</b> e <b>36</b> .	321
Figura 148: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M2.CP</b> , <b>adensamento recente</b> , modelo <b>M2</b> , período de retorno de <b>uma semana</b> , sondas <b>1, 2, 3, 4, 5</b> e <b>6</b> .	322
Figura 149: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M2.CP</b> , <b>adensamento recente</b> , modelo <b>M2</b> , período de retorno de <b>uma semana</b> , sondas <b>7, 8, 9, 10, 11</b> e <b>12</b> .	323
Figura 150: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M2.CP</b> , <b>adensamento recente</b> , modelo <b>M2</b> , período de retorno de <b>uma semana</b> , sondas <b>13, 14, 15, 16, 17</b> e <b>18</b> .	324
Figura 151: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M2.CP</b> , <b>adensamento recente</b> , modelo <b>M2</b> , período de retorno de <b>uma semana</b> , sondas <b>19, 20, 21, 22, 23</b> e <b>24</b> .	325
Figura 152: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M2.CP</b> , <b>adensamento recente</b> , modelo <b>M2</b> , período de retorno de <b>uma semana</b> , sondas <b>25, 26, 27, 28, 29</b> e <b>30</b> .	326
Figura 153: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento <b>M2.CP</b> , <b>adensamento recente</b> , modelo <b>M2</b> , período de retorno de <b>uma semana</b> , sondas <b>31, 32, 33, 34, 35</b> e <b>36</b> .	327
Figura 154: Isopletas da velocidade básica do vento $V_0$ [m/s], indicação da localização da cidade de João Pessoa-PB.	328

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: Valores dos coeficientes de velocidade a dois metros de altura, ensaio **M1.CP**, **adensamento antigo**, modelo **M1**. \_\_\_\_\_263
- Tabela 2: Valores dos coeficientes de velocidade a dois metros de altura, ensaio **M2.CP**, **adensamento recente**, modelo **M2**. \_\_\_\_\_264
- Tabela 3: Velocidades do vento sobre três segundos, a dois metros de altura, ensaio **M1.CP**, **adensamento antigo**, modelo **M1**, período de retorno de **um ano**. \_\_\_\_\_279
- Tabela 4: Velocidades do vento sobre três segundos, a dois metros de altura, ensaio **M1.CP**, **adensamento antigo**, modelo **M1**, período de retorno de **um mês**. \_\_\_\_\_281
- Tabela 5: Velocidades do vento sobre três segundos, a dois metros de altura, ensaio **M1.CP**, **adensamento antigo**, modelo **M1**, período de retorno de **uma semana**. \_\_\_\_283
- Tabela 6: Velocidades do vento sobre três segundos, a dois metros de altura, ensaio **M2.CP**, **adensamento recente**, modelo **M2**, período de retorno de **um ano**. \_\_\_\_\_285
- Tabela 7: Velocidades do vento sobre três segundos, a dois metros de altura, ensaio **M2.CP**, **adensamento recente**, modelo **M2**, período de retorno de **um mês**. \_\_\_\_\_287
- Tabela 8: Velocidades do vento sobre três segundos, a dois metros de altura, ensaio **M2.CP**, **adensamento recente**, modelo **M2**, período de retorno de **uma semana**. \_\_\_\_289

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Velocidade de rajada, relação dos valores para a Equação 3 e dos valores colocados na Escala Beaufort, Quadro 47.	65
Quadro 2: zonas adensável e não adensável e seus respectivos índices de aproveitamento para o PD 1992 e o PD 2009.	84
Quadro 3: Especificações de uso e ocupação do solo para o setor SSA, Decreto N <sup>o</sup> 5.363/2005.	90
Quadro 4: Especificações de uso e ocupação do solo para subzonas ACB, BCB e CCB, e na zona ZR3, Decreto N <sup>o</sup> 5.363/2005.	90
Quadro 5: indicadores urbanísticos para os usos H6 e H7 para os limites da ZAP, Decreto N <sup>o</sup> 5.844/2007, Anexo III.	93
Quadro 6: Quadro resumido de zoneamento de usos do solo para ZR3, Decreto N <sup>o</sup> 5.900/2007, Anexos.	94
Quadro 7: Quadro resumido de zoneamento de usos do solo para ZA3, Decreto N <sup>o</sup> 5.900/2007, Anexos.	95
Quadro 8: Perfil resumido dos indicadores incidentes na área estudada.	102
Quadro 9: valores do expoente $p$ (sobre 1 hora) utilizados no túnel de vento Prof. Joaquim Blessmann, em destaque os valores usados nesta pesquisa.	116
Quadro 10: Critérios de conforto utilizados pelo LAC para avaliar as condições de vento previstas.	129
Quadro 11: Correspondência entre números de Beaufort, a 10m e ao nível do pedestre 2m, para rajada máxima sobre três segundos.	130
Quadro 12: Atributos dos modelos, <b>M1</b> e <b>M2</b> , distintivos das condições ensaiadas e peculiaridades dos modelos.	133
Quadro 13: Identificação do quantitativo e da tipologia das edificações por ensaio, sendo, <b>M1.90<sup>o</sup></b> , <b>M1.150<sup>o</sup></b> , <b>M2.90<sup>o</sup></b> e <b>M2.150<sup>o</sup></b> .	136
Quadro 14: Características dos modelos, <b>M1</b> e <b>M2</b> , particularidades das condições ensaiadas e peculiaridades dos modelos.	145
Quadro 15: Identificação do quantitativo e da tipologia das edificações por ensaio, sendo, <b>M1.CP</b> e <b>M2.CP</b> , considerando apenas as quadras ocupadas por edificações.	148
Quadro 16: Classificação de utilização das posições instrumentadas para o modelo <b>M1</b> , ensaio <b>M1.CP</b> .	154
Quadro 17: Classificação de utilização das posições instrumentadas do modelo <b>M2</b> , ensaio <b>M2.CP</b> .	155
Quadro 18: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade <b>caminhando rapidamente (1)</b> , ensaio <b>M1.CP</b> , período de retorno de um ano.	169

- Quadro 19: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, ensaio **M1.CP**, período de retorno de um ano. \_170
- Quadro 20: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **parado, curta exposição (3)**, ensaio **M1.CP**, período de retorno de um ano. \_\_\_\_\_171
- Quadro 21: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**, ensaio **M1.CP**, período de retorno de um ano. \_\_\_\_\_172
- Quadro 22: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **caminhando rapidamente (1)**, ensaio **M1.CP**, período de retorno de um mês. \_\_\_\_\_175
- Quadro 23: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, ensaio **M1.CP**, período de retorno de um mês. \_175
- Quadro 24: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **parado, curta exposição (3)**, ensaio **M1.CP**, período de retorno de um mês. \_\_\_\_\_176
- Quadro 25: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**, ensaio **M1.CP**, período de retorno de um mês. \_\_\_\_\_177
- Quadro 26: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **caminhando rapidamente (1)**, ensaio **M1.CP**, período de retorno de uma semana. \_\_180
- Quadro 27: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, ensaio **M1.CP**, período de retorno de uma semana. \_\_\_\_\_181
- Quadro 28: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **parado, curta exposição (3)**, ensaio **M1.CP**, período de retorno de uma semana. \_\_\_\_\_182
- Quadro 29: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**, ensaio **M1.CP**, período de retorno de uma semana. \_\_182
- Quadro 30: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **caminhando rapidamente (1)**, ensaio **M2.CP**, período de retorno de um ano. \_\_\_\_\_195
- Quadro 31: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, ensaio **M2.CP**, período de retorno de um ano. \_197
- Quadro 32: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **parado, curta exposição (3)**, ensaio **M2.CP**, período de retorno de um ano. \_\_\_\_\_198
- Quadro 33: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**, ensaio **M2.CP**, período de retorno de um ano. \_\_\_\_\_200
- Quadro 34: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **caminhando rapidamente (1)**, ensaio **M2.CP**, período de retorno de um mês. \_\_\_\_\_204
- Quadro 35: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, ensaio **M2.CP**, período de retorno de um mês. \_205
- Quadro 36: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **parado, curta exposição (3)**, ensaio **M2.CP**, período de retorno de um mês. \_\_\_\_\_206

Quadro 37: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade <b>parado, sentado, longa exposição (4)</b> , ensaio <b>M2.CP</b> , período de retorno de um mês. _____	207
Quadro 38: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade <b>caminhando rapidamente (1)</b> , ensaio <b>M2.CP</b> , período de retorno de uma semana. ____	211
Quadro 39: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade <b>passeio, atividades de carga e descarga (2)</b> , ensaio <b>M2.CP</b> , período de retorno de uma semana. _____	212
Quadro 40: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade <b>parado, curta exposição (3)</b> , ensaio <b>M2.CP</b> , período de retorno de uma semana. _____	213
Quadro 41: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade <b>parado, sentado, longa exposição (4)</b> , ensaio <b>M2.CP</b> , período de retorno de uma semana. ____	214
Quadro 42: Classificação para as trinta e seis sondas estudadas, <b>adensamento antigo – M1</b> e o <b>adensamento recente – M2</b> . _____	230
Quadro 43: Atividades que podem ser realizadas em cada posição, <b>adensamento antigo – M1</b> e <b>adensamento recente – M2</b> , para o período de retorno de <b>um ano</b> , de <b>um mês</b> e de <b>uma semana</b> . _____	232
Quadro 44: Correspondência entre as tomadas do modelo, mesa de calibração, e os canais do Scanivalve. _____	247
Quadro 45: Vento simulado, correlação entre o ângulo de incidência do vento estudado e o ângulo marcado na mesa de ensaio. _____	248
Quadro 46: Valores mínimos do fator estatístico <b>S3</b> . _____	329
Quadro 47: Fator estatístico <b>S3</b> . _____	330
Quadro 48: Escala Beaufort. _____	333
Quadro 49: Atlas de vento do Aeroporto Castro Pinto (284600 ; 9209600) – 85.01-94.08.	334
Quadro 50: Classificação dos usos e atividades, Decreto N <sup>o</sup> 5363/2005, Anexo II. _____	336
Quadro 51: Descrição e exemplos das categorias de rugosidade do terreno, e valores correspondentes do expoente p (sobre 1 hora) em lei de potência. _____	341

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACB: Sub-zona A Cabo Branco

BCB: Sub-zona B Cabo Branco

BLWT: Boundary Layer Wind Tunnel

CCB: Sub-zona C Cabo Branco

CFD: Computacional Fluid Dynamics

CL: Canopy Layer

CLA: Camada Limite Atmosférica

COST C14: Impacto f Wind and Storm on City Life and Built Environment

CSTDI: Curso Superior de Tecnologia em Design de Interiores

DINTER: Doutorado Interinstitucional

EE: Escola de Engenharia

H/W: Height/Width

IDNDR: International Decade for Natural Disaster Reduction

IFPB: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

IFRN: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

INOCOOP: Instituto Nacional de Orientação das Cooperativas Habitacionais

IS: Inertial Sublayer

LAC: Laboratório de Aerodinâmica das Construções

LDA: Laser Doppler Velocimetry

NBR: Norma Brasileira

PB: Paraíba

PD: Plano Diretor

PMJP: Prefeitura Municipal de João Pessoa

PIV: Particle Image Velocimetry

POA: Porto Alegre

PPGEC: Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

RS: Roughness Sublayer

SAA: Setor de Amenização Ambiental  
SFH: Sistema Financeiro de Habitação  
SER: Setor Residencial Especial  
SL: Surface Layer  
UBL: Urban Boundary Layer  
UFPB: Universidade Federal da Paraíba  
UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
UFRJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro  
UNNE: Universidad Nacional Del Nordeste  
USP: Universidade de São Paulo  
ZA3: Zona Axial Tambaú  
ZAP: Zona Adensável Prioritária  
ZANP: Zona Adensável não Prioritária  
ZEP: Zonas Especiais de Preservação  
ZNA: Zona não Adensável  
ZRA: Zona de Restrições Adicionais  
ZR3: Zona Residencial 3  
TI: Tecnologia da Informação



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 MOTIVAÇÃO E CONTEXTO

A atual configuração urbana das cidades denota a falta de um planejamento adequado, – que considere, entre outras, as condições ambientais do local – busca-se o “desenvolvimento” que muitas vezes vem associado ao crescimento desordenado das urbes – os limites naturais são extrapolados, são definidos limites técnicos, econômicos, sociais, políticos. Essas situações não são privilégio apenas dos grandes centros, que crescem cada vez mais, mas também estão presentes nas cidades menores, apresentadas como “ótimo lugar para se viver”. Ressalta-se que o crescimento desordenado, muitas vezes está vinculado a questões relacionadas ao uso e ocupação do solo inapropriados, assim como, sem vínculos com as questões ambientais, sejam, térmica, visual, acústica ou de qualidade do ar, prejudicando a condição ambiental das cidades.

A cidade mostra-se como um fato histórico, geográfico, não deixando de ser, acima de tudo, um fato social, pois com o aparecimento da cidade surgiu à história e a civilização, diz-se que o homem atingiu o estado civilizado com o advento da cidade. O seu surgimento, mais remoto em fins do neolítico, ainda na pré-história, e princípios do período histórico; está relacionado à necessidade de proteção, com o acontecimento das “cidades fortificadas”, caracterizadas pelo domínio das populações agrícolas pelos pastores, e estes em troca lhes davam proteção; este período é marcado também pelo aparecimento da escrita, origem dos tempos históricos.

Vincula-se a cidade a existência de área urbanizada, o mesmo que dizer, áreas caracterizadas por edificações contínuas e existência de equipamentos sociais, tais como: meio fio, drenagem de águas pluviais, abastecimento de água, esgotos, iluminação pública, escola de ensino fundamental, posto de saúde; e clara ocupação humana. A cidade é um fenômeno complexo, é importante o diálogo entre as várias áreas de conhecimento para desenvolver estudos que abordem a cidade – o meio urbano. Ainda mais que, a concepção de cidade varia de lugar para lugar, e, na maioria das vezes são considerados apenas critérios quantitativos.

---

Ao longo do tempo, as cidades tiveram altos e baixos no que se refere a sua importância e ao seu crescimento, estes fatos acompanham acontecimentos históricos marcantes, como foi o caso da grande desurbanização ocorrida aproximadamente entre o século V e o século IX. Assim como, o inverso, a intensa urbanização e consequente renascimento a partir do século XIII, aumentando a importância das cidades ao longo da idade moderna, principalmente nos séculos XVI e XVII.

O crescimento explosivo das cidades acontece a partir de fins do século XVIII e início do século XIX, em período denominado idade da máquina, Revolução Industrial (1760-1830), que favoreceu ao aparecimento do industrialismo e do capitalismo. Nesse período as indústrias localizavam-se no contexto urbano, aproveitando a proximidade da mão-de-obra, bem como, o mercado consumidor, passando a urbe a ser centro de produção e do comércio. Fato que contribuiu para que a cidade fosse dividida em diferentes zonas, caracterizadas pelas atividades funcionais predominantes na época, áreas distintas que abrigavam indústrias, comércios e residências, fazendo-se imprescindível a determinação de usos ao solo urbano, zoneamento.

Na Europa, as cidades impulsionadas pelas fábricas, localizadas no contexto urbano, tiveram o seu crescimento acelerado, fazendo surgir as primeiras leis urbanísticas, algumas determinavam tão somente o traçado a ser seguido na implantação das novas cidades, outras se preocupavam apenas com o saneamento, a comunicação e a estética das cidades, as orientações direcionavam-se no sentido de resolver os problemas emergenciais da época. Em fins do século XIX, surgiu lei urbanística, na Suécia, seguida por muitos países, e que preceituava acerca da necessidade de toda cidade com mais de dez mil habitantes ter o seu plano de expansão, havendo então a preocupação com o planejamento e crescimento das cidades.

No Brasil, de 1940 a 2000, a população urbana aumentou mais de dez vezes, crescendo a níveis significativamente mais altos que a população total do país, mas foi depois de 1950, que o país deixou de ter características rurais caminhando no sentido de um país mais urbanizado, chegando ao ano 2000 a um grau de urbanização equivalente a 81,23% (IBGE, 2000)<sup>1</sup>. Atesta-se então, a grande mobilidade da população brasileira, que juntamente com o aumento da população propiciou a formação da rede urbana no país. Assim como na Europa, no Brasil, houve uma correlação entre industrialização e a formação

---

<sup>1</sup> Dados da **Sinopse preliminar do Censo demográfico 2000 – volume 7**. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/sinopse\\_preliminar/Censo2000sinopse.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/sinopse_preliminar/Censo2000sinopse.pdf)>. Acesso em: 03 março 2013.

---

das cidades, urbanização, fato que influenciou fortemente as características territoriais, populacionais e econômicas do Brasil.

O processo de urbanização acelerado aconteceu, sobretudo entre 1970 e 2000, até então as cidades brasileiras nunca tinham crescido tanto e tão rapidamente, em apenas trinta anos o país deixou de lado a economia de base agrária, tornando-se industrializado, e conseqüentemente bastante urbanizado. O rápido processo de urbanização acarretou conflitos sobre as cidades, e implicações para o ambiente natural, gerando novos movimentos populacionais, este impacto não foi mais extenso devido à diminuição da dimensão do crescimento econômico notado nos anos 1980.

Percebe-se a pouca eficiência dos instrumentos de ordenamento urbano utilizados até momento, no que se refere à conexão com a gestão urbana, relacionado sobretudo ao uso e ocupação do território. Diante dos relatos acerca dos movimentos relacionados a formação das cidades, manifesta-se a necessidade de uma constante atualização, na orientação do uso e da ocupação do solo urbano frente aos constantes acontecimentos relacionados a urbanização, acendendo, desta forma, um canal de discussão acerca de alternativas de planejamento, de controle e de intervenção urbanas. Assim como, a discussão, o monitoramento e a revisão dos planos em vigor, bem como, a concepção e a concretização de novos modelos de desenho urbano a serem adotados na condução da expansão e da formação das cidades.

Sendo também relevante, neste contexto, a necessidade de uma equipe multidisciplinar para estudar a cidade, assim como, o conhecimento por parte dos estudiosos dos problemas relativos ao planejamento e a gestão urbanas. Pois, o planejamento e a gestão urbanas são, potencialmente, esquemas e ferramentas de promoção de mudança social positiva – desenvolvimento “sócioespacial”, desenvolvimento urbano. Sabe-se que o planejamento tem o foco no momento futuro, enquanto que a gestão tem o foco no momento atual. Neste contexto, Souza (2008, p. 46) percebe o planejamento como ferramenta para “[...] tentar prever a evolução de um fenômeno ou, [...] tentar simular os desdobramentos de um processo, com o objetivo de melhor precaver-se contra prováveis problemas ou, inversamente, com o fito de melhor tirar partido de prováveis benefícios.”.

A legislação urbanística e o planejamento municipal urbano conferem juntos, indicativos para a concretização dos parâmetros estabelecidos para as áreas urbanas correspondentes. Sendo imprescindível a adoção de questões que identifique não só o modo utilizado para a distribuição de pessoas, de atividades e de fluxos sobre o território urbano, mas que relacione o modelo de ocupação com as características do clima da

---

cidade. Garantindo o padrão de adensamento e a qualidade da expansão urbana, tendo como referência a estratégia de uso e ocupação do solo urbano e a legislação urbanística.

O clima urbano, que envolve o clima do espaço terrestre mais a sua urbanização, resulta de fatores climáticos globais, assim como, de fatores locais, como revestimento do solo, topografia, e ainda, dos elementos climáticos, entre os quais, a velocidade do vento. Sendo assim, assegura-se, então, que o clima urbano é extremamente influenciado pelo entorno construído, encontrando-se diferenças nas condições microclimáticas entre áreas urbanas, que também advém da orientação da malha urbana e implantação de edifícios. Assim como, da presença de áreas verdes, da forma do edifício, da escolha dos materiais para os edifícios e para os espaços exteriores, e ainda, do desenho urbano adotado. Podendo esses aspectos contribuir, de maneira positiva ou negativa, para a manutenção dos níveis de conforto térmico, lumínico, acústico e da qualidade do ar.

Como mencionado, o fluxo de ar urbano é alterado em função das configurações da geometria das cidades, em particular dos edifícios, que abrange também verticalização e adensamento, para o pedestre estas condições podem gerar ambientes favoráveis ou não em relação à ventilação de conforto, zonas de conforto ou desconforto, respectivamente. Situações de vento mais intensas, ao nível de pedestres, são mais prováveis de ocorrer em torno de edifícios, de maneira particular quando da existência de edifícios expressivamente mais altos em relação ao seu entorno, assim como, em esquinas e em áreas de fluxo de ar canalizado. Enquanto que situações de vento mais moderadas, referindo-se da mesma forma ao nível do pedestre, acontecem em áreas onde predominam uma altura relativamente uniforme de edificações.

Diante das colocações anteriores, vislumbram-se as áreas urbanas como lugar propício para o desenvolvimento de estudos que busquem a demonstração das condições ambientais do local. Com o intuito de extrair evidências favoráveis no sentido da garantia na investigação de resultados mais adequados para o meio ambiente, visando à melhoria da qualidade ambiental das cidades, com reflexo direto na melhoria da qualidade de vida da população, no caso da presente pesquisa, do pedestre.

O presente trabalho abrange estudo do conforto do pedestre em relação ao vento através de experimentos em túnel de vento, possibilitando definir com maior precisão os campos de vento para o recorte urbano estudado, assim como, as condições de vento para o nível do pedestre. Consideram-se dois adensamentos, e verificam-se as condições para realização de atividades próprias do pedestre, determinadas em função da ocupação do solo urbano para cada um dos adensamentos, referentes à mesma área urbana. O estudo

---

possibilita a identificação de situações relacionadas ao conforto do pedestre em relação ao vento determinadas para o pedestre, em função do uso e da ocupação do solo, conferidos pelos modelos ensaiados, dois diferentes adensamentos. Abordam-se condições reais do local, sendo assim, pode-se colaborar com a proposição de indicadores advindos da relação entre o padrão de adensamento e as condições de conforto do pedestre, contribuindo para o planejamento, o controle e a intervenção em áreas urbanas.

Então, a localidade avaliada, trata-se de área urbana da cidade de João Pessoa-PB, que abrange em sua maioria parte do bairro Altiplano Cabo Branco e pequena parte do bairro Cabo Branco<sup>2</sup>. E, estuda particularmente a relação entre o padrão de adensamento e o conforto do pedestre em relação ao vento, parte da suposição de que o padrão de adensamento altera o fluxo de ar urbano influenciando as condições de vento ao nível do pedestre – conforto. Diante das proposições delineadas referentes a duas propostas de adensamento, quais os impactos mais significativos para o conforto do pedestre, e, conseqüentemente para o meio urbano, relacionados a estas estruturas edificadas estudadas, e se as situações mais adensadas e verticalizadas conferem situações mais adversas ao pedestre.

## 1.2 ABRANGÊNCIA E RELEVÂNCIA DO PROBLEMA

O cenário de crescimento que acontece nas cidades brasileiras tem mudado a paisagem citadina, estas mudanças, muitas vezes, são guiadas por acontecimentos empíricos, e dificilmente estão ligados a ações que indicam a correta utilização do território. Quando motivadas, por fatores econômicos e/ou políticos, a prioridade é a mero uso e ocupação do solo, na maioria dos casos, sem vínculo técnico multidisciplinar. E mesmo quando motivadas por questões técnicas, sociais e/ou espaciais, ainda que, havendo a preocupação com questões ambientais, são raros os casos que contemplam na legislação indicativos de políticas urbanas, baseados na compreensão do clima e recomendados para consolidar uma expansão urbana que garanta a qualidade ambiental nas cidades.

Atenta-se que, para a manutenção das condições de conforto ambiental do espaço da cidade, é imprescindível a correta gestão do território urbano, que deve ser materializado através da legislação urbanística, pois esta é a conexão entre planejamento e gestão urbana, e a concretização das proposições para o território. Sendo assim, as atualizações dos planos urbanísticos devem acatar a indicação de padrão de adensamento que afiance a

---

<sup>2</sup> Conforme capítulo 4 **CARACTERIZAÇÃO DA CIDADE DE JOÃO PESSOA**, ponto 4.4 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, p. 98.

---

qualidade da expansão urbana, contemplando, entre outros, parâmetros que relacionam o padrão de ocupação ao clima da cidade, ao microclima do local, assim como, as suas características ambientais naturais.

Enfim, neste sentido, procura-se apreender de que modo os padrões de adensamento urbanos, o mesmo que dizer, configurações de vizinhança, podem impactar no conforto de pedestres em relação ao vento, a partir de avaliação de área urbana da cidade de João Pessoa-PB. E como ligeiramente colocado, considera estudos experimentais em túnel de vento de camada limite, realizados em modelos em escala reduzida correspondentes à área estudada, que equivalem a trechos dos bairros Altiplano Cabo Branco e Cabo Branco. Ensaio em túnel de vento são eficazes para estudos específicos do meio urbano, é claro, desde que garantidas as condições de semelhança entre o ambiente real e o ambiente reproduzido em túnel de vento. Sendo assim, refletem, através dos ensaios, de maneira fiel, as velocidades que incidem no ambiente real, além de serem executados em menos tempo, assim como, a custos menores, do que tomadas realizadas no local.

Sendo assim, pode-se dizer que experimentos de simulação das condições de vento do contexto urbano, com modelos em escala reduzida, em túnel de vento, são considerados uma ferramenta importante para o estudo do meio urbano. E, relacionam-se diretamente com a definição das condições de vento para a área pesquisada, através dos ensaios relacionados ao escoamento de vento, assim como, ao comportamento do vento ao nível do pedestre. Sendo o espaço urbano bastante mutável, sujeito a alterações, e de certa forma adaptável às situações colocadas pelo homem, ações antrópicas, que refletem para o próprio homem, para a pesquisa, propiciando condições de desconforto para a realização de atividades comuns pelo pedestre, fato que leva a queda da qualidade do ambiente urbano.

A ciência das condições do pedestre frente ao vento no meio urbano identifica as situações que refletem diretamente para o pedestre na produção de zonas de conforto e de desconforto. Baseando-se nos critérios de conforto para o pedestre, estabelecidos a partir da escala de Beaufort, a pesquisa contribui para a melhoria da qualidade ambiental das cidades, através do estudo da garantia da realização de atividades habituais, desenvolvidas no meio urbano com nível de conforto relativo aconselhável. Pelo meio do registro de dados ao nível do pedestre, no entorno de edificações, é possível a apreciação das possibilidades de impactos causados aos pedestres, advindos, neste caso, das diferentes configurações de vizinhança estudadas. Sendo assim, pelo exposto, assegura-se que esta pesquisa delimita-se a estudar, às configurações de vizinhança e o conforto do pedestre, relacionando-os.

---

### 1.3 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é analisar o conforto do pedestre em relação ao vento em analogia a padrões de adensamento urbanos, considerando experimentos em túnel de vento, a partir do julgamento de área urbana da cidade de João Pessoa-PB.

Trabalho de caráter experimental, que se utiliza da simulação da Camada Limite Atmosférica (CLA) em túnel de vento, através da simulação das características dos ventos naturais para a área estudada, e considerando as configurações de vizinhança propostas pela pesquisa. E, diante da possibilidade de melhoria da qualidade ambiental através da proposição de indicadores para a garantia do conforto do pedestre, servindo de guia para o uso e ocupação do solo urbano.

Avalia-se o escoamento de ar, através de medições junto aos modelos, assim como, a condição de vento ao nível do pedestre, pelo meio de medições no nível do solo e a aproximadamente dois metros do solo, permitindo o julgamento dos impactos causados ao pedestre. Estuda-se de que forma o padrão de adensamento altera o fluxo de ar urbano influenciando as condições de vento ao nível de pedestres, impactando em seu conforto. Estabelecendo como objetivos secundários:

- a) determinar o conforto ambiental urbano ao nível do pedestre;
- b) assegurar a correlação entre o padrão de ocupação e as características do clima do local;
- c) proporcionar a inclusão do conforto do pedestre nas decisões do instrumento urbanístico relativos ao uso e ocupação do solo urbano;
- d) avaliar a melhoria do conforto do pedestre em ambiente urbano, quando realiza atividades próprias conferidas pelo uso e ocupação do solo.

O contexto atual vivido pelas cidades relaciona-se diretamente com o comprometimento, no que diz respeito, sobretudo, à constante adequação de seus instrumentos urbanísticos às realidades vigentes de crescimento e expansão urbanos visando à garantia da habitabilidade. Reforça-se que para concretização desse conjunto é importante o conversa entre vários campos do conhecimento, sendo imprescindível, o ajustamento desses instrumentos às realidades do clima do local, entre outras demandas, para que não se caminhe para situações ambientais não aceitáveis.

## 1.4 ESTRUTURA DA TESE

Esta pesquisa, tese de doutorado, estrutura-se em **OITO CAPÍTULOS**, contemplando ainda **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS, APÊNDICES e ANEXOS**. O primeiro tema, **capítulo 1 – INTRODUÇÃO**, aborda inicialmente a motivação e o contexto, objeto de estudo e proposição; em seguida a abrangência e relevância do problema; continuando com a apresentação dos objetivos, e, por último, a descrição da estrutura contemplada pela tese.

O **capítulo 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA** trata o estado da arte acerca do tema estudado, apreciação cuidadosa e abrangente dos estudos atuais já desenvolvidos, apresentada de maneira contextualizada, considerando as publicações clássicas e recentes, com o escopo de conhecer e estabelecer julgamentos acerca do tema abordado pela pesquisa.

No capítulo seguinte: **capítulo 3 – CONCEITOS FUNDAMENTAIS**, versam-se acerca de considerações relevantes e que fundamentam a pesquisa. Abordam-se matérias relacionadas à ventilação natural, camada limite atmosférica, velocidade máxima do vento; os critérios para classificação do conforto do pedestre; a escala Beaufort, rajadas de vento, perfil de velocidades médias, e uso da escala Beaufort para rajadas de curta duração; e o conforto do pedestre em ambiente urbano, implicações do vento no pedestre.

O **capítulo 4 – CARACTERIZAÇÃO DA CIDADE DE JOÃO PESSOA** apresenta o universo de estudo, iniciando com caracterização da cidade de João Pessoa-PB; em seguida, expõe dados significativos relacionados à cidade foco do estudo, relacionados ao clima, e aos instrumentos de ordenamento urbano, legislação para o uso e ocupação do solo urbano – zoneamento; e por último a delimitação da área de estudo.

No **capítulo 5 – PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL**, descrevem-se os elementos envolvidos nos experimentos, tanto para o ensaio de simulação de escoamento de camada limite, quanto para o ensaio de tomada de pressão ao nível do pedestre, incluindo a descrição: dos modelos ensaiados; das instalações experimentais, Túnel de Vento Prof. Joaquim Blessmann da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); e das características do vento natural simulado, velocidade do vento no túnel de vento, coeficiente de velocidade e condições de vento ao nível do pedestre.

O tópico que segue, **capítulo 6 – ENSAIOS EM TÚNEL DE VENTO** descreve os ensaios experimentais realizados em túnel de vento de camada limite. Retratando para cada uma das categorias de ensaios, sejam, escoamento de camada limite e conforto do

---

pedestre, as características dos ensaios, instrumentos de medição, disposição dos pontos de medição, ensaio “teste zero” e calibração das sondas, e por último, descrição dos ensaios.

O penúltimo assunto, **capítulo 7 – RESULTADOS OBTIDOS**, expõe, comenta, e avalia os dados obtidos dos experimentos para cada um dos modelos ensaiados, inicia-se pelo ensaio relacionado ao escoamento de camada limite, em seguida, trata-se do ensaio relacionado ao conforto do pedestre. Como posto, ainda neste capítulo, fazem-se colocações, discussões acerca dos dados encontrados, comparando as referências para os dois modelos ensaiados, separadamente, ensaios para a área e para o pedestre, estas colocações encontram-se logo após a descrição de cada experimento.

No último tópico, **capítulo 8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS**, mostram-se as conclusões da pesquisa respondendo às questões propostas, que coloca o fato das configurações de vizinhança gerarem impactos no conforto do pedestre, no sentido de que estas alteram as condições de vento no nível do solo, impossibilitando a realização de algumas atividades próprias do pedestre, definidas para a área estudada. Também coloca sugestões para trabalhos futuros, assentando outros encaminhamentos a partir do estudo realizado.

Têm-se ainda delineados para compor a tese **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS, APÊNDICES e ANEXOS**, que abordam respectivamente: a relação bibliográfica referenciada; os escritos adicionais que completam a argumentação, incluindo imagens dos ensaios, gráficos, assim como, tabelas referentes às velocidades encontradas; e os documentos que fundamentam, demonstram e explicam a pesquisa.

---

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Aborda-se, neste capítulo, a apreciação da bibliografia pertinente a pesquisa, a partir da leitura de periódicos, considerando como tema principal a engenharia do vento e como foco os experimentos em túnel de vento. E, de modo particular, os assuntos voltados ao julgamento dos desdobramentos diretamente relacionados a estudos que dizem respeito ao contexto urbano, ao conforto do pedestre frente ao vento, e ao vento – ventilação natural urbana. Inicia-se com histórico e perspectivas da engenharia do vento, abordando de maneira sucinta e concisa as conjunturas mais evidentes que marcaram cada momento, e remontando ao entendimento do projeto urbano e da qualidade ambiental.

Aproxima-se da história da engenharia do vento, apreciando, sobretudo os escritos de Baker (2007), e fazendo alusão ao trabalho de Solari (2007). Começando pela afirmação de Solari (2007, p. 814) que coloca: “Poucos fenômenos naturais têm atraído tanta especulação, observação, experiência, pesquisa, aplicações e tecnologias como as desenvolvidas com referência ao vento, ao longo dos séculos”. Baker (2007, p. 844) indica sua visão: “[...] considera, portanto, a história da engenharia do vento, com o devido respeito às condições sociais vigentes e do ambiente intelectual”, estrutura a discussão, estabelecendo cinco períodos: período tradicional (até 1750); período empírico (1750-1900); período da afirmação (1900-1960); período do crescimento (1960-1980); e período moderno (1980 em diante). Explica que procedeu a escolha dos períodos de forma arbitrária servindo apenas como instrumento para a discussão, explica também que o artigo aborda a história da engenharia do vento a partir de um ponto de vista europeu. Baker detalha cada período apresentando aspectos que moveram os acontecimentos na época (BAKER, 2007, p. 844).

De maneira geral, o primeiro período (até 1750), período tradicional, é um período que guarda grande influência da religião e do ritual (BAKER, 2007, p. 844), sobretudo, em seu início. Baker (2007, p. 846) aponta como representação a arquitetura religiosa europeia (século XII e XIII), alega que essa influência chega ao final do período bastante diminuída. Solari (2007, p. 814) afirma que inicialmente “[...] a cultura vento foi caracterizada por uma visão mitológica, então inspirada por uma abordagem especulativa, parcialmente baseada na observação”. Ainda acontece, nesse momento, mudanças da atmosfera intelectual na

Europa, com o início do Renascimento e do período conhecido como Iluminismo quando se percebe o nascimento da ciência moderna (BAKER, 2007, p. 847). Quanto à engenharia do vento, o período é marcado pela busca por estruturas que resistissem às condições do vento predominante, os estilos de estruturas evoluíam pela experiência e aumento do conhecimento, e variavam muito de lugar para lugar. Técnicas de construção evoluem para formas mais modernas, mas, no final do período, ainda é evidente o aumento significativo da vulnerabilidade a danos causados por tempestades de vento (BAKER, 2007, p. 847-848).

O período que segue, chamado período empírico (1750-1900), é marcado pelo crescimento dos impérios europeus impulsionados pelas novas possibilidades decorrentes da revolução industrial. Um fato pertinente à engenharia do vento é o surgimento da Escala Beaufort, no início de 1800, esta traz informações sobre o tempo bastante precisas para o uso de militares [a escala Beaufort foi adaptada para o uso sobre a terra]<sup>3</sup>. Neste período, vários acontecimentos permearam a engenharia do vento: desenvolvimento da dinâmica dos fluídos clássica, e posteriormente, formulação da equação fundamental de escoamentos de fluídos (1845); realização, em 1759, do primeiro experimento em mecânica dos fluídos; revelação das diferenças entre o fluxo laminar e turbulento, em tubos, por Osborne Reynolds (1842-1912). Ainda neste período ocorre a construção das primeiras grandes pontes, que inevitavelmente sofreram efeitos adversos do vento levando a alguns colapsos (BAKER, 2007, p. 848-850). Solari reafirma os ganhos da engenharia do vento com o desenvolvimento das disciplinas e conceitos (SOLARI, 2007, p. 814):

“[...] uma nova forma de conhecimento com base na experiência, na ciência, suplantando a especulação e a observação. A cultura do vento se valeu de tal progresso, atraindo seus conceitos e princípios fundamentais, ainda, a partir das disciplinas básicas nascidas e desenvolvidas nestes anos [...]”.

O período seguinte, período da afirmação (1900-1960), remonta ao amadurecimento da revolução industrial e sua influência na sociedade, estimulando a esfera militar, que incentivou os muitos avanços tecnológicos, sobretudo os demandados pelos conflitos da época. Estes fatos levaram ao desenvolvimento de grandes laboratórios governamentais, influenciando a engenharia do vento. Momento ainda marcado, pela criação de mais e mais universidades, muitas delas com viés tecnológico, provocada por mudanças relacionadas a mobilidade pessoal, que ganhava espaço, gerando, assim, uma demanda crescente pela educação. Os avanços tecnológicos em materiais levaram a tentativas de construir estruturas cada vez mais desafiadoras, como os primeiros arranha-céus e as cada vez maiores pontes suspensas. Em termos conceituais, esse período foi sobrepujado pelo desenvolvimento da CLA (BAKER, 2007, p. 850). Cermak coloca que túneis de vento para

<sup>3</sup> Conforme capítulo **3 CONCEITOS FUNDAMENTAIS**, ponto 3.3 ESCALA BEAUFORT, p. 58.

---

simulação da CLA foram projetados entre 1955-1957 e construídos no período 1960-1962 (CERMAK, 2003, p. 356).

Ainda tratando do “período da afirmação”, que também viu nascer o que o Baker avalia como as três das principais ferramentas de engenharia do vento. A primeira delas o túnel de vento, impulsionado pela indústria aeronáutica nascente; a segunda relaciona-se ao desenvolvimento de códigos de boas práticas, fornecendo aos engenheiros guias práticos de projetos permitindo que cargas ambientais, como o vento, fossem corretamente definidas; a terceira diz respeito ao início de medições em larga escala de cargas de vento em estruturas (BAKER, 2007, p. 851). Os maiores progressos na engenharia do vento, nesse período, vieram justamente dessa interação, túnel de vento e testes em larga escala. Estes progressos dizem respeito, sobretudo, a simulação correta em túnel de vento do vento natural, considerando as flutuações de velocidade, turbulência (1944) e as leis de escala em túnel de vento (1949), imprimindo confiabilidade aos ensaios, e conferindo as bases para o rápido desenvolvimento da engenharia do vento nas décadas seguintes. Houve o amadurecimento de disciplinas básicas para a engenharia do vento, disciplinas muito mais antigas a partir das quais a engenharia do vento cresceu (BAKER, 2007, p. 851) (SOLARI, 2007, p. 814).

O período do crescimento (1960-1980), período curto, embora com muitas mudanças na sociedade europeia e mundial, neste momento, no ocidente, os efeitos do pós-guerra estavam começando a desaparecer. Foi um tempo marcado pela crescente prosperidade e desenvolvimento econômico, construções de estruturas altas e grandes projetos de infraestrutura aumentavam em todo o mundo desenvolvido. Vivia-se o otimismo acerca dos potenciais benefícios da tecnologia, a informática começou a se desenvolver em ritmo acelerado, e houve amplos incrementos na concepção de instrumentos científicos e na tecnologia de aquisição de dados. Neste período, é evidente a contribuição do Prof. Alan Davenport (1932-2009) a engenharia do vento, que em 1961, elucidou o conceito de cadeia de carregamento de vento, fato que deu uma estrutura conceitual para o estudo dos efeitos do vento sobre estruturas (BAKER, 2007, p. 854) (ISYUMOV, 2012, p. 13).

A engenharia do vento alcançou, no “período do crescimento” um nível de “autodefinição”, os estudos apresentados em conferências internacionais indicam as principais preocupações: climatologia; ação do vento sobre estruturas; efeitos do vento em edifícios baixos e altos; pontes e torres; prejuízos causados pelo vento; normalização e segurança. O autor cita que são menores as preocupações, da engenharia do vento, com outras áreas de estudo relacionadas: aos efeitos do vento sobre pessoas, conforto do pedestre, qualidade do ar, ventilação; aos efeitos do vento sobre o meio ambiente natural,

---

árvores e plantas, areia e neve à deriva; energia eólica. Esse período viu o desenvolvimento do túnel de vento de camada limite como uma ferramenta essencialmente de pesquisa, uma ferramenta forte e confiável para fins de projetos comerciais, com a crescente percepção da necessidade de modelar o espectro de turbulência com a maior precisão possível. Durante esse período foi iniciado um cuidadoso processo de normalização dos efeitos do vento, e um número significativo de normas foram desenvolvidas pelas organizações nacionais de normalização (BAKER, 2007, p. 852-854).

No período moderno (1980 em diante), neste tempo, grandes mudanças sociais estavam sendo iniciadas. Época de privatizações, ocorridas em vários países ocidentais, com o encerramento ou a comercialização de laboratórios nacionais e de indústrias. Houve uma diminuição geral de confiança do público na ciência e na tecnologia, o desenvolvimento diminuiu, embora tenha havido um crescimento nas indústrias de serviços, especialmente em serviços financeiros. A disciplina de engenharia do vento foi seriamente afetada por estas mudanças, principalmente com o encerramento e/ou comercialização de muitos institutos nacionais de construção. Houve ainda uma redução no número de grandes empreendimentos dentro do mundo desenvolvido, para que antes fossem testados na escala do modelo, apesar de que, esta diminuição foi frequentemente compensada por um aumento de trabalho relacionado a grandes estruturas de arranha-céus no mundo em desenvolvimento (BAKER, 2007, p. 855).

Nesse mesmo período, aconteceram avanços significativos em técnicas de testes em túnel de vento, especialmente em termos de instrumentação, com o uso de grande número de transdutores de pressão simultaneamente monitorados e o uso cada vez mais frequente de *Laser Doppler Velocimetry* (LDA) e *Particle Image Velocimetry* (PIV) [instrumentos que utilizam técnicas óticas de medição de velocidade]. Todos estes desenvolvimentos foram naturalmente impulsionados pelo rápido crescimento em Tecnologia da Informação (TI) e em técnicas de alimentação de computadores que geram alta velocidade na aquisição de informações e análise de grandes quantidades possíveis de dados experimentais. Estes fatos levaram também ao aumento do uso do que o Baker considera como a quarta ferramenta fundamental de vento: técnicas de engenharia *Computacional Fluid Dynamics* (CFD). Os últimos 20 anos também foram dedicados ao desenvolvimento e revisão das normas em todo o mundo (BAKER, 2007, p. 855).

Discorrendo ainda acerca do período mais recente verificado por Baker, período moderno (1980 em diante), com a definição da disciplina, de engenharia do vento, as conferências internacionais se desenvolveram de modo regular, tornando-se pontos focais para as comunidades acadêmicas e para as de pesquisa nas áreas abarcada pela

disciplina. Esse período também viu um aumento aparente na frequência de grandes catástrofes de vento, tanto em regiões de clima temperado quanto em regiões de climas tropicais. Em quase todas as regiões, houve uma tentativa de alertar a população antes das tempestades, para que as áreas vulneráveis fossem evacuadas, em geral, advertências foram feitas com antecedência suficiente para que os preparativos fossem realizados, assim como, as comunicações foram restabelecidas rapidamente depois dos acontecimentos. Isso não teria acontecido uma década ou mais atrás, houve claramente um progresso técnico importante no campo das previsões e advertências, que tem sido de grande importância (BAKER, 2007, p. 856-860).

No contexto da engenharia do vento abordado, o autor enfatiza que tem sido gratificante ver engenheiros de vento envolvidos no *International Decade for Natural Disaster Reduction* (IDNDR); remontando a escritos desta atividade, Davenport, em 1995, colocou que começou a ver e defendeu a engenharia do vento neste contexto mais amplo de projetos de construções resistentes a furacões, de identificação de perigos, de educação, de legislação, de segurança, e, acredita ser uma tendência para ser acolhida pela comunidade de engenharia do vento (BAKER, 2007, p. 860). Solari (2007, p. 818), reforça a questão ligada ao novo contexto da engenharia do vento, “[...] os diferentes tópicos ligados com a cultura do vento, até esse período, tratados como quase independentes, chegou a configurar-se como uma questão multidisciplinar chamado de engenharia do vento”.

Concluindo, Baker (2007, p. 860-861), reafirma que a evolução da disciplina conhecida como engenharia do vento foi conduzida por diversas circunstâncias sociais e econômicas, e pelo ambiente intelectual, que prevalece. Acredita que é provável que continue assim ao longo das próximas décadas, e, deste modo, a considerar as perspectivas futuras, os contextos prováveis precisam ser considerados, enfatiza que esses mesmos contextos são susceptíveis de serem distintos em diferentes partes do mundo. Reflete, afirmando que ainda que continue a ser uma necessidade o envolvimento da engenharia do vento com projetos de estruturas de grande influência, é provável que o foco mude para a necessidade de sustentar e manter a infraestrutura existente, para desenvolver fontes de energia que sejam sustentáveis a longo prazo. Coloca ainda a questão que diz respeito ao desejo de melhorar a qualidade de vida, que segundo sua visão também se tornará, cada vez mais, uma direção importante. Assegura que para todas as partes do mundo, os efeitos das alterações climáticas sobre a frequência e intensidade de tempestades de vento são susceptíveis de ser importante.

Apresenta-se a partir de então as revisões dos artigos que tratam de experimentos relacionados a túneis de ventos. Por volta da década de 1970 acontece o desenvolvimento

---

de túneis de vento de camada limite, mostrando-se como uma ajuda indispensável para a prática da engenharia civil, pesquisas indicam o valor destes estudos experimentais (VISSER e CLEIJNE, 1994, p. 385) (PLATE, 1999, p. 3981) (CERMAK, 2003, p. 355) (BAKER, 2007, p. 854).

Plate (1999, p. 3981) aborda algumas situações que se adequam a experimentos em túnel de vento, indicando os estudos de situações relacionados ao clima urbano, assim como, de problemas ambientais. Continua enfatizando que importantes problemas práticos envolvendo condições atmosféricas urbanas podem ser estudados em túneis de vento, por meio de modelos geometricamente semelhantes à área urbana. Indica que a camada limite em túnel de vento é uma versão reduzida da camada limite atmosférica sob condições de estratificação neutra. Enquanto Cermak (2003, p. 355) coloca como uma das principais aplicações para a engenharia civil em túnel de vento as relacionadas aos efeitos do vento em estruturas, ressalta que outra importante aplicação está relacionada ao fluxo de ar urbano, como coloca Plate (1999, p. 3981). Plate (1999, p. 3985), ainda enfatiza que estudos em túnel de vento de camada limite são bastante adequados para pesquisas em áreas urbanas, indicando, a possibilidade de realização de estudos aplicados a determinação da força do vento, do conforto do pedestre e de dispersão.

Cermak (2003, p. 361) classifica os estudos de engenharia civil e testes de aplicações arquitetônicas no túnel de vento em duas grandes classes: os efeitos do vento sobre estruturas; e os efeitos ambientais. Continua, observando “[...] que problemas ambientais relacionados ao vento, associados com a prática da engenharia civil, são frequentemente estudados por meio de modelagem física em BLWTs [*Boundary Layer Wind Tunnel*]”. A frequência dos ensaios em túneis de vento, de importância para a engenharia civil, relacionados ao tratamento dos aspectos ambientais no que diz respeito ao vento, vem crescendo rapidamente, relata Cermak (2003, p. 364). Cermak (2003, p. 364-365) continua identificando os fenômenos mais comuns investigados pela engenharia do vento: transporte e deposição de neve pelo vento; velocidade média e velocidade flutuante do vento em locais ao ar livre de uso intenso de pedestres; efeitos topográficos das características do vento; dispersão de poluentes atmosféricos; clima urbano.

Quanto ao clima urbano, é uma grande preocupação a elevada inversão térmica durante os períodos de baixas velocidades do vento, essa condição tem como efeito altas concentrações de poluente veicular. Estudos utilizando dados de ensaios em túneis de vento relacionados a essas condições revelam que o planejamento das cidades pode conduzir a algumas condições que sejam úteis na redução de emissão de concentrações. Estudos experimentais indicam que a distribuição da altura de edifícios, espaçamento entre

---

edifícios e a direção de aproximação do vento deve ser levada em consideração para minimizar os efeitos adversos da urbanização (CERMAK, 2003, p. 366).

Em relação ao vento ao nível do solo, sabe-se que edifícios altos e espaçados proporcionam ventos fortes e desconfortáveis em áreas utilizadas por pedestres. Medições de velocidade média e velocidade flutuante do vento para locais ainda em fase de projeto são experimentos extremamente materializados em túnel de vento de camada limite atmosférica, estimulados pela preocupação com o escoamento de vento ao nível do pedestre em áreas urbanas. Considera-se que com o uso do padrão de rugosidade correto, os ensaios em túnel de vento dão uma boa predição das razões entre as velocidades de vento locais a altura de pedestres e as velocidades do vento a uma altura de referência, respeitando, tanto as mudanças relativas da direção do vento, quanto os valores absolutos (VISSER e CLEIJNE, 1994, p. 401).

Algumas cidades, como Boston, Toronto, Nova Iorque e São Francisco exigem ensaios em túnel de vento, para obter dados de vento com e sem as novas estruturas, para poder aprovar a proposta, a necessidade de cumprir essa exigência é determinada com base na altura do edifício e em seu entorno (CERMAK, 2003, p. 365). Essa obrigação é ressaltada na conclusão de outro estudo enfatizando a necessidade de ensaios em túnel de vento considerando a forma da edificação ainda no estágio inicial do projeto (AYNSLEY, 1974, p. 93).

Ainda tratando de pesquisas relacionadas ao conforto do pedestre, Penwarden (1973, p. 266) relata que dados da escala de Beaufort são confiáveis como base para a avaliação dos efeitos do vento. Enquanto, Lawson (1978, p. 101), reforça que a escala Beaufort é adequada, além de ter sido proposta com muito cuidado na escolha das divisões entre os intervalos, ressalta a importância, afirmando que a variação usada de 0,1m/s é muito pequena, portanto bastante segura. A escala original de Beaufort, formulada em 1805 por Sir Francis Beaufort (1774-1857), designava as condições de vento para o mar, não sendo própria para outros usos que não os propostos, com o tempo modificações foram feitas por vários estudos na busca de adaptá-la ao uso para a terra (LAWSON, 1978, p. 101). As adaptações realizadas na escala original podem ser consideradas como pontos iniciais para pesquisas em termos de critérios de conforto do pedestre em relação ao vento, a maneira como a escala é utilizada depende do procedimento escolhido.

Dos estudos realizados, ao longo dos anos, na busca da definição de parâmetros para estimar o conforto em relação ao vento, são mais evidentes os relacionados a determinação de critérios de conforto, que procuram um método avaliativo para a

---

aceitabilidade do vento, entre eles estão: Davenport (1972), Isyumov and Davenport (1975), Gandemer (1975), Penwarden and Wise (1975), Lawson and Penwarden (1975), Hunt, *et.al.* (1976), Melbourne (1978) (RATCLIFF e PETERKA, 1990, p. 791) (SANZ-ANDRES e CUERVA, 2006, p. 800). Cada um dos critérios referidos tem considerações próprias e/ou distintas relacionadas à velocidade média do vento, à influência das flutuações de velocidades, à atividades desenvolvidas, o que aponta a resultados expressivamente diferentes para uma mesma situação.

Embasando-se nos diversos critérios de conforto do pedestre em relação ao vento têm surgido vários estudos que buscam comparar, buscar diferenças e similaridades, estudar viabilidades de homogeneização, entre outros. Os estudos tem demonstrado que há discordância, Sparks e Elzebda (1983, p. 123 e 131), em estudo comparativo relatam e demonstram que existem diferenças consideráveis na interpretação dos dados que são apresentados como resultados para os diferentes critérios e faz comentários sobre adequabilidade. Koss (2006, p. 782), em estudo que apresenta as diferenças e semelhanças, identifica a existência de dispersão nos resultados, enfatizando que este é motivador para que pesquisadores comparem os critérios conhecidos e investiguem a dimensão e a origem das diferenças. A abordagem de Sanz-Andres e Cuerva (2006, p. 811) relaciona-se ao fato de que, entre outras questões, as diferenças entre os critérios acontecem devido, em muitos casos, a divergência entre o conceito de conforto do pedestre empregado.

Os dois últimos trabalhos tratados expressam, ainda, que se busca ter um método geral e uma homogeneização do critério de conforto, pela concepção de critério único para a Europa através dos trabalhos desenvolvidos pela ação *Impact of Wind and Storm on City Life and Built Environment* (COST C14). Dois tipos de critérios foram percebidos, os baseados na velocidade do vento média horária no nível do solo e os que consideram a turbulência local (KOSS, 2006, p. 795). Um método que permite a comparação dos vários critérios de conforto do vento existentes está sendo desenvolvido e utilizado pelos membros do grupo COST C14, e tem sido apresentado como o primeiro passo no processo de definição de uma metodologia comum (SANZ-ANDRES e CUERVA, 2006, p. 810).

Os pontos mais específicos para esta pesquisa dizem respeito ao vento ao nível do pedestre e o clima urbano, anteriormente discutidos de maneira mais ampla, e que a partir de então serão abordados seguidamente através de pesquisas que estudam, sobretudo, as características do vento ao nível do pedestre visando o seu conforto, realizadas a partir de ensaios em túneis de vento de camada limite atmosférica. Estudos apontam que o fluxo de vento em baixos níveis no ambiente urbano é bastante diferente e em certa medida

independente das características do fluxo na parte superior da camada limite urbana. Avalia-se que, de fato, o fluxo de ar é influenciado pela geometria local, mas do que por uma transferência de energia homogênea entre as camadas horizontais. As velocidades do vento são afetadas por uma série de parâmetros, tais como: a densidade espacial de edificações ao longo da via; a altura do edifício sobre o ambiente; a posição relativa dos edifícios; e a direção do vento que se aproxima (STATHOPOULOS e WU, 1995, p. 515) (RICCIARDELLI e POLIMENO, 2006, p. 815).

De acordo com Ricciardelli e Polimeno (2006, p. 816), na camada superfície, *Surface Layer* (SL), o fluxo é fortemente afetado pela geometria local, a SL abriga uma subcamada inercial, *Inertial Sublayer* (IS), e uma subcamada de rugosidade, *Roughness Sublayer* (RS). Continua, “As características do fluxo na RS são fortemente dependentes do arranjo das construções, e os parâmetros relevantes são a uniformidade da altura dos edifícios e a relação de aspecto da construção – relação da altura média do edifício pela largura média da rua –  $H/W$ ”. Prosseguindo, o autor relata os comportamentos encontrados para a situação descrita (RICCIARDELLI e POLIMENO, 2006, p. 816):

“Dependendo do último parâmetro, três tipos diferentes de comportamento podem ser encontrados; fluxo de rugosidade isolado ( $H/W < 0.3$ ), para o qual a aerodinâmica do edifício isolado domina; fluxo de interferência de esteira ( $0.3 < H/W < 0.65$ ), para o qual ocorre a interferência aerodinâmica entre os edifícios; e fluxo deslizante ( $H/W > 0.65$ ), que é o caso de edifícios médios e arranha-céus densamente distribuídos.”

Continua, “Globalmente, os ensaios confirmaram que as características média e flutuante do fluxo na camada interna, *Canopy Layer* (CL), são mais dependentes da geometria do local, do que das características do fluxo que se aproxima”. Na camada CL, o fluxo é quase completamente regido pela geometria da rua e pela distribuição de altura do edifício, e pouco afetado pelas características do fluxo nas camadas superiores, especialmente no caso em que as construções estão espaçadas e um padrão de fluxo deslizante ocorre. Neste caso, a transferência de energia entre as camadas superiores, camada limite urbana, *Urban Boundary Layer* (UBL), e a CL, que ocorre na altura das cobertas dos edifícios, regula o movimento do ar nos cânions de rua, e as características do fluxo no interior do CL parecem ser periféricamente dependentes das características do fluxo incidente (RICCIARDELLI e POLIMENO, 2006, p. 817).

Problemas relacionados ao conforto do pedestre foram estudados ao longo dos anos e desde muito os impactos já são conhecidos, diante deste fato entende-se que estudos ainda precisam avançar no sentido de buscar situações que garantam a qualidade ambiental. O trabalho de Sparks e Elzebda (1983, p. 123) utiliza dados meteorológicos do local em conjunto com os resultados de estudos em túnel de vento, considerados no referido

---

trabalho para determinar o fluxo de vento ao nível do pedestre em área no centro da cidade, e verifica a viabilidade deste uso. Enquanto Penwarden (1973, p. 266) em estudo indicou que a velocidade média de 5m/s representa o início do desconforto, velocidades superiores a 10m/s são definitivamente desagradáveis e velocidades superiores a 20m/s podem ser perigosas. Alerta que se pode querer usar uma velocidade média de 5m/s como um valor fundamental para avaliar as condições para pedestres nas cidades, mas acredita que estudos devem ser realizados no sentido de se buscar valores de velocidades inferiores a este (PENWARDEN, 1973, p. 266).

Nos estudos de Aynsley (1974, p. 91) são citados problemas causados a pessoas pelo vento, como: desorganização dos cabelos e roupas; poeira irritante, areia e detritos; e dificuldade de leitura de livros e jornais em condições de vento; reforça que estes são apenas alguns dos problemas causados pelo vento em espaços ao ar livre. Destaca que apesar de alguns critérios estarem disponíveis para medir o efeito do vento sobre o conforto de pessoas em ambientes urbanos, há ainda muitas atividades afetadas pelo vento para as quais não existem critérios, pesquisas são sempre necessárias para fornecer dados aos projetos, pois o vento é “invisível e muitas vezes esquecido” pelos projetistas (AYNSLEY, 1974, p. 93).

Ambientes ventilados em torno das bases de edifícios altos muitas vezes causam incômodos, como efeitos desagradáveis, relacionados ao aumento da velocidade do vento sobre as pessoas e danos às plantas, as árvores e as edificações residenciais de madeira, notadamente no Japão (KAWAMURA, KIMOTO, *et al.*, 1988, p. 149). Com esta mesma preocupação, construção de arranha-céus residenciais em áreas suburbanas do Japão, é exposto o estudo de Uematsu, Yamada, *et al.* (1992, p. 2289), realizado a partir de uma série de experimentos em túnel de vento sobre os efeitos da forma de canto de edifícios altos no ambiente de vento ao nível do pedestre e em seu entorno. Foram testadas quatro tipos de formas de canto, os resultados indicaram que as características de escoamento em torno do edifício geralmente mudam com uma pequena alteração da forma de canto do edifício, e que o grau do efeito depende da direção do vento, sendo assim, foi sugerida a forma de canto mais adequada para cada direção do vento (JEMATSU, YAMADA, *et al.*, 1992, p. 2289). Kawamura, Kimoto, *et al.* (1988, p. 149), indica que ensaios em túnel de vento são uma forma eficaz para estimar esses efeitos, o que é compartilhado por Gerhardt e Kramer (1986, p. 307), enfatizando que os ensaios em túneis de vento são quase obrigatórios para poder produzir informações confiáveis.

Situações insatisfatórias ao nível do pedestre podem ocorrer após a conclusão da construção, melhorias no conforto do pedestre, em especial perto das entradas de edifícios

altos, embora obrigatórias, podem ser de difícil consecução sem grandes obras. Distintas pesquisas relatam, ainda, estudos de intervenção em edificações relacionados a projetos de revitalização bastante abrangentes. Para a proposta de construção de passagens através de torres na cidade de Antuérpia, *Silvertop Towers*, para as quais o ambiente de vento de pedestres foi avaliado como altamente desfavorável. Verificou-se, então, que medidas tradicionais de reparação não poderiam fornecer uma solução satisfatória, sendo assim, foi proposto um sistema de controle automático projetado e analisado para modificar o clima de vento nas passagens (BLOCKEN, ROELS e CARMELIET, 2004, p. 872).

Em outro estudo, realizado para determinar a velocidade e a turbulência em passagem entre edifícios retangulares, os resultados mostram que as condições de velocidade do vento mais críticas ocorrem para edifícios de diferentes alturas em um ponto próximo da entrada, para a passagem de uma direção do vento inclinado, que corresponde a 30° em relação à linha de centro da passagem. As condições de turbulência, no entanto, encontram-se mais críticas para a perpendicular do vento em relação à linha central de passagem, além disso, quanto maior for a largura da passagem, menor as amplificações de velocidade e maior a intensidade da turbulência na passagem. (STATHOPOULOS e STORM, 1986, p. 19).

O artigo, agora, exposto descreve dois estudos de caso típicos de áreas de entrada de edifícios com as condições de conforto do pedestre muito insatisfatória, fazendo colocações que visam à melhoria destas condições (GERHARDT e KRAMER, 1986, p. 297). Devido à aceleração do fluxo de vento ao nível do pedestre, perto de edifícios altos, a velocidade do vento aumenta, fato que tem de ser levado em conta ao escolher a posição das entradas dos edifícios. Uma vez que o ambiente de vento local é fortemente influenciado pela forma do edifício, considerando a posição do edifício em relação à direção predominante dos ventos, assim como, o seu entorno construído, as melhores soluções serão diferentes de um edifício para o outro. Nesse mesmo trabalho são feitas, ainda, recomendações para a melhoria das situações insatisfatórias que podem ocorrer após a conclusão dos edifícios (GERHARDT e KRAMER, 1986, p. 307).

Gandemer realizou estudos relacionados a quebra-ventos em 1979 e 1981, os quais tinham o objetivo de fornecer métodos práticos de controle do fluxo de ar ao nível do solo considerando o conforto do pedestre (GANDEMER, 1979, p. 371) (GANDEMER, 1981, p. 15). Em sua primeira argumentação, relata que o trabalho mostrou a importância que deve existir em controlar os parâmetros aerodinâmicos de telas de quebra-vento, caso pretenda-se obter uma proteção adequada. Indica nesta pesquisa que resta agora estudar certos tratamentos mais profundamente, como exemplo, os efeitos finais aerodinâmicos, a

---

associatividade de vários quebra-ventos, continua argumentando que, além disto, as próximas investigações visam quantificar a efetiva proteção de estruturas quebra-ventos em seu contexto de uso (GANDEMER, 1979, p. 389). Na investigação que segue, os resultados mostram os efeitos protetores atrás de telas planas, caracterizado e quantificado em termos de detalhes geométricos das telas e da natureza e direção do vento que se aproxima (GANDEMER, 1981, p. 35).

Irwin (2009, p. 328) alerta para a nova geração de edifícios altos, que na verdade são mais altos que os antes chamados edifícios altos, e indica que esta nova tipologia coloca novos desafios para a engenharia do vento. Adverte acerca da adequação dos códigos de obras e urbanismo, no que se refere a modelos de vento e as novas realidades construtivas, indicando, ainda, que precisam ser propostos modelos mais realistas, no caso o autor refere-se a edifícios acima dos 300m de altura (IRWIN, 2009, p. 328). Coloca, ainda, os métodos utilizados em ensaios em túnel de vento que incluem a técnica de balanço de forças, de modelagem aeroelástica, de pressão de alta frequência, bem como, o modelo tradicional de pressão e os estudos de vento em pedestres, afirma que para os edifícios super-altos, tais estudos devem começar muito cedo, nas fases iniciais de projeto, diferente do que acontece para edifícios menores (IRWIN, 2009, p. 328).

O mesmo autor (IRWIN, 2009, p. 330), discorrendo acerca da otimização da forma do edifício, alega que podem ser tomadas medidas na fase da concepção estrutural, como o enrijecimento, acrescentando massa; ou a introdução de sistemas de amortecimento complementares, mas estas medidas não atacam o problema em sua fonte, pois não atingem o desprendimento de vórtices. Continua, afirmando que a fonte é a forma do edifício, e que é possível eliminar a força de desprendimento de vórtices através do aprimoramento e seleção da forma do edifício (IRWIN, 2009, p. 330-331). Para Irwin este tempo em que são propostas estruturas de edifícios super-altos trouxe desafios para os engenheiros especialistas em ventos, sobretudo no sentido de “[...] determinar e controlar a resposta estrutural à ação do vento [...]”. Contudo, convive-se também com a ideia do “edifício verde”, neste sentido, se aposta no controle do desperdício, através do uso de menores quantidades de materiais em seu sistema estrutural, assim como utilizando formas mais adequadas para o edifício na acepção de diminuir as cargas de vento incidentes no edifício (IRWIN, 2009, p. 334).

Em analogia a ensaios relacionados ao conforto do pedestre no entorno de edifícios altos, segundo Irwin estes testes são pontos pacíficos, relata que além destes estudos, quando se trata de edifícios super-altos, outras questões relacionadas a pessoas aparecem igualmente relevantes, estas, dizem respeito ao impacto do vento sobre as pessoas que

utilizam terraços e varandas, lembra que este tipo de conflito aumenta com a altura do edifício, sendo, outra questão que necessita de atenção especial para esta nova categoria de edifícios (IRWIN, 2009, p. 333-334).

Respaldo nos estudos apresentados, e fazendo uma conexão com a situação atual da área estudada, entende-se que com a nova realidade construtiva vivenciada pelo local, com a aprovação e construção de edifícios em torno de 180m de altura, são requeridos cada vez mais estudos relacionados à sua viabilidade ambiental frente às novas situações que estão sendo estabelecidas. Que pode ser viabilizada através de ajustes no planejamento para a cidade, pelo meio, sobretudo, dos instrumentos urbanísticos, vindo a estabelecer possibilidades de adensamento e ocupação vinculadas a questões ambientais aqui estudadas, especialmente, no que diz respeito às demandas concernentes ao vento e ao conforto do pedestre.

### 3 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

#### 3.1 VENTILAÇÃO NATURAL

A ventilação natural é o movimento do ar por forças naturais sem que haja fornecimento de energia, por fontes mecânicas, ao escoamento. O movimento do ar sobre a superfície terrestre – vento, têm como agente imediato e fundamental as diferenças de pressão atmosférica, ocasionadas pela energia proveniente do sol que gera variações de temperatura do ar (BLESSMANN, 1995, p. 9). Gandemer e Guyot (1976, p. 19) definem vento, de maneira ampla, como sendo o movimento horizontal do ar que tende a equilibrar as zonas de diferentes pressões atmosféricas.

As principais camadas da atmosfera têm seus limites definidos por mudança abrupta de temperatura média, nas camadas mais altas a energia solar contém quantidade de energia que varia em função da distância da terra ao sol e das atividades solares. A radiação solar ao adentar a atmosfera terrestre perde intensidade, assim como, o espectro solar, constituído de ondas eletromagnéticas de diferentes comprimentos, que tem a distribuição espectral mudada em função da absorção, reflexão e difusão dos raios solares pelos múltiplos elementos do ar. Olgay (2008, p. 33) ilustra a condição da radiação solar ao chegar à atmosfera através diagrama de trocas de calor, Figura 1, p. 51, extraído de estudos realizados por R. Geiger, a figura indica por meio da espessura das setas a quantidade de calor transferido, e corresponde a troca de calor ao meio dia, no verão.

Comentando, de modo conciso, acerca do equilíbrio energético da terra, Figura 1, p. 51, percebe-se que grande parte da radiação é refletida pelas nuvens e devolvida à estratosfera, do restante que continua o percurso, parte é perdida por absorção e o restante é submetido à reflexão, difusão e dispersão, o que resta incide sobre a superfície, aonde parte é transmitida ao solo, outra parte volta ao espaço, emitida da terra. Mostram-se na mesma imagem, outros meios de transferência de energia da superfície para a atmosfera, buscando o equilíbrio do sistema, que ocorrem devido à movimentação de ar, ar quente que circula da superfície para a atmosfera transferindo calor, convecção; e ainda, a evaporação de superfícies de água, que da mesma forma, correspondem a uma transferência de calor liberado pelo processo de condensação.

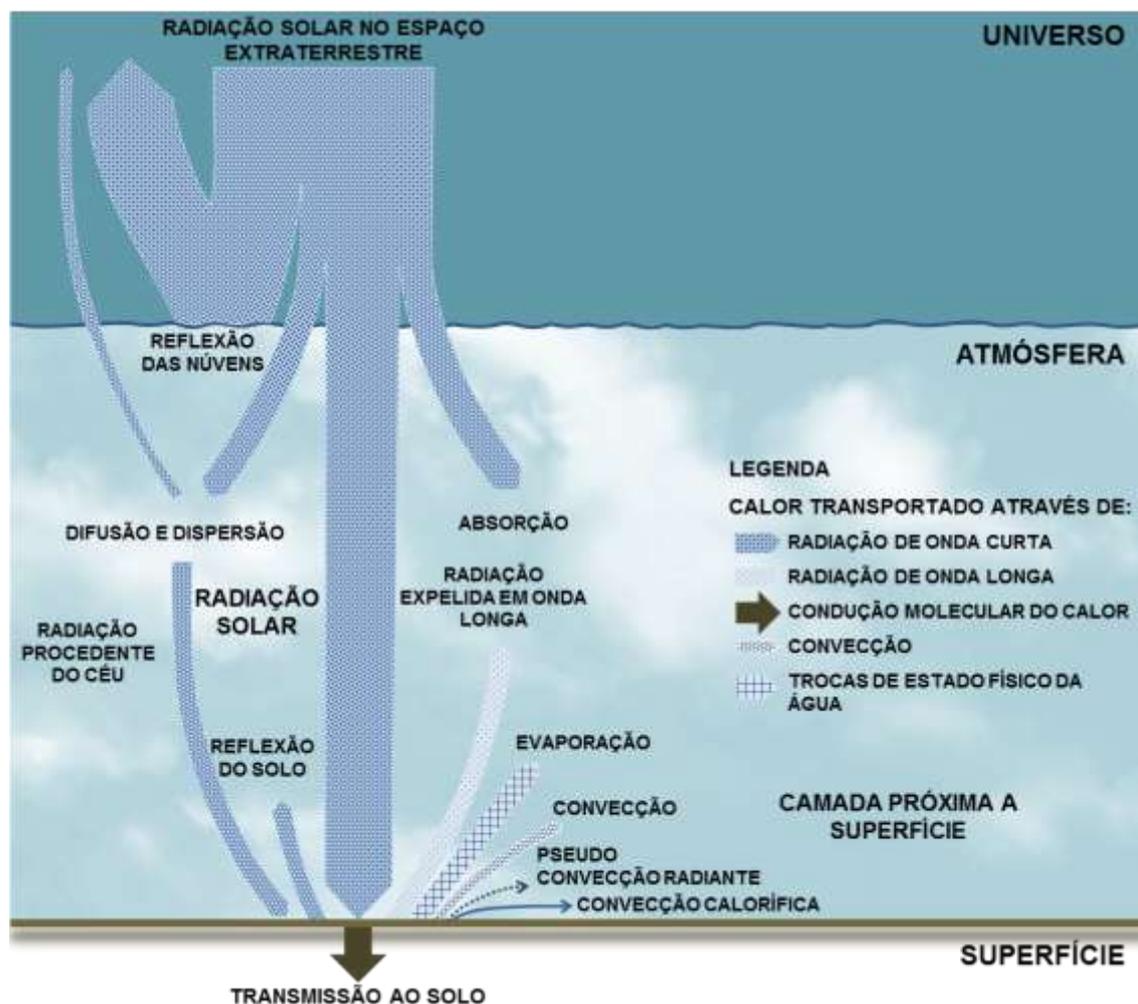


Figura 1: Troca de calor, referente ao meio dia e período de verão.  
Baseado em: (OLGYAY, 2008, p. 33).

Tratando da condição de transferência entre a superfície e a atmosfera Blessmann (1995, p. 9), afirma que o calor irradiado pela terra contribui com a maior parcela do aquecimento da atmosfera. O mesmo autor ainda coloca que, “Neste processo a atmosfera funciona à semelhança do vidro de uma estufa: a energia solar que a atmosfera deixa passar é absorvida pela superfície terrestre e irradiada por esta como calor [...], a maior parte do qual é impedido de escapar da atmosfera.” (BLESSMANN, 1995, p. 9).

As trocas entre a superfície terrestre e a atmosfera ocorrem na camada mais próxima da terra, chamada troposfera, e tem como condição natural, a característica de ser mais fria à medida que aumenta a altitude, mas, desde que uma massa de ar quente coloque-se entre duas massas de ar frio, fenômeno conhecido por inversão térmica, o processo normal de convecção é dificultado, esta se torna fraca, inibindo trocas térmicas e dispersão de poluentes. Pois, é na troposfera que acontecem os principais fenômenos climáticos,

---

incluindo o vento, que é de fundamental importância na dinâmica terrestre. Os grandes padrões de circulação do ar são determinados pelo aquecimento diferencial da terra em função da latitude, associado, ainda, ao movimento de rotação da terra, sendo assim, a conformação da troposfera caracteriza-se por ser mais espessa na linha do equador e menos espessa nos polos.

Enfatizando a colocação anterior, assenta-se que a variação da distribuição da radiação solar conforme cada latitude geográfica proporciona mudanças horizontais na temperatura do ar na superfície do globo terrestre, pois esta distribuição não ocorre linearmente do equador para os polos. Condição que afeta a distribuição da temperatura sobre a superfície da terra, e, conseqüentemente, a conformação global da circulação do vento. Que também é afetada pela condição do “equador térmico”, que não é uma linha reta, e oscila de acordo com as variações sazonais e com a presença de grandes massas de água, de acidentes geográficos, ou mesmo, da vegetação natural (KOENIGSBERGER, INGERSOLL, *et al.*, 1977, p. 32).

Então, para que ocorra a movimentação de ar junto à superfície terrestre não basta o simples aquecimento do ar, é necessário que haja diferença de pressão entre as áreas. “[...] variações locais (em uma gama bastante extensa de dimensões) na temperatura do ar pelo aquecimento diferenciado causam diferenças nas pressões e estas originam o movimento do ar, que tende a ser deslocado de áreas de alta pressão para outras de baixa pressão, [...]” (BLESSMANN, 1995, p. 11).

Classificada por movimentos verticais e horizontais, a circulação do ar na atmosfera, como já colocado, acontece de zonas de alta pressão para zonas de baixa pressão. Frota e Schiffer (2003, p. 63) relatam acerca da relação entre aquecimento e esfriamento das terras e mares e a variação das pressões atmosféricas, explicada, entre outros fatores, pelo gradiente de temperatura no globo e pelo movimento de rotação da terra. Reforçam, afirmando que “A variação de temperatura do ar no globo provoca deslocamentos de massas de ar, pois, se a Terra não girasse sobre si mesma, o movimento do ar seria constante e ascendente dos polos para o Equador.” (FROTA e SCHIFFER, 2003, p. 63). Mas, o que ocorre é o aquecimento do ar no equador, que sobe por movimentos verticais, criando zonas de baixa pressão, e, forçando o deslocamento da dos ventos das regiões subtropicais, que geram circulação horizontal.

A circulação de ar global é indicada por modelo celular de circulação atmosférica, que compreende a existência de três tipos de células em cada hemisfério, seguindo as características já relatadas. Entre a zona de convergência intertropical, e a latitude de 30<sup>o</sup>,

subtrópicos, para norte e para sul, formam-se duas células, primeiro grupo, que conferem movimentos de ar denominados ventos alísios de nordeste e sudeste, respectivamente. O segundo conjunto de células, ocorre entre  $30^{\circ}$  e  $60^{\circ}$  de latitude, subtrópicos e fronteira subpolar, seguindo a mesma ordem, e da mesma forma para norte e para sul, formando ventos temperados de oeste. As terceiras células acontecem entre  $60^{\circ}$  a  $90^{\circ}$  de latitude, fronteira subpolar e polos, respectivamente, para norte e para sul (KOENIGSBERGER, INGERSOLL, *et al.*, 1977, p. 32). A descrição acerca da circulação de ar global está ilustrada na Figura 2.

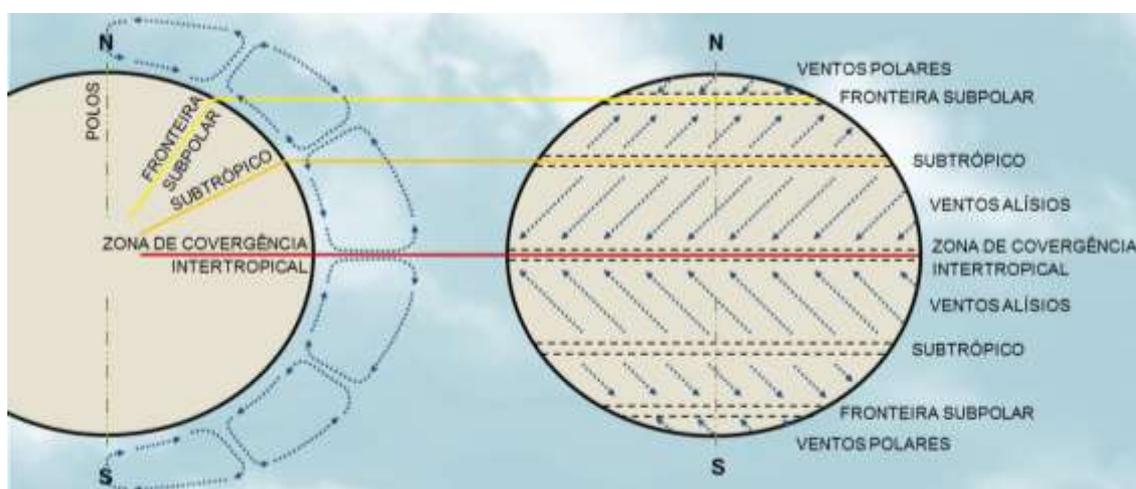


Figura 2: Diagrama do vento no globo terrestre.  
Baseado em: (KOENIGSBERGER, INGERSOLL, *et al.*, 1977, p. 32).

Sobre cada hemisfério há cintos de alta e baixa pressão atmosférica, podendo ser permanentes ou cíclicos. O cinto equatorial é a principal região de baixa pressão, sendo mantido durante todo o ano. Nas latitudes tropicais de ambos os hemisférios há cintos de alta pressão que se deslocam no verão na direção dos polos e no inverno para o Equador. As regiões polares são regiões de alta pressão, permanentes, mas menores que a dos cintos subtropicais (FROTA e SCHIFFER, 2003, p. 63).

Na zona de máximo aquecimento, entre os trópicos de Câncer e Capricórnio, paralelos a linha do equador, de latitude norte e sul respectivamente, o ar se aquece, se expande, diminui sua pressão, fica mais leve, desloca-se verticalmente, e se dirige para as zonas mais frias das camadas superiores. Parte deste ar desce à superfície nas regiões subtropicais, ar mais frio e mais pesado, com direção norte e sul, e dirige-se para o Equador (ROMERO, 2000, p. 8). Para o desenho urbano, o interesse centra-se nos ventos locais, sendo preciso conhecer apenas como se processam os mecanismos do vento nas camadas mais baixas da atmosfera (ROMERO, 2000, p. 10).

### 3.1.1 Camada Limite Atmosférica (CLA)

A CLA situa-se na troposfera, região mais próxima à superfície da terra, sendo assim, é a região da troposfera que sofre inteiramente a influência da presença da superfície terrestre. Segundo Loredou-Souza *et al.* (2004, p. 137), “[...] A espessura da CLA corresponde à chamada altura gradiente,  $Z_G$ . Para ventos fortes, um valor típico de  $Z_G$  é 2.500m, dependendo da rugosidade do terreno e do *fetch*, que é a distância a barlavento que o vento tem para “correr” sobre o terreno”.

Diante da Figura 3, camada limite urbana, representativa de terrenos planos, pode-se visualizar que a velocidade média é baixa no nível do solo, devido ao atrito do contato, assim como, pela rugosidade, representada pela vegetação e pelas edificações. A velocidade aumenta com a altura,  $\bar{U}_z$ , até a altura indicada como  $Z_G$ , espessura da camada limite, a partir deste ponto se torna constante, gradiente de velocidade,  $\bar{U}_G$ , a velocidade independe do local encontrado pelo vento (GANDEMER e GUYOT, 1976, p. 19).

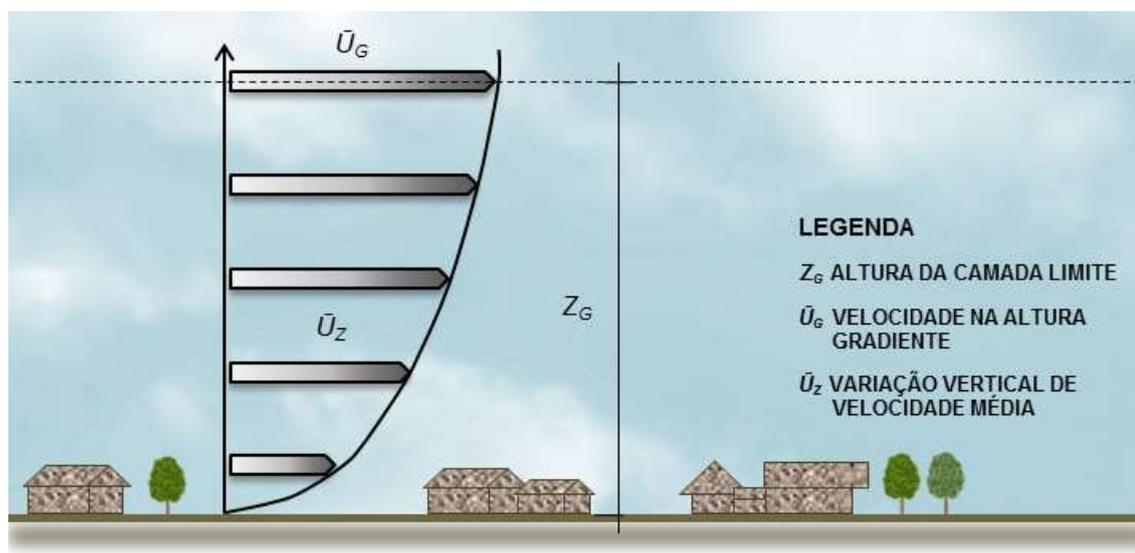


Figura 3: Camada limite urbana, representativa de terrenos planos. Baseado em: (GANDEMER e GUYOT, 1976, p. 20).

Anota-se que a velocidade do vento é maior no campo que na cidade, pois na cidade os edifícios funcionam como barreiras, assim como, aumentam a superfície de contato do vento, que tem a velocidade diminuída no nível do solo (MASCARÓ, 1991, p. 33). Gandemer e Guyot (1976, p. 20), também fazem colocação semelhante, no que se refere a condição de aspereza e rugosidades encontradas pelo vento e por sua distribuição, ao incidir em diferentes áreas, como, campos, florestas e ambientes urbanos. Os mesmos autores ainda colocam que a variação vertical da velocidade média e a estrutura da

turbulência também resultam de interações complexas relacionadas a estratificação térmica nas camadas mais baixas e a turbulência térmica (GANDEMER e GUYOT, 1976, p. 20).

Para Koenigsberger *et al.* (1977, p. 53), a altura da CLA varia de 100m a 274m em campo aberto, de 100m a 396m na periferia e de 100m a 518m no centro urbano. Ponderando a Figura 4, percebe-se que a rugosidade superficial é um fator determinante para a definição da altura necessária para que um perfil alcance o equilíbrio, sendo indicados os valores de 270m para lago plano, equivalente a campo aberto, 330m para floresta e periferia, e 400m para centro de cidade (GANDEMER e GUYOT, 1976, p. 20). Sendo assim, são produzidos diferentes perfis de velocidade média, cada um correspondendo a uma diferente rugosidade, em relação à espessura da camada limite  $Z_G$ , e ao parâmetro  $\alpha$ , mostrados na Figura 4, estes dependem necessariamente do tipo de rugosidade do solo encontrado pelo vento (GANDEMER e GUYOT, 1976, p. 20).

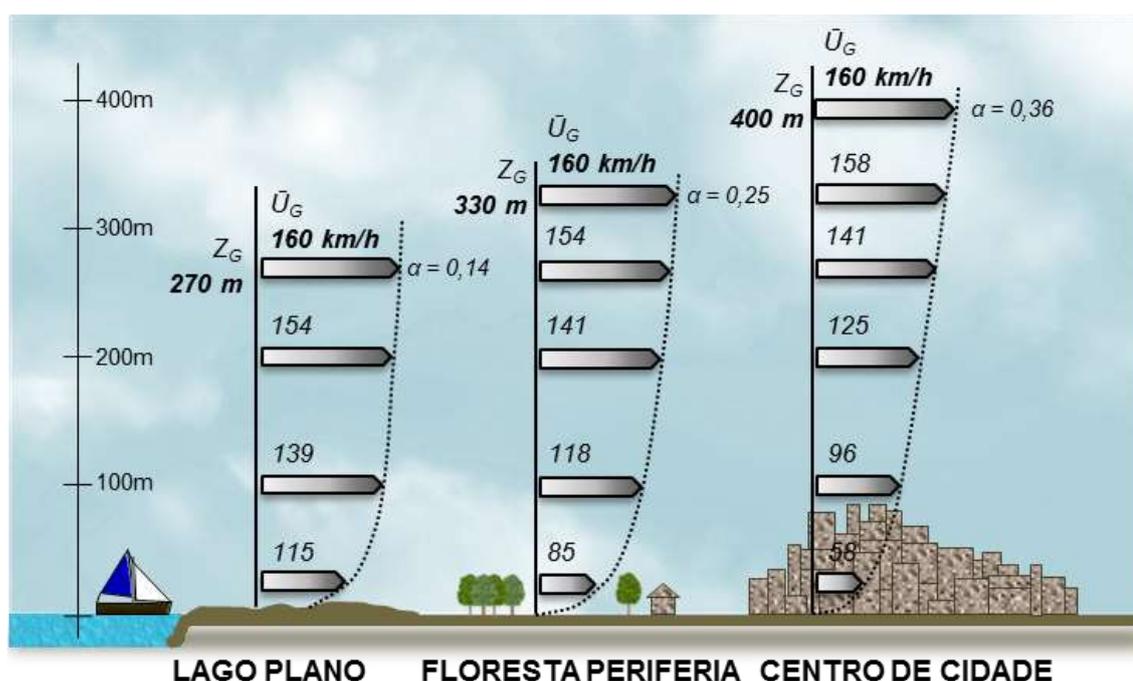


Figura 4: Perfis de velocidade ao longo de três terrenos de diferentes rugosidades.

Baseado em: (GANDEMER e GUYOT, 1976, p. 20).

Ainda citando Gandemer e Guyot (1976, p. 20), assim como, Loredou-Souza *et al.* (2004, p. 137-138), que ponderam acerca do mesmo tema, que diz respeito à supressão dos fenômenos térmicos diante dos fenômenos dinâmicos do vento. Segue, citando Loredou-Souza, “Para ventos fortes, com velocidades médias horárias superiores a 10m/s, o escoamento é suficientemente turbulento para que a mistura produzida suprima os efeitos

térmicos e a CLA possa ser tratada como sendo adiabática e neutralmente estável.” (LOREDO-SOUZA, 2004, p. 137-138).

### 3.1.2 Velocidade característica do vento

A velocidade máxima do vento utilizada em projetos de estruturas é colocada pela NBR 6.123/1988, posta em metros por segundo, chamada de velocidade básica do vento e indicada por  $V_o$ , e corresponde “[...] a velocidade de uma rajada de três segundos, exercida em média uma vez em cinquenta anos, a dez metros acima do terreno, em campo aberto plano.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988, p. 5). Ressalta-se que esta mesma norma indica figura com Isopletas da velocidade básica do vento<sup>4</sup>,  $V_o$  (m/s), para todas as regiões do Brasil, sendo assim, a velocidade a ser considerada depende da localização estudada, e varia no Brasil entre 30m/s e 50m/s. De acordo com Blessmann (2001, p. 20):

“Como a força devida ao vento é proporcional ao quadrado de sua velocidade, segue que as forças correspondentes estão na razão de 9 para 25. Isto é, conforme a localização de uma dada edificação dentro do país, os esforços devidos ao vento podem, no limite, quase que triplicar.”

Blessmann (2001, p. 20), coloca que a NBR 6.123/1988 congregou os resultados de estudos desenvolvidos pelo Laboratório de Aerodinâmica das Construções (LAC), da UFRGS. Nas pesquisas desenvolvidas pelo laboratório, “[...] foram considerados os registros das velocidades máximas do vento em 49 estações do Serviço de Proteção ao Voo do Ministério da Aeronáutica, os quais foram processados e exaustivamente testados, do ponto de vista probabilístico.” (BLESSMANN, 2001, p. 20).

A NBR 6.123/1988 trata, no ponto acerca da velocidade característica do vento, também de fatores que devem ser considerados para a determinação da velocidade máxima do vento, deve-se ponderar: fator topográfico  $S_1$ , “[...] variações de relevo do terreno [...]”; fator  $S_2$ , “[...] efeito combinado da rugosidade do terreno, da variação da velocidade do vento com a altura acima do terreno e das dimensões da edificação ou parte da edificação [...]”; e fator estatístico  $S_3$ , “[...] grau de segurança requerido e a vida útil da edificação.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988, p. 5, 8 e 10).

A ABNT (1988, p. 10) coloca que a probabilidade de que a velocidade  $V_o$  seja igualada ou exercida no período de cinquenta anos é de sessenta e três por cento, então “O nível de probabilidade (0,63) e a vida útil (50 anos) adotados são

<sup>4</sup> Conforme **ANEXO A** | ISOPLETAS DA VELOCIDADE BÁSICA DO VENTO, p. 328.

considerados adequados para edificações normais destinadas a moradias, hotéis, escritórios, etc. (grupo 2)”. Esta norma ainda aponta valores mínimos do fator estatístico  $S_3^5$ , por meio de tabela, e em anexo, da própria norma, indica também a determinação deste mesmo fator para outros níveis de probabilidade e para outros períodos de exposição da edificação a ação do vento.

### 3.2 CRITÉRIOS PARA A CLASSIFICAÇÃO DO CONFORTO DO PEDESTRE

A noção de conforto e de segurança humana frente ao vento é diferente, a segurança ultrapassa os limites do conforto. Este estudo refere-se à questão do conforto do pedestre frente ao vento, ou seja, relaciona-se ao conforto dinâmico do homem, que se refere à manutenção da condição do homem para a realização de atividades próprias do meio urbano, neutralizando as forças induzidas pelo vento, variáveis no tempo e espaço. O vento busca mecanicamente o corpo humano, enquanto obstáculo, impedindo seus movimentos e, atacando suas roupas, etc. (GANDEMER e GUYOT, 1976, p. 29), dependendo da velocidade de ataque torna impossível o desenvolvimento de certas atividades.

Diante das características do vento, assim como, diante de contexto exposto, a qualidade instável do vento obriga o pedestre a adaptar-se a um novo estado, e pode causar desconforto, alterando o equilíbrio da caminhada, despenteando o cabelo, prejudicando o uso de guarda-chuva. Em geral, o conforto e o desconforto dependem da atividade desenvolvida pelo indivíduo, do clima, das condições meteorológicas e do estado físico, sendo assim, a demarcação de um critério de conforto é realmente um problema complexo. Segundo Gandemer e Guyot (1976, p. 29), parece mesmo impossível, pelo menos impraticável de se adotar um critério único, que seja relativamente utilizável e que englobe todas as causas de desconforto.

O critério usado nesta pesquisa para avaliar o conforto do pedestre frente ao vento, para os dois adensamentos estudados, adensamento antigo e adensamento recente, trata-se da escala Beaufort, escala de força exercida pelo vento, que relaciona velocidades do vento e características do vento sobre o mar, a terra e sobre as pessoas, fazendo uma série de indicações numéricas sobre as manifestações do vento em função da velocidade e das sensações. Para esta pesquisa, consideram-se os valores da escala Beaufort adaptados a

---

<sup>5</sup> Conforme **ANEXO B** | DETERMINAÇÃO DO FATOR ESTATÍSTICO  $S_3$ , p. 330.

---

pessoas, ou seja, valores de velocidades a dois metros do solo e para intervalo de três segundos, para julgar as condições encontradas, verificadas através dos ensaios em túnel de vento.

### 3.3 ESCALA BEAUFORT

A escala Beaufort é uma escala de força exercida pelo vento, tendo em conta a sua velocidade e os efeitos resultantes das ventanias no mar e em terra. A escala tem o nome do inventor Francis Beaufort (1774-1857), almirante da Marinha Real Britânica, e surgiu de uma necessidade prática, para que os marinheiros pudessem estimar a velocidade do vento. Com essa intenção, Beaufort delineou zonas de velocidades do vento, e para cada uma das zonas identificou certos efeitos sobre o mar, ou sobre o navio, percebíveis e distintos. Sendo assim, os marinheiros inexperientes podiam, observando os efeitos, estimar a velocidade aproximada do vento (BLESSMANN, 2001, p. 117).

O primeiro registro da referida escala para o uso no mar data de 1805, contida no diário de bordo pessoal de Beaufort. A adaptação para o uso em terra aconteceu apenas em 1905 por George Simpson (1878-1965), meteorologista inglês, e mais recentemente foi adaptada para estimar as condições de conforto de pessoas expostas ao vento (BLESSMANN, 2001, p. 117-118). Inicialmente Beaufort definiu catorze zonas, numeradas de 0 a 13, pouco tempo depois passou para treze zonas, sendo estas numeradas de 0 a 12, na versão tradicional são incluídos para cada zona os limites de velocidade média referente a um só intervalo de tempo, em geral 10 minutos ou 1 hora (BLESSMANN, 2001, p. 122-123).

#### 3.3.1 Rajadas de vento

Blessmann (2001, p. 118) coloca, “Um dos problemas para interpretar corretamente a escala Beaufort é o atinente à dependência da velocidade dos seguintes parâmetros: a altura acima do terreno, sua rugosidade e o intervalo de tempo usado na determinação da velocidade.”. Considera-se, portanto, a altura acima do terreno como 10m; a rugosidade de campo aberto; e o intervalo de tempo para determinação da velocidade equivalente a 10min. Blessmann (2001, p. 118) alerta que efetivamente trabalha-se com velocidades médias para uma extensa série de intervalos de tempo, de fato, para os intervalos entre 1 hora a 3 segundos, ainda afirma que, para poucos casos podem-se interessar rajadas muito rápidas, equivalentes a apenas a uma fração de segundos. A rajada é ponto importante, e deve ser considerada, é definida como sendo as flutuações da velocidade instantânea do ar em torno

da velocidade média (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988, p. 33). Os parâmetros básicos são colocados na Figura 5, e ainda através de equações.

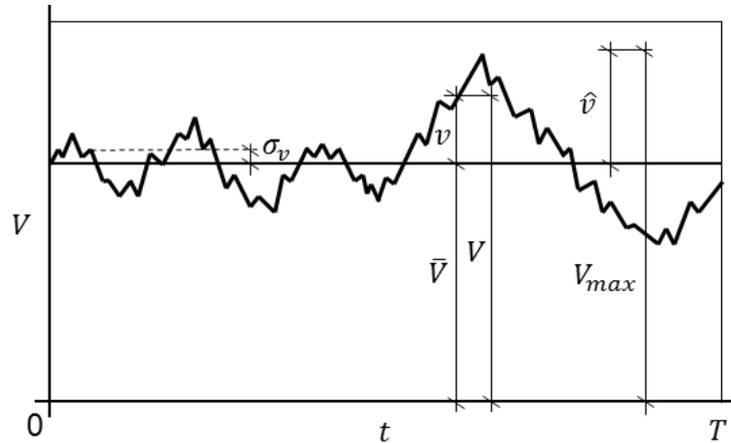


Figura 5: Parâmetros básicos para rajadas.  
Baseado em: (BLESSMANN, 2001, p. 118).

Diante dos parâmetros relacionados a rajadas mostrados na Figura 5, velocidade de pico de rajada, velocidade máxima no intervalo de tempo considerado, variância, e o desvio padrão das flutuações em torno da média; pode-se definir a intensidade de turbulência, Equação 4, (BLESSMANN, 2001, p. 119). Os parâmetros indicados são mostrados: na Equação 1, na Equação 2, na Equação 3 p. 60 e na Equação 4 p. 60.

$$V = \bar{V} + v \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

$V$  é a velocidade em um certo intervalo de tempo  $T$ ;

$\bar{V}$  é a velocidade média do vento no intervalo de tempo considerado;

$v$  é a flutuação, rajada, em torno da velocidade média.

Então:

$$V_{max} = \bar{V} + \hat{v} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

$V_{max}$  é a velocidade máxima no intervalo de tempo considerado;

$\hat{v}$  é a velocidade de pico de rajada.

Então:

$$(\sigma_v)^2 = (1/T) \int_0^T v^2 dt \quad \text{Equação 3}$$

$$I = \frac{\sigma_v}{\bar{v}} \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

$(\sigma_v)^2$  é a variância;

$I$  é a intensidade de turbulência;

$\sigma_v$  é o desvio padrão das flutuações em torno da média;

Blessmann (2001, p. 119) afirma que para o uso da Escala Beaufort deve-se atenção em relação a qual é a velocidade de referência, pois muitas vezes a escala é representada sem a indicação correta da velocidade. Ainda, assegura que, mesmo diante destes imprevistos, pode-se “[...] tomar como referência o intervalo de tempo de dez minutos ou mais. Mas os efeitos indicados nessa escala devem-se principalmente às rajadas de curta duração, de apenas alguns segundos.”, através do fator de rajada, Equação 5, faz-se a transformação de um intervalo de tempo para outro:

$$F_r = \frac{V_t}{V_3} \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

$F_r$  é fator de rajada;

$V_t$  é a velocidade média sobre  $t$  segundos;

$V_3$  é a velocidade média sobre 3 segundos.

De acordo com Blessmann (2001, p. 119), o fator de rajada normalmente é calculado para uma altura acima de dez metros do terreno, alerta, que “Conceitualmente, poder-se-ia aplicar a qualquer altura.”. A NBR 6.123/1988 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988, p. 42), traz valores para o fator de rajada, considerando pela norma “[...] como velocidade adimensional, normalizada em  $V_0$ , [...]” para a altura de dez metros acima

do terreno, e terreno do tipo campo aberto, Categoria II, da mesma norma, para vários intervalos de tempo, entre 3s e 3.600s (1h).

### 3.3.2 Perfil de velocidades médias

Como colocado anteriormente, a velocidade do vento, varia com a rugosidade do terreno, obtendo-se perfis de CLA distintos para cada tipo de terreno. Blessmann (2001, p. 120), assenta que, quanto maior a rugosidade do terreno, “[...] maiores serão a agitação do ar, o intercâmbio turbulento de quantidade de movimento e a altura interessada neste processo. [...] Evidentemente, esta maior agitação provocará também uma maior intensidade de turbulência, [...]”. Continua, “[...] a uma dada altura, dentro da camada limite atmosférica e para uma mesma velocidade gradiente (velocidade na altura gradiente), a velocidade média será menor em cidade do que em campo aberto.” (BLESSMANN, 2001, p. 120-121). Na Figura 6 podem-se visualizar os perfis de velocidades representativos das duas situações.

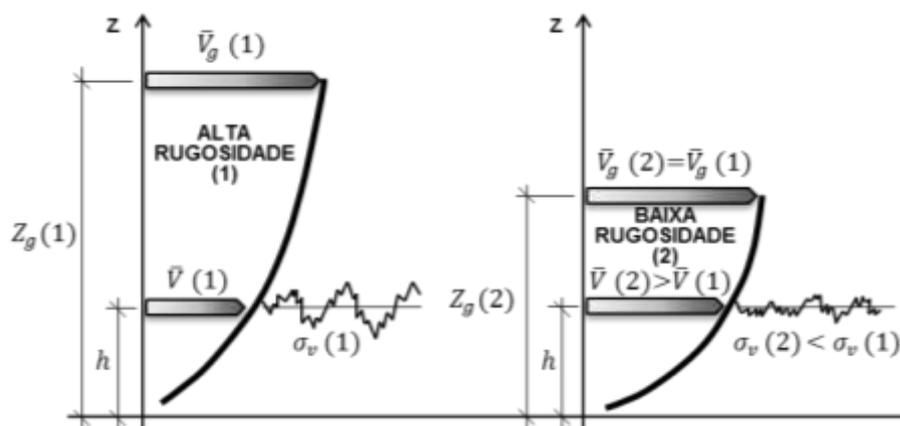


Figura 6: Perfil de velocidades médias e turbulência variam com a rugosidade do terreno.

Baseado em: (BLESSMANN, 2001, p. 121).

Segundo Loredo-Souza *et al.* (2004, p. 139), existem basicamente duas formas para a construção de perfis de velocidades médias utilizados na engenharia do vento, o perfil em lei de potência e o perfil logarítmico. Mas, é praticamente consenso, na engenharia civil, o uso de uma lei potencial para indicar a variação da velocidade com a altura, “Esta lei representa, com aproximação suficiente para estes fins, o que acontece em diversos ventos naturais fortes. Além disso, ela se aplica a velocidades médias calculadas em intervalos de tempo pequenos, a partir de rajadas de 3 segundos.” (BLESSMANN, 2001, p. 121). A Figura 7, p. 62, mostra os perfis de velocidades médias para uma hora e para três segundos, referentes a campo aberto.

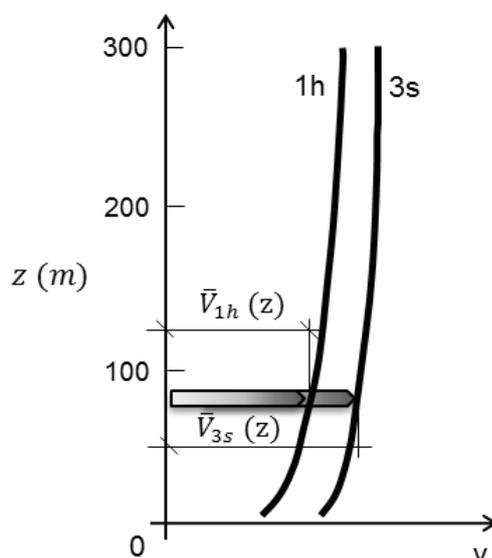


Figura 7: Perfil de velocidades médias para 1h e 3s, terreno categoria II da NBR 6.123/1988.  
Baseado em: (BLESSMANN, 2001, p. 122).

Percebe-se, pela análise da Figura 7, que quanto maior o intervalo de tempo, menor será a velocidade, considerando a mesma altura, e um mesmo tipo de terreno, no caso terreno Categoria II, definido na NBR 6.123/1988, que corresponde a campo aberto. Blessmann (2001, p. 122) conclui que para o uso das velocidades indicadas na escala Beaufort, “[...] devem ser referidas a valores bem definidos da altura acima do terreno e do intervalo de tempo utilizado no cálculo dessas velocidades, bem como a uma bem determinada categoria de rugosidade.”.

### 3.3.3 O uso da escala Beaufort para rajadas de curta duração

Blessmann (2001, p. 123) cita trabalho desenvolvido por Penwarden e Wise<sup>6</sup>, que desenvolveram gráfico, “[...], partindo da velocidade média sobre dez minutos, vale entre dez minutos e um segundo. Ou seja, atingem rajadas de curta duração.”, o gráfico proposto para estudos de problemas de conforto humano, e congrega as forças de 1 até 9 da escala Beaufort. O mesmo autor, (BLESSMANN, 2001, p. 123), utilizando o mesmo critério do trabalho citado, elaborou gráfico para toda a escala Beaufort, velocidade do vento a dez metros acima do terreno e intervalos de tempo entre uma hora e três segundos, considerando os valores de  $S_2$  da NBR 6.123/1988 para terreno Categoria II, campo aberto e plano, mostrado na Figura 8, p. 63.

<sup>6</sup> PENWARDEN, A. D., WISE, A. F. E. Wind environment around buildings. Building Research Establishment Report, London, 1975.

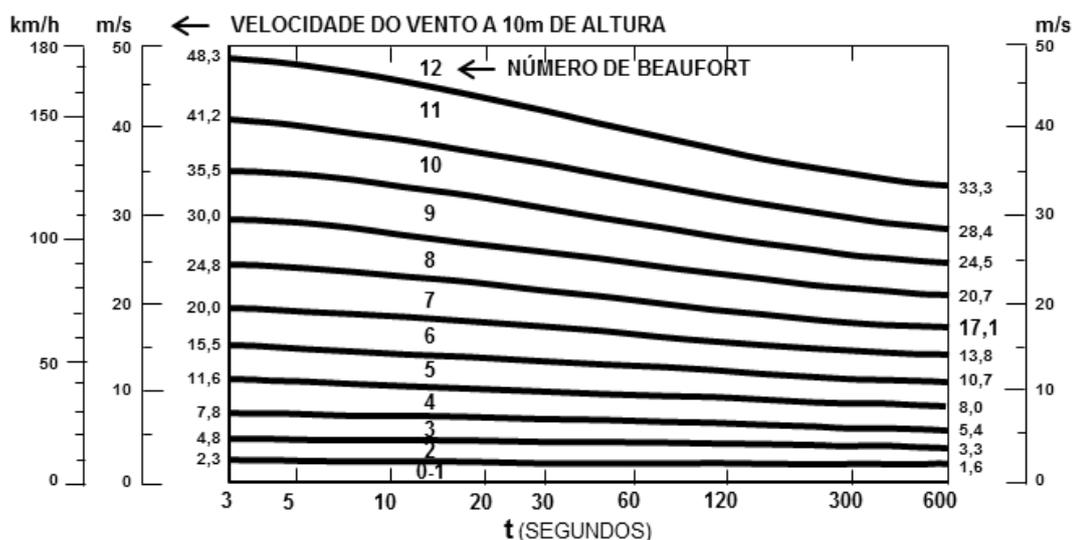


Figura 8: Escala Beaufort – gráfico para conforto humano. Baseado em: (BLESSMANN, 2001, p. 123).

Vale lembrar que a escala Beaufort mostrada através do Quadro 48<sup>7</sup>, confere valores relacionados à NBR 6.123/1988, Categoria II, o intervalo para o cálculo da velocidade média corresponde a dez minutos e a dez metros acima do terreno, na escala também consta, entre parênteses, as velocidades de rajadas de três segundos. São indicados valores de velocidade correspondentes a efeitos sobre a natureza e as construções e sobre pessoas, as nomenclaturas usadas no Quadro 48, correspondem, segundo Blessmann (2001, p. 124), a sugestão baseada nos termos mais encontrados na literatura.

A norma brasileira, NBR 6.123/1988, por meio da Equação 6, define a relação para o cálculo da velocidade que corresponde a rajadas de três segundos de duração, considerando a Categoria II de rugosidade e altura de dez metros de altura acima do terreno (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988, p. 45)<sup>8</sup>:

$$V_o^+ = S_3 V_o \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

$V_o^+$  é a velocidade do vento que tem a probabilidade  $P_m$  de ser excedida, no local estudado;

$P_m$  é a vida útil  $m$  anos;

<sup>7</sup> Conforme **ANEXO C** | ESCALA BEAUFORT, p.331.

<sup>8</sup> Conforme **ANEXO B** | DETERMINAÇÃO DO FATOR ESTATÍSTICO  $S_3$ , p. 330.

$S_3$  é fator baseado em conceitos probabilísticos;

$V_0$  é velocidade básica do vento, velocidade de uma rajada de 3s, exercida na média uma vez em 50 anos, a 10m acima do terreno, em campo aberto e plano<sup>9</sup> [m/s].

Então, considerando a Equação 7, colocada pela NBR 6.123/1988, o valor da velocidade para rajadas de três segundos, Categoria II a dez metros de altura corresponde, a Equação 2 (BLESSMANN, 2001, p. 123-124):

$$V_{3s} = 1,45 \bar{V}_{10min} \quad \text{Equação 7}$$

Onde:

$V_{3s}$  é a velocidade de rajada de 3 segundos [m/s];

$\bar{V}_{10min}$  é a velocidade média no intervalo de 10 minutos [m/s].

Para análises das velocidades no meio urbano o uso da escala Beaufort traz certa imprecisão, pois em cidades as rajadas são mais velozes, quanto mais rugoso for o terreno, assim como as rajadas, também a velocidade média é comprometida pela rugosidade, contudo “[...] enquanto as rajadas aumentam bastante de velocidade ao se passar de campo aberto para centro de grandes cidades, a velocidade média diminui.” (BLESSMANN, 2001, p. 124). Considerando a avaliação da velocidade do vento através do número Beaufort, Blessmann (2001, p. 124) refere-se a “[...] expressão empírica que fornece, com aproximação muito boa, a média das velocidades de rajadas máximas que limitam cada zona da escala de Beaufort.”, Equação 8 e Quadro 1, p. 65:

$$V_m = 1,22 \sqrt{B^3} \quad \text{Equação 8}$$

Onde:

$$B = 0,88 \sqrt[3]{V^2}$$

$V_m$  é a média das velocidades de rajadas máximas que limitam cada zona da Escala Beaufort [m/s];

$B$  é número de Beaufort;

$V$  é a velocidade máxima de rajada encontrada [m/s].

<sup>9</sup> Conforme ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1988, p. 2).

NÚMERO DE BEAUFORT	VELOCIDADE	
	$V_m$ [m/s] EQUAÇÃO 3 <sup>10</sup>	$V_m$ [m/s] QUADRO 48 <sup>11</sup>
1	1,2	1,4
2	3,5	3,5
3	6,3	6,3
4	9,8	9,7
5	13,6	13,6
6	17,9	17,8
7	22,6	22,4
8	27,6	27,4
9	32,9	32,8
10	38,6	38,4
11	44,5	44,8
12	50,7	48,3

Quadro 1: Velocidade de rajada, relação dos valores para a Equação 3 e dos valores colocados na Escala Beaufort, Quadro 47. Baseado em: (BLESSMANN, 2001, p. 125).

Para construção do Quadro 1, o autor considerou os valores para a média das velocidades de rajadas máximas que limitam cada um dos números de Beaufort, calculados pela Equação 8, e para efeito comparativo acrescentou os valores médios obtidos da Escala Beaufort, Quadro 48. Sendo que, como, para o número Beaufort 12, a escala indica apenas o limite inferior de velocidade, percebe-se uma discrepância entre os valores calculados pela Equação 8 e os valores encontrados no Quadro 48, no caso referente ao número de Beaufort 12 (BLESSMANN, 2001, p. 125).

### 3.4 O CONFORTO DO PEDESTRE EM AMBIENTE URBANO

O conforto do pedestre no meio urbano está associado à condição da ventilação natural para o ambiente urbano, ao clima do local é determinante para o alcance da condição “confortável” pelo pedestre. A compreensão do escoamento junto a edifícios possibilita o conhecimento dos efeitos aerodinâmicos do vento próximo aos edifícios, influenciados pela forma das edificações ou mesmo pelo entorno edificado, alterando a ventilação natural, e gerando, na maior parte das vezes aumento da velocidade do vento no nível do pedestre.

<sup>10</sup> Nesta pesquisa, a Equação 8 encontra-se na p. 64.

<sup>11</sup> Nesta pesquisa, o Quadro 48 encontra-se nas p. 331-333.

---

As condições colocadas podem gerar situações aceitáveis ou desaconselháveis para o pedestre considerando a relação deste com o meio ambiente urbano. Critérios de conforto foram estabelecidos, visando quantificar vários graus de conforto, assim como, a condição de desconforto, e mesmo de perigo, para o pedestre em relação ao vento em áreas urbanas, através da especificação de valores máximos admitidos, para a velocidade do vento, considerando, ainda o período de ocorrência.

### 3.4.1 Implicações do vento em pedestres

Como já colocado anteriormente, condições adversas ao pedestre, são classicamente identificadas com as altas velocidades do vento ao nível do solo, relacionadas, sobretudo, a presença de edifícios. A presença de edifícios, inevitavelmente, muda a ventilação do entorno, alterando os aspectos físicos que definem o microclima urbano, que depende, evidentemente, da forma, da altura e da orientação do edifício, da vegetação, e da relação com o ambiente construído, (BLOCKEN e CARMELIET, 2004, p. 108). As condições resultantes podem causar conforto ou desconforto ao pedestre, estabelecendo situações aceitáveis ou não para o pedestre enquanto usuário do espaço urbano, chegando em alguns casos, até mesmo, a condição de perigosa.

Para Gandemer e Guyot (1976, p. 23) o fluxo de ar ao nível do solo em áreas edificadas, resulta da complexa interação entre o vento e as massas construídas. Bottema (1993, p. 22-23), ainda sob o mesmo contexto, esclarece o fluxo de ar no entorno de obstáculos, e, também explicita que o fluxo turbulento é muito complexo, “[...] fluxo médio, turbulência e campo de pressão são altamente dependentes uns dos outros.”. O mesmo autor esboça a ação do fluxo sobre obstáculo imerso na atmosfera, através de imagem, faz estimativas amplas da relação entre as pressões e a velocidade do vento, associa o perfil de camada limite atmosférica, e indica as extensões do obstáculo estudado, como ponto determinante para a geração de efeitos aerodinâmicos do vento.

A Figura 9, p. 67, mostra um obstáculo sob a ação da força do vento, indica a representação do perfil de camada limite atmosférica e as extensões do obstáculo. A força exercida pelo vento sobre um obstáculo, em função do tempo, é dada pelo fluxo médio, ao longo de um alcance em função da velocidade e do tempo,  $U_0$  e  $t_0$ . Portanto a equação da força exercida equivale à diminuição da velocidade média do vento e ao aumento da velocidade do vento e da turbulência nos fluxos secundários em função da distância, ou seja, por unidade de comprimento (BOTTEMA, 1993, p. 22).

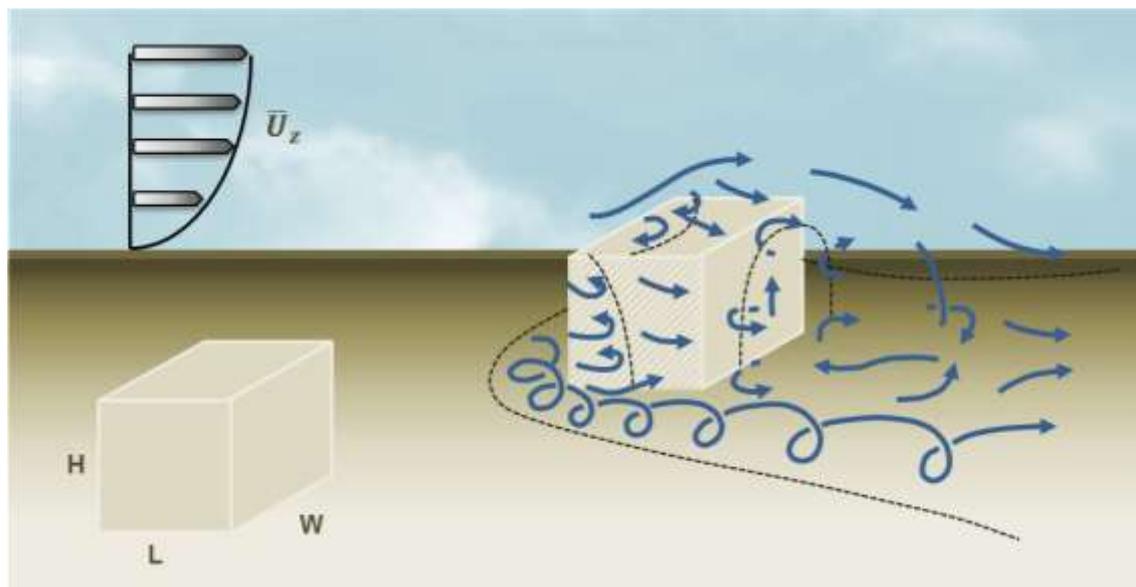


Figura 9: Campo de vento no entorno de obstáculo imerso na camada limite atmosférica, perfil de CLA e extensões do obstáculo. Baseado em: (BOTTEMA, 1993, p. 22).

Gandemer estudou várias composições de edifícios, com foco nos efeitos aerodinâmicos relacionados às composições com implicações no fluxo de ar, inclusive com esboços das edificações e setas indicativas do comportamento do vento. Relacionam-se alguns conjuntos indicados por Gandemer, citando-os: efeito barreira, efeito Venturi, efeito de conexão de zonas de pressão, efeito de malha, efeito das aberturas sob as edificações, efeito de canto, efeito de esteira do edifício, efeito de canalização, efeito de pirâmide, efeito *down-wash* (LAWSON, 1978, p. 97). Os efeitos do fluxo em edificações provocam comportamentos de vento, que podem produzir altas velocidades, que afetam diretamente o pedestre. Ratificada pela afirmação “Os fluxos que se estabelecem ao nível do solo nos conjuntos de construções, resultam da complexa interação entre o vento e as massas construídas” (GANDEMER e GUYOT, 1976, p. 22).

Os efeitos do vento sobre os pedestres, são provocados, na maioria das vezes, não pela incidência direta do vento, mas pelo rebatimento do fluxo nas fachadas, provocando altas velocidades de vento e alterando a condição de conforto, podendo provocar situações de desconforto, indicadas como situação desaconselhável. Baseando-se em Blocken e Carmeliet (2004), Gandemer e Guyot (1976), Lawson (1978) e Mascaró (1991), faz-se referência a áreas ao nível do solo, associadas à implantação dos edifícios na malha urbana, que podem proporcionar situações não indicadas para a realização de certas atividades pelo pedestre, advindas das condições citadas, inclui-se:

- a) base de edifícios a barlavento e a sotavento;

- b) esteira de edifícios, circulação de ar nas laterais e a sotavento;
- c) espaços estreitos entre edifícios;
- d) aberturas sob edifícios;
- e) cânions urbanos, ruas retas e longas com a presença de edifícios em ambos os lados;
- f) cantos e esquinas de edificações;

Gandemer e Guyot (1976, p. 22) argumentam que a interação entre o vento e a massa construída é modulada pela forma, pela dimensão e pela justaposição de edificações, determinando a distribuição de diferentes zonas de pressão no entorno dos obstáculos, sendo assim, entre as zonas de diferentes pressões ocorrem excessos de velocidade e vórtices. Os mesmos autores relacionam situações características do alcance da relação entre o vento e os obstáculos, as conjunturas colocadas são representadas na Figura 10, por meio de esboço, sendo indicados, linha de separação (1); área de circulação de vórtices de esteira (2); ponto de descolamento (3); ponto de recolamento (4); área equivalente ao aumento dos limites de separação entre a esteira do obstáculo e o fluxo de ar (5).

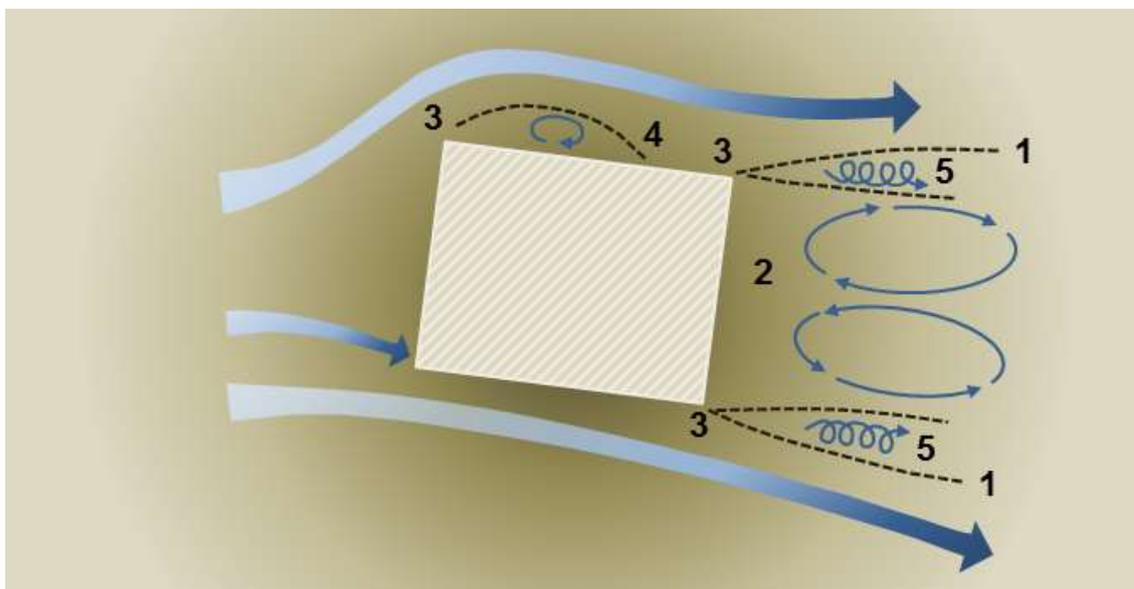


Figura 10: Representação, através de seção horizontal, do comportamento do vento no entorno de edificação. Baseado em: (GANDEMER e GUYOT, 1976, p. 22).

Blocken e Carmeliet (2004, p. 120), citam estudo apontado por Sexton em 1968, que trata de relações de velocidade do vento medido em um teste em túnel de vento, apresentado através de representação de seção vertical com os resultados típicos encontrados para o comportamento do vento. As proporções das curvas referentes ao fluxo de ar foram obtidas, no estudo citado, dividindo-se os valores da velocidade do vento medidas pela velocidade do vento provável, para a mesma altura, sem a ocorrência das construções. Na Figura 11 mostra-se o resultado obtido, coloca-se que originalmente as extensões foram dispostas na unidade pés, e nesta pesquisa apresentadas em metros, valores aproximados.

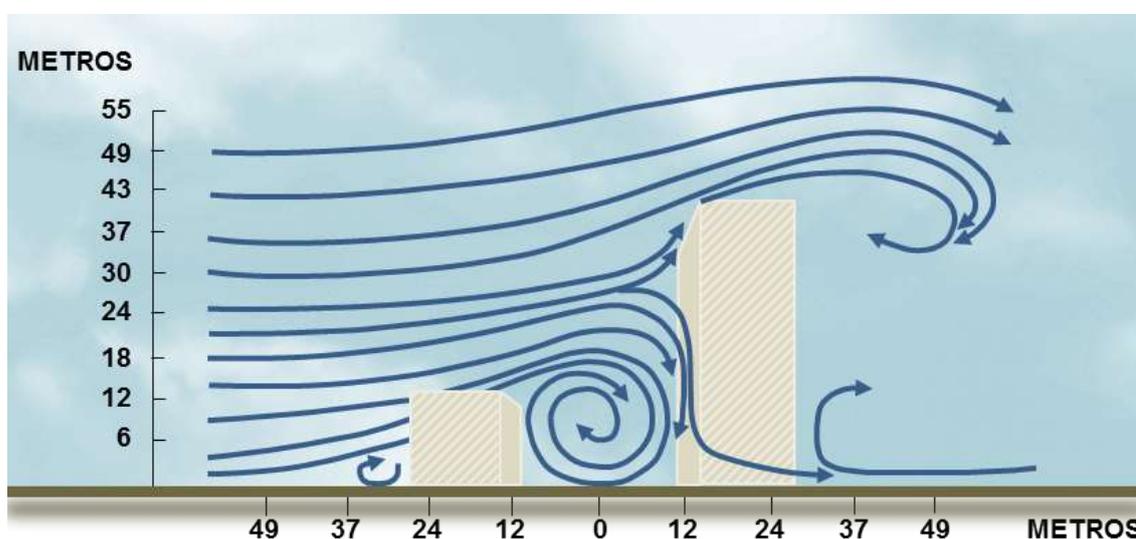


Figura 11: Esboço, em seção vertical, dos resultados típicos para o comportamento do vento.  
Baseado em: (BLOCKEN e CARMELIET, 2004, p. 121).

De modo mais específico, colocam-se, então, os efeitos de vento correspondentes a algumas situações identificadas que provocam circunstâncias indesejadas ao pedestre, atribuídas a determinadas áreas urbanas, sobretudo próximas a edifícios, assentadas na p. 67, através das alíneas a), b), c), d), e) e f). Exemplificados por meio de colocações correntes, Blocken e Carmeliet (2004, p. 126-127), Bottema (1993, p. 26) e Gandemer e Guyot (1976, p. 24).

Inicia-se pela situação estudada para o fluxo de vento em torno de um único edifício alto retangular, as fachadas a barlavento da ventilação estão sujeitas ao efeito *down-wash*, também chamado de efeito *wise*, nesta situação o vento incide perpendicularmente a face do edifício. O efeito está representado na Figura 12, p. 70, segue descrição, ao aproximar-

se do edifício, parte do fluxo é desviado por cima do edifício (1), outra parte circula em torno do edifício (2), continua delineando (BLOCKEN e CARMELIET, 2004, p. 126):

“[...] Na fachada a barlavento, um ponto de estagnação com a pressão máxima situa-se a aproximadamente de 70% da altura do edifício. A partir deste ponto, o fluxo é desviado para as zonas de baixa pressão da fachada: para cima (3), para um lado (4) e para baixo (5). A grande quantidade de ar que circula para baixo produz um vórtice ao nível do solo (6) chamado de vórtice de pé de fachada, vórtice frontal ou vórtice ferradura. A direção principal do fluxo do vórtice de pé de fachada, próximo ao nível do solo, é oposto ao sentido do fluxo incidente. Quando os dois fluxos se encontram, um ponto de estagnação, com baixas velocidades do vento é gerada no solo, na frente do edifício (7). O vórtice de pé de fachada estende-se para os lados e passa em torno dos cantos do edifício onde ocorre a separação do fluxo e fluem pelos cantos causando altos valores de velocidade de vento (8). Em seguida, os fluxos gerados nos cantos do edifício se fundem no fluxo geral em torno dos cantos do edifício (9). A sotavento do edifício, uma zona de pressão negativa é determinada. Como resultado, ocorrem o retorno ou recirculação de fluxo (10,13). A zona de estagnação marcada atrás do edifício, ao nível do solo, onde as direções do fluxo são opostas e ocorrem baixas velocidades do vento (11; final da zona de recirculação). Além da zona de estagnação, o fluxo retoma a sua direção normal, mas as velocidades do vento continuam baixas, por uma distância atrás do edifício (exemplo, esteira) (12). O retorno do fluxo também é responsável pela geração de vórtices de baixas rotações atrás do edifício (13). Entre esses vórtices e os fluxos de canto (9), existe uma zona com um elevado gradiente de velocidade (a linha de separação) que compreende a pequenos vórtices de rotação rápida (16). Nas linhas de separação originadas nos cantos do edifício ocorrem a separação de fluxo.”

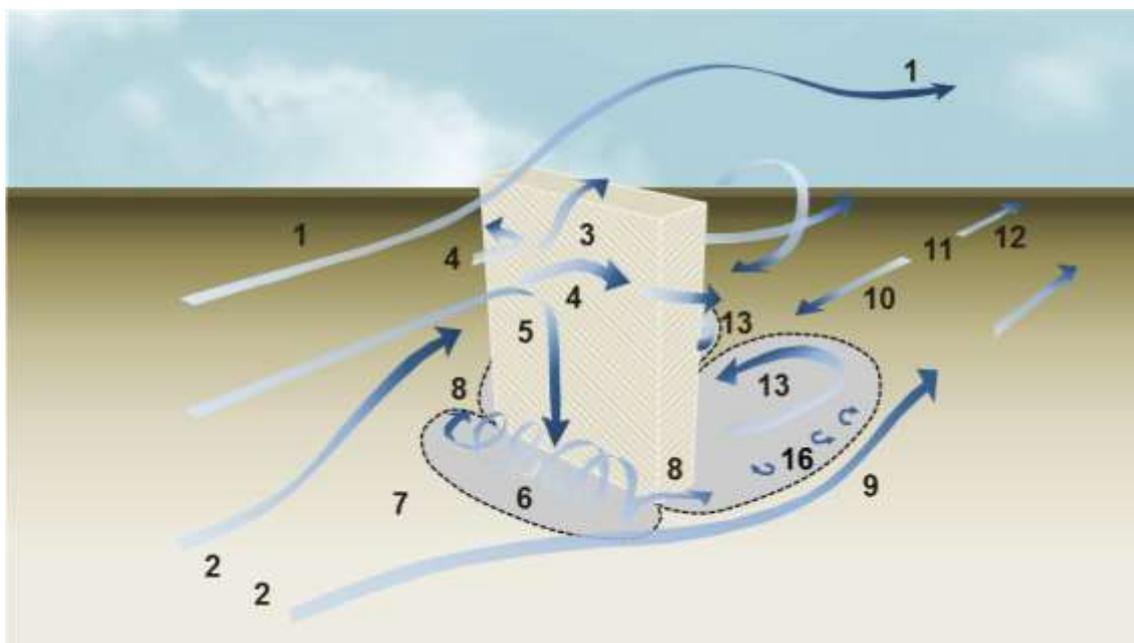


Figura 12: Fluxo de vento em torno de um único edifício alto retangular.

Baseado em: (BLOCKEN e CARMELIET, 2004, p. 127).

Nas bases de edifícios também ocorrem, o efeito barreira ou barra, a sotavento do edifício, acontece quando o vento a  $45^{\circ}$ , em relação à fachada, quando o edifício é laminar, “[...] um prédio paralelepipedal, de espessura relativamente estreita, 10m, de altura homogênea que não exceda os 30m (10 pavimentos), e de comprimento mínimo igual a oito

vezes a altura.” (MASCARÓ, 1991, p. 72). A mesma autora continua, colocando indicações acerca da altura do edifício e do efeito do vento correspondente, para edifícios com altura entre “[...] 15m e 25m, a maior parte do fluxo de ar passa por cima do edifício e cai em parafuso atrás da construção, criando uma zona de turbulência ou redemoinhos.” (MASCARÓ, 1991, p. 72). O efeito barreira provoca turbilhonamento a barlavento do edifício, podendo, também, proporcionar zonas de desconforto ao pedestre.

Outro efeito, colocado na Figura 12, p. 70, indicado pelo número (13), e qualificado como efeito esteira, é detalhado na Figura 13. Mascaró (1991, p. 81) indica que, “A esteira de um edifício é formada pela circulação do fluxo de ar em redemoinhos na parte posterior, em relação a direção do vento [...], e está limitada pelas linhas saídas das arestas.”. O efeito gerado pela esteira de um edifício é provocado tanto pela velocidade do ar, que se movimenta de zonas de alta para zonas de baixa pressão, quanto pela circulação de ar turbulenta, praticamente estável, e que se prolonga por grande distância do edifício.

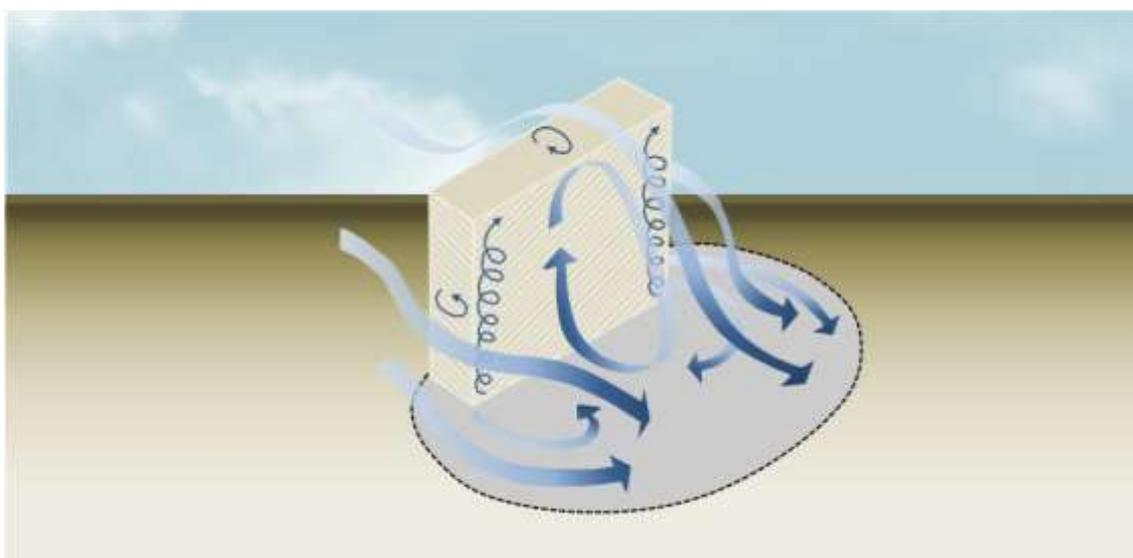


Figura 13: Circulação de ar a sotavento de edifício, efeito esteira. Baseado em: (GANDEMER e GUYOT, 1976, p. 23).

Dimensionamentos aproximados relacionados à esteira de edifícios são indicados, em função do tipo de edificação, neste contexto, citam-se dois autores, segue, “[...] edifícios-torre (16 a 30 andares), [...] o comprimento igual à espessura, e a largura equivalente à altura do edifício que a produz. Nos edifícios paralelepipedais de 16 andares, o comprimento da esteira corresponde [...] ao dobro da espessura, e a largura [...] entre uma e duas vezes a altura do edifício.” (MASCARÓ, 1991, p. 81). Continua, ainda no mesmo assunto, “[...] enquanto o comprimento das zonas de redemoinho aumenta com a largura, mas não em

proporção direta. É necessário um grande acréscimo na largura de uma edificação para se conseguir um pequeno aumento no comprimento do redemoinho” (BROWN e DEKAY, 2004, p. 42).

Quando o vento tem que passar por área reduzida, devido a um afunilamento entre edifícios vizinhos, ou mesmo, por passagens na base de edifícios, provocando assim altas velocidades do vento, esta implicação é identificada como efeito Venturi. Nesta condição, as construções muito próximas, formam desvios no fluxo de vento, canalizando o fluxo por meio de áreas estreitas, normalmente, com fluxo constante, a não ser que, as zonas de passagem de ar tenham uma seção reduzida, sendo assim, o escoamento vai acelerar localmente, gerando zonas de escoamento rápido (GANDEMER e GUYOT, 1976, p. 24). Essas áreas colocam o pedestre sob a ação de grandes velocidades de vento, bem diferente dos campos de vento das proximidades. Na Figura 14, está representado o escoamento de ar entre edifícios próximos, efeito Venturi.

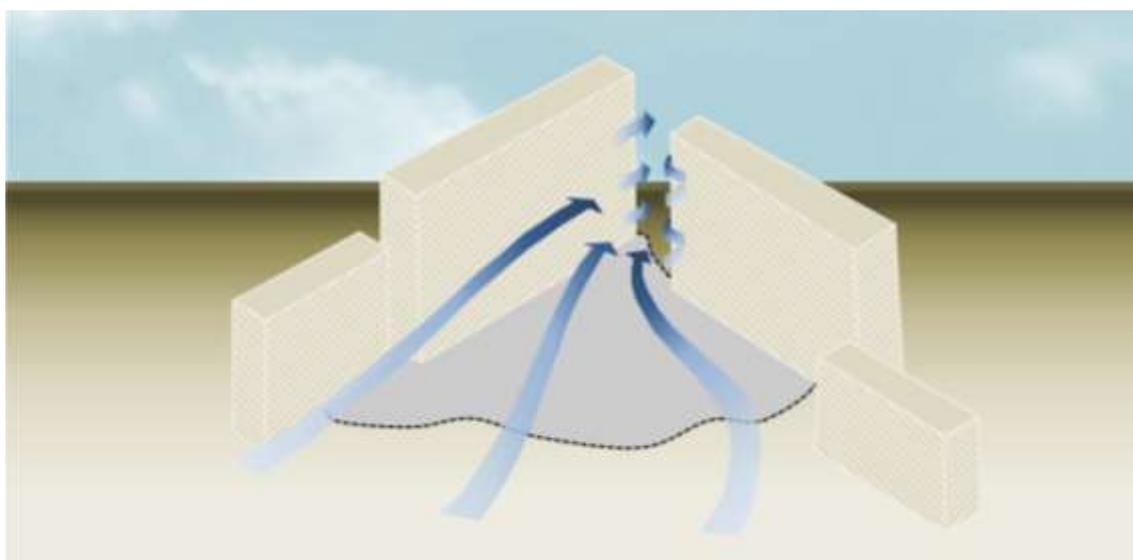


Figura 14: Escoamento entre edifícios vizinhos, efeito Venturi.  
Baseado em: (GANDEMER e GUYOT, 1976, p. 24).

Espaços abertos sob edificações, direcionam mais o fluxo de ar quando estão orientados face a direção do vento, aberturas simples, tem mais impacto que espaços abertos do tipo *pilotis* (MASCARÓ, 1991, p. 76). A ligação de edifícios por meio de arcos na base, ou mesmo em torno de cantos, leva a fluxos locais muito rápidos, associado, mais ou menos, a turbilhões violentos (GANDEMER e GUYOT, 1976, p. 23). Figura 15, p. 73, mostra a circulação de ar junto a edifício com aberturas na base.

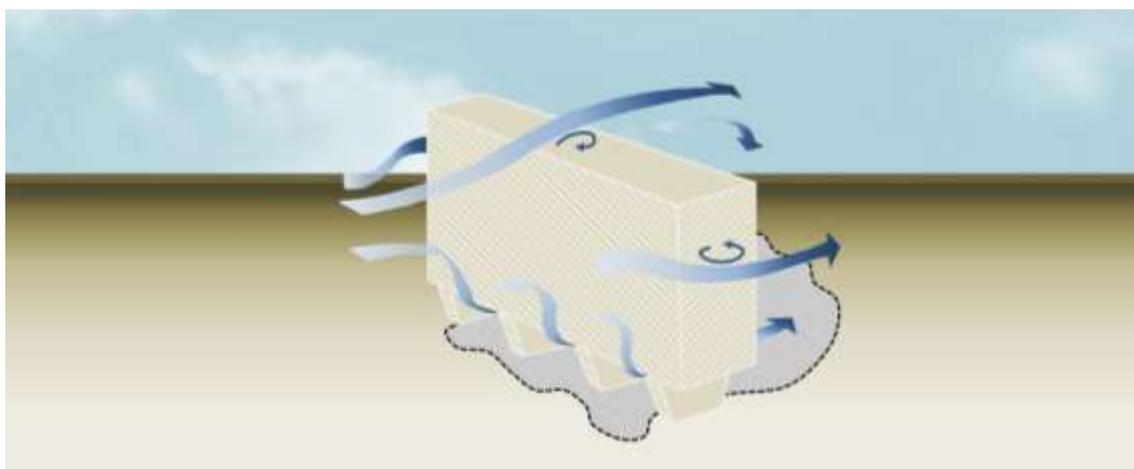


Figura 15: Fluxo de ar sob edifícios através de espaços abertos sob edifícios, tipo pilotis.

Baseado em: (GANDEMER e GUYOT, 1976, p. 23) e de (MASCARÓ, 1991, p. 76).

O efeito de canalização ocorre de maneira mais expressiva quando existe o estreitamento de ruas, motivadas pela presença de edificações de ambos os lados da via, no caso, pode-se definir como alcance a largura menor que três vezes a altura média dos edifícios. O ponto crítico para o pedestre situa-se na porção mais estreita, Figura 16 exhibe a circulação de ar junto a vias retas e longas.

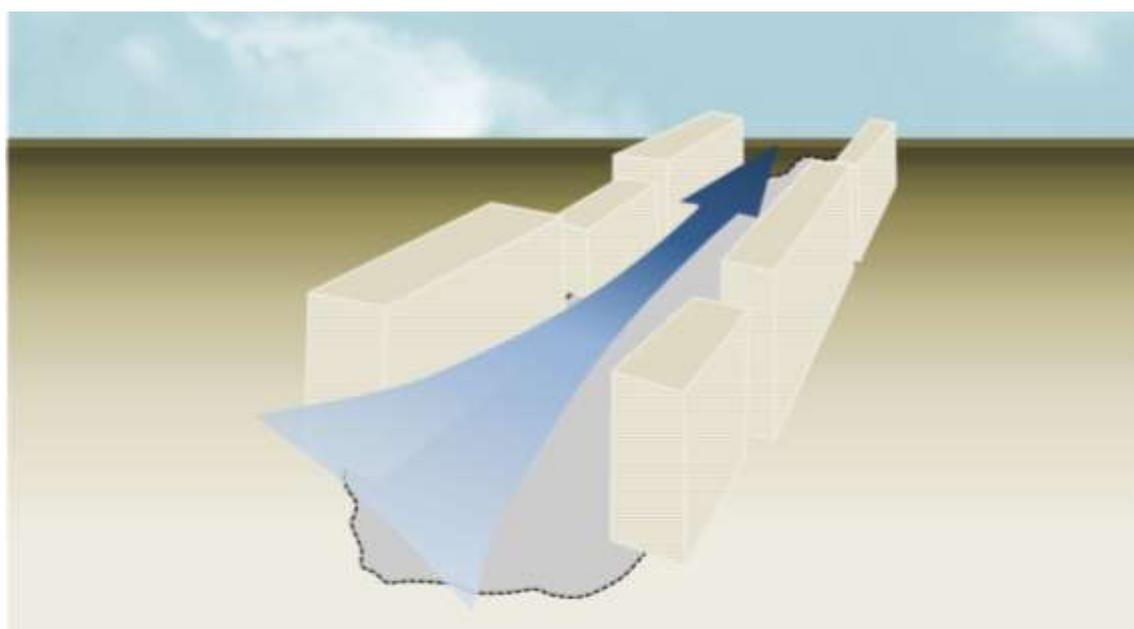


Figura 16: Fluxo através de ruas retas e longas, efeito de canalização.

Baseado em: (MASCARÓ, 1991, p. 78).

Observa-se que as condições relacionadas a áreas de abertura sob edifícios, e a áreas configuradas como vias estreitas, retas e longas, os dois últimos efeitos indicados, Figura 15, p.73 e Figura 16, p. 73, quando há a canalização, também são associadas ao efeito Venturi.

A última situação colocada, diz respeito a locais relativos a esquinas e cantos de edifícios que determinam áreas de pressão diferentes, o efeito do vento incidente nestas regiões é aumentado com a altura do edifício, assim como, se acentua no caso de conjunto compacto de edificações, edifícios próximos (MASCARÓ, 1991, p. 77). Na Figura 17, pode-se ver o esquema de circulação de ar junto aos cantos de edifícios.

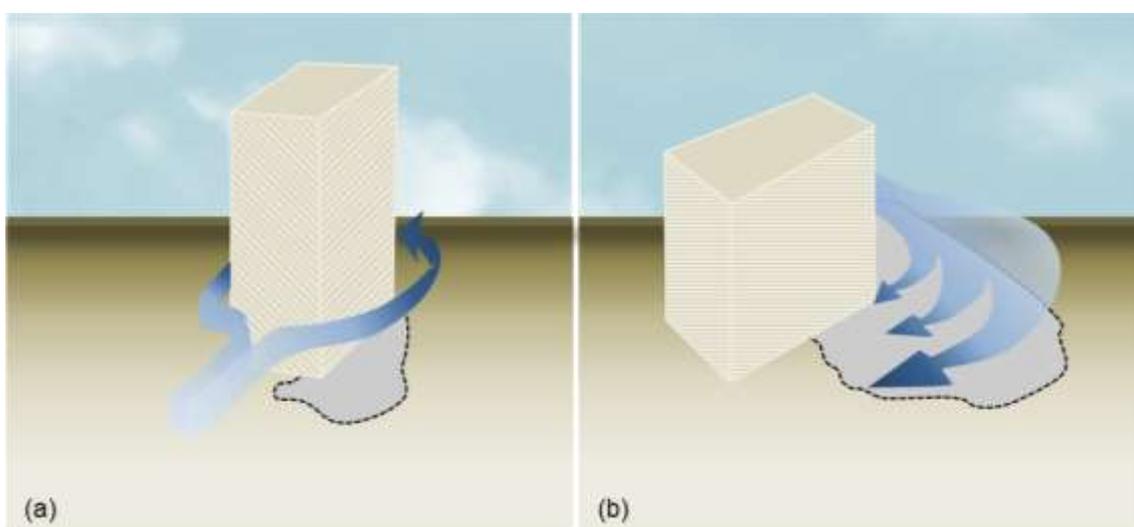


Figura 17: Incidência de vento em cantos de edifícios, efeito de canto, em (a) e em (b).  
Baseado em: (MASCARÓ, 1991, p. 77).

As diferentes possibilidades de fluxo de ar estudadas se combinam, e dependem das características do vento incidente, da topografia do lugar e da rugosidade, constituindo-se em um componente bastante complexo, sendo assim, os resultados são sempre característicos de um determinado local, mas podem ser avaliados para a construção de indicadores que levem a garantia da qualidade ambiental do meio urbano como espaço adequado a vida do homem atual.

## 4 CARACTERIZAÇÃO DA CIDADE DE JOÃO PESSOA

### 4.1 IDENTIFICAÇÃO DO AMBIENTE

Tomou-se como foco do trabalho um recorte da cidade de João Pessoa, capital do estado da Paraíba, estado localizado na região nordeste do Brasil, entre os paralelos de 6° 01' 48" e 8° 18' 10" de latitude sul e entre os meridianos de 34° 47' 30" e 38° 46' 17" de longitude oeste. O estado mede em suas maiores dimensões 263km no sentido norte-sul e 443km no sentido leste-oeste e limita-se ao norte com o estado do Rio Grande do Norte, ao sul com o estado de Pernambuco, a leste com o Oceano Atlântico e a oeste com o estado do Ceará e de Pernambuco (IDEME, 2011)<sup>12</sup>. O estado da Paraíba tem área de 56.469.778,00km<sup>2</sup> distribuída em 223 municípios, de acordo com contagem do CENSO 2010, a população residente equivale a 3.766.528hab., e a densidade demográfica a 66,70hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2010)<sup>13</sup>. A Figura 18 mostra, em (a) o estado da Paraíba inserido no mapa do Brasil, seus limites e população, localiza também, em (b) a cidade de João Pessoa.

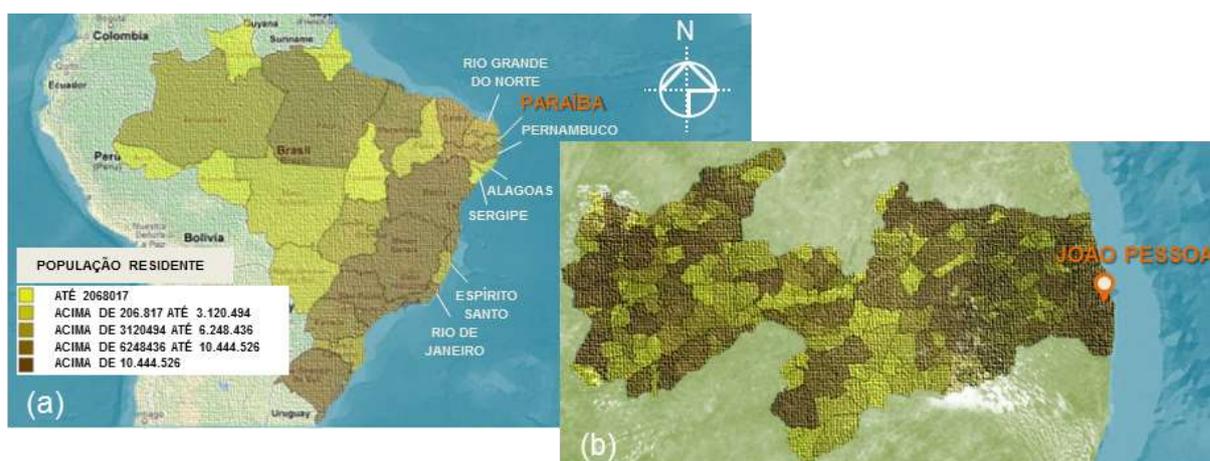


Figura 18: Em (a), mapa do Brasil destacando o estado da Paraíba; e em (b) mapa do estado da Paraíba, marcada a cidade de João Pessoa.

Baseado em: (IBGE, 2010).

<sup>12</sup> Dados do **Anuário estatístico 2011 - PARÁIBA**. Disponível em: <[www.idemeonline.no-ip.org:8085/anuario2011/faces/pages/index.xhtml](http://www.idemeonline.no-ip.org:8085/anuario2011/faces/pages/index.xhtml)>. Acesso em: 16 abril 2014.

<sup>13</sup> Dados do **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/apps/mapa/>>. Acesso em: 03 março 2013.

Historicamente, a cidade de João Pessoa foi fundada em cinco de agosto de 1585 com o nome de Nossa Senhora das Neves, entretanto, desde 1930 é chamada de João Pessoa<sup>14</sup>, nasceu às margens do Rio Sanhauá e cresceu em direção ao mar, destaca-se por ser a terceira cidade a ser fundada no Brasil. A capital do estado da Paraíba é conhecida ainda como cidade verde por ser uma das mais arborizadas do mundo, possui duas grandes reservas de Mata Atlântica, o Parque Arruda Câmara e a Mata do Buraquinho; pode-se identificar ainda, a Lagoa – Parque Sólon de Lucena. As suas praias, também são uma marca da cidade, conta com litoral de 23,89km de extensão, distribuído em nove praias.

Nos primeiros séculos, a cidade restringia-se quase que aos limites originais, sendo reconhecida com apenas duas áreas, cidade baixa e cidade alta, logo após estas áreas, já apareciam os “sítios de mangueiras” e as “vacarias”, esta situação perdurou até aproximadamente fim do século de XIX. No século seguinte, nas primeiras décadas de 1900, a cidade ainda permanecia com a conformação bem próxima a inicial, apesar de que, aquela época já se percebia o desenvolvimento de alguns bairros contíguos a primeira área ocupada, área chamada hoje de centro histórico, como é o caso dos bairros de Tambiá, Trincheiras, Cruz das Armas e Jaguaribe, mesmo assim, ainda permaneciam as áreas de sítios nas vizinhanças.

A partir desse período, a cidade abre uma época de estruturação urbana, iniciando, na década de 1940, com o surgimento das avenidas Epitácio Pessoa e Cruz das Armas, sendo a primeira pavimentada no início dos anos 1950, fato que constituiu um impulso para a ocupação decisiva da orla marítima da cidade de João Pessoa. Nesta época, em Tambaú<sup>15</sup> e proximidades já se encontravam casas de veraneio, mais ainda poucas habitações permanentes, coexistiam também, colônias de pescadores e “grupo escolar”.

Apenas em 1960 há a ocupação mais significativa de Tambaú, e em 1970 o estímulo à ocupação da praia de Cabo Branco, Manaíra e Bessa. Sendo caracterizadas, até então, as décadas de 1960 e 1970, como momento em que a cidade teve o seu período mais

---

<sup>14</sup> O nome João Pessoa foi posto em homenagem ao político paraibano João Pessoa Cavalcanti de Albuquerque que era presidente do estado e candidato a vice-presidente da República, na chapa de Getúlio Vargas, quando foi assassinado no dia 26 de julho de 1930. Relata-se que o seu assassinato é considerado uma das causas da Revolução de 1930, que depôs o então presidente Washington Luís e levou Getúlio Vargas ao poder. Através de um decreto, homologou a decisão da mudança de nome, de Parahyba para João Pessoa. A cidade permanece com o nome do político até os dias de hoje. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/setur/joaopessoa/historia/>>. Acesso em: 02-05-2014.

<sup>15</sup> Tambaú é um bairro da zona leste da cidade de João Pessoa, localizado na costa central da cidade, neste bairro localiza-se a praia de mesmo nome; o bairro fica entre Manaíra, a norte e Cabo Branco, ao sul, bairros que abrigam praias de mesmo nome. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/setur/joaopessoa/historia/>> e <[http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/04/TOPOGRAFIA-SOCIAL-DE-JOAO-PESSOA\\_2009.pdf](http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/04/TOPOGRAFIA-SOCIAL-DE-JOAO-PESSOA_2009.pdf)>. Acesso em: 02-05-2014.

acelerado de crescimento, passando, na ocasião, a apresentar uma estrutura urbana cada vez mais complexa, decorrente, sobretudo, da situação vivida pelo Brasil, depois dos 1950, de uma intensa urbanização.

Diante dos acontecimentos anteriores, para a cidade de João Pessoa a década de 1980 foi um período de reestruturação urbana. Nas décadas seguintes, 1990 e 2000 o turismo avançou, os acessos foram aperfeiçoados, principalmente pela duplicação de rodovias, este fato atraiu investimentos privados, alterando a feição da cidade, precisando, cada vez mais, de diretrizes adequadas para o planejamento urbano municipal.

A essa época estava em vigor a seguinte legislação<sup>16</sup>, o Código de Obras de 1971, o Código de Urbanismo de 1975, a Lei Orgânica de 1990, o Plano Diretor de 1992 e o Código de Posturas do ano de 1995. Necessitando de instrumentos urbanísticos atualizados, que norteassem o uso e ocupação do solo, ações foram tomadas pela Prefeitura Municipal de João Pessoa (PMJP) no sentido de conformação as novas realidades, buscando atualização do Plano Diretor em 2009.

Nos dias atuais a cidade de João Pessoa vive um grande crescimento urbano, tanto pela expansão quanto pelo adensamento e verticalização, das edificações. Bairros mudam suas características, sobretudo no que diz respeito ao uso e ocupação do solo urbano, aumenta o gabarito de altura dos edifícios, modificando assim a paisagem urbana de maneira visível. Acontecimento que vem modificando, sobretudo, o bairro Altiplano Cabo Branco, considerado hoje como área de expansão urbana da cidade e alvo de grandes empreendimentos imobiliários, situação que foi precedida por mudanças na legislação urbana<sup>17</sup>.

De acordo com a geografia, a cidade de João Pessoa-PB, uma das capitais nordestinas, que se situa na porção oriental do estado e também das Américas, corresponde a latitude de 07° 06' 54" sul, longitude de 34° 51' 47" oeste e altitude de 5m (IDEME, 2011)<sup>18</sup>. Limita-se a norte com a cidade de Cabedelo, a sul com as cidades de Santa Rita e Conde, a leste com o Oceano Atlântico e a oeste com as cidades de Bayeux e Santa Rita, na Figura 19, p. 78, visualiza-se em destaque a cidade de João Pessoa, assim como, as cidades limítrofes.

---

<sup>16</sup> Prefeitura Municipal de João Pessoa – **Leis e Arquivos Importantes para o Município**. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/seplan/leis-importantes/>>. Acesso em: 03 março 2013.

<sup>17</sup> Conforme capítulo **4 CARACTERIZAÇÃO DA CIDADE DE JOÃO PESSOA**, ponto 4.3 INSTRUMENTO DE ORDENAMENTO URBANO, p. 82.

<sup>18</sup> Dados do **Anuário estatístico 2011 – PARAÍBA**. Disponível em: <[www.idemeonline.no-ip.org:8085/anuario2011/faces/pages/index.xhtml](http://www.idemeonline.no-ip.org:8085/anuario2011/faces/pages/index.xhtml)>. Acesso em: 16 abril 2014.

A cidade de João Pessoa tem população 723.515 hab., área 211,5 km<sup>2</sup> e densidade 3.421,30 hab./km, (IBGE, 2010)<sup>19</sup>, distribuídas, oficialmente, em 65 bairros. Mencionando alguns deles, como: o mais populoso que é o de Mangabeira – 1, localizado a sul; o mais antigo chama-se Varadouro – 2, origem da cidade; como referência ao turismo tem-se o de Tambaú – 3 e de Cabo Branco – 4, este último também o mais tranquilo a leste da cidade; e o de Altiplano Cabo Branco – 5, área da cidade de ocupação mais recente, e foco desta pesquisa. Na Figura 19, mostra-se mapa da cidade de João Pessoa com divisão política, em destaque os bairros mencionados.

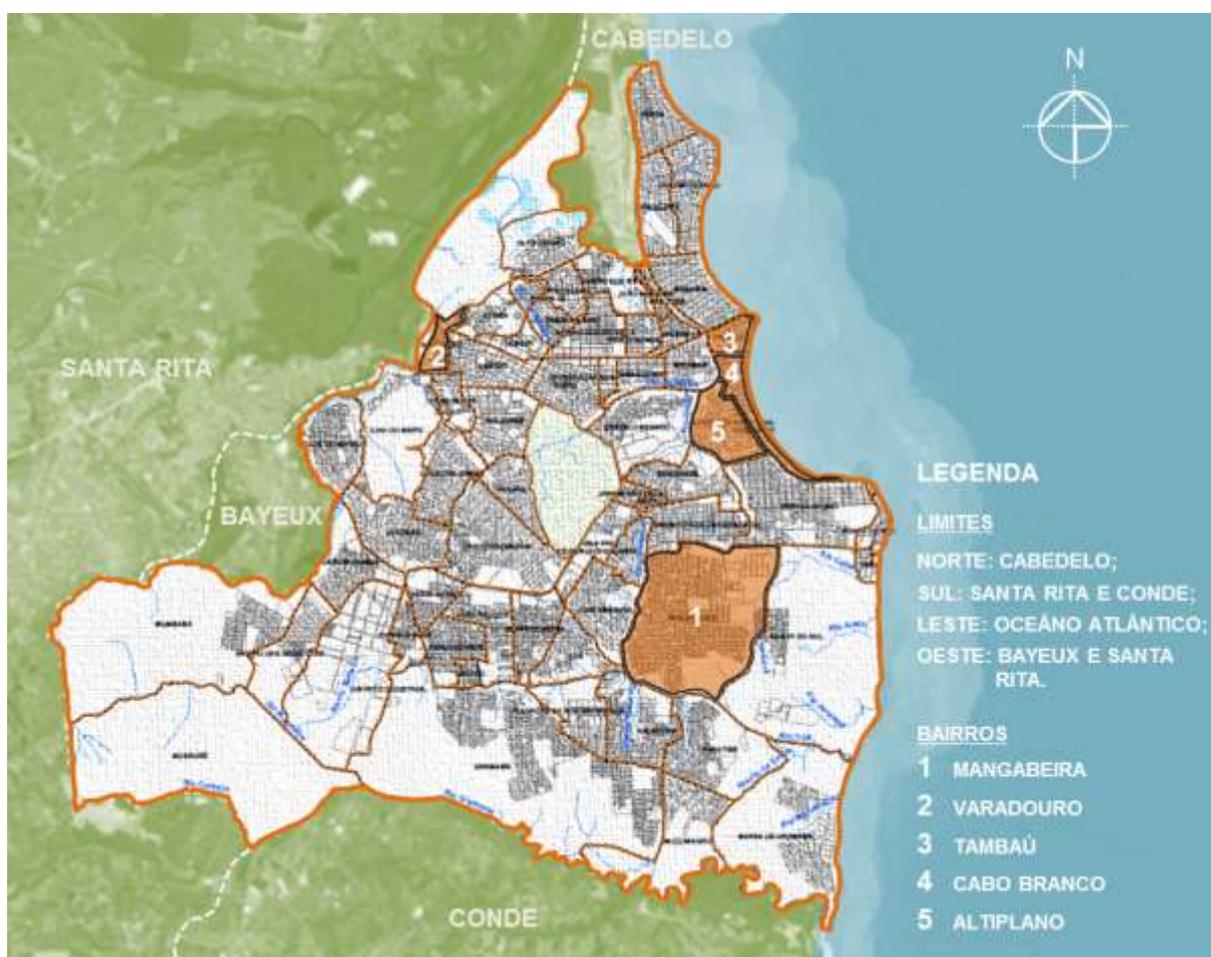


Figura 19: Mapa da cidade de João Pessoa e sua divisão política, que conta com 65 bairros, em destaque os bairros relacionados no texto.

Baseado em: (JOÃO PESSOA, 2012).

<sup>19</sup> Dados do **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/apps/mapa/>>. Acesso em: 03 março 2013.

No que se refere à geomorfologia, praticamente toda a cidade encontra-se em unidade denominada Tabuleiro Litorâneo, que se desenvolve sobre a Formação Barreiras<sup>20</sup>. Os trechos desta formação entre a margem sul do rio Paraíba e o vale do rio Gramame, onde está compreendida a cidade de João Pessoa-PB, apresentam cotas altimétricas máximas que variam entre 49,0m a 77,0m. Esta formação corta a cidade de maneira disforme no sentido noroeste-sudeste, aqui denominada falésia do Cabo Branco, elevando a cota de altura à medida que se adentra ao continente. Achando-se fora desta estrutura, e estando a cotas mais baixas, os bairros Bessa, Aeroclube, Jardim Oceania, Manaíra, Tambaú e Cabo Branco.

## 4.2 CLIMA DO LUGAR

Pela localização geográfica, a cidade de João Pessoa recebe aproximadamente 3.000 horas anuais de insolação, em relação à nebulosidade, esta fica em torno de 5,8/10 do Céu. A distribuição das chuvas, regime pluviométrico, concentra-se nos meses de maio, junho e julho, “outono e inverno”, com índices pluviométricos variando de 1.800mm a 2.400mm<sup>21</sup>; esta circunstância define duas estações climáticas, verão e inverno, sem grandes alterações na temperatura. No que se refere à umidade relativa do ar, esta é elevada, com média anual de 83%, e apenas dois meses secos. Esses fatos são determinantes para o clima em João Pessoa que se distingue por temperaturas médias anuais, em torno de 26°C, com pouca amplitude térmica entre o dia e a noite, da mesma forma ao longo do ano, ou seja, sem estações térmicas definidas, mas com estação úmida definida.

De acordo com o Mapa de Tipos de Clima para o estado da Paraíba, baseado na Classificação Climática de Köppen<sup>22</sup>, atualizada para dias atuais, o clima de cidade de João Pessoa, é do tipo **As'**, clima quente e úmido com chuvas de outono e inverno, refletindo as condições relatadas anteriormente advindas dos indicadores climáticos. Caracterizando um ambiente climático, de clima tropical com estação seca no período em que o sol está mais alto e os dias são mais longos, distinguir-se por climas megatérmicos, com temperatura média do mês mais frio do ano maior que 18<sup>o</sup> C, estação invernal ausente e forte

---

<sup>20</sup> **Formação Barreiras:** é uma unidade que ocorre ao longo da faixa costeira do Brasil, desde o Estado do Amapá até o Rio de Janeiro, caracterizando-se pela ocorrência quase contínua e pela regularidade geomorfológica. (Arai, 2006).

<sup>21</sup> Atlas Geográfico e Cultural do Estado da Paraíba: informação para gestão do patrimônio natural, IDEME - Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual da Paraíba (UFPB/LEPPAN, 2008).

<sup>22</sup> Atlas Geográfico e Cultural do Estado da Paraíba: informação para gestão do patrimônio natural, IDEME - Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual da Paraíba (UFPB/LEPPAN, 2008).

precipitação anual. Na Figura 20, encontra-se o Mapa Tipos de Clima, citado no texto, neste mapa a cidade de João Pessoa aparece identificada por ponto na cor verde.



Figura 20: Mapa do estado da Paraíba com tipos de clima segundo Köppen, marcada a cidade de João Pessoa. Baseado em: (UFPB/LEPPAN, 2008).

Pela proximidade da cidade de João Pessoa com a linha do equador os efeitos da inclinação do eixo da terra praticamente não são sentidos, fazendo com que não haja variações significativas do tempo ao longo do ano, sendo incluído neste contexto o regime dos ventos. De acordo com o sistema de circulação atmosférica global, a cidade permanece na faixa correspondente aos ventos alísios de sudeste, assim denominado pela direção da qual chegam. Soprando, nos meses menos quentes com maior frequência e velocidade, e, com a chegada dos meses mais quentes tem a sua frequência alterada através dos ventos de leste e de nordeste, vindos das áreas equatoriais na corrente de deslocamento, em direção sul da zona de convergência tropical interna.

O vento em João Pessoa foi estudado por Silva (1999), suscitando o Atlas de Vento do Aeroporto Castro Pinto (284600; 9209600) – 85.01-94.08, resultante da aplicação do  $WA^SP$ , correspondente a dez anos de dados medidos na estação meteorológica do Aeroporto Castro Pinto, sendo descrito (SILVA, 1999, p. 32-33):

“Observando-se a Figura 5.1 [neste estudo representada no ANEXO D | ATLAS DE VENTO DO AEROPORTO CASTRO PINTO, p. 334] que contém o Atlas de Vento do aeroporto, resultante da aplicação do  $WA^{\circ}P$ , correspondente a dez anos de dados medidos na estação meteorológica do aeroporto de João Pessoa, vê-se que os valores nele contidos revelam a frequência das ocorrências e sua distribuição no que se refere às direções e às velocidades assumidas pelos ventos, com distribuições concentradamente no quadrante sudeste entre os rumos  $150^{\circ}$  e  $180^{\circ}$ , para além dos quais constata-se uma significativa dispersão nessas distribuições, velocidades variando no intervalo de 0 a 9m/s, velocidade média de 3,6m/s e um valor de k de 2,34, característico dos ventos alísios. Vale ressaltar, contudo, que na obtenção da informação dos valores de k, não se pode prender-se exclusivamente ao número resultante da utilização através do  $WA^{\circ}P$ , da função de *Weibull*. Há que se ter em conta que a orografia pode mascarar o valor de k através da aceleração do escoamento, sendo, portanto, necessária uma análise mais profunda na assunção dos valores de k quando da caracterização do regime de vento de um determinado lugar.”

No atlas de vento citado, identifica-se, o agrupamento de seis rumos de vento que detêm as maiores frequências, sendo anotados, considerando da menor para a maior frequência encontrada, correspondendo a  $90^{\circ}$ ,  $240^{\circ}$ ,  $210^{\circ}$ ,  $120^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$  e  $150^{\circ}$ . Destacam-se as incidências de vento  $90^{\circ}$  e  $150^{\circ}$ , como sendo, a primeira, a de menor frequência e a segunda, a de maior frequência, podendo dizer, rumo de vento predominante, dados balizadores para esta pesquisa. A rosa dos ventos, contida no referido documento é mostrada, reproduzida e adaptada através da Figura 21, com destaque para as situações marcadas, rumos de vento  $90^{\circ}$  e  $150^{\circ}$ .

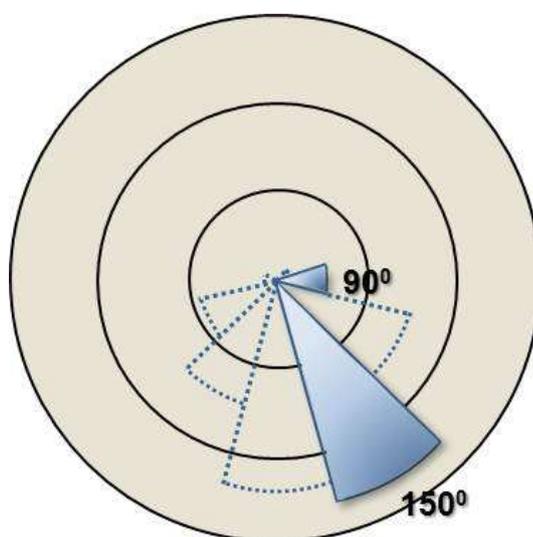


Figura 21: Rosa dos ventos atribuída ao Atlas do Vento do Aeroporto Castro Pinto (284600; 9209600) – 85.01-94.08, destacando as incidências de vento  $90^{\circ}$  e  $150^{\circ}$ . Baseado em: (SILVA, 1999, p. 32).

Os dados obtidos do Atlas do Vento para a cidade de João Pessoa, sobretudo, os relacionados às frequências das ocorrências e distribuição das direções do vento,

possibilitam a delimitação de indicadores próprios de local, referenciando o estudo, assim como, embasando o procedimento experimental em túnel de vento do contexto estudado.

### 4.3 INSTRUMENTO DE ORDENAMENTO URBANO

O atual Plano Diretor (PD) da cidade de João Pessoa, Decreto N<sup>o</sup> 6.499<sup>23</sup> de 20 de Março de 2009, é fruto da adequação do Plano Diretor anterior, Lei Complementar N<sup>o</sup> 03<sup>24</sup>, de 30 de dezembro de 1992, modificado pela Lei Complementar N<sup>o</sup> 04 de 30 de abril de 1993, com o objetivo de atualizá-lo em relação aos princípios e proposições contidas no Estatuto da Cidade<sup>25</sup>. É composto por cento e dezesseis artigos, distribuídos em sete títulos, contemplando as seguintes matérias, além de anexos, contendo quadro, plantas e Leis Complementares:

- a) da Política Urbana;
- b) do Uso e Ocupação do Solo;
- c) dos Instrumentos;
- d) das Políticas de Desenvolvimento;
- e) do Sistema de Planejamento;
- f) das Disposições Gerais e Transitórias.

No presente estudo faz-se importante a consideração, principalmente, dos aspectos relacionados ao Uso e Ocupação do Solo, tratado no TÍTULO II – DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, no Plano Diretor 2009 (PD 2009) (JOÃO PESSOA, 2009):

“TÍTULO II – DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Capítulo I – do Macrozoneamento

Seção I - Generalidades

Art. 8<sup>o</sup>. Para efeito do ordenamento do uso e ocupação do solo, o Macrozoneamento da Área Urbana esta representado no Mapa 1 **[neste estudo representado na**

<sup>23</sup> Prefeitura Municipal de João Pessoa – Legislação – **Plano Diretor 2009**. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/04/planodiretor2009.pdf>>. Acesso em: 03 março 2013.

<sup>24</sup> Prefeitura Municipal de João Pessoa – Plano Diretor da Cidade de João Pessoa – **Plano Diretor 1992**. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/seplan/plano-diretor/LEI-DO-PLANO-DIRETOR-1992.doc>>. Acesso em: 03 março 2013.

<sup>25</sup> Lei N<sup>o</sup> 10.257, de 10 de Julho de 2001 – Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Do Parágrafo único. Para todos os efeitos, esta Lei, denominada Estatuto da Cidade, estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/l10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm)>. Acesso em: 04 abril 2013.

**Figura 24, p. 87]**, que é parte integrante desta lei, devendo ser detalhado a nível de quadra em escala compatível do novo Código de Urbanismo.

Parágrafo único - A Área Urbana compreende:

- I - zonas adensáveis prioritárias<sup>26</sup>;
- II - zonas adensáveis não prioritárias<sup>27</sup>;
- III - zonas não adensáveis<sup>28</sup>;
- IV - zonas de restrição adicional<sup>29</sup>;
- V - zonas especiais<sup>30</sup>.

No capítulo que segue, Capítulo I A – da Divisão Territorial, em sua Seção II – da Área Urbana, o Art. 9º discorre, “A Área Urbana de João Pessoa é constituída por zonas que abrigam atividades urbanas atendidas no mínimo por dois dos sistemas de infraestrutura básica<sup>31</sup> e pelo serviço de transporte coletivo.” (JOÃO PESSOA, 2009). Ambas as versões do plano diretor, Plano Diretor 1992 (PD 1992) e PD 2009, identificam como valor do índice de aproveitamento para todos os terrenos pertencentes à área urbana como sendo igual a **1,0**, chamado de **único** e **básico** respectivamente. No Quadro 2, p. 84, tem-se as zonas, identificadas como parte da área urbana, relacionando-as aos respectivos índices de aproveitamento dispostos no PD 1992 e no PD 2009.

<sup>26</sup> **Zona Adensável Prioritária:** é aquela onde a disponibilidade de infraestrutura básica, a rede viária e o meio ambiente permitem a intensificação do uso e ocupação do solo e na qual o índice de aproveitamento básico poderá ser ultrapassado até o limite de 4,0, e nos termos desta lei. De acordo com o Plano Diretor 2009 no Título II - DO USO E DA OCUPAÇÃO DO SOLO, Capítulo I A - Da Divisão Territorial, Seção II – da área urbana, Art. 11º (JOÃO PESSOA, 2009).

<sup>27</sup> **Zona Adensável Não Prioritária:** é aquela onde a disponibilidade ou a falta de um dos sistemas da infraestrutura básica permite uma intensificação moderada do uso e ocupação do solo e na qual o índice de aproveitamento *básico* poderá ser ultrapassado até o limite de 2.0 e nos termos desta lei. De acordo com o Plano Diretor 2009 no Título II - DO USO E DA OCUPAÇÃO DO SOLO, Capítulo I A - Da Divisão Territorial, Seção II – da área urbana, Art. 12º (JOÃO PESSOA, 2009).

<sup>28</sup> **Zona Não Adensável:** é aquela onde a carência da infraestrutura básica, da rede viária e o meio ambiente restringem a intensificação do uso e ocupação do solo e na qual o limite máximo de construção é o índice de aproveitamento básico. De acordo com o Plano Diretor 2009 no Título II - DO USO E DA OCUPAÇÃO DO SOLO, Capítulo I A - Da Divisão Territorial, Seção II – da área urbana, Art. 13º (JOÃO PESSOA, 2009).

<sup>29</sup> **Zonas de restrições adicionais:** são porções da Área Urbana, situadas em zonas adensáveis ou não, nas quais o interesse social de preservação de características ambientais, paisagísticas, históricas e culturais, como patrimônio comum, impõe restrições adicionais ao uso e ocupação do solo. De acordo com o Plano Diretor 2009 no Título II - DO USO E DA OCUPAÇÃO DO SOLO, Capítulo II - Das Zonas de Restrições Adicionais, Art. 23º (JOÃO PESSOA, 2009).

<sup>30</sup> **Zonas Especiais:** são porções do território do Município com destinação específica e normas próprias de parcelamento, uso e ocupação do solo, compreendendo: I - Zonas Especiais de Interesse Social; II - Zonas Especiais de Preservação. De acordo com o Plano Diretor 2009 no Título II - DO USO E DA OCUPAÇÃO DO SOLO, Capítulo III - Das Zonas Especiais, Seção I – do conceito e classificação, Art. 32º (JOÃO PESSOA, 2009).

<sup>31</sup> **Infraestrutura Básica:** são os sistemas de abastecimento de água, coleta e destinação final de esgotos, drenagem de águas pluviais, energia elétrica, iluminação pública e vias pavimentadas. De acordo com o Plano Diretor 2009 no Título I - DA POLÍTICA URBANA, Capítulo III - Das Definições, Art. 7º, XI (JOÃO PESSOA, 2009).

ZONAS	ÍNDICES DE APROVEITAMENTO PD 1992	ÍNDICES DE APROVEITAMENTO PD 2009
ZONA ADENSÁVEL PRIORITÁRIA (*) (**) – ZAP	4,0	4,0
ZONA ADENSÁVEL NÃO PRIORITÁRIA (*) (**) – ZANP	1,5	2,0
ZONA NÃO ADENSÁVEL – ZNA	1,0	1,0
• consultado o Conselho de Desenvolvimento Urbano - CDU, será feita mediante ato do Poder Executivo. <sup>32</sup>	SEM REFERÊNCIA	2,0
• nas áreas que tenham infraestrutura subutilizada e densidade urbana bruta abaixo de 100 hab./há. <sup>33</sup>	SEM REFERÊNCIA	1,5

(\*) Nas zonas adensáveis o Poder Executivo outorgara, de forma onerosa, autorização para construir área superior aquela permitida pelo índice de aproveitamento único. <sup>34</sup>

(\*\*) Nas zonas adensáveis o Poder Executivo outorgará, de forma onerosa, autorização para construir área superior àquela permitida pelo índice de aproveitamento único. <sup>35</sup>

Quadro 2: zonas adensável e não adensável e seus respectivos índices de aproveitamento para o PD 1992 e o PD 2009.

Baseado em: (JOÃO PESSOA, 1992) e (JOÃO PESSOA, 2009).

Esse mesmo plano, ainda no TÍTULO II – DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, em seu Capítulo II, refere-se, inicialmente, as **Zonas de Restrições Adicionais**, definida em nota de rodapé 29, p. 83, em seguida, identifica na cidade quais sejam e indica as ressalvas correspondentes a cada uma. As Zonas de Restrições Adicionais relacionadas à área de estudo são tratadas, a Seção II e a Seção III, tratam, citando-as, **Orla Marítima e Altiplano Cabo Branco**, respectivamente. As observações acerca das duas áreas mencionadas são elencadas (JOÃO PESSOA, 2009):

“Seção II - da **Orla Marítima**

Art. 25. A restrição adicional da Orla Marítima visa a cumprir os Arts. 229 da Constituição Estadual e 175 da Lei Orgânica para o Município de João Pessoa, quanto à altura máxima das edificações situadas em uma faixa de 500 metros ao longo da orla e a partir da linha de testada da primeira quadra da orla em direção ao interior do continente, cujo cálculo será efetuado da seguinte forma:

I - toma-se a distância que vai do ponto médio da testada principal do lote ou da gleba, ao ponto mais próximo da testada da primeira quadra contígua a orla marítima e mais próxima a ela;

II - a altura máxima da edificação, medida a partir da altura da linha do meio-fio da testada do imóvel até o ponto mais alto da cobertura, será igual 12,90 metros, mais a distância calculada no inciso anterior vezes 0,0442.

Parágrafo único - O Mapa 2 [neste estudo representado na Figura 22, p. 85], que é parte integrante desta lei, demarca a faixa de 500 (quinhentos) metros onde a altura máxima das edificações de todos os lotes ou glebas nela contidos devem ser calculados de acordo com o disposto neste artigo.

<sup>32</sup> De acordo com Plano Diretor 2009 no Título II - DO USO E DA OCUPAÇÃO DO SOLO, Capítulo I - do Macrozoneamento, Seção II – da Área Urbana, Art. 13, parágrafo primeiro (JOÃO PESSOA, 2009).

<sup>33</sup> De acordo com Plano Diretor 2009 no Título II - DO USO E DA OCUPAÇÃO DO SOLO, Capítulo I - do Macrozoneamento, Seção II – da Área Urbana, Art. 13, parágrafo segundo (JOÃO PESSOA, 2009).

<sup>34</sup> De acordo com Plano Diretor 1992 no Título II - DO USO E DA OCUPAÇÃO DO SOLO, Capítulo I - do Macrozoneamento, Seção II – da Área Urbana, Art. 17 (JOÃO PESSOA, 2009).

<sup>35</sup> De acordo com Plano Diretor 2009 no Título II - DO USO E DA OCUPAÇÃO DO SOLO, Capítulo I A – da Divisão Territorial, Seção II – da Área Urbana, Art. 17 (JOÃO PESSOA, 2009).

### Seção III - do **Altiplano do Cabo Branco**

Art. 26. A restrição adicional do Altiplano do Cabo Branco deve ser objeto de regulamentação específica no Código de Zoneamento, no Código de Parcelamento do Solo e no Código de Obras e Edificações<sup>36</sup> [a nota de rodapé 36, nesta página, refere-se a todos os instrumentos legais citados neste artigo], para permitir sua ocupação ordenada contemplando obrigatoriamente:

I - a delimitação precisa e as formas de viabilizar a implantação do Parque Estadual do Cabo Branco - Zona Especial de Preservação;

II - uma Densidade Bruta de até 50 hab./ha e limitação na altura das edificações de modo a preservar paisagisticamente a falésia e a Ponta do Cabo Branco;

“III - a utilização do instrumento do Consorcio Imobiliário como forma de viabilizar a ocupação da área e de recuperar os investimentos públicos.”

A Figura 22 mostra detalhe de mapa com as zonas de restrições adicionais, estão delineadas as que atentam para esta pesquisa, **Orla Marítima**, identificada pela faixa dos 500m da maré de sizígia<sup>37</sup>, faixa que contorna todo o litoral da cidade de João Pessoa, em linha nas cores preta e violeta; e **Altiplano do Cabo Branco**, representado pela área dos bairros Altiplano do Cabo Branco e Portal do Sol, por contorno de polígono em preto e amarelo.



Figura 22: Detalhe Mapa 2, zonas de restrições adicionais relacionadas ao estudo, quais sejam, a Orla Marítima e o Altiplano do Cabo Branco, Decreto N<sup>o</sup> 6.499/2009, Anexo II do PD 2009. Baseado em: (JOÃO PESSOA, 2009).

<sup>36</sup> Prefeitura Municipal de João Pessoa – **Leis e Arquivos Importantes para o Município**. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/seplan/leis-importantes/>>. Acesso em: 03 março 2013.

<sup>37</sup> **Maré de sizígia**: maré de grande amplitude - com preamares mais altas e baixa-mares mais baixas -, típica da lua cheia e da lua nova, quando o sol e a lua estão do mesmo lado em relação à Terra, ou diametralmente opostos, e têm somados seus efeitos de atração; maré de lua. Disponível em: <<http://www.portogente.com.br/texto.php?cod=269>>. Acesso: 05 março 2013.

As Zonas Especiais são tratadas no Capítulo III, ainda, do TÍTULO II – DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, sendo definidas e classificadas pelo instrumento urbanístico, definida em nota de rodapé 30, p. 83. Dentre as classificações, Zonas Especiais de Interesse Social e Zonas Especiais de Preservação, para o presente estudo são importantes as **Zonas Especiais de Preservação**, abordadas na Seção III do mesmo documento (JOÃO PESSOA, 2009):

“Seção III - das **Zonas Especiais de Preservação**

Art. 39. Zonas Especiais de Preservação são porções do território, localizadas tanto na Área Urbana como na Área Rural, nas quais o interesse social de preservação, manutenção e recuperação de características paisagísticas, ambientais, históricas e culturais, impõe normas específicas e diferenciadas para o uso e ocupação do solo, abrangendo: [...]”

Dentre os sítios que incidem na área de estudo, cita-se: a **Falésia do Cabo Branco**; o **Altiplano do Cabo Branco**; o vale do rio **Timbó**; as **áreas tombadas ou preservadas por legislação Municipal, Estadual ou Federal**; os **Setores de Amenização Ambiental (SAA)**<sup>38</sup>; e o **Parque do Cabo Branco**.

Observando o Mapa do Macrozoneamento – 1992 (JOÃO PESSOA, 1992), Figura 23, p. 87, pode-se afirmar que à época do primeiro plano diretor, PD 1992, a área que compreende o bairro Altiplano Cabo Branco encontrava-se apenas demarcada, assim como, a área referente aos outros bairros de todo o litoral sul, setor sul e extremo oeste do município de João Pessoa, apresentadas no mapa na cor branca. Neste mapa consta além da delimitação da Zona Adensável Prioritária (ZAP), da Zona Adensável Não Prioritária (ZANP) e da Zona Não Adensável (ZNA), a demarcação da divisão dos bairros, da mata do burauquinho, dos municípios vizinhos e do oceano atlântico, permanecendo ainda, à época, uma área considerável sem zoneamento determinado.

Percebe-se também, que em relação às Zonas Especiais de Preservação (ZEP), apenas a área correspondente a mata do burauquinho estava demarcada graficamente, mesmo no PD 1992 contendo, em seu texto, imposições normativas específicas e diferenciadas para o uso e a ocupação do solo em tais áreas. Ainda, constata-se, a ausência no mapa, de áreas até então já estabelecidas, como é o caso da Falésia do Cabo Branco, do Parque Arruda Câmara, da Mata do Cabo Branco, dos manguezais, dos mananciais de Marés-Mumbaba e de Gramame, do Altiplano do Cabo Branco, da Ponta e da Praia do Seixas, dos vales dos rios, entre outras. Sendo visualizado na Figura 23 p. 87 o

<sup>38</sup> **Setor de Amenização Ambiental:** são porções do território com o objetivo de possibilitar o uso de áreas frágeis de forma sustentável, por meio de usos e atividades compatíveis, não poluentes, com ocupação de baixa densidade e alta permeabilidade do solo favorecendo o micro-clima e, priorizando os condomínios ecológicos e sustentáveis. De acordo com o Plano Diretor 2009 no Título I - DA POLÍTICA URBANA, Capítulo III - Das Definições, Art. 7º, XXXI (JOÃO PESSOA, 2009).

detalhe do mapa do referente ao macrozoneamento do PD 1992, e na Figura 24 o relacionado ao PD 2009.

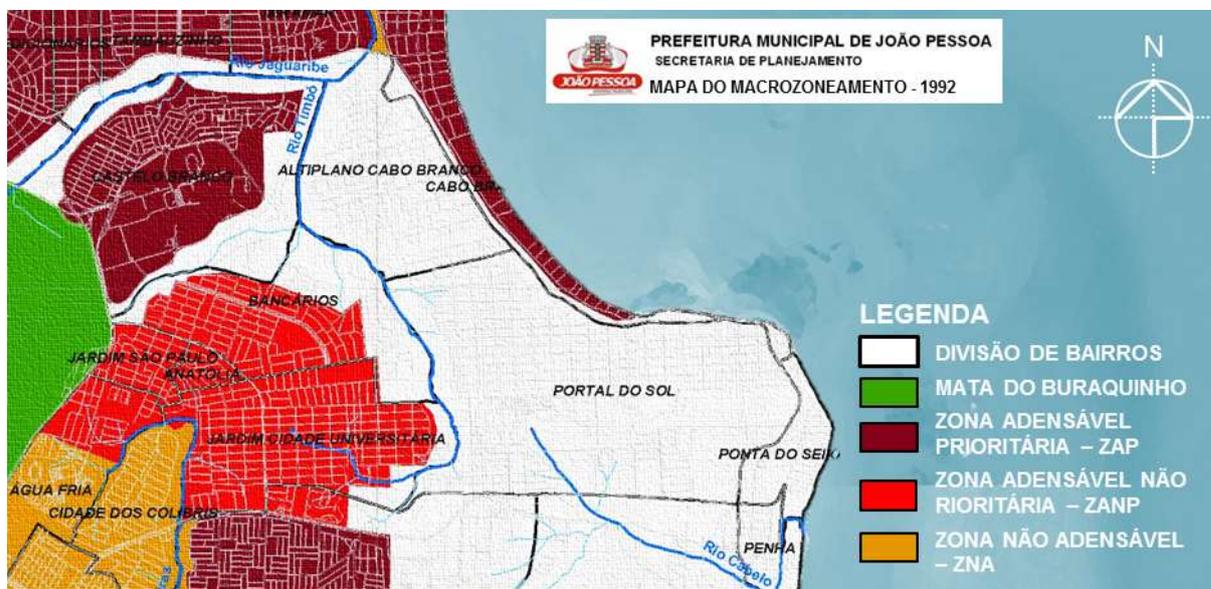


Figura 23: Detalhe do Mapa do Macrozoneamento PD 1992, Decreto N<sup>o</sup> 03/1992.

Baseado em: (JOÃO PESSOA, 1992).

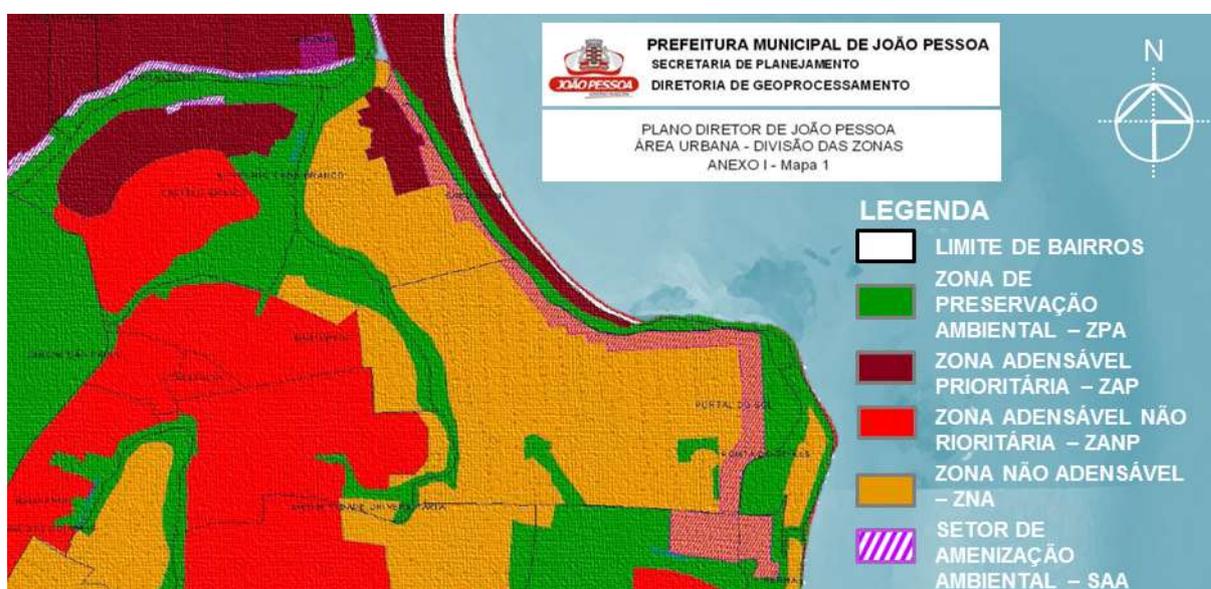


Figura 24: Detalhe do Mapa do Macrozoneamento PD 2009 (atualizado em janeiro de 2012 com emendas), Decreto N<sup>o</sup> 6.499/2009, Anexo I – Mapa 1.

Baseado em: (JOÃO PESSOA, 2009).

Enquanto que, em relação à divisão de zonas, o macrozoneamento proposto pelo PD 2009, atualizado até fevereiro de 2012, contempla toda a área correspondente ao município

de João Pessoa, encontra-se toda a extensão da cidade categorizada por zonas. Acha-se delimitado o setor SAA, que corresponde a faixa de proteção da falésia do Cabo Branco, assim como toda a Zona de Preservação Ambiental (ZPA) do município. Quanto ao espaço da pesquisa, este se encontra agora demarcado, constando no seu contorno as zonas ZPA, ZAP e ZNA, assim como o setor SAA. A Figura 24, p. 87, mostra detalhe do mapa referenciado, parte que abrange a área estudada.

Os documentos já apresentados, PD 1992 e PD 2009, tratam do contexto urbano da cidade de João Pessoa, os pontos elencados relacionam-se a cidade e de modo particular à área estudada. Ainda faz-se necessário apresentar outros indicadores, resultantes de decretos propostos que atualizam o PD 2009, citando, Decreto N<sup>o</sup> 5.363/2005<sup>39</sup>, Decreto N<sup>o</sup> 5.454/2005<sup>40</sup>, Decreto N<sup>o</sup> 5.844/2007<sup>41</sup>, Decreto N<sup>o</sup> 5.900/2007<sup>42</sup> e Decreto N<sup>o</sup> 7.029/2010<sup>43</sup>, estes sim, alteraram, sobretudo, o zoneamento para a área de pesquisa<sup>44</sup>, ver Figura 25.



Figura 25: Imagem do Altiplano Cabo Branco, vista a partir da Avenida Ministro José Américo de Almeida, abril de 2013. (GOOGLE EARTH, 2014).

<sup>39</sup> Prefeitura Municipal de João Pessoa – Legislação – **Decreto N<sup>o</sup> 5.363/2005: Parque do Cabo Branco.** Disponível em: <[http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/04/dec\\_5363\\_Parque-do-Cabo-Branco.pdf](http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/04/dec_5363_Parque-do-Cabo-Branco.pdf)>. Acesso em: 08 abril 2013.

<sup>40</sup> Prefeitura Municipal de João Pessoa – Legislação – **Decreto N<sup>o</sup> 5.454/2005: Outorga Onerosa.** Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/04/Decreto-5454-outorga-onerosa.pdf>>. Acesso em: 08 abril 2013.

<sup>41</sup> Prefeitura Municipal de João Pessoa – Legislação – **Decreto N<sup>o</sup> 5.844/2007: Usos do Solo.** Disponível em: <[http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/03/dec\\_5844\\_usos\\_solo.pdf](http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/03/dec_5844_usos_solo.pdf)>. Acesso em: 08 abril 2013.

<sup>42</sup> Prefeitura Municipal de João Pessoa – Legislação – **Decreto N<sup>o</sup> 5.900/2007: Aprimoramento da Legislação Urbanística.** Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/04/Decreto5900.2007.pdf>>. Acesso em: 08 abril 2013.

<sup>43</sup> Prefeitura Municipal de João Pessoa – Legislação – **Decreto N<sup>o</sup> 7.029/2010: Mapa Altiplano Zona Axial.** Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/04/MAPA-DECRETO-ALTIPLANO-ZONA-AXIAL.pdf>>. Acesso em: 03 março 2013.

<sup>44</sup> Conforme capítulo 4 **CARACTERIZAÇÃO DA CIDADE DE JOÃO PESSOA**, ponto 4.4 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, p.98.

Bairro Altiplano Cabo Branco, local que ainda mantém um considerável estoque de terrenos vazios, sendo avaliado hoje, como uma área de expansão urbana e imobiliária, e, como apontado, foco das últimas grandes alterações de zoneamento e atividades e de seus respectivos índices agregados. Esse fato vem mudando rapidamente o perfil do local pelo advento, em passo acelerado, de muitos edifícios com gabaritos de altura antes não notados na cidade, e, sobretudo, nos limites do bairro citado, mostrado na Figura 25, p. 88.

Apenas em 2005, pelo meio do Decreto N<sup>o</sup> 5.363, de 28 de junho de 2005, que estabelece a delimitação do parque do Cabo Branco; instruções normativas de zoneamento urbano e ambiental; entre outras questões, foi determinado zoneamento, através da concepção de setores e zonas para a área objeto da pesquisa, destacando a delimitação do setor SAA (JOÃO PESSOA, 2005):

“Art. 1<sup>o</sup> – Fica delimitado o **Parque do Cabo Branco**, como Zona de Preservação Ambiental e de Proteção Paisagística, definido no Mapa de Zoneamento Urbano e Ambiental, Anexo I **[neste estudo representado na Figura 26, p. 91]**.

[...]

Art. 3<sup>o</sup>– Nas sub-zonas A, B e C e na ZR-3 do Altiplano Cabo Branco fica delimitado o **Setor de Amenização Ambiental [definido na nota de rodapé 38, p. 86]**, compreendendo as quadras localizadas ao longo da Av. Panorâmica e do perímetro do Parque, e definido os indicadores urbanísticos de uso e ocupação do solo, de acordo com o quadro a seguir **[neste estudo representado no Quadro 3, p. 90]**:

Parágrafo Único - Todos os usos permitidos no quadro acima **[neste estudo representado no Quadro 3, p. 90]**, deverão atender às seguintes exigências:

a – Os edifícios deverão respeitar a paisagem natural, e para tanto não poderão se constituir de bloco único com extensão superior a 50,00m. O afastamento entre blocos deverá ser de 6,00m.

b – A taxa de impermeabilização do solo, em qualquer situação não deve ser superior a 50% e as demais áreas livres deverão ser tratadas com jardins utilizando-se espécies nativas, salvo exigências de reflorestamento pelo órgão ambiental competente.

Art. 4<sup>o</sup>– Nas **sub-zonas A, B e C** e, na **ZONA RESIDENCIAL-3** do Altiplano do Cabo Branco, serão toleradas novos usos com tipologias de acordo com o quadro abaixo **[neste estudo representado no Quadro 4, p. 90]**:

Parágrafo Único - Todos os usos permitidos no quadro acima **[neste estudo representado no Quadro 4, p. 90]**, deverão atender às exigências do Parágrafo Único do Artigo 3<sup>o</sup>.”

Pelo exposto no Quadro 3, p. 90, citado no Art. 3<sup>o</sup> do decreto em pauta exhibe as referências para o uso e ocupação do solo no setor SAA, apresentado no (JOÃO PESSOA, 2005). Verifica-se que, especificamente para a área compreendida pelo setor SSA, foram propostos valores que não ultrapassam o aproveitamento básico que é **1,0**, mesmo tendo sido indicados novos usos para a área. No mesmo quadro ainda encontram-se os valores referenciados para o setor SAA que tratam de usos previstos e os respectivos indicadores, sendo determinados a ocupação de **40,0%** e aproveitamento de **1,0**, para todos os usos;

enquanto que a altura das edificações fica determinada entre **2 e 3 pavimentos**, também considerando todos os usos listados.

USOS (1)	ÁREA MÁXIMA m <sup>2</sup>	TAXA OCUP.	ÍNDICE APROV.	ALTURA	AFASTAMENTOS metros		
					Frente	Lateral	Fundos
HT1, HT2, ASS1, C2, DV1, DV2, DV3	5.000,00	40,0	1,0	3 pav.	10,00	5,00	5,00
HT3, TR1, TR2, H1	1.250,00	40,0	1,0	3 pav.	10,00	5,00	3,00
H2 (condomínio horizontal) (2)	10.000,00	40,0	1,0	2 pav.	20,00		
CV1, CV2, CV3 (3)	2.500,00	40,0	1,0	3 pav.	10,00	3,00	3,00

- (1) ver Anexo II – Classificação dos Usos e Atividades [neste estudo mostrado no ANEXO E | CLASSIFICAÇÃO DOS USOS E ATIVIDADES p. 335].
- (2) toda edificação, exceto aquela destinada à entrada/guarita deve, obrigatoriamente, manter uma distância mínima em relação aos limites do terreno ou gleba do condomínio.
- (3) as atividades de Comércio e serviços poderão estar agrupadas em centros de comércio/serviço, sem restrições de áreas mínimas dos boxes.

Quadro 3: Especificações de uso e ocupação do solo para o setor SSA, Decreto N<sup>o</sup> 5.363/2005.  
Baseado em: (JOÃO PESSOA, 2005).

Ainda tratando do mesmo decreto, o Quadro 4 mostra os dados do quadro indicado no Art. 4<sup>o</sup>, que aborda os direcionamentos para o uso e ocupação do solo para as subzonas A Cabo Branco (ACB), B Cabo Branco (BCB) e C Cabo Branco (CCB), e Zona Residencial 3 (ZR3) (JOÃO PESSOA, 2005).

USOS (4)	ÁREA MÁXIMA m <sup>2</sup>	TAXA OCUP.	ÍNDICE APROV.	ALTURA	AFASTAMENTOS metros		
					Frente	Lateral	Fundos
H1	360,00	50,0	1,0	2 pav.	5,00	2,00	3,00
H2 (condomínio horizontal) (5)	10.000,00	–	1,0	2 pav.	20,00		
H4, HT2	2.500,00	40,0	1,0	5 pav.	5,00	5,00	5,00
H5	10.000,00	30,0	1,0	5 pav.	10,00	5,00	5,00
CV1, CV2, CV3, E1, E2, E3 (6)	2.500,00	40,0	1,0	3 pav.	5,00	3,00	3,00
DV1, DV2, DV3, ASS1, C1, AS1, AS2 (7)	5.000,00	30,0	1,0	2 pav.	10,00	5,00	5,00

- (4) ver Anexo II - Classificação dos Usos e Atividades. [neste estudo mostrado no ANEXO E | CLASSIFICAÇÃO DOS USOS E ATIVIDADES, p.335]
- (5) toda edificação, exceto aquela destinada à entrada/guarita deve, obrigatoriamente, manter uma distância mínima em relação aos limites do terreno ou gleba do Condomínio.
- (6) as atividades de Comércio e Serviços poderão estar agrupadas em Centros de comércio/serviços, sem restrições de áreas mínimas dos boxes.
- (7) exceto na Zona Residencial-3.

Quadro 4: Especificações de uso e ocupação do solo para subzonas ACB, BCB e CCB, e na zona ZR3, Decreto N<sup>o</sup> 5.363/2005.  
Baseado em: (JOÃO PESSOA, 2005).

Então, no Quadro 4, p. 90, que identifica os usos previstos, e seus indicadores, para as subzonas ACB, BCB e CCB, e para a zona ZR3, fica recomendado à ocupação entre **30% e 50%** e o aproveitamento **1,0** estes valores para todos os usos, enquanto que a altura estabelecida está entre **2 e 5 pavimentos**. Continua, citando as referências ao bairro Altiplano Cabo Branco, foco do estudo (JOÃO PESSOA, 2005):

“Art. 6º– Todos os empreendimentos imobiliários localizados no Setor Turístico Especial, nas **subzonas A, B, C** e nas glebas da **ZR3 do Altiplano Cabo Branco**, ficam sujeitos a uma contrapartida financeira a ser paga ao Município.

§ 1º – A contrapartida, de que trata o caput deste artigo, será definida pelo Poder Executivo e deverá ser compatível com o porte do empreendimento, riscos ambientais, demanda de infraestrutura, potencial de gerar resíduos, área de implantação e, da valorização imobiliária decorrente dos investimentos públicos na região do mapa de Zoneamento Urbano e Ambiental do Altiplano do Cabo Branco, Anexo 1 do Art.6º.

§ 2º – Os recursos auferidos pelo Município através deste tipo de contrapartida serão destinados ao Fundo Municipal de Meio Ambiente, para financiar plano de manejo, estudos, obras e serviços de proteção da falésia do Cabo Branco, implementação, manutenção e conservação do Parque do Cabo Branco- Zona de Preservação Ambiental e de Proteção Paisagística, além de projetos, obras e serviços de natureza socioambiental na área de abrangência do Mapa de Zoneamento Urbano e Ambiental do Altiplano do Cabo Branco, Anexo I do Art. 6º [neste estudo representado na Figura 26, nesta página].”

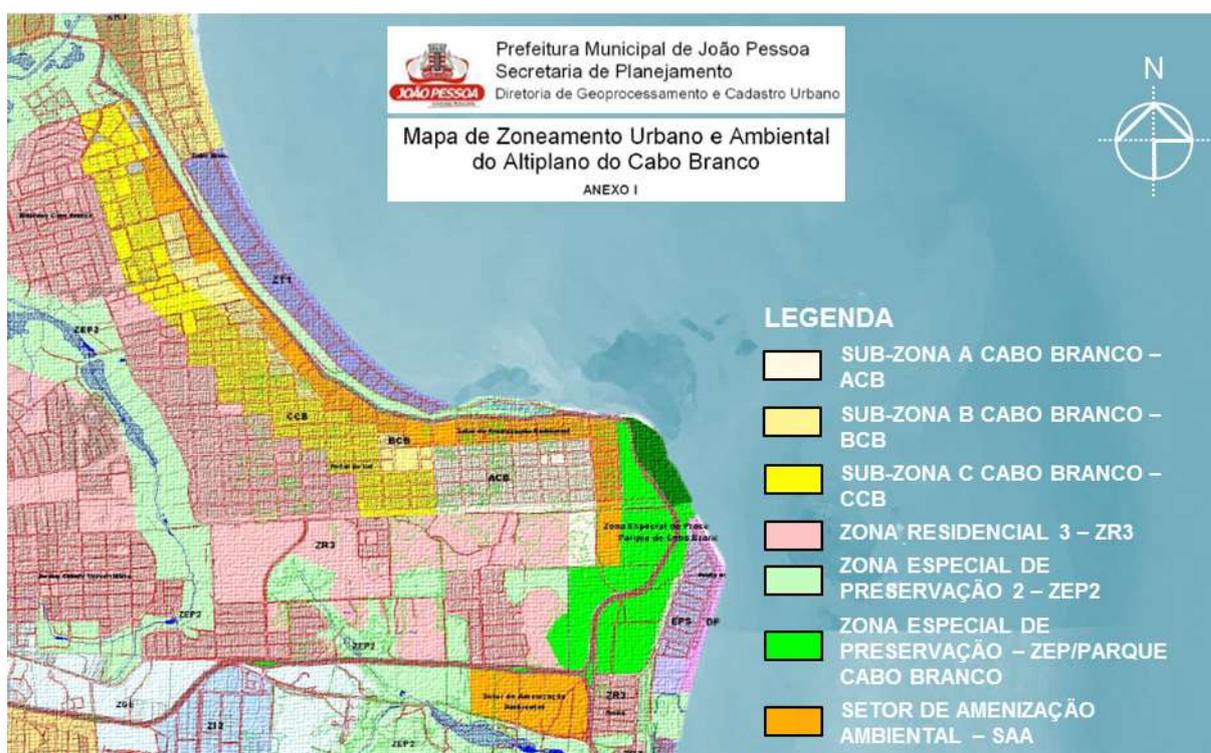


Figura 26: Mapa de zoneamento urbano e ambiental do Altiplano do Cabo Branco, Anexo I do Decreto N<sup>o</sup> 5.363/2005, Anexo I. Baseado em: (JOÃO PESSOA, 2005).

Outro decreto, do mesmo ano, de Nº 5.454, de 26 de setembro de 2005, regulamenta dispositivos da Lei Complementar Nº 03 de 30 de dezembro de 1992, PD 1992, que dispõe sobre o instituto da outorga onerosa do direito de construir<sup>45</sup> e dá outras providências (JOÃO PESSOA, 2005):

“Art. 1º Nas edificações que excedam o índice de aproveitamento único, situadas nas zonas adensáveis prioritárias, a Secretaria de Planejamento, Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente – SEPLAN, outorgará, de forma onerosa, autorização para construir área superior àquela permitida pelo índice de aproveitamento único, observadas as disposições previstas no art. 17 e § 2º, da Lei Complementar nº 3, de 30 de dezembro de 1992 (Plano Diretor da Cidade de João Pessoa).”

O Decreto Nº 5.844, de 08 de janeiro de 2007, altera de modo significativo a legislação para a área de pesquisa, através da demarcação de zoneamento exclusivo, assim como, da diversificação dos tipos habitacionais multifamiliares vigentes. Especificamente, este decreto delimita a ZAP<sup>46</sup> e dispõe sobre as tipologias de uso residencial multifamiliar, H6<sup>47</sup> e H7<sup>48</sup>, e dá outras providências (JOÃO PESSOA, 2007):

“Art. 1º Fica delimitada a Zona Adensável Prioritária – ZAP conforme descrição de limites no Anexo I [**descrição de limites, determinação de pontos e coordenadas correspondentes em x e y, e direção**].

Parágrafo Primeiro – A delimitação da ZAP, compreende frações de áreas da Subzona B e da Subzona C do Cabo Branco, do Setor Residencial Especial –SER, e uma parte da Zona Residencial 3 – ZR3, conforme o Mapa de Zoneamento de Uso do Solo [...] [**neste estudo representado na Figura 27, p. 93**].

Parágrafo Segundo – Fica excluída da ZAP a faixa de restrição de 100 (cem) metros da porção de terras contíguas a falésia do Cabo Branco.

Art. 2º Os Indicadores Urbanísticos para os novos usos permitidos H6 e H7, em cada zona, subzona e setor, dentro dos limites da ZAP, estão definidas no Anexo III [**neste estudo representado no Quadro 5, p. 93**].”

A delimitação da ZAP para o Altiplano Cabo Branco e a possibilidade de novas tipologias para o bairro reforça a consideração da ocupação recente do lugar, assim como, a necessidade do acompanhamento do processo de ocupação através de estudos balizados. Os indicadores urbanísticos apresentados nesse decreto para as novas tipologias de uso H6 e H7 nos limites da ZAP no bairro Altiplano Cabo Branco estão dispostos no Quadro 5, p. 93 (JOÃO PESSOA, 2007):

<sup>45</sup> **Outorga onerosa** do direito de construir: concessão do município, através de pagamento, de direito de construir acima do coeficiente de aproveitamento básico até o limite máximo permitido por zona, De acordo com o Plano Diretor 2009 no Título I - DA POLÍTICA URBANA, Capítulo III - Das Definições, Art. 7º, XXVI (JOÃO PESSOA, 2009).

<sup>46</sup> **ZAP** designada exclusivamente para o Altiplano Cabo Branco.

<sup>47</sup> **H6:** Habitação Multifamiliar Isolada até 5 pavimentos (inclusive cobertura). De acordo com Decreto Nº 5.363/2005 de 28 de junho de 2005, Anexo II – Classificação dos Usos e Atividades – USO RESIDENCIAL (JOÃO PESSOA, 2005). **ANEXO E | CLASSIFICAÇÃO DOS USOS E ATIVIDADES**, p. 335.

<sup>48</sup> **H7:** Habitação Multifamiliar em condomínio acima de 5 pavimentos. De acordo com Decreto Nº 5.363/2005 de 28 de junho de 2005, Anexo II – Classificação dos Usos e Atividades – USO RESIDENCIAL (JOÃO PESSOA, 2005). **ANEXO E | CLASSIFICAÇÃO DOS USOS E ATIVIDADES**, p. 335.

ZONAS URBANAS	LOTES DE TERRENO		INDICADORES		AFASTAMENTOS mínimos		
	Testada do Lote mínimo	Área Mínima m <sup>2</sup>	Taxa de Ocupação máxima	Índice de Aproveitamento máximo	Frontal metros	Lateral metros	Fundos metros
Sub Zona B	50,00	5.000,00	20% T e Mezanino 10% D	2,0	10,00	8,00+H/10	4,00+H/10
Sub Zona C/SRE	36,00	2.500,00	25% T e Mezanino 15% D	3,0	10,00	6,00+H/10	4,00+H/10
Zona Residencial 3	30,00	1.250,00	30% T e Mezanino 20% D	4,0	8,00	4,00+H/10	4,00+H/10

**LEGENDA:** T=Térreo; D=Demais pavimentos; H=altura da edificação (definida como o somatório de medidas de altura do pé direito de todos os pavimentos tipo).

Quadro 5: indicadores urbanísticos para os usos H6 e H7 para os limites da ZAP, Decreto N<sup>o</sup> 5.844/2007, Anexo III.  
Baseado em: (JOÃO PESSOA, 2007).

O perímetro da macrozona determinada para o Altiplano Cabo Branco encontra-se na representação, Figura 27, demarcado com linha na cor preta, tendo também sido demarcados pontos de delimitação, mostrados também na cor preta. Pode-se visualizar ainda, através da imagem, a faixa de proteção da falésia do Cabo Branco, restrição de cem metros da porção de terras contíguas, nesta figura, a faixa está demarcada por linha na cor azul, coincidindo, em grande parte com o setor SAA, na cor laranja. Percebe-se também, a Zona Especial de Preservação dos Grandes Verdes 2 (ZEP2) e a Zona Especial de Preservação Rigorosa 4 (ZEP4), esta última, para a área corresponde à barreira do Cabo Branco, respectivamente lançadas em verde claro e verde escuro.



Figura 27: delimitação da ZAP do Altiplano Cabo Branco e zoneamento, Decreto N<sup>o</sup> 5.844/2007, Anexo II.  
Baseado em: (JOÃO PESSOA, 2007).

A Figura 27, p. 93, mostra detalhe do mapa com os limites da macrozona de adensamento prioritário, ZAP do Altiplano Cabo Branco, para a qual foram definidos indicadores apresentados no Quadro 5, p. 93. Destaca-se, apenas o contexto envolvido no perímetro da macrozona, incluindo, os setores e zonas compreendidos, sendo, o setor SRE; as subzonas BCB e CCB; e a zona ZR3.

Os valores conferidos pelo decreto em questão proporcionam para parte do setor SRE, das subzonas BCB e CCB, e da zona ZR3, contidas no perímetro da macrozona adensável prioritária do Cabo Branco, taxas de ocupação menores e diferenciadas para a base do edifício, térreo e mezanino, e demais pavimentos; índices de aproveitamento maiores do que os praticados anteriormente na área, diferenciados para cada subzona e zona, variando entre **2,0** e **4,0**, entretanto, estes valores são encontrados em outras áreas da cidade que correspondem à zona ZAP. Em relação aos recuos frontais e laterais, estes se apresentam maiores ou iguais aos usuais praticados na cidade para o uso R6<sup>49</sup>.

No ano de 2007 o Decreto N<sup>o</sup> 5.900, de 24 de abril de 2007, estabelece instruções normativas de aprimoramento da legislação urbanística vigente e dá outras providências. Este documento, entre outras questões, atualiza índices urbanísticos e estabelece especificações para diversas tipologias nos quadros de zoneamento de usos do solo. No Quadro 6 e no Quadro 7, p. 95, para ZR3 e ZA3, respectivamente, (JOÃO PESSOA, 2007).

USOS	LOTE (*)		EDIFICAÇÃO (A)				
	Área mínima	Frente mínima	Ocupação máxima	Altura máxima	AFASTAMENTOS		
					Frente	Lateral	Fundos
R5 (2)	600,00	15,00	40	PL+4PV+CB	5,00	4,00	4,00
R5	600,00	15,00	35	4 PV	5,00	3,00	3,00
R6 (2)	900,00	20,00	30	–	5,00	4+(H/10)	4+(H/10)

(2) Pode ser utilizado mezanino para lazer com no máximo 30% da área fechada, em ambos os casos as áreas não vão incidir no cálculo do índice de aproveitamento; pode ocupar o pilotis com CL e SL desde que atendidos o número de vagas para autos.

(\*) Lotes aprovados antes da Lei N<sup>o</sup> 2.102/75 com dimensões inferiores às exigidas para a zona, serão considerados próprios para construções destinadas aos usos R1, CL e SL.

(A) ver macrozoneamento que estabelece o índice de aproveitamento máximo por zona, Artigos 8<sup>o</sup>, 9<sup>o</sup>, 10<sup>o</sup>, 11<sup>o</sup>, 12<sup>o</sup> e 13<sup>o</sup> do plano diretor da cidade.

**LEGENDA:** SS=Subsolo ou Semi-subsolo; TE=Térreo; PL=Pilotis; MZ=Mezanino; PV=Pavimento tipo; CB=Cobertura; DE=Demais pavimentos.

Quadro 6: Quadro resumido de zoneamento de usos do solo para ZR3, Decreto N<sup>o</sup> 5.900/2007, Anexos.  
Baseado em: (JOÃO PESSOA, 2007).

<sup>49</sup> **R6:** Mais de duas habitações por lote agrupadas verticalmente em edificações que tenham altura limitada em (três) pavimentos considerando-se obrigatório o uso de pilotis. De acordo com Lei N<sup>o</sup> 2.102, de 31 de dezembro de 1975 – Código de Urbanismo no Anexo 8 – Classificação e Codificação dos Usos do Solo – USO RESIDENCIAL, modificada pela Lei N<sup>o</sup> 2.699 de 07 de novembro de 1979, (JOÃO PESSOA, 1975).

USOS	LOTE (*)		EDIFICAÇÃO (A)				
	Área mínima	Frente mínima	Ocupação máxima	Altura máxima	AFASTAMENTOS		
					Frente	Lateral	Fundos
R5	600,00	20,00	30	4 PV	5,00	4,00	4,00
R5 (1)	600,00	20,00	40	PL+4PV+CB	5,00	4,00	4,00
R6 (1)	600,00	30,00	30	–	5,00	4+(H/10)	4+(H/10)

(1) Pode ser utilizado mezanino para lazer com no máximo 30% da área fechada, em ambos os casos as áreas não vão incidir no cálculo do índice de aproveitamento; pode ocupar o pilotis com CL e SL desde que atendidos o número de vagas para autos.

(\*) Lotes aprovados antes da Lei Nº 2.102/75 com dimensões inferiores às exigidas para a zona, serão considerados próprios para construções destinadas aos usos R1, CL e SL.

(A) ver macrozoneamento que estabelece o índice de aproveitamento máximo por zona, Artigos 8º, 9º, 10º, 11º, 12º e 13º do plano diretor da cidade.

**LEGENDA:** SS=Subsolo ou Semi-subsolo; TE=Térreo; PL=Pilotis; MZ=Mezanino; PV=Pavimento tipo; CB=Cobertura; DE=Demais pavimentos.

Quadro 7: Quadro resumido de zoneamento de usos do solo para ZA3, Decreto Nº 5.900/2007, Anexos. Baseado em: (JOÃO PESSOA, 2007).

Os indicadores mostrados no Quadro 6, p. 94, e no Quadro 7, para a ZR3 e ZA3, respectivamente, incluem-se, apenas as tipologias relacionadas aos usos residenciais multifamiliares acima de quatro pavimentos, para as quais, é possível adensar e verticalizar através dos usos R5<sup>50</sup> e R6.

O Decreto Nº 7.029, de 8 de outubro de 2010, aprova o plano de uso e ocupação do solo urbano em áreas delimitadas e dá outras providências. Também este decreto aborda o Altiplano Cabo Branco, aprovando plano de zoneamento de uso do solo de uma porção de terra deste bairro, (JOÃO PESSOA, 2010):

“Art. 2º O uso de solo na Quadra 01, Setor 07, no Bairro Altiplano Cabo Branco conforme Cadastro Imobiliário da Prefeitura de João Pessoa, fica definido de acordo com os seguintes padrões urbanísticos:

I – os usos Residenciais H6 e H7, deverão atender os parâmetros estabelecidos pelo Decreto Nº 5.844 de 08 de Janeiro de 2007<sup>51</sup>;

II – Os usos Comerciais e Serviços, deverão atender os parâmetros da Zona Axial 1 em conformidade com o Art. 2º do Decreto 2.978 de 04 de Março de 1996<sup>52, 53</sup>;

<sup>50</sup> **R5:** Mais de duas habitações por lote agrupadas verticalmente em edificações que tenham altura limitada em 3 (três) pavimentos sendo em todos os casos admitido a solução duplex para o último pavimento. De acordo com Lei Nº 2.102, de 31 de dezembro de 1975 – Código de Urbanismo, no Anexo 8 – Classificação e Codificação dos Usos do Solo – USO RESIDENCIAL, modificada pela Lei Nº 2.699 de 07 de novembro de 1979, (JOÃO PESSOA, 1975).

<sup>51</sup> Conforme capítulo 4 **CARACTERIZAÇÃO DA CIDADE DE JOÃO PESSOA**, ponto 4.3 INSTRUMENTO DE ORDENAMENTO URBANO, no Quadro 5: indicadores urbanísticos para os usos H6 e H7 para os limites da ZAP, Decreto Nº 5.844/2007, Anexo III. p. 93.

<sup>52</sup> “Art. 2. Os lotes que fazem frente para os corredores, deverão ter usos e índices urbanísticos das Zonas Axiais correspondentes. No caso de corredores não codificados pela Lei Nº 2.699/79 e suas modificações deverão ter usos e índices urbanísticos idênticos aos da Zona mais próxima.”

III – O índice de Aproveitamento máximo deverá ser igual a 2,0 para qualquer uso;

IV – Os usos a que se referem os incisos I e II deverão reservar no mínimo o equivalente a 30% do total da área do lote com solo permeável, não sujeito a erosão.

Parágrafo Único – A aprovação de Empreendimentos Imobiliários a serem implantados na área a que se refere o “caput” deste artigo, compatíveis com o parágrafo 2º do Art. 28 do Decreto 6.499 de 20/03/2009<sup>54</sup> [PD 2009], ficam condicionados a contrapartida financeira a ser paga ao município como forma de contribuir para as soluções mitigadoras de eventuais problemas causados pela implantação dos Empreendimentos.”

A Figura 28 mostra o zoneamento para setor 07, bairro Altiplano Cabo Branco, quadra 01, objeto do decreto citado, para a qual foi alterado o zoneamento.



Figura 28: Uso do solo quadra 01 bairro Altiplano Cabo Branco, Decreto N<sup>o</sup> 7.029/2010. Baseado em: (JOÃO PESSOA, 2010).

<sup>53</sup> A legislação referida na nota de rodapé 36, de N<sup>o</sup> 2.699/79, foi alterada no que se refere aos usos permitidos e seus respectivos índices agregados para a zona axial a que se refere o presente decreto, Zona Axial Tambaú (ZA3), sendo referenciado nos dias atuais pelo decreto N<sup>o</sup> 5.900/2007 - Anexos.

<sup>54</sup> “Seção V – Dos Empreendimentos de Impacto

Art. 28. Empreendimentos de Impacto são aqueles, públicos ou privados, que quando implantados, venham a sobrecarregar a infra-estrutura básica, a rede viária e de transporte ou provoquem danos ao meio ambiente natural ou construído.

§ 2º – Para efeito desta Lei, os empreendimentos ou atividades de impacto são aqueles que:

I – quando implantados venham a sobrecarregar a infra-estrutura urbana;

II – tenham repercussão ambiental significativa, provocando alterações nos padrões funcionais e urbanísticos de vizinhança ou de paisagem urbana;

III – afetem o patrimônio cultural, artístico ou histórico do Município;

IV – altere ou modifique substancialmente a qualidade de vida da população residente na área ou em suas proximidades, afetando sua saúde, segurança ou bem-estar;

V – representem pólos de atração e geradores de tráfego.”

Nota-se que esta mesma área, ao tempo do Decreto N<sup>o</sup> 5.844/2007<sup>55</sup>, pela visualização do mapa anexo, representado em detalhe através da Figura 27, p. 93, encontrava-se como Zona Especial de Preservação, mais especificamente, locava-se em uma ZEP2, encontrando-se agora inserida uma parte no setor SRE e outra parte na zona ZA3, Figura 28, situações possíveis de serem adensadas e verticalizadas, diferente da situação anterior.

Cabe ainda ressaltar, diante do exposto, que o zoneamento urbano ambiental inserido no PD 2009 coloca que se constituem **Zonas de Restrições Adicionais**, entre outras áreas, a **Orla Marítima**, o **Altiplano do Cabo Branco**, a mesma lei acerta restrições adicionais ao uso do solo para a **faixa litorânea**, a **falésia do Cabo Branco** e o **Altiplano Cabo Branco**. Em relação à Constituição do Estado da Paraíba (1989)<sup>56</sup>, esta, no Artigo 229, também estabelece restrições de ocupação de toda **faixa litorânea**, quinhentos metros a partir da maré de sizígia para o continente, indicando o gabarito de altura permitido para edificações locadas nesta faixa, estabelecido entre **12,90m** e **35,00m**, impedindo dessa maneira a construção de edifícios altos na orla marítima do estado (PARAÍBA, 1989):

“Art. 229. A zona costeira, no território do Estado da Paraíba, é patrimônio ambiental, cultural, paisagístico, histórico e ecológico, na faixa de quinhentos metros de largura, a partir da preamar de sizígia para o interior do continente, cabendo ao órgão estadual de proteção ao meio ambiente sua defesa e preservação, na forma da lei.

§ 1<sup>o</sup> O plano diretor dos Municípios da faixa costeira disciplinará as construções, obedecidos, entre outros, os seguintes requisitos:

- a) nas áreas já urbanizadas ou loteadas, obedecer-se-á a um escalonamento de gabaritos a partir de doze metros e noventa centímetros, compreendendo pilotis e três andares, podendo atingir trinta e cinco metros de altura, no limite da faixa mencionada neste artigo; [...]”

Adverte-se que a área estudada enquanto área de preservação é respaldada por instrumentos jurídicos das esferas estadual e municipal, sendo relevantes todos os valores expostos, tanto para a compreensão da ocupação da área pesquisada quanto para definição das situações estudadas, de modo prático, através de ensaios em túnel de vento. A ciência deste contexto de transformações ajuda a entender as mudanças acontecidas na cidade, que tem relação direta com as alterações propostas para o instrumento urbanístico, mas efetivamente para o código de urbanismo, que impulsionou o adensamento e a verticalização de maneira extremamente rápida.

O adensamento e a verticalização da área são percebidos visualmente através da Figura 29, p 98, que mostra a área no ano de 2005, em (a), apresentando grande estoque

<sup>55</sup> Decreto de N<sup>o</sup> 5.844/2007, comentado a partir da p. 92.

<sup>56</sup> Constituição do Estado da Paraíba Promulgada em 5 de outubro de 1989, Disponível em: <[http://www.pm.pb.gov.br/download/Constituicao\\_Estadual.pdf](http://www.pm.pb.gov.br/download/Constituicao_Estadual.pdf)>. Acesso em: 10 abril 2013.

de terrenos vazios, predominando edificações de até dois pavimentos; enquanto que, na imagem referente ao ano de 2013, em (b), mostra-se com grande quantidade de edificações com mais de dez pavimentos, ocupação compatível com a demarcação da ZAP do Altiplano Cabo Branco. Os dois documentos históricos, imagens de satélite da área de pesquisa, encontram-se marcados, com círculo em traço e ponto, na cor laranja, indicando a área principal de estudo<sup>57</sup>, também pode ser visualizado círculo em pontos, na cor branco, sugerindo a área ampliada, parte desta última, compõem também os ensaios.

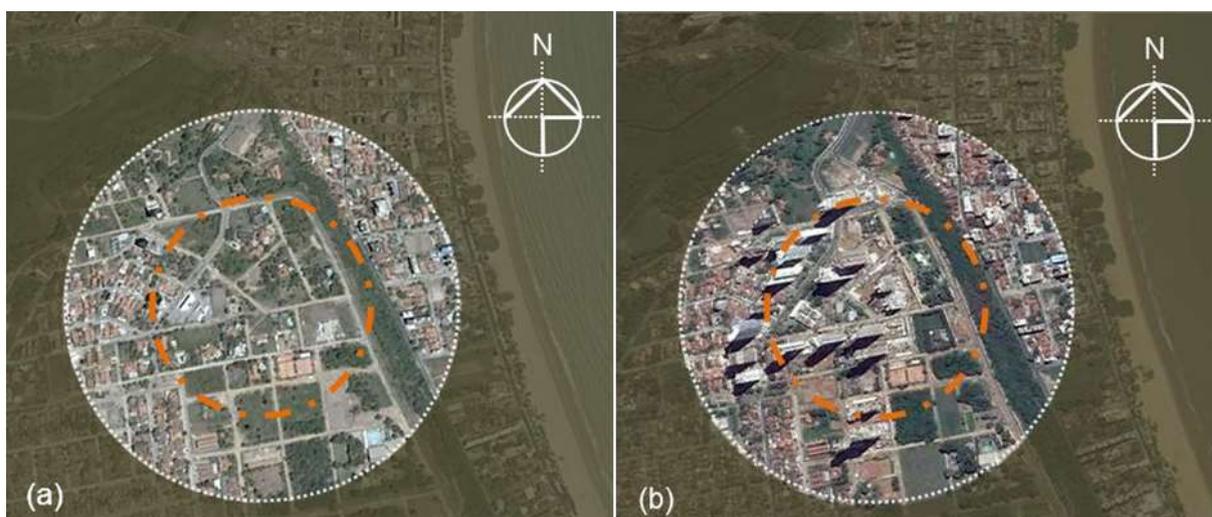


Figura 29: Imagens de satélite de duas séries históricas, em (a) imagem de 10-02-2005; e em (b) imagem de 22-07-2013. Baseado em: (GOOGLE EARTH, 2014).

Nesta conjuntura, o túnel de vento, apresenta-se como uma ferramenta importante de percepção, propiciando informações mais seguras do desempenho do vento perante a ocorrência estudada, sendo assim, os experimentos podem proporcionar respostas a muitas demandas sobre a ação e efeitos do vento. Em relação ao foco desta pesquisa, pretende-se, através das simulações em túnel de vento, estudar o comportamento da ventilação ao nível do pedestre, para as duas situações mostradas na Figura 29, busca-se a relação entre o padrão de ocupação e o conforto do pedestre, considerando para tanto a área demarcada.

#### 4.4 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área estudada encontra-se na porção oriental da cidade, e pertence ao litoral sul do município de João Pessoa, destacando o bairro Altiplano Cabo Branco, que se limita a

<sup>57</sup> Conforme capítulo 4 **CARACTERIZAÇÃO DA CIDADE DE JOÃO PESSOA**, ponto 4.4 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, p. 98.

norte com os bairros Miramar e Cabo Branco; a sul com os bairros Bancários e Portal do Sol; a leste com Cabo Branco; e a oeste com Castelo Branco. A abrangência proposta para esta pesquisa inclui, da cidade de João Pessoa, porção nordeste do bairro Altiplano Cabo Branco, estendendo-se por pequena parte do bairro Cabo Branco, que correspondem, de acordo com sistema de logradouros, a recortes dos bairros 003 – Altiplano Cabo Branco<sup>58</sup>, e 013 – Cabo Branco – Faixa 1<sup>59</sup>, na Figura 30, em laranja e em azul, respectivamente, (JOÃO PESSOA, 2012)<sup>60</sup>. A Figura 30 mostra a área de estudo no contexto urbano, o contorno do bairro Altiplano Cabo Branco, assim como, dos bairros que fazem limite, em linha tracejada na cor preta, expõe-se também formas de relevo, hidrografia e acessos.

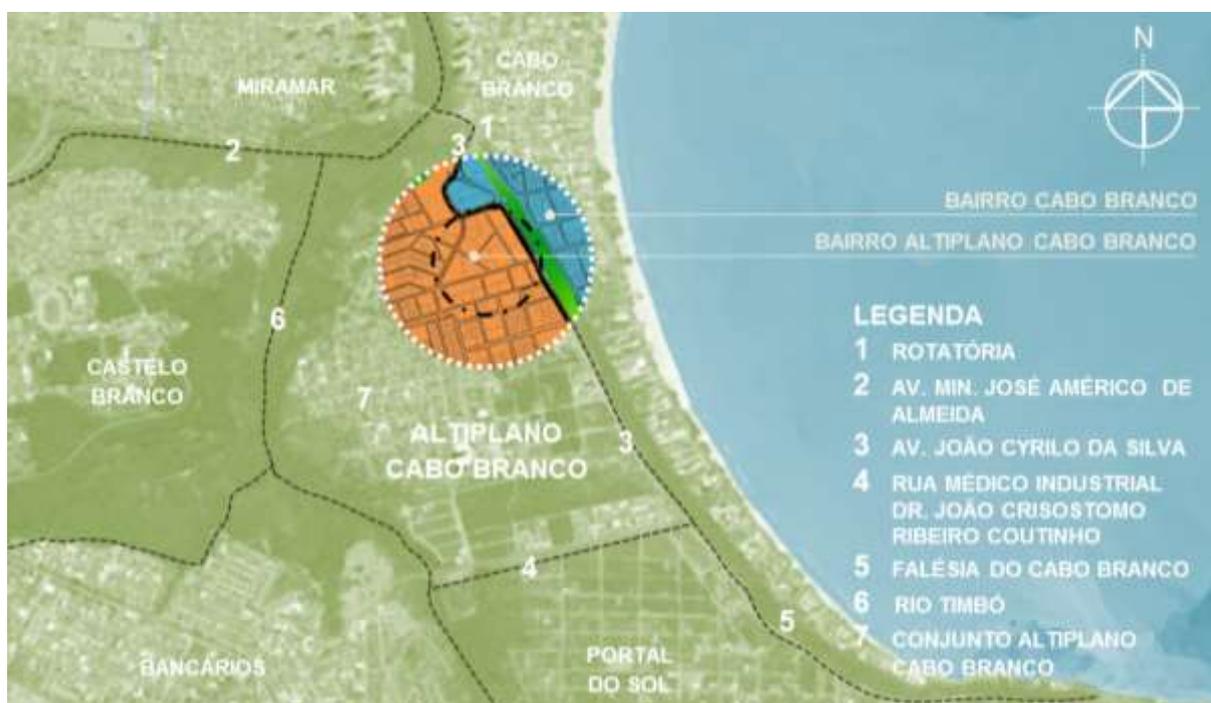


Figura 30: Área de estudo e entorno: limites, formas de relevo, hidrografia e acessos.

O bairro Altiplano Cabo Branco abriga um conjunto habitacional, denominado conjunto Altiplano Cabo Branco – 7, ainda na Figura 30, situado no quadrante sudoeste do bairro, e que representou a primeira grande intervenção pública de ocupação do litoral sul da cidade de João Pessoa. Foi edificado em 1978, contou inicialmente com 529 unidades habitacionais, a instituição responsável pela sua construção foi o Instituto Nacional de

<sup>58</sup> Conforme **ANEXO F** | BAIRRO ALTIPLANO CABO BRANCO p. 337.

<sup>59</sup> Conforme **ANEXO G** | BAIRRO CABO BRANCO p. 339.

<sup>60</sup> Prefeitura Municipal de João Pessoa – Legislação – **Mapas de Bairro de João Pessoa**. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/04/Mapa-dos-Bairros-de-Joao-Pessoa.pdf>>. Acesso em: 08 abril 2013.

Orientação das Cooperativas Habitacionais (INOCOOP) da Paraíba, com recursos financeiros do Sistema Financeiro da Habitação (SFH).

Os principais acessos ao bairro em questão, Figura 30, p. 99, acontecem a norte através de rotatória – 1, que congrega a Avenida Ministro José Américo de Almeida – 2, a Rua Paulino Pinto, a Avenida Monsenhor Odilon Coutinho, a Rua desportista José Eduardo de Holanda e a Avenida João Cirilo da Silva – 3, que corta a área de noroeste a sudeste, permitindo assim, também a entrada através desta avenida na direção sudeste. Outro ingresso ocorre, procedente de oeste, através da Rua Médico Industrial Dr. João Crisóstomo Ribeiro Coutinho, a leste tem-se a falésia do Cabo Branco – 4 e a oeste o Rio Timbó – 5, estes dois acidentes naturais impossibilitam o acesso mais ativo, embora, ressalta-se que através da barreira existam duas vias pavimentadas.

O espaço ampliado de pesquisa está delimitado por círculo de raio 484,00m, circunferência de 3.041,06m e área de 735.936,93m<sup>2</sup>, enquanto que a área base do estudo corresponde a círculo de raio 256,00m, circunferência de 1.608,50m e área de 205.887,42m<sup>2</sup>. Apenas 530.049,51m<sup>2</sup>, da área do círculo maior, é acrescida a área base de estudo, totalizando de 563.316,85m<sup>2</sup> (56,33ha). A Figura 31, mostra a representação dos espaços definidos, indicando as dimensões e as áreas correspondentes, em escala real.



Figura 31: Dimensionamento da área de estudo, mostrada no contexto urbano.

A área estudada compõe-se de área do bairro Altiplano Cabo Branco incidente na circunferência maior, mais parte da quadra trinta e sete do bairro Cabo Branco, ficando de fora, a barreira, faixa verde, e a parte do bairro Cabo Branco, que aparece em marrom. Diante da presente pesquisa, faz-se importante para o detalhamento do local de estudo, ou seja, a ponderação junto aos instrumentos urbanísticos incidentes<sup>61</sup>, que alavancaram o atual processo de ocupação do Altiplano Cabo Branco. Este contexto está representado na Figura 32, por reprodução gráfica legendada, e no Quadro 8, p. 102, que mostra, resumidamente, as condições da área, através de perfil, que correlaciona legislação urbana, representação gráfica, zoneamento e comentários relevantes.

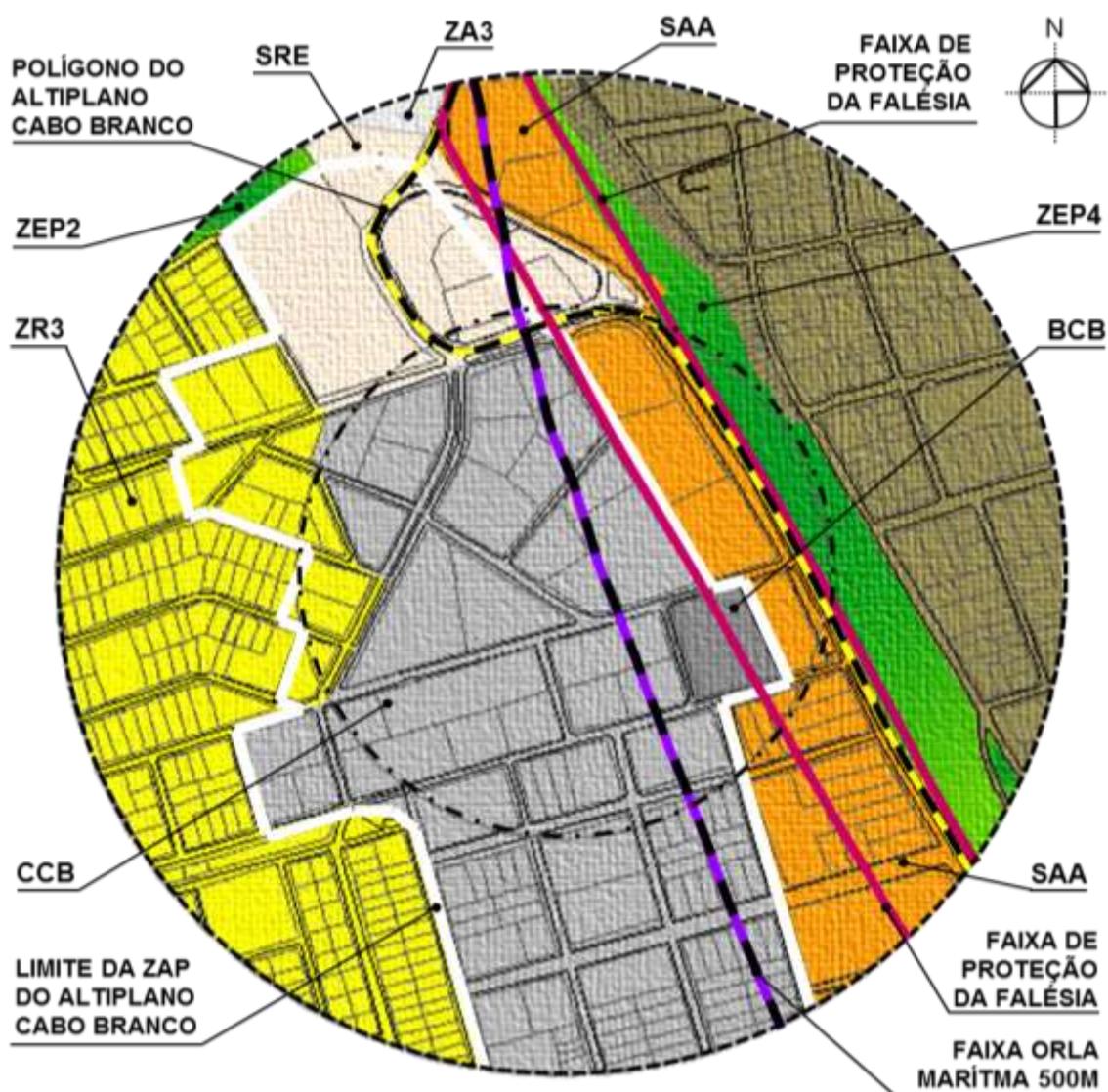
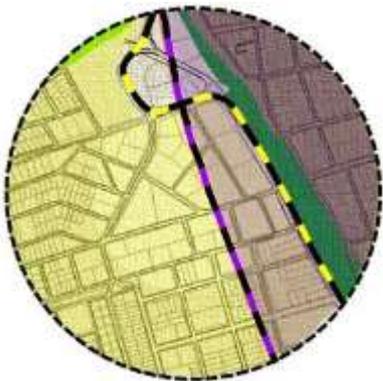


Figura 32: Representação gráfica esquemática da área estudada com enfoque no zoneamento atual correspondente.

<sup>61</sup> Conforme discutido neste capítulo, **4 CARACTERIZAÇÃO DA CIDADE DE JOÃO PESSOA**, ponto 4.3 INSTRUMENTO DE ORDENAMENTO URBANO, p. 82.

INDICADORES URBANOS INCIDENTES NA ÁREA ENSAIADA		
MAPA	ZONEAMENTO	COMENTÁRIOS
<b>ZONAS DE RESTRIÇÕES ADICIONAIS</b>		
Lei Complementar N <sup>o</sup> 03, de 30 de dezembro de 1992, PD 1992.		
Decreto N <sup>o</sup> 6.499, de 20 de março de 2009, PD 2009, p. 44 e 45.		
	<b>FAIXA 500m</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• orla marítima</li> </ul> <b>ALTIPLANO CABO BRANCO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• polígono</li> </ul> <b>ZONA ZPA</b>	Em relação a faixa dos <b>500m</b> , esta é validada para todo o litoral do Estado da Paraíba, é também objeto da Constituição do Estado da Paraíba (1989), e da Lei Orgânica para o Município de João Pessoa (1990). Quanto ao polígono do <b>ALTIPLANO CABO BRANCO</b> , este, foi apenas demarcado graficamente pelo PD 2009, Anexo II.
<b>ZONEAMENTO URBANO E AMBIENTAL DO ALTIPLANO CABO BRANCO</b>		
Decreto N <sup>o</sup> 5.363, de 28 de Junho de 2005, p. 49.		
<b>MACROZONA ADENSÁVEL PRIORITÁRIA DO ALTIPLANO CABO BRANCO</b>		
Decreto N <sup>o</sup> 5.844, de 08 de janeiro de 2007, p. 52.		
	<b>ZONA ZAP</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• do Altiplano Cabo Branco</li> </ul> <b>SUB-ZONA BCB</b> <b>SUB-ZONA CCB</b> <b>SETOR SRE</b> <b>ZONA ZR3</b> <b>SETOR SAA</b> <b>FAIXA 100m</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• falésia do Cabo Branco</li> </ul> <b>ZONA ZEP2</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• grandes verdes</li> </ul> <b>ZONA ZEP4</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• barreira do Cabo Branco</li> </ul>	O Decreto N <sup>o</sup> 5.363/2005, delimita o parque do Cabo Branco, e concepção de setores e zonas para a área, destacando o setor <b>SAA</b> , restrito a parte maior do mapa ilustrativo. O Decreto N <sup>o</sup> 5.844, amplia os setores <b>SAA</b> e <b>SRE</b> , este último sobre área antes relacionada a zona <b>ZPE2</b> , ainda, diferencia esta zona em duas zonas <b>ZPE2</b> e <b>ZPE4</b> .
<b>INSTRUÇÕES NORMATIVAS DE APRIMORAMENTO DA LEGISLAÇÃO URBANÍSTICA</b>		
Decreto N <sup>o</sup> 5.900, de 24 de abril de 2007, p. 55.		
<b>ZONEAMENTO PARA A QUADRA 01 – ALTIPLANO CABO BRANCO</b>		
Decreto N <sup>o</sup> 7.029, de 08 de outubro de 2010, p. 56.		
	<b>SETOR SRE</b> <b>ZONA ZA3</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tambaú</li> </ul>	O Decreto N <sup>o</sup> 5.900/2007, altera a legislação urbana, incluindo o setor <b>SRE</b> e a zona <b>ZA3</b> , enquanto que o Decreto N <sup>o</sup> 7.029/2010, estende a área física do setor <b>SRE</b> , e aponta área para a zona <b>ZA3</b> , junto a Av. Ministro José Américo de Almeida e a Av. João Cirilo da Silva, porção norte da área, antes demarcada como zona <b>ZEP2</b> .

Quadro 8: Perfil resumido dos indicadores incidentes na área estudada.

Percebe-se a gradativa ocupação de áreas antes relacionadas a Zonas Especiais de Preservação (ZEP), possibilitando a construção de edificações específicas, através dos dispositivos legais de zoneamento do solo urbano e ambiental. Assim, como a possibilidade de verticalização na área do Altiplano Cabo Branco, pela concepção de setores, zonas e tipologias diferenciadas. A abrangência do espaço estudado, considerando os dois ensaios realizados<sup>62</sup>, quais sejam, escoamento de vento para a área e conforto do pedestre em relação ao vento, esta colocada na Figura 33, p 104, que aborda ainda, a nomenclatura das quadras; os rumos de vento, que demarcam os espaços ensaiados; e os campos que mesmo estando contidos no círculo definido para o estudo, não foram alvo da pesquisa, área não estudada.

A área não estudada, marcada na Figura 33, p 104, corresponde ao bairro Cabo Branco, no limite nordeste da área estudada, esta acompanha o desenvolvimento da barreira do Cabo Branco nesta porção. Enquanto que a área estudada conta com 42 (quarenta e duas) quadras incompletas, visto que a delimitação da área não se prende ao desenho da malha urbana, e sim, como foi tratado antes, referencia-se por um círculo que abrange a área urbana averiguada. De acordo com o cadastro imobiliário<sup>63</sup>, apenas uma das quadras pertence, ao bairro Cabo Branco, quadra 37, em destaque, as quadras restantes, 41 (quarenta e uma), estão locadas no bairro Altiplano Cabo Branco. No que se referem às áreas categorizadas, 16 (dezesesseis) quadras estão distribuídas na área base e 26 (vinte e seis) quadras estão localizadas na área ampliada, a definição do posicionamento de cada quadra, relacionada às áreas estudadas, deveu-se ao fato da quadra ter maior parte contida no espaço correspondente.

A demarcação da área ensaiada é determinada pelas incidências de vento estudadas, na Figura 33, p. 104, tem-se marcado as incidências  $90^{\circ}$  e  $150^{\circ}$ ; e  $0^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$  e  $270^{\circ}$ . As primeiras marcações citadas,  $90^{\circ}$  e  $150^{\circ}$ , referem-se aos ensaios de escoamento<sup>64</sup> para a área, cujas projeções distinguem o trecho ensaiado, para cada um destes dos ângulos, de modo geral, foram ensaiados a área base de estudos, mais as áreas contíguas posteriores a esta primeira, considerando o sentido da incidência dos ventos. Os segundos balizamentos,  $0^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$  e  $270^{\circ}$ , correspondem à marcação que satisfaz

---

<sup>62</sup> Conforme capítulo **6 ENSAIOS EM TÚNEL DE VENTO**, ponto 6.1 ENSAIOS REALIZADOS NO TÚNEL DE VENTO PROF. JOAQUIM BLESSMANN, p. 131.

<sup>63</sup> Prefeitura Municipal de João Pessoa – Jampa em Mapas. Disponível em: <<http://geo.joaopessoa.pb.gov.br/digeoc/htmls/jampaemmapas.html>>. Acesso em: 08 maio 2014.

<sup>64</sup> Conforme capítulo **6 ENSAIOS EM TÚNEL DE VENTO**, ponto 6.2 ENSAIOS DE SIMULAÇÃO DE ESCOAMENTO DE CAMADA LIMITE, p. 132.

aos ensaios do conforto de pedestres<sup>65</sup>, para este caso foram marcados os quatro quadrantes através do posicionamento dos ângulos  $0^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$  e  $270^{\circ}$ , sendo ensaiadas, vinte e quatro incidências de vento, marcadas a partir do ângulo  $0^{\circ}$ , e a cada  $15^{\circ}$ , a área suficiente à realização deste experimento congrega a área base mais espaços próximos, contíguos e anteriores em relação ao sentido da incidência dos ventos.

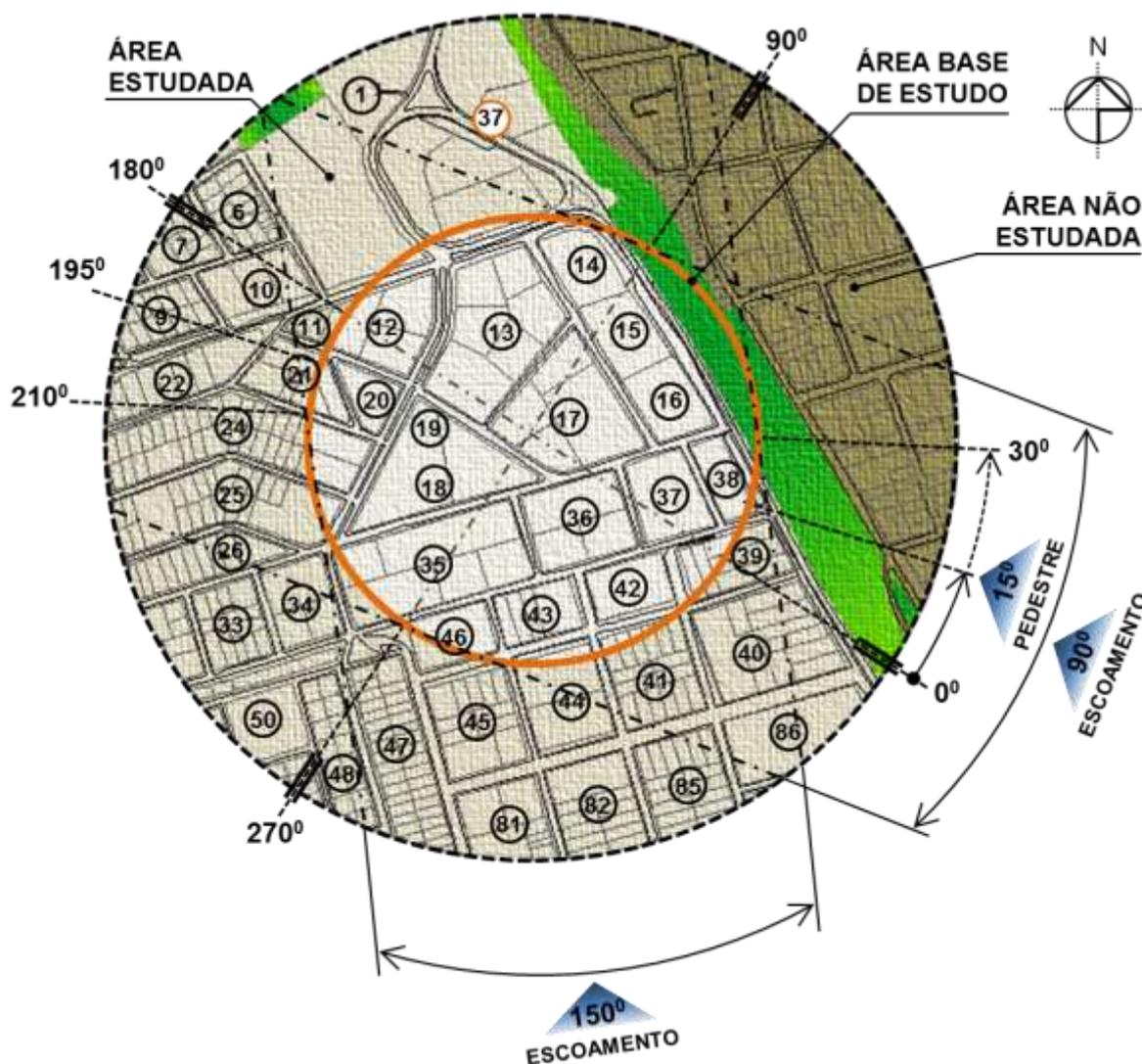


Figura 33: Demarcação da área ensaiada, abrangendo a identificação das quadras e as incidências de vento estudadas.

Em relação à condição das vias contidas na área estudada, estas se apresentam, na maior parte em solo natural, sem nenhuma pavimentação, a outra parte encontra-se pavimentada, com paralelepípedo ou com asfalto, nesta última condição acha-se a Avenida

<sup>65</sup> Conforme capítulo 6 ENSAIOS EM TÚNEL DE VENTO, ponto 6.3 ENSAIOS DE TOMADAS DE PRESSÃO AO NÍVEL DO PEDESTRE, p. 144.

João Cirilo da Silva<sup>66</sup>. Atualmente o bairro Altiplano Cabo Branco encontra-se em processo de estruturação da infraestrutura urbana, sobretudo no que se refere ao subsistema viário, por meio de alargamento e pavimentação de vias, e subsistema de drenagem pluvial. Processo imposto pelo adensamento populacional da zona sul, e, especialmente do bairro Altiplano Cabo Branco.

A área pesquisada teve suas características habitacionais alteradas, deixando de ser um bairro eminentemente residencial unifamiliar com edificações em torno de dois pavimentos, tornando-se, cada vez mais, um bairro amplamente verticalizado, e, consideravelmente, bem mais adensado. As alterações são balizadas pelas modificações no instrumento urbanístico para a área, detalhado no tópico anterior<sup>67</sup>. Atualmente, o espaço de estudo, encontra-se inserido na ZAP do Altiplano Cabo Branco, para a qual incide indicadores diferenciados em relação aos já adotados para a cidade.

As mudanças recentes do instrumento de ordenamento urbano da cidade de João Pessoa, sobretudo para a área estudada, ocorridas nos últimos oito anos norteiam esta pesquisa, estas serão aferidas através das configurações de vizinhança estudadas, podendo-se avaliar as situações já definidas, que não são passíveis de grandes modificações. Mas, sobretudo, contribuir, estudando situações em fase de ocupação, e, conseqüentemente, mais propícias a alterações em seus mecanismos. Avaliando a compatibilidade entre os códigos propostos e as condições do ambiente natural, os indicadores são efetivamente agregadores, no que se refere ao conforto, incluindo ventilação natural adequada ao conforto do meio urbano e do pedestre.

---

<sup>66</sup> Conforme **ANEXO F | BAIRRO ALTIPLANO CABO BRANCO**, p. 337.

<sup>67</sup> Conforme capítulo **4 CARACTERIZAÇÃO DA CIDADE DE JOÃO PESSOA**, ponto 4.3 INSTRUMENTO DE ORDENAMENTO URBANO, p. 82.

## 5 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

### 5.1 ENFOQUE METODOLÓGICO

Trabalho científico inédito, realizado pelo meio de pesquisa prática, de campo, e de abordagem quantitativa, tem caráter experimental, se utilizando da simulação da camada limite atmosférica através de ensaios em túnel de vento, pelos quais, se avaliam as condições de vento por meio de medições de campos de velocidade. Inicia-se pelo estudo das condições do escoamento para a área de estudo, área urbana da cidade de João Pessoa-PB<sup>68</sup>, sendo tomadas medições de velocidades médias nos sensores de fio-quente, prosseguindo, com a estimativa das condições de conforto do pedestre, através de tomadas das pressões médias ao nível dos pedestres, nos sensores omnidirecionais.

Os experimentos foram efetivados com modelos em escala reduzida representativos da área estudada, no túnel de vento Professor Joaquim Blessmann, pela simulação de um vento de características do tipo turbulento, compatível com as condições ambientais locais. Na Figura 34 é apresentado o conjunto de abordagens que compõe e norteia esta pesquisa, detalhado nos pontos que seguem.



Figura 34: Síntese ilustrativa dos processos relevantes para o presente estudo.

<sup>68</sup> Conforme capítulo 4 **CARACTERIZAÇÃO DA CIDADE DE JOÃO PESSOA**, ponto 4.4 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, p. 98.

Tem-se ainda como referência para o trabalho os rumos de vento **90° – vento mar** e **150° – vento terra**, percorridos no capítulo quatro<sup>69</sup>, a partir dos quais foram definidas as configurações de ensaios consideradas para o levantamento do escoamento de vento para a área de pesquisa para os dois modelos ensaiados. A Figura 35 mostra a delimitação sobre a região correspondente à área de estudo, incluindo ângulos de incidência do vento para os quais os modelos foram ensaiados.



Figura 35: Balizamento da área de estudo, incluindo ângulos de incidência do vento para os experimentos do escoamento.

Enquanto que, para a determinação da ventilação ao nível do pedestre os modelos foram ensaiados para vinte e quatro posições de incidência do vento<sup>70</sup>, com intervalo de 15°, pois o conforto do pedestre não depende tanto da direção local do vento, e sim da intensidade da velocidade do vento próximo ao solo, resultante, sobretudo, da ocupação da área. Os ângulos de incidência do vento foram determinados considerando o posicionamento do ângulo zero, a partir do qual foram marcados os demais, no sentido anti-horário. Na Figura 36, p. 108, mostra-se a demarcação, sobre a região correspondente a área urbana estudada, indicando a faixa estudada para o **vento mar** e para o **vento terra**.

<sup>69</sup> Conforme capítulo 4 **CARACTERIZAÇÃO DA CIDADE DE JOÃO PESSOA**, ponto 4.2 CLIMA DO , Figura 21, p. 81.

<sup>70</sup> Conforme capítulo 6 **ENSAIOS EM TÚNEL DE VENTO**, ponto 6.3 ENSAIOS DE TOMADAS DE PRESSÃO AO NÍVEL DO PEDESTRE, p. 144.



Figura 36: Marcação da região correspondente a área estudada, e ângulos de incidência do vento para os experimentos para pedestres.

Em relação aos ensaios, foram asseguradas as “condições de semelhança” delineadas por Blessmann (2011, p. 60-61), necessárias para estudos experimentais em modelos, adotadas para ensaios realizados no túnel de vento Prof. Joaquim Blessmann, quais sejam:

- a) semelhança geométrica: formas semelhantes ao real, para o modelo guarda-se o mesmo formato, semelhanças de detalhes e de rugosidade, mesmo fator de escala de redução; e são dispostos com a mesma orientação em relação aos dois escoamentos.
- b) semelhança cinemática: semelhança geométrica dos escoamentos, através da distribuição de velocidades médias e das características da turbulência, garantido a analogia entre os dois escoamentos.
- c) semelhança dinâmica: semelhança geométrica das forças, as forças em dois pontos correspondentes nos dois escoamentos são paralelas e guardam uma proporção constante.

## 5.2 MODELOS ENSAIADOS

Os ensaios em modelos reduzidos em túneis de vento permitem determinar as características do escoamento para as condições examinadas. A escolha das situações estudadas nesta pesquisa relaciona-se com etapas de ocupação de espaço urbano da cidade de João Pessoa-PB, instigada pela alteração do zoneamento para o local – uso e ocupação do solo, ponderado no Capítulo quatro<sup>71</sup>, o que possibilitou um aumento crescente do número de edificações, assim, como uma alteração das tipologias edificadas, determinando duas situações bastante distintas que se sucedem e que são objetos desta pesquisa, estudadas sob o ponto de vista do pedestre.

Os modelos utilizados nos ensaios foram executados na oficina do Laboratório de Aerodinâmica das Construções (LAC) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), pela equipe do Técnico Paulo Francisco Bueno. Trata-se de modelos reduzidos, na escala de 1:400, para os quais foram consideradas as “condições de semelhança” necessárias, garantido, “[...] que os escoamentos em torno de corpos geometricamente semelhantes sejam também semelhantes.” (BLESSMANN, 2011, p. 60). Foram construídos dois modelos reduzidos, representativos das situações pesquisadas, nomeados como **Modelo 1 – M1**<sup>72</sup> e **Modelo 2 – M2**<sup>73</sup>. Figura 37 mostra **M1** e **M2** no interior do túnel de vento Prof. Joaquim Blessmann.

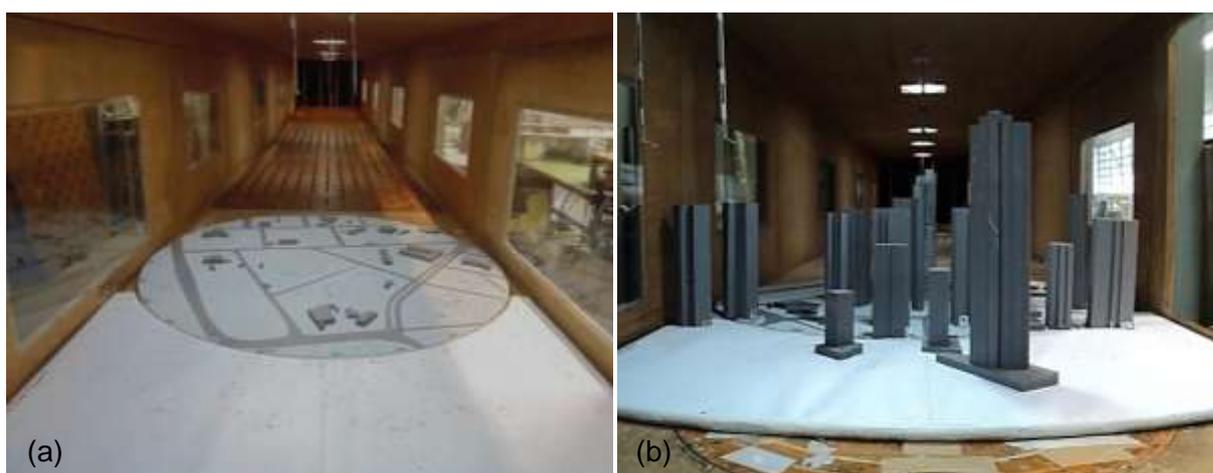


Figura 37: Os dois modelos estudados no interior do túnel de vento, (a) **M1**, para o rumo 150°; (b) **M2**, para o rumo 90°.

<sup>71</sup> Conforme capítulo 4 **CARACTERIZAÇÃO DA CIDADE DE JOÃO PESSOA**, ponto 4.3 INSTRUMENTO DE ORDENAMENTO URBANO, p. 82.

<sup>72</sup> Modelo representativo da situação um, anterior a alteração da legislação para a área, Figura 37, em (a).

<sup>73</sup> Modelo representativo da situação dois, situação atual da área, Figura 37, em (b).

A construção dos modelos teve como referência o posicionamento do edifício *Tour Geneve* no centro da maquete, este executado em chapas metálicas, enquanto que as demais edificações presentes nas duas situações, foram construídas em blocos de madeira maciça da espécie pinho, conforme as suas geometrias, e pintadas na cor cinza médio. As edificações foram fixadas com adesivo colante e/ou aparafusadas por chapas metálicas em “L”, dispostas nas laterais do modelo, com dois parafusos auto-atarraxantes por face, em mesa circular de chapa de madeira industrial do tipo compensado laminado com 20mm (0,02m) de espessura e diâmetro de 1,28m. Foram ainda utilizadas nos ensaios mesas auxiliares, também de chapa de madeira industrial do tipo compensado laminado com 20mm (0,02m), de formato irregular, que complementa a mesa principal, circular, acrescentando a esta 0,57m no sentido longitudinal do túnel, nos dois lados da mesa principal, tendo na outra dimensão a mesma medida da mesa principal, 1,28m, no sentido transversal do túnel. Na Figura 38 consta representação esquemática de modelo estudado contendo as dimensões gerais adotadas.



Figura 38: Representação tridimensional esquemática de modelo ensaiado, modelo **M2**, em destaque dimensões adotadas.

Os modelos ensaiados apresentam conformações geométricas distintas, admitindo o estudo da interferência do padrão de ocupação no conforto do pedestre, podendo-se avaliar as situações impostas ao pedestre, segundo bibliografia estudada, e, advindas de alterações no escoamento pela mudança da forma urbana, no caso, pela presença maciça de edifícios com gabaritos de altura variando entre 30,00m e 180,00m.

### 5.3 INSTALAÇÕES EXPERIMENTAIS

Os experimentos foram realizados no Túnel de Vento Prof. Joaquim Blessmann, da UFRGS, localizado no LAC, Av. Bento Gonçalves, 9500 na cidade de Porto Alegre-RS, ilustrado por meio de imagem recente na Figura 39. É um túnel de vento de camada limite e de circuito fechado, e está em funcionamento desde o ano de 1977, Blessmann (2011, p. 112), referindo-se ao túnel de vento em questão relata: “Permite desenvolver satisfatoriamente estudos de efeitos estáticos e dinâmicos sobre construções civis em geral, além da determinação de características de ventos simulados e outras pesquisas.”. Para alcançar simulações mais fiéis das características do vento natural, túneis de vento com essas finalidades específicas, devem ter a relação comprimento/altura da câmara de ensaios maior ou igual a oito, ressalta-se que em túneis aerodinâmicos esta relação situa-se próxima a dois (BLESSMANN, 2011, p. 112).



Figura 39: Vista recente externa do Túnel de Vento Prof. Joaquim Blessmann. (LAC, 2014)<sup>74</sup>.

<sup>74</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Laboratório de Aerodinâmica das Construções – LAC, **Túnel de Vento**. Disponível em: <[www.ufrgs.br/lac/tunel.htm](http://www.ufrgs.br/lac/tunel.htm)>. Acesso em: 20 março 2013.

O Túnel de Vento Prof. Joaquim Blessmann tem seção de altas velocidades. Caracteriza-se pela relação, comprimento/altura da câmara principal de ensaios, que corresponde ao valor aproximado de 10,36 (dez, trinta e seis), conforme as dimensões 1,30m x 0,90m x 9,32m (largura x altura x comprimento). Para este túnel de vento, convencionou-se chamar cada uma das três dimensões citadas acima por x – largura, tamanho da seção transversal do túnel; z – altura, dimensão de altura da seção do túnel, do piso do túnel ao teto; e y – comprimento, extensão da seção de ensaio do túnel, correspondendo aos eixos de coordenadas x, y e z, representados na Figura 40.

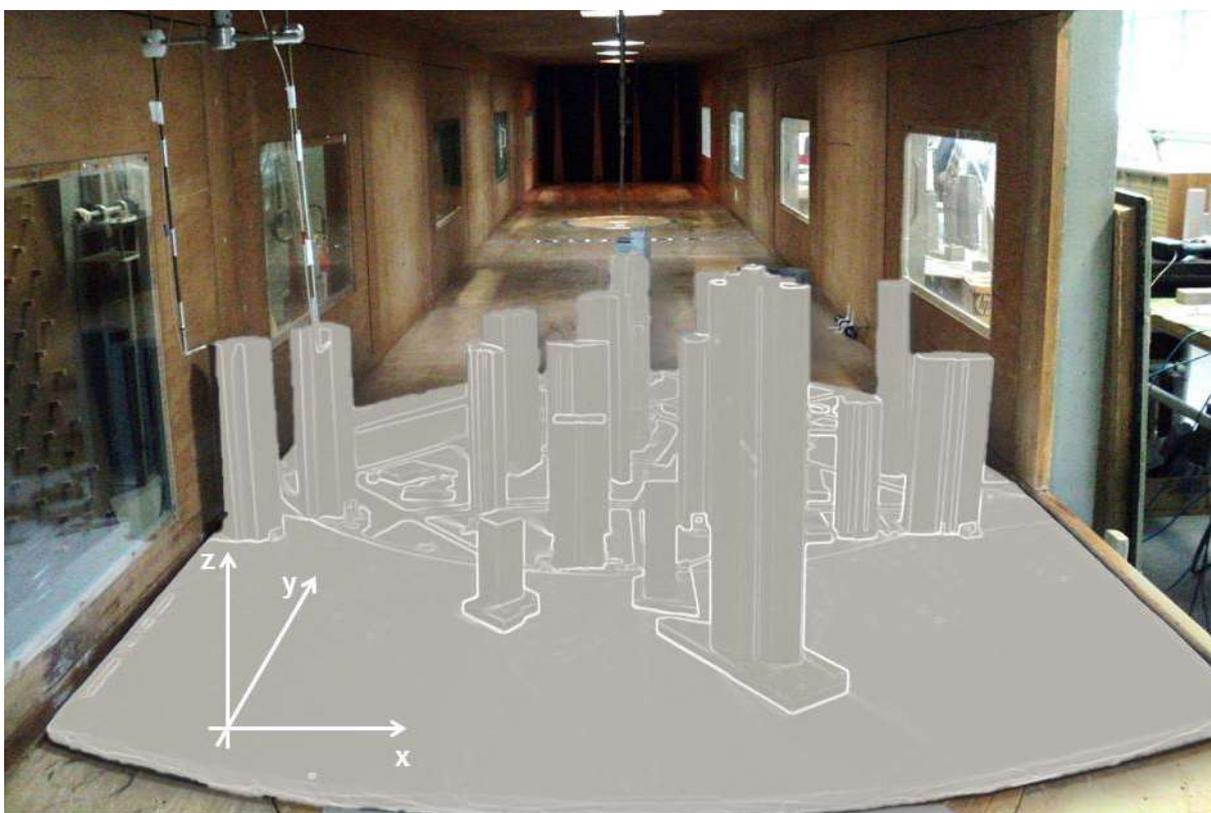


Figura 40: Indicação dos eixos coordenados adotados pelo Túnel de Vento Prof. Joaquim Blessmann a partir de modelo colocado dentro do túnel.

Sendo estabelecida, para esse túnel de vento, a velocidade máxima do escoamento, na câmara principal de ensaios, com vento uniforme e suave e sem a presença de modelos, de aproximadamente 44m/s (160km/h). As hélices do ventilador são acionadas por um motor elétrico de 100HP e o controle da velocidade do escoamento é feito através de um inversor de frequências. O túnel em questão possui câmara de simuladores, situada no início da câmara principal de ensaios, para colocação de quadros com simuladores, esta câmara permite o uso simultâneo de dois quadros.

O túnel em questão possui atualmente quatro mesas de ensaios para fixação dos modelos, cada uma com suas aplicações específicas, permitindo a realização tanto de ensaios estáticos, quanto dinâmicos. Todas as mesas são giratórias permitindo a análise dos efeitos do vento para vários ângulos de incidência, a Figura 41, p. 114, mostra o circuito aerodinâmico do túnel de vento, contemplando o posicionamento das mesas de ensaios, da câmara de simuladores, da colmeia, bem como, do motor. As mesas de ensaio são assim descritas, considerando, sobretudo as suas aplicações específicas (BLESSMANN, 2011, p. 112-113):

- a) a mesa **M-I**, tem diâmetro de 0,60m instalada em seção transversal de largura 1,30m, nesta mesa são efetivadas pesquisas básica em formas geométricas simples em modelos bi ou tridimensionais. São do mesmo modo realizados ensaios do tipo aeronáutico com modelos no piso do túnel, com camada limite de pequena espessura e fluxo de ar de baixa turbulência. E ainda, com a colocação de dispositivos de mistura geradores de turbulência é possível a realização de ensaios para aplicação na indústria da construção civil;
- b) na mesa **M-II**, que tem diâmetro de 0,80m e está, também, instalada em seção transversal de largura 1,30m, são realizados estudos de fenômenos de instabilidade aerodinâmica com modelos bidimensionais colocados na horizontal. Também são realizados ensaios do tipo aeronáutico com modelo no eixo do túnel. Esta mesa ainda é empregada para ensaios aplicados à construção civil com o uso de diversas configurações de geradores de turbulência colocados na câmara de simuladores, associados com blocos fixados no piso do túnel, e/ou em outras seções. Considera-se, também para esta mesa, a aferição por anemômetros e por tubos Pitot-Prandtl;
- c) a mesa **M-III**, com diâmetro de 0,40m, está situada no primeiro divergente do túnel de vento, é uma mesa de grande rigidez. Esta mesa foi estabelecida, sobretudo, para simulações de efeitos dinâmicos em estruturas de grande alteamento, como chaminés, pilares de viadutos, torres de televisão, torres de micro-ondas e mastros;
- d) na mesa **M-IV**, que tem diâmetro de 2,00m, e fica no retorno do túnel, em seção transversal de largura 2,50m, são concretizados ensaios de dissipação de fumaça e de gases industriais. São ainda realizadas simulações da influência da topografia dos terrenos sobre os ventos, e simulação de chuvas. Igualmente são ensaiados modelos de grandes obras como, por exemplo, pontes, estádios e ginásios.

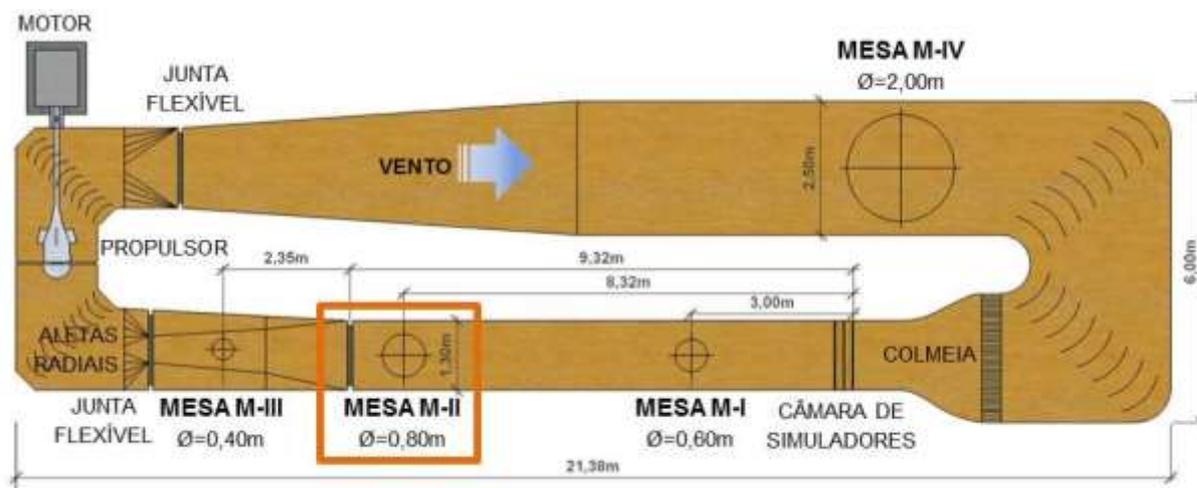


Figura 41: Circuito aerodinâmico do Túnel de Vento Prof. Joaquim Blessmann, em destaque a mesa **M-II**.

Baseado em: (BLESSMANN, 2011, p. 113).

O experimento em modelo reduzido referente a esta pesquisa foi realizado na mesa **M-II**, localiza na câmara principal de ensaio, onde a seção transversal afere (1,30 x 0,90)m. Nesta mesa é possível simular características do vento natural, através da colocação de elementos geradores de rugosidade, no piso da câmara de ensaios, e na câmara de simuladores o uso de quadro de simuladores, determinantes de turbulência própria da área de pesquisa. Segundo Blessmann (2011, p. 110), o uso de um material de rugosidade adequada, corresponde à principal fonte de turbulência na atmosfera a baixa altitude, em ventos em condições de estabilidade neutra.

#### 5.4 CARACTERÍSTICAS DO VENTO NATURAL SIMULADO

Para esta pesquisa foi simulado um vento com perfil de velocidades médias e turbulência, buscando reportar as condições ambientais do local. A reprodução de escala apropriada da estrutura do vento natural pode ser obtida empregando-se uma combinação de elementos de rugosidade adequada, como blocos, inseridos no piso do túnel de vento, ao mesmo tempo, que a colocação de obstáculos, dispositivos de mistura, no início da câmara de ensaios a barlavento do modelo, produzindo escoamentos turbulentos, gerando turbulência, reproduzindo as características da camada limite (BLESSMANN, 2011, p. 111).

No que se refere à rugosidade do terreno a NBR 6.123/1988 – Forças devidas ao vento em edificações classifica a rugosidade do terreno em cinco categorias, indica ainda que, “[...], podem ser consideradas categorias intermediárias, [...]” (ASSOCIAÇÃO

BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988, p. 8). A mesma norma indica os valores do expoente  $p$  (sobre 1 hora) em lei de potência para as cinco categorias identificadas na norma, variando de 0,10 a 0,35, que é definido pela ABNT (1988, p. 3), como sendo o expoente da lei potencial de variação de  $S_2$ <sup>75</sup>. No **ANEXO H | RUGOSIDADE DO TERRENO**<sup>76</sup>, os valores de  $p$  aparecem relacionados às suas respectivas categorias e exemplificados, descrição baseada em ABNT (1988, p. 8 e 42).

A lei de potência é um dos formatos<sup>77</sup> de reprodução de perfis de velocidades médias, a equação representa uma reta de declividade  $p$ , que descreve bem a CLA com exceção da região muito próxima da superfície, mesmo assim é muito utilizada na Engenharia de Vento, pois representa bem o perfil médio de velocidades. Loredou-Souza, *et al.* (2004, p. 139) define o expoente  $p$  como sendo “[...] caracterizado pelo tipo de terreno, variando de 0,11, para superfícies mais lisas como mar e lagos, a 0,34, para cidades com grande densidade de prédios altos.”. A lei de potência é dada pela Equação 9:

$$\frac{\bar{V}(z)}{\bar{V}(z_{ref})} = \left( \frac{z - z_d}{z_{ref}} \right)^p \quad \text{Equação 9}$$

Onde:

$\bar{V}(z)$  é a velocidade média do vento na altura de interesse;

$\bar{V}(z_{ref})$  é a velocidade média do vento em uma altura de referência;

$z$  é a altura de interesse;

$z_d$  é a altura da subcamada sobre a superfície;

$z_{ref}$  é a altura de referência;

$p$  é o expoente  $p$ .

Para simular o perfil de velocidade média para categorias de rugosidade do terreno, o LAC considera para experimentos no túnel de vento Prof. Joaquim Blessmann alguns

<sup>75</sup>  $S_2$  – Fator que considera a influência da rugosidade do terreno, das dimensões da edificação ou parte da edificação em estudo, e de sua altura sobre o terreno. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988, p. 2).

<sup>76</sup> Conforme **ANEXO H | RUGOSIDADE DO TERRENO**, p. 341.

<sup>77</sup> Existem basicamente duas formas de perfis de velocidades médias utilizados na área de Engenharia de Vento: o perfil em lei de potência e o perfil logarítmico (LOREDO-SOUZA, 2004, p. 139).

dispositivos de geração das diferentes camadas limites, configurações de ensaio correspondentes as categorias da NBR 6.123/1988. No Quadro 9, encontram-se os valores do expoente  $p$  empregados no túnel de vento Prof. Joaquim Blessmann para determinação do perfil de velocidades média para as categorias de rugosidades definidas pela referida norma, em destaque as informações usadas neste estudo. As configurações de ensaios correspondentes serão detalhadas no texto que segue.

CATEGORIA	EXPOENTE $p$
I	<b>0,11</b>
II	1,14
III	0,19
<b>III/IV</b>	<b>0,23</b>
V	0,34

Quadro 9: valores do expoente  $p$  (sobre 1 hora) utilizados no túnel de vento Prof. Joaquim Blessmann, em destaque os valores usados nesta pesquisa.

Baseado em: (LOREDO-SOUZA, 2004, p. 150-151).

Ante o exposto, utilizou-se para a realização dos ensaios a lei potencial para representar o perfil de velocidades médias do vento, justificado por Blessmann (1995, p. 50) “[...] por ser de mais fácil tratamento, aplicável também a curtos intervalos de tempo e amplamente utilizada na engenharia civil.”. Os ventos simulados correspondem às rugosidades existentes nas adjacências, da área estudada, considerando as características do local e das circunvizinhanças, representando o escoamento para a área de pesquisa.

Para este estudo, escoamento e conforto do pedestre, foi simulado um vento com um perfil de velocidades médias de expoente  $p$  **0,11 – vento mar** e **0,23 – vento terra**, como pode ser visto no Quadro 9, e que relacionando a NBR 6.123/1998, corresponde às categorias de rugosidade do terreno **Categoria I**, e, entre **Categoria III** e **Categoria IV**, as características das categorias elencadas são (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988, p. 8):

- a) **Categoria I:** superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5km de extensão, medida na direção e sentido do vento incidente.
  - Exemplos: mar calmo; lagos e rios; pântanos sem vegetação.
- b) **Categoria III:** terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 3,00m.

- Exemplos: granjas e casas de campo; com exceção das partes com matos; fazendas com sebes e/ou muros; subúrbios a considerável distância do centro, com casas baixas e esparsas.
- c) **Categoria IV:** Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, zona florestal, industrial ou urbanizada. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 10,00m. Esta categoria também inclui zonas com obstáculos maiores e que ainda não possam ser consideradas na Categoria V.
- Exemplos: zonas de parques e bosques com muitas árvores; cidades pequenas e seus arredores; subúrbios densamente construídos de grandes cidades; áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas.

Em relação às configurações de ensaios, estas equivalem a dispositivos de geração de diferentes camadas limites que são chamados de “dispositivos de simulação”, compostos, comumente, pela rugosidade mais dispositivos de mistura e/ou barreiras. Loredou-Souza, *et al.* (2004, p. 143), pondera acerca da rugosidade para métodos passivos de simulação da camada limite atmosférica em túneis de vento, afirmando que: “O papel da rugosidade é o mesmo que em uma camada com crescimento natural; ela representa a rugosidade da superfície terrestre em torno do protótipo.”. Enfatiza ainda, que a barreira e os dispositivos de mistura são a parte “artificial” da simulação. Pode-se afirmar que o desenvolvimento dos métodos simulação tem levado a um aumento da sua precisão.

A configuração de ensaios para o expoente  $p$ , equivalente a **0,11**, está posta na Figura 42, p. 118, pode ser visualizada na câmara de simuladores, no centro da imagem, a colmeia, e a presença de triângulos cheios, que correspondem a elementos geradores de turbulência, esboçados na Figura 44, p. 119. Para essa configuração não foi usado nenhum elemento de rugosidade no piso do túnel. A configuração remonta, segundo descrição da NBR 6.123/1988, a terrenos caracterizados pela presença de superfícies lisas de grandes dimensões na direção e sentido do vento incidente, como exemplo o mar, compatível com o vento mar (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988, p. 8).

Ainda, em relação à configuração para a lei potencial com expoente  $p = 0,11$ , na Figura 43, p. 118, mostra-se as características do vento simulado para o eixo vertical, e para a seção de ensaio, mesa **M-II**, através de perfis de velocidade correspondentes, perfil de velocidade média, em (a), perfil de intensidade da componente longitudinal da turbulência, em (b), e perfil da macroescala da componente longitudinal da turbulência, em (c). Caracterizando um vento uniforme e suave, perfil de velocidades médias e turbulência.



Figura 42: Vista da câmara de simuladores, destacando os dispositivos de geração de camada limite para o expoente  $p = 0,11$ , configuração de ensaio **0,11**. (LOREDO-SOUZA, 2004, p. 150).

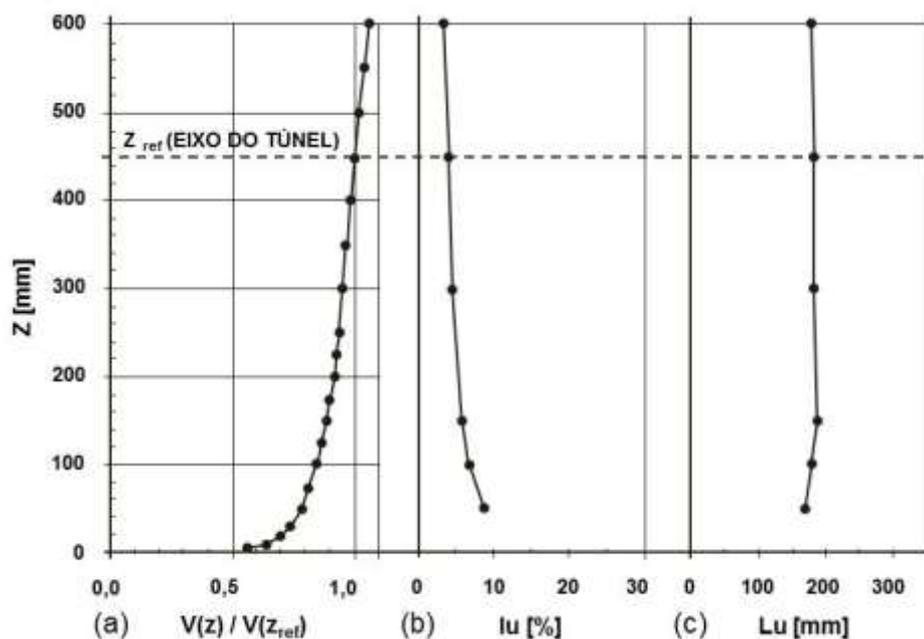


Figura 43: Características do vento simulado, expoente  $p = 0,11$ , em (a) perfil vertical de velocidade média; em (b) perfil de intensidade da componente longitudinal da turbulência; e, em (c) perfil da macroescala da componente longitudinal da turbulência.

Baseado em: (LOREDO-SOUZA, 2004, p. 151).

A Figura 44, mostra esboço do quadro com simuladores, para a configuração **0,11**, este tem dimensões internas equivalentes a 1,23m x 0,90m. O quadro é composto por aro de madeira maciça da espécie pinho e quatro triângulos cheios, executados também em madeira maciça do tipo pinho e fixados no quadro, este responde pela geração de vento suave e turbulento, delineado por vista frontal (a) e perspectiva (b).

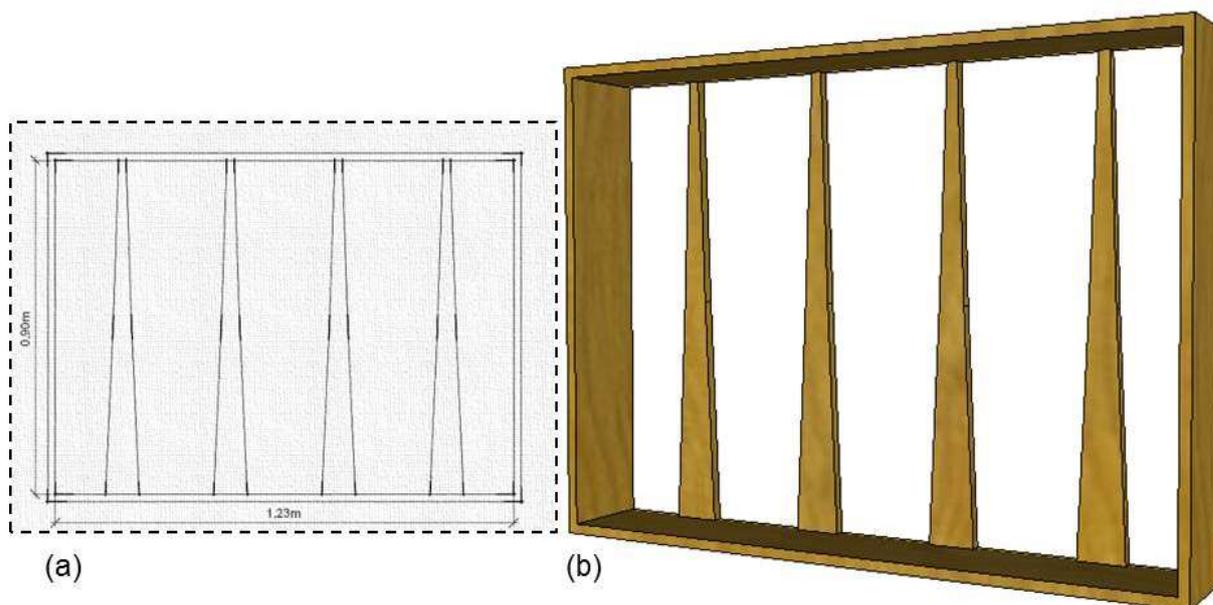


Figura 44: Esboço do dispositivo de simulação utilizado para o expoente  $p = 0,11$ , quadro de simuladores, em (a) vista frontal; e, em (b) perspectiva.

Baseado em: (LOREDO-SOUZA, 2004, p. 150).

Quanto à configuração de ensaios para o expoente  $p$  equivalente a **0,23**, esta se encontra colocada na Figura 45, p. 120, e exibe de forma semelhante, a conformação de ensaio utilizada. Na porção inferior da imagem, piso da câmara de ensaios, visualiza-se a rugosidade, composta por blocos paralelepípedos, que correspondem à rugosidade para do local, esboço na Figura 47, p. 121. Enquanto que, na câmara de simuladores pode ser visto a colmeia, e a presença de triângulos vazados, mais barreira metálica fina perfurada – turbulência fina, elementos geradores de turbulência, apresentados na Figura 48, p. 122, também delineados em forma de esboço. Conforme a descrição da NBR 6.123/1988, essa configuração distinguir-se, por apresentar terrenos planos ou ondulados com inúmeros obstáculos, zona urbanizada, como exemplo, áreas densamente construídas, compatível com o vento terra.



Figura 45: Vista da câmara de simuladores, destacando os dispositivos de geração de camada limite para o expoente  $p = 0,23$ , configuração de ensaio **0,23**.  
Baseado em: (LOREDO-SOUZA, 2004, p. 150).

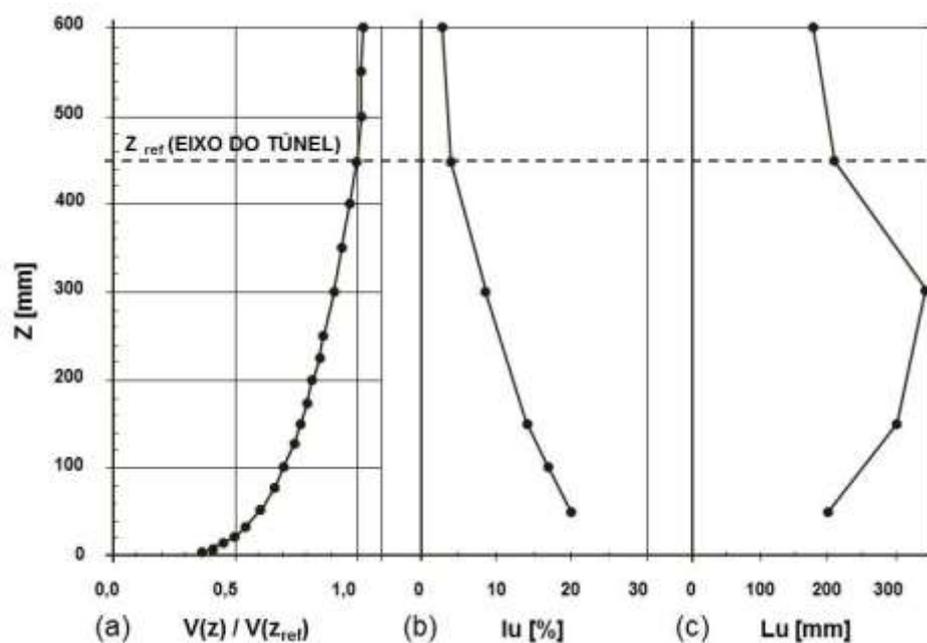


Figura 46: Características do vento simulado, expoente  $p = 0,23$ , em (a) perfil vertical de velocidade média; em (b) perfil de intensidade da componente longitudinal da turbulência; e em (c) perfil da macroescala da componente longitudinal da turbulência.  
Baseado em: (LOREDO-SOUZA, 2004, p. 151).

Para a configuração referente a lei potencial de expoente  $p = 0,23$ , mostra-se, na Figura 46, p. 120, as características do vento simulado para o eixo vertical para a seção de ensaio, mesa **M-II**, através de perfis de velocidade correspondentes, perfil de velocidade média, em (a), perfil de intensidade da componente longitudinal da turbulência, em (b), e perfil da macroescala da componente longitudinal da turbulência, em (c). Caracterizando um vento uniforme e suave, perfil de velocidades médias e turbulência.

Acerca da rugosidade, equivalente ao local estudado para a configuração **0,23**, foi gerada considerando treze filas de blocos paralelepípedos desalinhadas, no sentido transversal do túnel, desde a câmara de ensaios até a proximidade da seção, mesa **M-II**. Os blocos são executados em madeira maciça da espécie pinho e encontram-se dispostos no piso do túnel imediatamente antes do modelo ensaiado, considerando o sentido do vento. A Figura 47, mostra os elementos geradores de rugosidade descritos, porção da planta em (a), e perspectiva em (b).

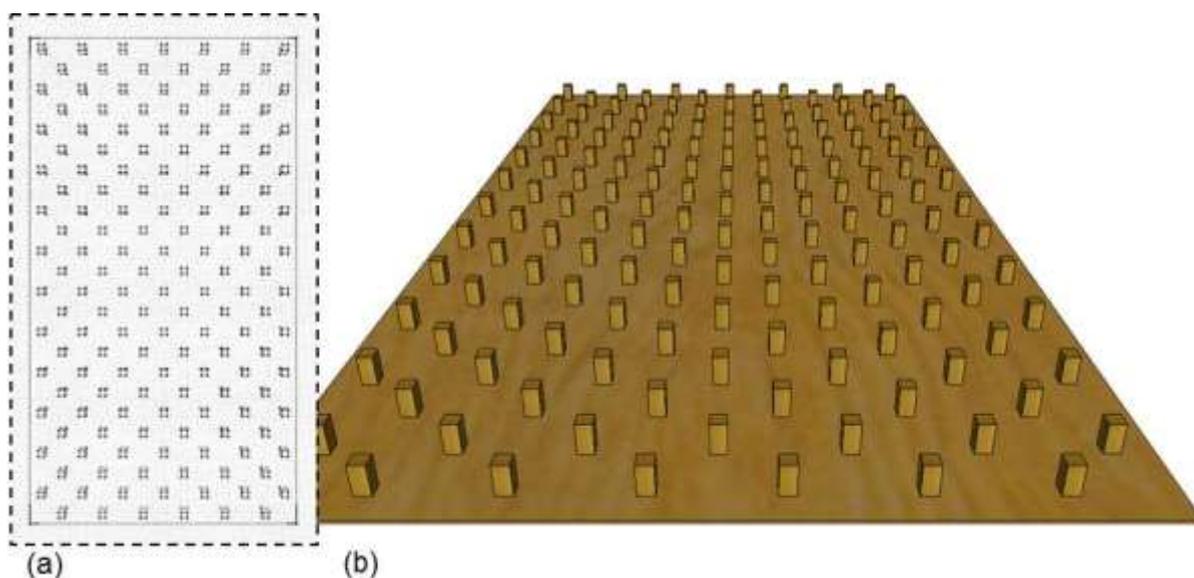


Figura 47: Esboço de elementos de rugosidade utilizado para o expoente  $p = 0,23$ ; em (a) planta; e, em (b) perspectiva. Baseado em: (LOREDO-SOUZA, 2004, p. 150).

Detalhando o quadro com simuladores para a configuração **0,23**, que é formado por aro, 1,23m x 0,90m, e quatro triângulos vazados, em madeira maciça do tipo pinho, mais barreira metálica fina perfurada, disposta na porção inferior do quadro, em presença destas condições, confere vento suave e turbulência fina. O esboço do quadro de simuladores, Figura 48, p. 122, conta com vista frontal em (a) e perspectiva em (b).

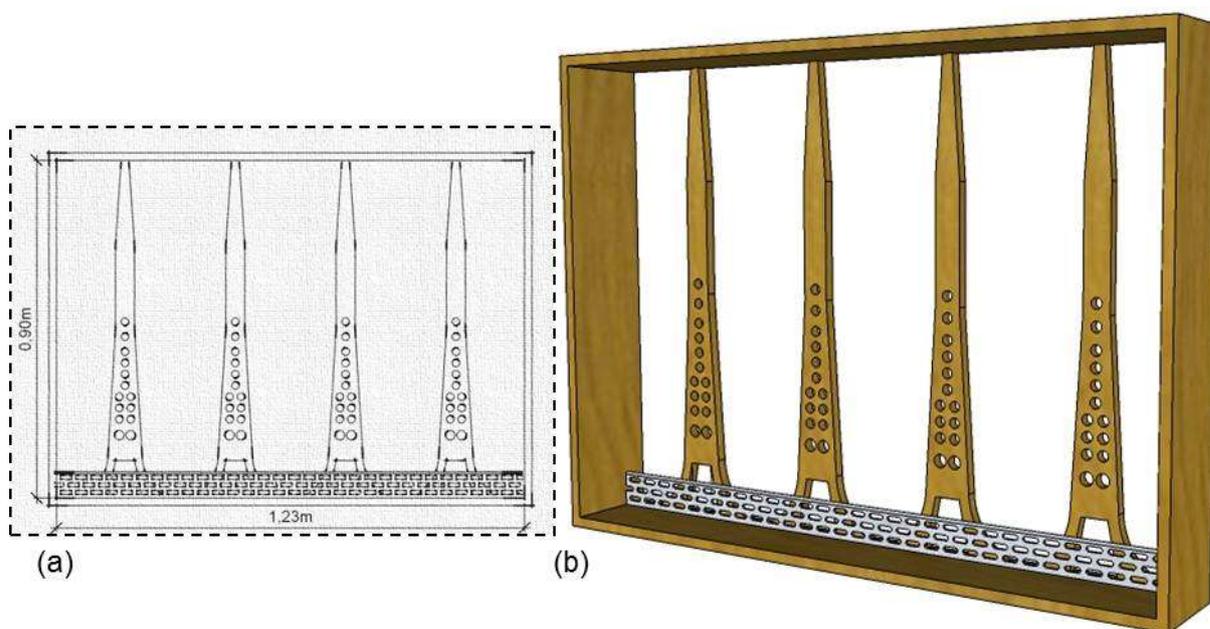


Figura 48: Esboço do dispositivo de simulação utilizado para o expoente  $p = 0,23$ , quadro de simuladores, em (a) vista frontal; e, em (b) perspectiva.

Baseado em: (LOREDO-SOUZA, 2004, p. 150).

Os experimentos que tratam do escoamento de camada limite<sup>78</sup> para a área estudada, medição das velocidades médias junto ao modelo, foram realizados sob com taxa de aquisição de 25Hz. As direções de vento estudadas foram  $90^{\circ}$  e  $150^{\circ}$ , em relação ao Norte Verdadeiro (NV), considerando o norte magnético tem-se  $112^{\circ}$  e  $172^{\circ}$ , respectivamente. Relacionando as configurações de ensaios, responsáveis pela geração de diferentes camadas limites e identificadas aos perfis de velocidades médias de expoente  $p = 0,11$  e de expoente  $p = 0,23$ , aos rumos de vento estudados, têm-se, a configuração **0,11 – vento mar** para o rumo  $90^{\circ}$ , e a configuração **0,23 – vento terra** para o rumo  $150^{\circ}$ .

A definição dos rumos de vento estudados, para os ensaios de escoamento da área, partiu de estudos desenvolvidos por Silva (1999, p. 21) para a cidade de João Pessoa-PB. A pesquisa citada considera o primeiro rumo como o de menor frequência dentre as mais expressivas, caracterizando a situação mais desfavorável em relação à ventilação natural, e o segundo rumo como o rumo predominante, também no que diz respeito à ventilação natural, **ANEXO D | ATLAS DE VENTO DO AEROPORTO CASTRO PINTO**<sup>79</sup>.

<sup>78</sup> Conforme capítulo **6 ENSAIOS EM TÚNEL DE VENTO**, ponto 6.2 ENSAIOS DE SIMULAÇÃO DE ESCOAMENTO DE CAMADA LIMITE, p. 132.

<sup>79</sup> Conforme **ANEXO D | ATLAS DE VENTO DO AEROPORTO CASTRO PINTO**, p. 334.

Enquanto que, os ensaios relacionados ao conforto do pedestre<sup>80</sup>, registro das pressões médias ao nível do pedestre, foram efetivados sob com taxa de aquisição de 25Hz. Estudou-se vinte e quatro direções de vento para cada ensaio, com espaçamento de 15°, possibilitando o conhecimento da ventilação junto ao solo. Em relação às configurações de ensaios, 0,11 e 0,23, para a configuração **0,11 – vento mar** ensaiou-se as incidências **90°, 105°, 120°, 135°, 150°, 165° e 180°**; e, para, **0,23 – vento terra**, as incidências **0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75°, 195°, 210°, 225°, 240°, 255°, 270°, 285°, 300°, 315°, 330° e 345°**.

#### 5.4.1 Velocidade do vento no túnel para o ensaio de escoamento

A velocidade no túnel de vento, velocidade de referência para o ensaio do escoamento, foi determinada por meio de medições das pressões dinâmicas,  $D_{pa}$ , efetuadas por meio de tubo de Pitot Prandtl, posicionado antes da seção de ensaios, próximo a câmara de simuladores, a uma altura correspondente a 0,40m (400mm) do piso do túnel. A leitura dos dados de pressão foram executadas por meio de micro manômetro eletrônico ManoAir 500, da marca Schiltknecht. O ManoAir 500 é um equipamento capaz de medir simultaneamente a diferença de pressão, a pressão atmosférica, a temperatura e a umidade relativa do ar no interior do túnel.

Os dados adquiridos são medições de pressão dinâmica  $q$ , dados do Pitot Prandtl, medidos na altura de referência de 160,00m, em escala real, e, tomados como pressão de referência para o cálculo da velocidade [m/s], estes, assumidos como velocidade de referência do vento no túnel para os ensaios do escoamento, apontado pela Equação 10, abordando:

$$V_{ref} = \sqrt{\frac{2q}{\rho_{ar}}} \quad \text{Equação 10}$$

Sendo que:

$$q = D_{pa}$$

$$\rho_{ar} = \frac{P_{atm}}{T \cdot R_0}$$

Então, a velocidade de referência para o escoamento é dada pela Equação 11:

<sup>80</sup> Conforme capítulo 6 ENSAIOS EM TÚNEL DE VENTO, ponto 6.3 ENSAIOS DE TOMADAS DE PRESSÃO AO NÍVEL DO PEDESTRE, p. 144.

$$V_{ref(E)} = \sqrt{\frac{2 \cdot D_{pa} \cdot (T \cdot R_0)}{P_{atm}}} \quad \text{Equação 11}$$

Onde:

$q$  é a pressão dinâmica, que equivale a  $D_{pa}$ ;

$\rho_{ar}$  é a massa específica do ar;

$D_{pa}$  é a pressão dinâmica, medida no túnel na altura de referência, 160,00m na escala real [Pa];

$T$  é a temperatura dentro do túnel [K];

$R_0$  é a constante dos gases para o ar seco (287,05J/kgK).

$P_{atm}$  é a pressão atmosférica dentro do túnel [Pa];

A Figura 49 mostra o tubo de Pitot Prandtl; o micro manômetro eletrônico ManoAir 500 da marca Schiltknecht, usado para leitura dos dados de pressão, obtidos pelo Pitot Prandtl, e para a obtenção da temperatura dentro do túnel; e o barômetro Novus/Huba, utilizado para a aquisição da pressão atmosférica.



Figura 49: Em (a) vista do tubo de Pitot Prandtl posicionado no túnel; e em (b) micro manômetro eletrônico ManoAir 500 e mangueiras de conexão com o instrumento utilizado; e em (c) barômetro.

Para o cálculo da massa específica do ar,  $\rho_{ar}$ , os valores da pressão atmosférica,  $P_{atm}$ , adquiridos ao iniciar cada ensaio, correspondem a unidade quilo pascal [kPa], foram transformados para pascal [Pa]; em relação aos valores da temperatura dentro do túnel,  $T$ , que correspondem ao tempo de aquisição de 32s, estes, equivalem a grau Celsius [°C] e foram alterados para a unidade Kelvin [K]; utilizou-se ainda a constante dos gases para o ar seco,  $R_0$ , satisfazendo a 287,05J/kgK.

Os registros de pressão atmosférica e de temperatura foram obtidos para conformidade da massa específica do ar para cálculo da velocidade do vento. As velocidades instantâneas do escoamento, em qualquer ponto do túnel, ou melhor, no ponto desejado junto ao modelo, foram obtidas com taxa de aquisição de 25Hz e tempo de duração 32s. O alcance dos dados, de acordo com alvos para medição, foi realizado por meio de sonda de fio-quente, ensaio do escoamento. A partir dos registros das velocidades nos sensores de fio-quente e dos dados pressão de referência, pressão dinâmica, do tubo de *Pitot*, foram calculados os coeficientes de velocidades, velocidade e turbulência.

#### 5.4.2 Velocidade do vento no túnel para o ensaio de conforto do pedestre

A velocidade no túnel de vento para o ensaio de conforto do pedestre, velocidade de referência, foi determinada por meio de diferença de pressão,  $\Delta_{pa}$ , obtida da leitura de dois anéis piezométricos situados antes da seção de ensaios. A leitura dos dados de pressão foi executada simultaneamente por meio do sistema de aquisição de dados de pressão através dos transdutores do Scanivalve e do micro manômetro eletrônico ManoAir 500, da marca Schiltknecht. O Scanivalve fornece dados de pressão para cada um dos anéis piezométricos, enquanto que o ManoAir 500 mede a diferença de pressão entre os anéis, podendo ainda medir, simultaneamente, a pressão atmosférica, a temperatura e a umidade relativa do ar no interior do túnel.

Os dados adquiridos são medições de pressão,  $\Delta_{pa}$ , dados dos anéis piezométricos, tomados como pressão de referência para o cálculo da velocidade [m/s], estes, assumidos como velocidade de referência do vento no túnel para os ensaios de conforto do pedestre, para tanto se considerou a altura de referência, 160,00m, em escala real, apontado pela Equação 12, consistindo:

$$V_{ref} = \sqrt{\frac{2q}{\rho_{ar}}} \quad \text{Equação 12}$$

Sendo que:

$$q = k_o \Delta_{pa}$$

$$\rho_{ar} = 0,0474 \cdot \frac{P_{atm}}{T}$$

Então, a velocidade de referência para o pedestre é dada pela Equação 13:

$$V_{ref(P)} = \sqrt{\frac{2 \cdot k_o \cdot \Delta_{pa} \cdot T}{0,0474 \cdot P_{atm}}} \quad \text{Equação 13}$$

Onde:

$q$  é a pressão dinâmica, que equivale a  $\Delta_{pa}$ ;

$\rho_{ar}$  é a massa específica do ar;

$k_o$  é a relação entre pressão dinâmica entre um determinado ponto do túnel e a variação da pressão entre os anéis piezométricos, corresponde na mesa **M-II**, para o **vento mar** a **0,962**, e para o **vento terra** a **1,138**;

$\Delta_{pa}$  é a variação de pressão entre os anéis piezométricos [mmH<sub>2</sub>O];

$T$  é a temperatura dentro do túnel [K].

$P_{atm}$  é a pressão atmosférica dentro do túnel [mmHg];

Para o cálculo da massa específica do ar,  $\rho_{ar}$ , os valores da pressão atmosférica,  $P_{atm}$ , adquiridos ao iniciar cada ensaio para o pedestre, correspondem a unidade quilo pascal [kPa], transformados para milímetro de mercúrio [mmHg]; em relação aos valores da temperatura dentro do túnel,  $T$ , que correspondem ao tempo de aquisição de 16s, estes, equivalem a grau Celsius [°C] e foram alterados para a unidade Kelvin [K].

A Figura 50 mostra em (a) os transdutores do Scanivalve, usados para leitura dos dados de pressão decorridos dos anéis piezométricos, valores usados para o cálculo da velocidade de referência; em (b) o micro manômetro eletrônico ManoAir 500 da marca Schiltknecht, usado para a leitura da diferença de pressão dos anéis piezométricos, e obtenção da temperatura dentro do túnel; e em (c) o posicionamento dos anéis piezométricos na parede do túnel. O barômetro Novus/Huba, utilizado para a aquisição da pressão atmosférica, também utilizados nos ensaios relacionados ao conforto do pedestre, pode ser visualizado na Figura 49, p. 124, em (c).

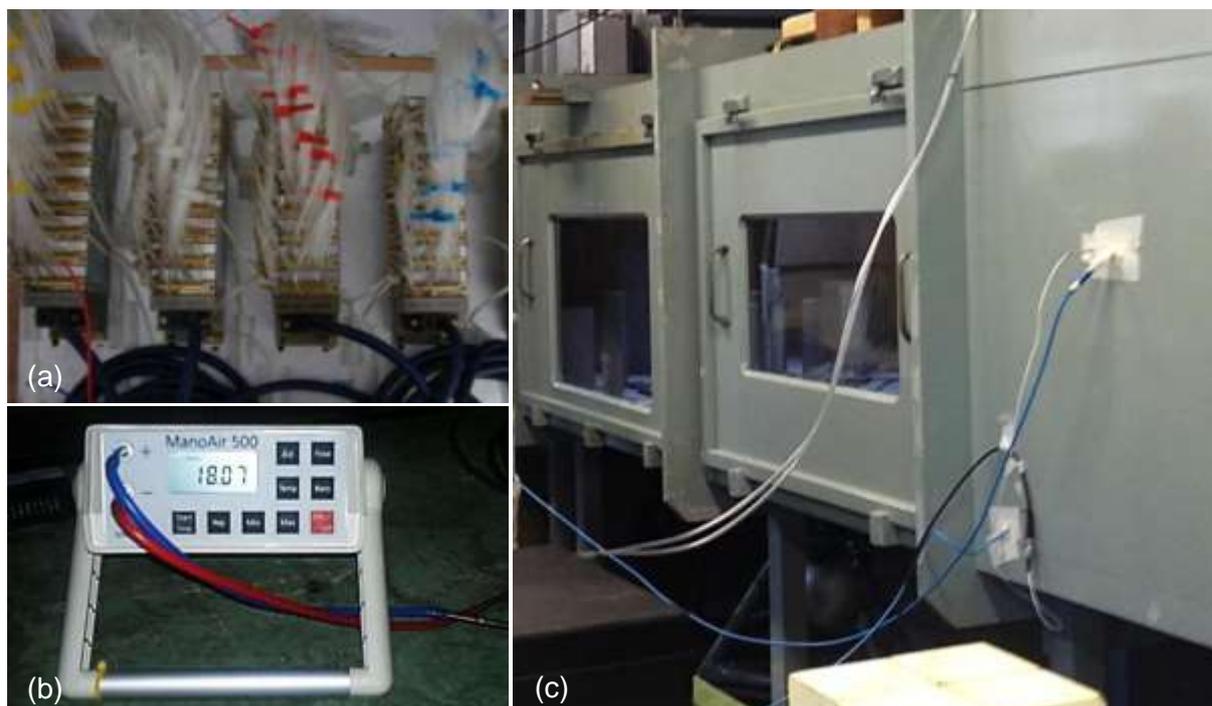


Figura 50: Em (a) os transdutores do Scanivalve; em (b) micro manômetro ManoAir 500 e em (c), o posicionamento dos anéis piezométricos na parede do túnel.

As velocidades instantâneas do escoamento, em qualquer ponto do túnel, ou melhor, no ponto desejado junto ao modelo, foram obtidas com taxa de aquisição de 25Hz e tempo de duração 16s. O alcance dos dados, de acordo com alvos para medição, foi realizado para o ensaio de conforto do pedestre, por meio de sensores omnidirecionais, sondas de pedestre. A partir dos registros das velocidades médias, vindos dos sensores omnidirecionais e dos dados pressão de referência, pressão dinâmica, dos anéis piezométricos, foram calculados os coeficientes de velocidades.

#### 5.4.3 Coeficiente de velocidades

O coeficiente de velocidade média,  $C_{V1}$ , é um grupo adimensional, calculado a partir dos dados de velocidades médias do vento no ponto estudado e de velocidades médias de referência. Os pontos de medição correspondem, nos ensaios de escoamento<sup>81</sup> para a área, as sete linhas, oito pontos para cada linha e a dez alturas para cada ponto; e, nos ensaios de conforto do pedestre<sup>82</sup>, as medidas em cada uma das trinta e seis posições

<sup>81</sup> Conforme capítulo **6 ENSAIOS EM TÚNEL DE VENTO**, ponto 6.2 ENSAIOS DE SIMULAÇÃO DE ESCOAMENTO DE CAMADA LIMITE, na parte 6.2.3 Malha para medição da velocidade junto aos modelos, p. 138.

<sup>82</sup> Conforme capítulo **6 ENSAIOS EM TÚNEL DE VENTO**, ponto 6.3 ENSAIOS DE TOMADAS DE PRESSÃO AO NÍVEL DO PEDESTRE, na parte 6.3.3 Pontos de medição de pressão ao nível do pedestre, p. 151.

instrumentadas. O  $C_{V1}$ , Equação 14, diz respeito à velocidade média atribuída para cada ponto de medição, sobre a velocidade de referência, para os dois experimentos realizados, assim exposta:

$$C_{V1} = \frac{v}{v_{ref}} \quad \text{Equação 14}$$

Onde:

$V$  é a velocidade média do vento no ponto estudado, junto ao modelo, paralela ao nível do terreno, a uma altura determinada para o ensaio<sup>83</sup> [m/s];

$V_{ref}$  é a velocidade média de referência medida a altura de 160,00m em escala real [m/s].

O coeficiente descrito, advindo de equação colocada em forma adimensional, é, por conseguinte adimensional, ou número puro. Coeficientes são elementos importantes para a correlação de dados experimentais, proporcionando análises em menor escala, a partir de modelos ensaiados, produzindo, igualmente, uma aproximação mais aperfeiçoada do caso estudado, relação do padrão de adensamento e o conforto do pedestre.

#### 5.4.4 Condições de vento ao nível dos pedestres

Como critério para avaliar as características do vento para o pedestre, ou melhor, ao nível dos pedestres, inclui-se a análise da velocidade média do vento verificada ao nível do pedestre, neste estudo, alcançada por meio dos ensaios em túnel de vento, a partir das velocidades medidas no modelo. Para tanto, LAC/UFRGS segue critérios para aferir a aceitação das condições de vento preditas pelos ensaios efetivados no túnel de vento Prof. Joaquim Blessmann, estes são indicados como critérios de conforto, e, relacionam a atividade, o local e o nível de conforto relativo.

No Quadro 10, p. 129, coloca-se as condições utilizadas pelo laboratório para análise do conforto do pedestre, que indica quatro categorias para o nível de conforto relativo, sendo chamadas de perceptível, tolerável desconfortável e perigoso, e baseiam-se na Escala Beaufort<sup>84</sup> e tem como unidade o número de Beaufort<sup>85</sup>.

<sup>83</sup> Conforme notas de rodapé 81 e 82, p. 127.

<sup>84</sup> Conforme capítulo 3 **CONCEITOS FUNDAMENTAIS**, ponto 3.3 ESCALA BEAUFORT, p. 58.

<sup>85</sup> Conforme **ANEXO C** | ESCALA BEAUFORT, p. 331.

ATIVIDADE	LOCAL	NÍVEL DE CONFORTO RELATIVO			
		Perceptível	Tolerável	Desconfortável	Perigoso
CAMINHANDO RAPIDAMENTE	PASSEIOS E CALÇADAS	5	6	7	8
PASSEIO, PRATICANDO ESPORTES, ATIVIDADES DE CARGA E DESCARGA, ANDANDO DE PATINS	ARENAS E PARQUES	4	5	6	8
PARADO, SENTADO (CURTA EXPOSIÇÃO)	PARQUES E PRAÇAS	3	4	5	8
PARADO, SENTADO (LONGA EXPOSIÇÃO)	RESTAURANTES E TEATROS AO AR LIVRE	2	3	4	8
<b>CRITÉRIO PARA ACEITAÇÃO</b>		-	<1 OCORRÊNCIA POR SEMANA	<1 OCORRÊNCIA POR MÊS	<1 OCORRÊNCIA POR ANO

Unidade: número de Beaufort. Temperatura > 10°C.

Quadro 10: Critérios de conforto utilizados pelo LAC para avaliar as condições de vento previstas.

A escala Beaufort indica velocidades do vento, relacionando-as a efeitos sobre a natureza e as construções e sobre as pessoas. Os valores indicados para as respectivas zonas cobertas pela Escala Beaufort, em sua versão original, referia-se apenas a um intervalo de tempo, em geral, caracterizado, por dez minutos ou uma hora. Adaptada ao uso em terra, e posteriormente ao conforto de pessoas, possui descrição própria, adaptada as situações, os valores de velocidade estão colocados para dez minutos, mas também, aparece indicado entre parênteses a velocidade de rajada máxima sobre três segundos, para cada uma das zonas definidas. As velocidades são colocadas para uma altura de dez metros acima do solo, sendo que, ao nível do pedestre as velocidades reduzem-se a cerca de oitenta por cento (80%) dos valores prescritos.

O Quadro 11, p. 130, mostra os números de Beaufort relacionados aos valores de velocidade atendendo a cada uma das zonas para dez metros de altura, mas também coloca os valores reduzidos, que são previstos para o nível do pedestre, considerados para dois metros de altura, sendo aplicada a redução indicada. Os valores colocados no quadro atentam ao número de Beaufort de 0 a 9 e para velocidade de rajada máxima sobre três segundos.

BEAUFORT	10 METROS	2 METROS
0	< 0,5	< 0,4
1	0,6 – 2,3	0,4 – 1,8
2	2,3 – 4,8	1,8 – 3,8
3	4,8 – 7,8	3,8 – 6,2
4	7,8 – 11,6	6,2 – 9,3
5	11,6 – 15,5	9,3 – 12,4
6	15,5 – 20,0	12,4 – 16,0
7	20,0 – 24,8	16,0 – 19,8
8	24,8 – 30,0	19,8 – 24,0
9	30,0 – 35,5	24,0 – 28,4

Quadro 11: Correspondência entre números de Beaufort, a 10m e ao nível do pedestre 2m, para rajada máxima sobre três segundos.

Fazendo a leitura do Quadro 10, p. 129, e relacionando-as aos valores do Quadro 11, as informações apresentadas mostram como menor valor o número de **Beaufort 2**, preconizado como **nível de conforto relativo – perceptível** relacionado à atividade parado, sentado (longa exposição), os locais indicados como referência, são restaurantes e teatros ao ar livre. Fazendo a leitura junto à escala Beaufort<sup>86</sup> tem-se **vento tipo brisa**, a velocidade para dois metros indicada varia entre **1,8m/s e 3,8m/s**, e o efeito em pessoas é posto com a expressão “O vento é sentido na face.”.

Ainda procedendo ao mesmo tipo de averiguação, envolvendo o Quadro 10, p. 129, e Quadro 11, o maior valor encontrado relaciona-se ao número de **Beaufort 8**, localizado como **nível de conforto relativo – perigoso**, para todas as atividades dispostas no quadro, assim como, para todos os locais previstos. Em relação à escala Beaufort<sup>87</sup>, enquadra-se como **ventania moderada**, o critério de aceitação para este nível de conforto diz respeito a **menos de uma ocorrência por ano**, em relação a o efeito em pessoas é descrito como “Geralmente é impossível caminhar. Difícil equilibrar-se com rajadas fortes. Aumenta o gemido do vento.”, a velocidade notada varia entre **19,8m/s e 24,0m/s**.

<sup>86</sup> Conforme **ANEXO C | ESCALA BEAUFORT**, p. 331.

<sup>87</sup> Conforme **ANEXO C | ESCALA BEAUFORT**, p. 331.

## 6 ENSAIOS EM TÚNEL DE VENTO

### 6.1 ENSAIOS REALIZADOS NO TÚNEL DE VENTO PROF. JOAQUIM BLESSMANN

Os ensaios ocorreram em duas etapas, inicialmente foram realizados experimentos relacionados ao escoamento para a área através de medições de velocidades instantâneas ao longo dos modelos, **M1** e **M2**, sem e com a presença de edifícios altos, situação anterior a 2005 e situação atual; respectivamente, para dois rumos de vento, **90° e 150°**, em um total de 2.240 medições, sendo 560 medições por situação ensaiada. Em segunda etapa realizaram-se experimentos relacionados a medições específicas ao nível do pedestre, da mesma forma, para as duas situações pesquisadas, **M1** e **M2**, sendo feitas tomadas em 36 pontos, e para 24 direções de vento, em um total de 1.728 medições, sendo 864 por ensaio. De maneira esquemática a Figura 51 e a Figura 52, p. 132, ilustram os ensaios realizados.

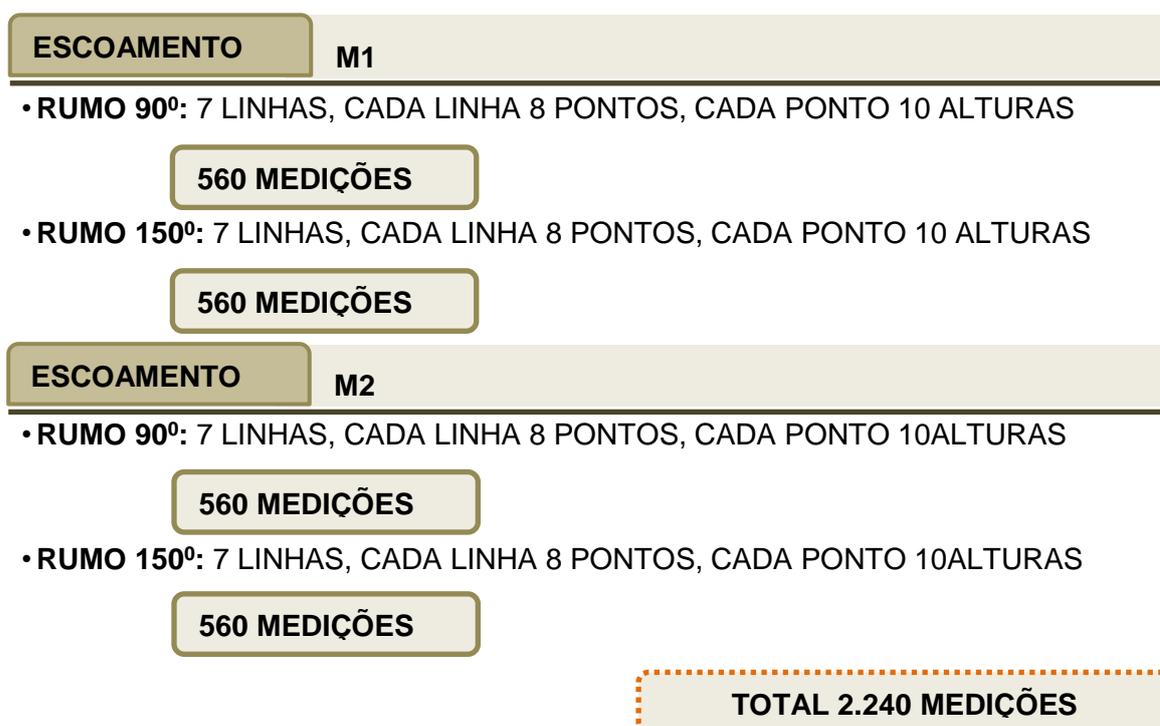


Figura 51: Ilustração resumo dos ensaios relacionados ao escoamento para a área.

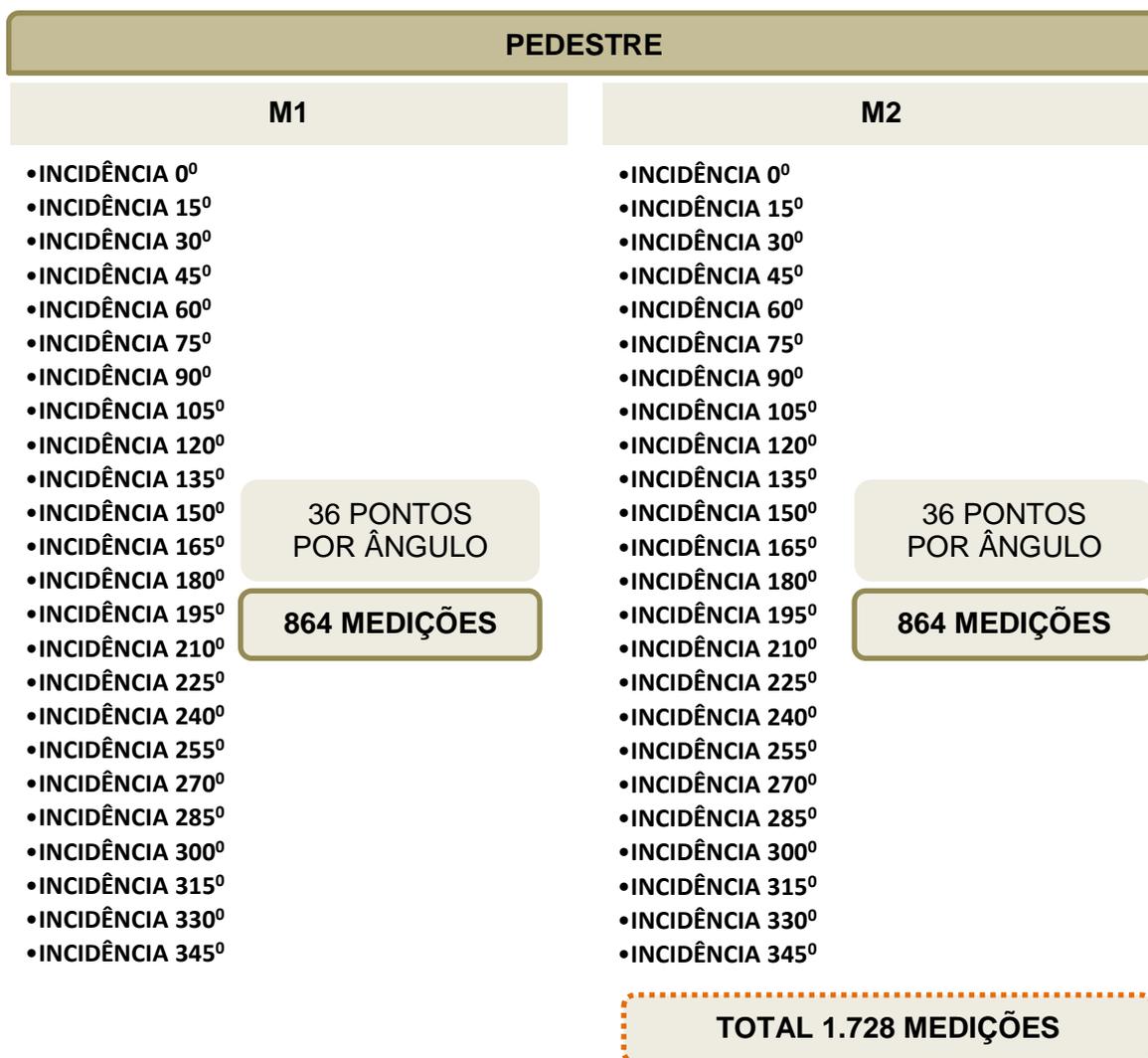


Figura 52: Ilustração resumo dos ensaios relacionados ao pedestre para a área.

Nos itens que seguem, se discorre acerca dos ensaios de maneira segmentada, iniciando pelos ensaios relacionados ao escoamento de camada limite e prosseguindo com os relativos ao conforto do pedestre. Discutem-se questões próprias de cada experimento, incluindo, caracterização, instrumentos de medição, localização dos pontos para medição da velocidade, calibração e descrição dos ensaios.

## 6.2 ENSAIOS DE SIMULAÇÃO DE ESCOAMENTO DE CAMADA LIMITE

Os ensaios relacionados ao escoamento para a área foram realizados com os modelos<sup>88</sup>, **M1** e **M2**, mais mesa auxiliar, disposta dos lados da mesa principal, no sentido longitudinal do túnel, eixo y. Cada um dos modelos foi posicionado considerando dois

<sup>88</sup> Conforme capítulo 5 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL, ponto 5.2 MODELOS ENSAIADOS, p. 109.

ângulos de incidência do vento,  $90^{\circ}$  e  $150^{\circ}$ , ambos relacionados ao norte verdadeiro, ou geográfico. O vento simulado corresponde a duas diferentes categorias de rugosidade do terreno, estas estão diretamente relacionadas aos rumos de vento estudados. Considerando para a incidência de vento  $90^{\circ}$  – **vento mar**, tendo o valor do expoente  $p=0,11$ , que corresponde a Categoria I<sup>89</sup> de rugosidade; e para o rumo  $150^{\circ}$  – **vento terra**, o expoente utilizado equivale a  $p=0,23$ , valor alocado entre as Categorias III e IV<sup>90</sup> de rugosidade.

### 6.2.1 Características dos ensaios

Resumidamente, são colocadas no Quadro 12 as partes envolvidas nos procedimentos adotados para cada experimento, relacionando-as, são ainda expostas as características dos modelos ensaiados. Os aspectos mostrados neste quadro são também visualizados na Figura 53, p. 134, na qual, se exhibe os dois modelos no túnel de vento, cada um disposto para as duas incidências de vento estudadas, destacando o uso e posicionamento de mesa auxiliar em relação à mesa principal, esta acrescenta longitudinalmente, eixo y, 0,57m a mesa principal, que conta com 1,28m, totalizando 1,85m, quando usada apenas uma mesa auxiliar junto a mesa principal.

MODELO	ÂNGULO DE INCIDÊNCIA [°]	DIMENSÕES MESA PRINCIPAL [m]	MESA AUXILIAR [sentido do vento]	VENTO SIMULADO <sup>91</sup>	PARTICULARIDADES DO MODELO
M1	$90^{\circ}$	$\varnothing=1,28\text{m}$	uma mesa a sotavento (+0,57m)	<b>vento mar</b> $p=0,11$	edificações com altura máxima de 6,00m
	$150^{\circ}$	$\varnothing=1,28\text{m}$	uma mesa a sotavento (+0,57m)	<b>vento terra</b> $p=0,23$	edificações com altura máxima de 6,00m
M2	$90^{\circ}$	$\varnothing=1,28\text{m}$	uma mesa a sotavento (+0,57m)	<b>vento mar</b> $p=0,11$	poucas edificações com altura máxima de 6,00m e grande maioria com alturas variando entre 30,00m e 180,00m
	$150^{\circ}$	$\varnothing=1,28\text{m}$	edifícios a barlavento e uma mesa a sotavento (+0,57m)	<b>vento terra</b> $p=0,23$	poucas edificações com altura máxima de 6,00m e grande maioria com alturas variando entre 30,00m e 180,00m

Quadro 12: Atributos dos modelos, **M1** e **M2**, distintivos das condições ensaiadas e peculiaridades dos modelos.

<sup>89</sup> Conforme ABNT (1988, p. 8).

<sup>90</sup> Conforme ABNT (1988, p. 8).

<sup>91</sup> Conforme capítulo 5 **PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL**, ponto 5.4 **CARACTERÍSTICAS DO VENTO NATURAL SIMULADO**, p. 114.

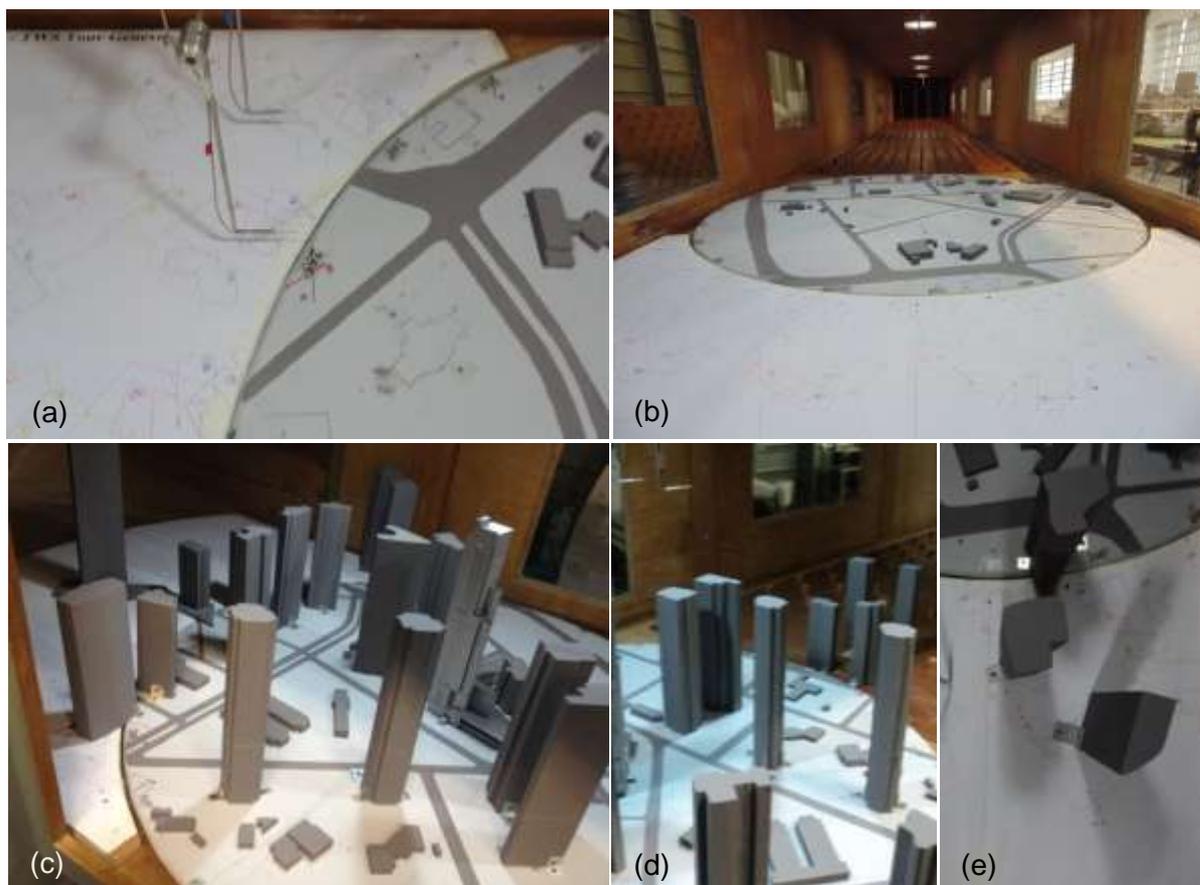


Figura 53: Modelos ensaiados; em (a) detalhe de **M1** para  $90^{\circ}$ , em destaque mesa auxiliar a sotavento; em (b) **M1** para  $150^{\circ}$ , mostrando em primeiro plano mesa auxiliar a sotavento; em (c) **M2** para  $90^{\circ}$ , presença da mesa auxiliar a sotavento; e em (d) e (e) **M2** para  $150^{\circ}$ , edifícios colocados a barlavento e detalhe mesa auxiliar a sotavento, respectivamente.

Convencionou-se, nesta pesquisa, para os ensaios de simulação de escoamento de camada limite realizados para os modelos **M1** e **M2**, considerando as incidências de vento  $90^{\circ}$  e  $150^{\circ}$ , a partir da inclusão destas informações, denominar, definindo-os como:

- a) **M1.90<sup>o</sup>**: identifica o ensaio de escoamento realizado para o modelo **M.1**, considerando a incidência de vento  $90^{\circ}$ ;
- b) **M1.150<sup>o</sup>**: relaciona o ensaio de escoamento efetivado para o modelo **M.1**, atendendo a incidência de vento  $150^{\circ}$ ;
- c) **M2.90<sup>o</sup>**: abrange o ensaio de escoamento concretizado para o modelo **M.2**, para a incidência de vento  $90^{\circ}$ ;
- d) **M2.150<sup>o</sup>**: compreende o ensaio de escoamento realizado para o modelo **M.2**, considerando a incidência de vento  $150^{\circ}$ .

A área ensaiada varia conforme o modelo e a incidência do vento aplicada, esta diz respeito a porção levada aos ensaios em túnel de vento, como dito é variável. Na Figura 54, mostra-se o esboço da área estudada, em função da área ampliada, sendo marcado o perímetro ensaiado por linha na cor laranja. Têm-se duas situações, definidas para cada um dos ângulos de incidência vento considerados, estas correspondem, a  $90^{\circ}$  e  $150^{\circ}$ , com alcance de  $424.918,53\text{m}^2$  (42,49ha) e  $328.245,59\text{m}^2$  (32,82ha), respectivamente. É importante colocar, que para o rumo de vento  $150^{\circ}$ , a área ensaiada, corresponde a alinhamento definido pela incidência do vento, fato que estende a área ensaiada, a porção do bairro Cabo Branco que não é objeto deste estudo, portanto, no espaço ponderado não consta nenhuma edificações, convém apenas, para composição do modelo no túnel.

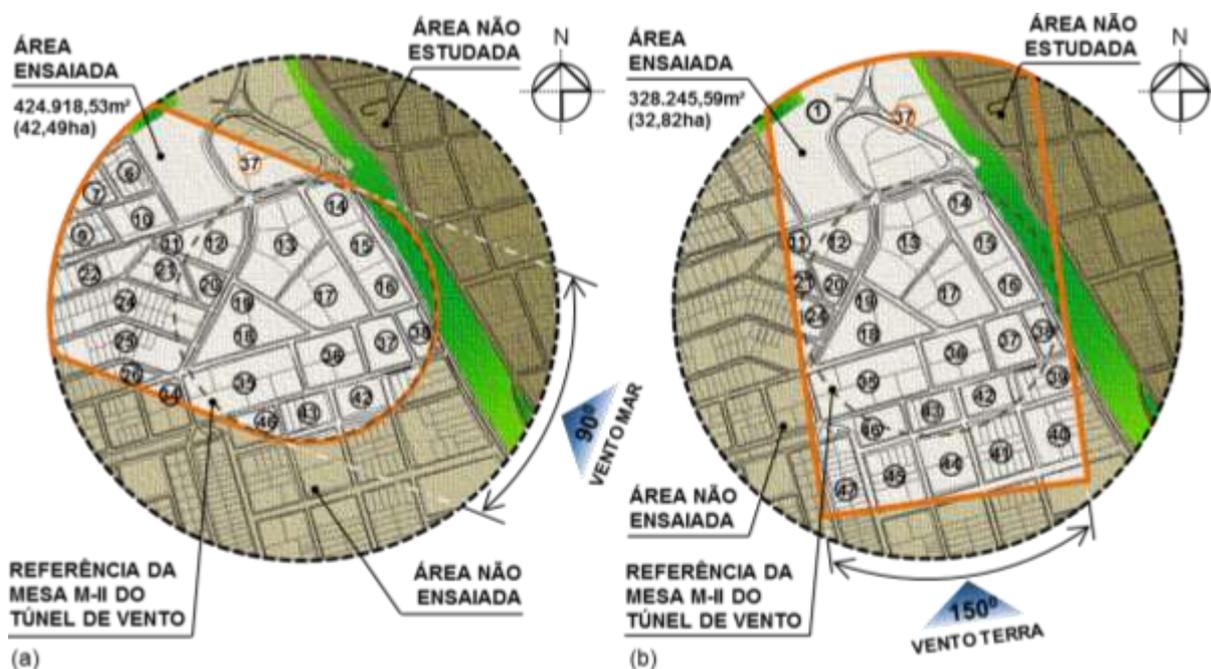


Figura 54: Área ensaiada, em (a), para os ensaios **M1.90°** e **M2.90°**; e em (b), para os ensaios **M1.150°** e **M2.150°**.

Pela apreciação da Figura 54, percebe-se a marcação da área excluída da pesquisa, área não estudada, a nordeste, que corresponde à barreira do Cabo Branco e ao bairro Cabo Branco, assim como, parte da área ampliada de pesquisa, mas que foi descartada, área não ensaiada. Sendo esta última, diferenciada para cada um dos ângulos de incidência do vento, mostrada em (a) e (b) na mesma imagem, para o rumo  $150^{\circ}$ , o limite sul, foi delimitado considerando a presença de edificações, não sendo estendida até o contorno da área ampliada. Nesta mesma imagem, encontra-se também marcado, a projeção dos ângulos de incidência do vento, em (a)  $90^{\circ}$  e em (b)  $150^{\circ}$ .

Os ensaios compõem-se de mesa principal mais mesa auxiliar, mais edificações correspondentes aos ensaios, sendo quatro situações, mostradas na Figura 53, p. 134, através de detalhes. As edificações estão inseridas nas mesas de ensaio que contem a marcação da malha urbana correspondente aos limites ensaiados, sendo, para **M1.90<sup>0</sup>** e **M2.90<sup>0</sup>**, 28 quadras; e para **M1.150<sup>0</sup>** e **M2.150<sup>0</sup>**, 27 quadras, no Quadro 13, são apresentadas a composição de cada ensaio, no que diz respeito as edificações presentes e suas alturas.

ENSAIOS		NÚMERO DE EDIFICAÇÕES					TOTAL
		1 pavimento	2 pavimentos	3 pavimentos	4 pavimentos	mais de 4 pavimentos	
<b>M1.90<sup>0</sup></b> 28 quadras	mesa principal	9	9	0	0	0	<b>18</b>
	mesa auxiliar	2	4	0	0	0	<b>6</b>
	<b>TOTAL</b>						<b>24</b>
<b>M1.150<sup>0</sup></b> 27 quadras	mesa principal	9	9	0	0	0	<b>18</b>
	mesa auxiliar	2	1	0	0	10	<b>3</b>
	<b>TOTAL</b>						<b>21</b>
<b>M2.90<sup>0</sup></b> 28 quadras	mesa principal	9	9	0	1	14	<b>33</b>
	mesa auxiliar	2	4	0	0	5	<b>11</b>
	<b>TOTAL</b>						<b>44</b>
<b>M2.150<sup>0</sup></b> 27 quadras	mesa principal	9	9	0	1	14	<b>33</b>
	mesa auxiliar	2	1	0	0	8	<b>11</b>
	<b>TOTAL</b>						<b>44</b>

(<sup>1</sup>) corresponde à base de edificações com mais de quatro pavimentos.

Quadro 13: Identificação do quantitativo e da tipologia das edificações por ensaio, sendo, **M1.90<sup>0</sup>**, **M1.150<sup>0</sup>**, **M2.90<sup>0</sup>** e **M2.150<sup>0</sup>**.

Como já mencionado, os modelos que compõe os experimentos, representam duas fases de ocupação da área estudada, sendo cada um dos modelos ensaiados para duas direções de vento, **90<sup>0</sup>** e **150<sup>0</sup>**, simulando quatro situações, quatro ensaios, anteriormente identificados. As velocidades instantâneas do vento foram obtidas com taxa de aquisição de 25Hz, variando, apenas, a intensidade de turbulência, em função do vento simulado<sup>92</sup>. Os ensaios realizados permitem a comparação entre as duas situações estudadas, ou seja, permite estudar as alterações no escoamento em função da vizinhança, padrão de

<sup>92</sup> Conforme capítulo 5 **PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL**, ponto 5.4 **CARACTERÍSTICAS DO VENTO NATURAL SIMULADO**, p. 114 e **ANEXO H | RUGOSIDADE DO TERRENO**, p. 341.

adensamento, diante das modificações ocorridas, para dois rumos de vento, o predominante, e, dentre os mais frequentes, o de menor intensidade.

### 6.2.2 Instrumentos de medição

As medições para construção dos perfis de velocidades foram aferidas pela utilização de anemômetro de fio quente, pois, tratando-se de escoamento considerado turbulento faz-se necessário a emprego de instrumento de alta velocidade de resposta, praticamente instantânea. A técnica de anemometria a temperatura constante consiste no uso de uma sonda de filamento de diâmetro muito pequeno, que fica exposta ao escoamento do fluido, e que tem grande velocidade de resposta, alta sensibilidade e pouca interferência no escoamento.

Foi utilizado para aquisição dos dados o sistema de medição anemômetro de fio quente, Dantec Dynamics, em conjunto com suportes para sonda, sonda – fio quente ou ponta de prova, bem como, o uso do coordenômetro, que permite o deslocamento da ponta de prova colocada em suporte, posicionando-a junto ao modelo, inseridas no fluxo. A sonda usada nos ensaios trata de fio quente modelo 55P11-fio reto. Em relação ao programa computacional, utilizou-se para obtenção dos dados o StreamWare Dantec Dynamic. A Figura 55 ilustra os equipamentos acima descritos e que fazem parte da instrumentação deste ensaio.

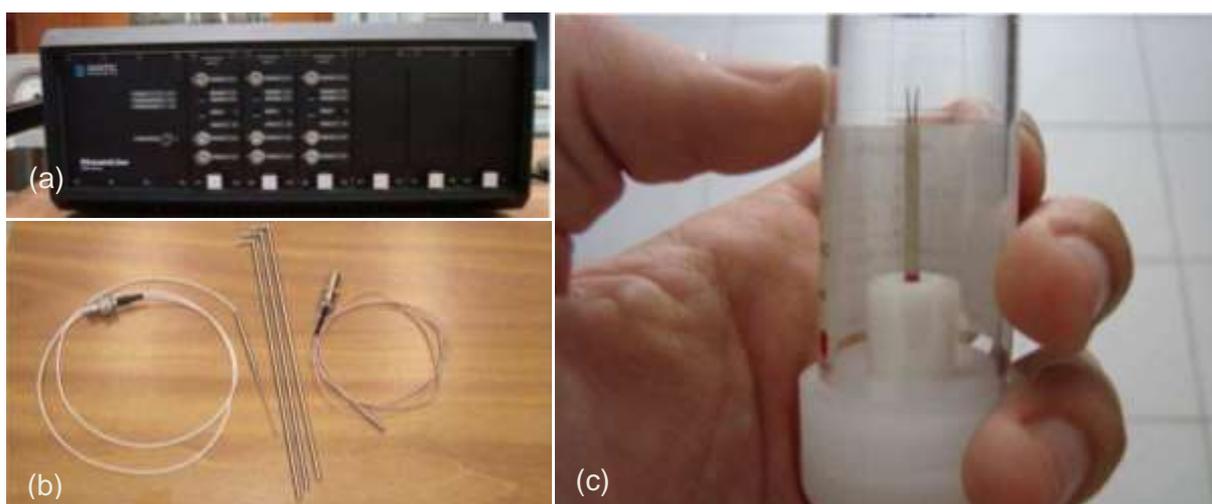


Figura 55: Em (a) anemômetro; em (b) suporte para posicionamento da sonda; em (c) sonda – fio quente ou ponta de prova.

Como discorrido, fez-se necessário também o uso de coordenômetro, utilizando-se o do tipo manual, posicionador de sensores, assegurando a inserção adequada da sonda

junto ao modelo, podendo capturar os dados requeridos. Na Figura 56 pode ser visualizado o coordenômetro, assim como, as sondas utilizadas para as aquisições, posicionadas no suporte de sonda, e inseridas na câmara de ensaios do túnel de vento.



Figura 56: Em (a) coordenômetro posicionado para ensaios; e em (b) par de sonda – fio quente em suportes, fixadas na haste do coordenômetro para realização dos ensaios.

O posicionamento dos instrumentos de medição junto ao modelo segue distribuição por meio de malha irregular, composta por pontos de medição lançados na extensão do modelo, eixos  $x$  e  $y$ , assim como no eixo  $z$ , por meio de dez alturas, abrangendo a área ensaiada, e considerando a mesma proposta de distribuição para os quatro ensaios, **M1.90°**, **M1.150°**, **M2.90°** e **M2.150°**.

### 6.2.3 Malha para medição da velocidade junto aos modelos

A proposta para posicionamento dos pontos de medição corresponde a uma malha, composta por sete linhas, Linha I, Linha II, Linha III, Linha IV, Linha V, Linha VI e Linha VII, denominadas respectivamente por **LI**, **LII**, **LIII**, **LIV**, **LV**, **LVI** e **LVII**, distribuídas no eixo longitudinal da seção de ensaios, eixo  $y$ . Considerando o conjunto, sentido do vento – modelo, a **LI** é a primeira, e a **LVII** a última, considerando o mesmo eixo da seção de ensaios. Cada uma das linhas conta com quatro posições, sendo cada uma das posições

composta por dois pontos, em um total de oito pontos, estes são chamados de **P1**, **P2**, **P3**, **P4**, **P5**, **P6**, **P7** e **P8**, desenvolvidos no eixo transversal, estando os pontos **P1** e **P8** próximos às paredes do túnel, Figura 57 encontra-se identificadas as linhas e os pontos, e para estes, são representadas as alturas medidas.

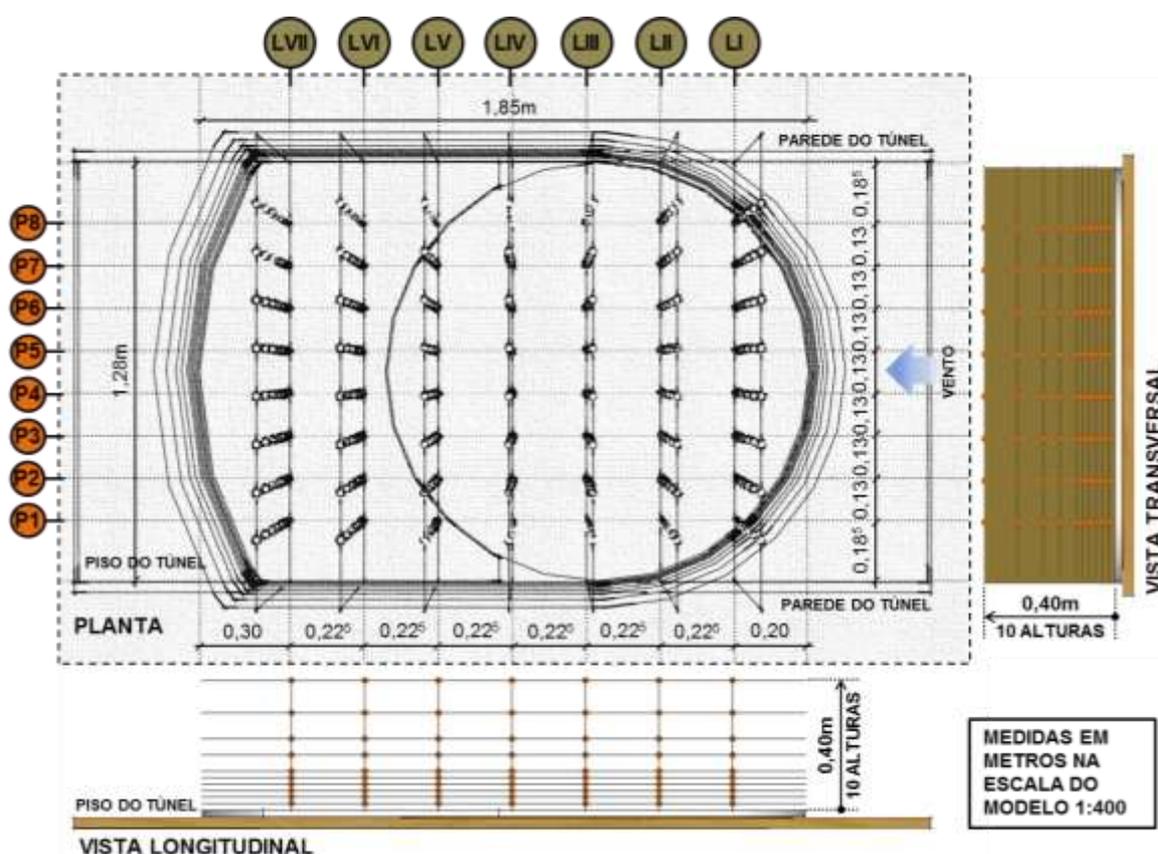


Figura 57: Planta e vistas, longitudinal e transversal, representando o modelo no túnel, mesa **M-II**, destaca-se a malha proposta para aquisição de dados, linhas, pontos e alturas, modelos **M1** e **M2**.

Para cada um dos pontos foram realizadas 10 medições, no eixo vertical, eixo z, pelo meio de dez diferentes alturas, 20mm, 40mm, 60mm, 80mm, 100mm, 120mm, 170mm, 220mm, 300mm e 400mm, dimensões no modelo, na escala de 1:400, nomeadas como **H1**, **H2**, **H3**, **H4**, **H5**, **H6**, **H7**, **H8**, **H9** e **H10**, seguindo a mesma ordem. O posicionamento dos pontos foi determinado na intenção de envolver todo o modelo, ao marcar a configuração proposta no modelo, necessitou-se de ajustes, construindo assim uma distribuição em malha irregular, embora baseada na configuração proposta, que se mostra regular, revelada na Figura 57. Os desvios, em relação à malha proposta, devem-se a existência de edificações, impossibilitando o posicionamento exato, obtendo-se então, uma disposição não uniforme, visualizada para o modelo **M1**, ensaios **M1.90°** e **M1.150°**, Figura 58, p. 140, e para o modelo **M2**, ensaios **M2.90°** e **M2.150°** na Figura 59, p. 140.



Figura 58: Planta com posicionamento dos pontos para medição para o modelo **M1**, em (a) representação para o rumo de vento  $90^{\circ}$ , **M1.90<sup>0</sup>**; e em (b) representação para o rumo de vento  $150^{\circ}$ , **M1.150<sup>0</sup>**.

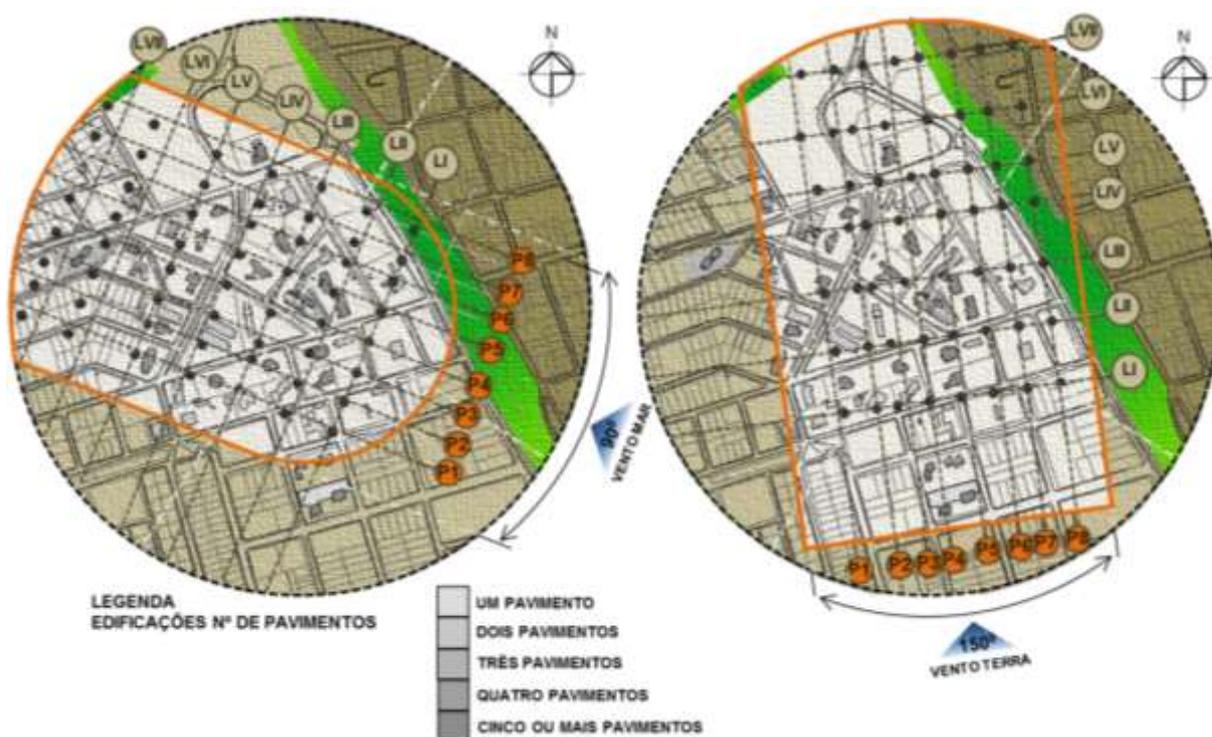


Figura 59: Planta com posicionamento dos pontos para medição para o modelo **M2**, em (a) representação para o rumo de vento  $90^{\circ}$ , **M2.90<sup>0</sup>**; e em (b) representação para o rumo de vento  $150^{\circ}$ , **M2.150<sup>0</sup>**.

As representações junto aos modelos, **M1** e **M2**, exibidas na Figura 58, p. 140, e na Figura 59, p. 140, considerando os quatro ensaios realizados, dois para cada modelo, **M1.90°**, **M1.150°**, **M2.90°** e **M2.150°**, indicam a malha de posicionamento da sonda junto ao modelo, que correspondem aos pontos de medição, também, encontram-se, as posições das linhas em relação ao sentido do vento, já identificadas anteriormente. Em relação ao posicionamento dos pontos, cuidou-se para que fosse resguardada uma distância mínima destes no eixo transversal, ou eixo x, das paredes do túnel, principalmente em relação aos pontos **P1** e **P8**, para que fosse coberto ao máximo o modelo sem que a presença das paredes do túnel interferisse na precisão dos dados obtidos.

#### 6.2.4 Ensaio “teste zero”

Antes de iniciar cada ensaio, com os instrumentos posicionados, e equipamentos conectados faz-se imprescindível a calibração, assegurando a confiabilidade dos aparelhos, e, por conseguinte dos dados obtidos. No processo de calibração envolve-se aquisição de dados de controle, ajuste da precisão de instrumentos e aquisição de dados de referência, “teste zero”, Figura 60 mostra dispositivos de leitura e aquisição de dados.



Figura 60: Aparelhos de leitura e aquisição de dados, em (a) barômetro eletrônico; em (b) higrômetro analógico; e em (c) conjunto de aquisição de dados, destacando dois micro manômetros eletrônicos ManoAir 500.

Estão envolvidos neste procedimento os equipamentos, dois micro manômetros eletrônico ManoAir 500 da marca Schiltknecht, barômetro eletrônico Novus/Huba, higrômetro analógico Hygro, assim como, todo o conjunto de instrumentos e sistema de aquisição de dados, Figura 60, p. 141. O processo de calibração, nomeado ensaio “teste zero” delinea-se considerando as ações que seguem:

- a) verificação da precisão do micro manômetro eletrônico ManoAir 500 para registro dos dados obtidos pelo Pitot Prandtl,  $D_{pa}$ , devendo ser de no máximo 0,03 da unidade de aquisição [kPa];
- b) verificação da precisão do micro manômetro eletrônico ManoAir 500 para obtenção dos valores de diferença de pressão,  $\Delta_{pa}$ , alcançados pela leitura de dois anéis piezométricos situados na entrada da seção principal de ensaios, que deve ser de no máximo 0,03 da unidade de aquisição [mmH<sub>2</sub>O];
- c) conformação do tempo de aquisição de dados para os dois micro manômetros eletrônicos ManoAir 500, marcando para cada um deles o tempo corresponde a 32 segundos (32s);
- d) averiguação da pressão atmosférica,  $P_{atm}$ , por meio de barômetro eletrônico, unidade de medida [kPa];
- e) comprovação da umidade do ar pelo meio de higrômetro analógico, unidade de medida [%];
- f) constatação da temperatura dentro do túnel de vento pelo meio de micro manômetro eletrônico ManoAir acionando a tecla “Temp”, unidade de medida [°C];
- g) realização do “teste zero”, considerando os dados coletados, ajuizados em d), e) e f), todos os instrumentos posicionados e todo o sistema de leitura e aquisição ativados, inicia-se pela:
  - geração da partida do inversor, acionando o botão apropriado;
  - aplicação da frequência de 25Hz, espera-se até estabilizar antes de passar a outra ação;
  - obtenção de dados através do sistema de aquisição de dados, em iniciar, e nos micro manômetros ManoAir 500, através da tecla “Start”;
  - anotação dos dados de  $D_{pa}$  e  $\Delta_{pa}$ , assim como a informação da temperatura, dentro do túnel, em planilha própria, ao final do tempo de aquisição de 32s;
  - finalização do ensaio com a certificação da conclusão da digitação e envio dos dados obtidos pelos sensores de fio quente ao sistema por meio dos programas aquisição.

O ensaio inicial, denominado de “teste zero”, ocorre a cada linha verificada, sendo sete por experimento, este procedimento permite a averiguação do processo de medição, oferecendo confiabilidade aos valores adquiridos, bem como, garantido a compatibilização das medições. Para o “teste zero”, assim como, para todos os ensaios relacionados ao escoamento de camada limite, as velocidades instantâneas do vento foram obtidas com taxa de aquisição de 25Hz e tempo de aquisições de 32s, em um total de 64.000 medições, sendo realizadas 2.000 aquisições por segundo.

### 6.2.5 Descrição dos ensaios

Os ensaios relacionados a simulação de escoamento de camada limite para os modelos estudados, **M1** e **M2**, foram principiados pelo posicionamento do modelo, sobre mesa **M.II**, considerando a incidência de vento a ser ensaiada, além de dispor o modelo de maneira que o acesso pelo posicionador de sondas, fixado no coordenômetro possa atingir a marcação referente a Linha I, posição um. Antes de iniciar, também foram ponderadas questões relacionadas ao tipo de vento simulado, turbulência e rugosidades específicas, através de dispositivos de simulação e elementos de rugosidades, inseridos na câmara de simuladores e no piso do túnel, respectivamente.

Então, modelo posicionado, elementos de simulação do vento dispostos, par de sondas preparadas, na marcação correspondente a **LI.P1** e a **LI.P2**, os instrumentos todos posicionados, todo o sistema de leitura e aquisição ativados, e, logo após o “teste zero”, inicia-se a aquisição de dados para a linha **LI**. Principia-se em **LI.P1** e **LI.P2**, e altura correspondente a **H1**, registra-se ainda que, a partir deste posicionamento foram adquiridos dados para as demais alturas determinadas, sendo, **H2, H3, H4, H5, H6, H7, H8, H9** e **H10**, simultaneamente para os dois pontos.

Seguindo ainda o mesmo ensaio, agora para a posição dois, **LI.P3** e **LI.P4**, posicionando o par de sondas nas marcações correspondentes, depois movendo-as para atingir as dez alturas convencionadas, uma por vez, considerando a mesma taxa e tempo de aquisição. Continua, igualmente, para a posição três, **LI.P5** e **LI.P6**, e posição quatro, **LI.P7** e **LI.P8**, também considerando as alturas determinadas. As aquisições para cada altura foram obtidas com tempo de duração de 32s e as velocidades instantâneas do vento foram com taxa de aquisição de 25Hz, sendo assim para todos os dados obtidos nos quatro experimentos realizados.

Finalizando a **LI**, procede-se novamente o posicionamento da mesa, movendo-a unicamente no eixo longitudinal do túnel, para que as sondas alcancem a posição um de **LII**,

deste modo, repete-se a mesma instrução percorrida para a **LI**, em seguida para **LIII**, **LIV**, **LV**, **LVI**, finalizando o experimento com **LVII**. Para cada par de pontos, que equivalem a 1.120 pares, são assinaladas informações em planilha própria, adquiridas através dos dois micro manômetros ManoAir 500, assim como, certifica-se da finalização do processo de aquisição de dados, anotando e assegurando-se:

- a) do valor correspondente a  $D_{pa}$ ;
- b) do dado adquirido para  $\Delta_{pa}$ ;
- c) da informação acerca da temperatura, dentro do túnel;
- d) da nota de finalização do ensaio com a certificação da conclusão da digitação dos dados adquiridos pelo sensores de fio quente;
- e) do envio dos dados ao sistema por meio dos programas aquisição.

Ressalta-se que para cada rumo de vento ensaiado o modelo foi girado, buscando o ângulo correspondente a incidência de vento estudada, para só depois, ser ajustada a mesa auxiliar, assim como, o posicionamento dos blocos representativos das edificações compreendidas pela área ensaiada, contidos na área correspondente a esta mesa. Bem como foram instalados os elementos geradores de turbulência e rugosidades adequados. Observa-se que todo o processo relatado compõe todo o conjunto, que envolve linhas, pontos e alturas, de cada um dos quatro experimentos, anteriormente nomeados, **M1.90<sup>0</sup>**, **M1.150<sup>0</sup>**, **M2.90<sup>0</sup>** e **M2.150<sup>0</sup>**.

### 6.3 ENSAIOS DE TOMADAS DE PRESSÃO AO NÍVEL DO PEDESTRE

Os ensaios relacionados ao pedestre foram, da mesma maneira que para os ensaios de escoamento de camada limite, concretizados com base nos modelos<sup>93</sup>, **M1** e **M2**. Houve também a utilização de mesa auxiliar, nesta ocasião, disposta em ambos os lados da mesa principal, sentido longitudinal do túnel, sentido da direção dos ventos, embora em muitos casos sem a presença de edificações, dispondo-se, exclusivamente, para manter a uniformidade do escoamento que atinge os pontos de medição. Os modelos foram ensaiados para vinte e quatro diferentes ângulos de incidência do vento, dispostos a cada quinze graus, sendo, o vento simulado correspondendo a duas diferentes categorias de rugosidade do terreno, considerando para a incidência do **vento mar**, o valor do expoente

---

<sup>93</sup> Conforme capítulo **5 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL**, ponto 5.2 MODELOS ENSAIADOS, p. 109.

$p = 0,11$ , que corresponde a Categoria I<sup>94</sup> de rugosidade; e para a incidência do **vento terra**, o expoente utilizado equivale a  $p = 0,23$ , valor alocado entre as Categorias III e IV<sup>95</sup> de rugosidade.

### 6.3.1 Características dos ensaios

As partes envolvidas nos procedimentos adotados para cada experimento, estão dispostas, no Quadro 14 e na Figura 61, p. 146, incluindo ângulos de incidência do vento ensaiados, disposição da mesa auxiliar e vento simulado, relacionando-as, são ainda colocados os atributos dos modelos ensaiados, destaca-se a presença da mesa auxiliar.

MODELO	ÂNGULO DE INCIDÊNCIA [°]	DIMENSÕES MESA PRINCIPAL [m]	MESA AUXILIAR [sentido do vento]	VENTO SIMULADO <sup>96</sup>	PARTICULARIDADES DO MODELO
M1	0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75°, 90°	Ø=1,28m	duas mesas, a barlavento e a sotavento (+1,14m)	<b>vento mar</b> $p = 0,11$	edificações com altura máxima de 6,00m
	105°, 120°, 135°, 150°, 165°, 180°, 195°, 210°, 225°, 240°, 255°, 270°, 285°, 300°, 315°, 330°, 345°	Ø=1,28m	duas mesas, a barlavento e a sotavento (+1,14m)	<b>vento terra</b> $p = 0,23$	edificações com altura máxima de 6,00m
M2	0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75°, 90°	Ø=1,28m	duas mesas, a barlavento e a sotavento (+1,14m)	<b>vento mar</b> $p = 0,11$	poucas edificações com altura máxima de 6,00m e grande maioria com alturas variando entre 30,00m e 180,00m
	105°, 120°, 135°, 150°, 165°, 180°, 195°, 210°, 225°, 240°, 255°, 270°, 285°, 300°, 315°, 330°, 345°	Ø=1,28m	duas mesas, a barlavento e a sotavento (+1,14m)	<b>vento terra</b> $p = 0,23$	poucas edificações com altura máxima de 6,00m e grande maioria com alturas variando entre 30,00m e 180,00m

Quadro 14: Características dos modelos, **M1** e **M2**, particularidades das condições ensaiadas e peculiaridades dos modelos.

Como dito antes, os aspectos mostrados no Quadro 14, relacionam-se com a Figura 61, p.145, na qual, são apresentados os dois modelos no túnel de vento cada um para duas incidências de vento estudadas, constituindo, **M1** para 90°, **M1** para 105°, **M2** para 90° e **M2** para 255°, destacando o uso e posicionamento de mesa auxiliar em relação a mesa

<sup>94</sup> Conforme ABNT (1988, p. 8).

<sup>95</sup> Conforme ABNT (1988, p. 8).

<sup>96</sup> Conforme capítulo 5 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL, ponto 5.4 CARACTERÍSTICAS DO VENTO NATURAL SIMULADO, p. 114.

principal, está acrescentada longitudinalmente, eixo y, 0,57m para cada lado da mesa principal, que conta com 1,28m, totalizando 2,42m, considerando o uso de duas mesas auxiliares junto a mesa principal.

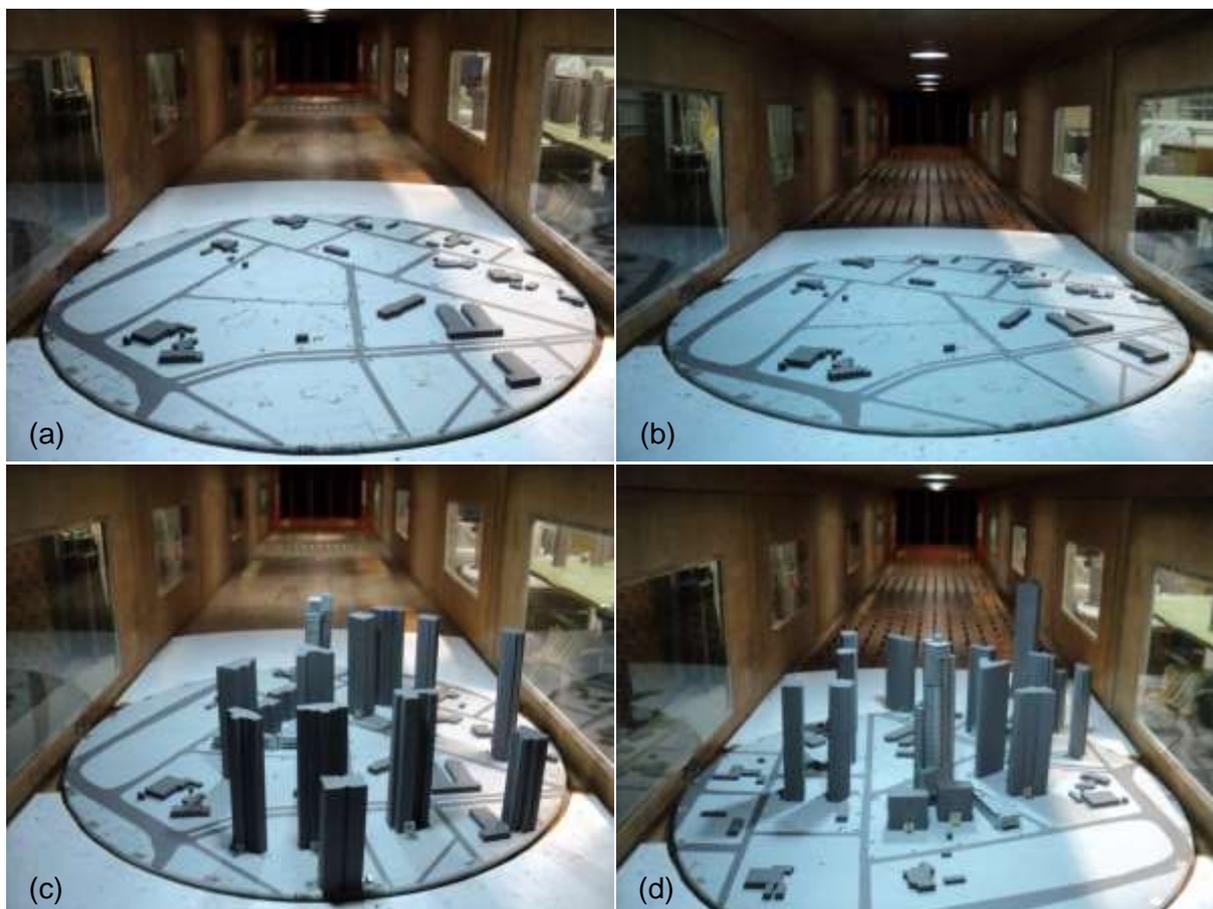


Figura 61: Modelos ensaiados visando o conforto do pedestre, destacando o uso da mesa auxiliar; em (a) **M1** para  $90^{\circ}$ ; em (b) **M1** para  $105^{\circ}$ ; em (c) **M2** para  $90^{\circ}$ ; e em (d) **M2** para  $255^{\circ}$ , presença de modelos representativos de edificações sobre mesa auxiliar.

Convencionou-se, nesta pesquisa, chamar os ensaios de tomadas de pressão ao nível do pedestre realizados para os modelos **M1** e **M2**, como **M1.CP** e **M2.CP**. Cada modelo foi ensaiado para vinte e quatro incidências de vento, a cada  $15^{\circ}$ , a partir da determinação da incidência  $0^{\circ}$ , marcadas no sentido anti-horário. De modo simplificado indica-se aqui os quarenta e oito ensaios realizados, identificando-os como dois conjuntos, são ainda anotadas as incidências de vento estudadas para cada experimento:

- a) **M1.CP** ( $0^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $75^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $105^{\circ}$ ,  $120^{\circ}$ ,  $135^{\circ}$ ,  $150^{\circ}$ ,  $165^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$ ,  $195^{\circ}$ ,  $210^{\circ}$ ,  $225^{\circ}$ ,  $240^{\circ}$ ,  $255^{\circ}$ ,  $270^{\circ}$ ,  $285^{\circ}$ ,  $300^{\circ}$ ,  $315^{\circ}$ ,  $330^{\circ}$ ,  $345^{\circ}$ ): identifica o ensaio de tomadas de pressão para o pedestre realizado para o modelo **M.1**;

- b) **M2.CP** ( $0^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $75^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $105^{\circ}$ ,  $120^{\circ}$ ,  $135^{\circ}$ ,  $150^{\circ}$ ,  $165^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$ ,  $195^{\circ}$ ,  $210^{\circ}$ ,  $225^{\circ}$ ,  $240^{\circ}$ ,  $255^{\circ}$ ,  $270^{\circ}$ ,  $285^{\circ}$ ,  $300^{\circ}$ ,  $315^{\circ}$ ,  $330^{\circ}$ ,  $345^{\circ}$ ): identifica o ensaio de tomadas de pressão para o pedestre realizado para o modelo **M.2**.

Para os ensaios relacionados ao pedestre, além do contorno definido pela referência da mesa auxiliar, pode-se identificar duas abrangências específicas, demarcações que se ajustam a circunvizinhança tomada por edificações e que se correlacionam aos modelos, ou seja, cada uma das situações estudadas através de **M.1** e **M.2**. A abrangência da área ensaiada, considerando a presença de edifícios, altera-se conforme o modelo ensaiado, contorno na cor laranja para **M1.CP**, e na cor vermelho para **M2.CP**, estes contornos são visualizados na Figura 62.

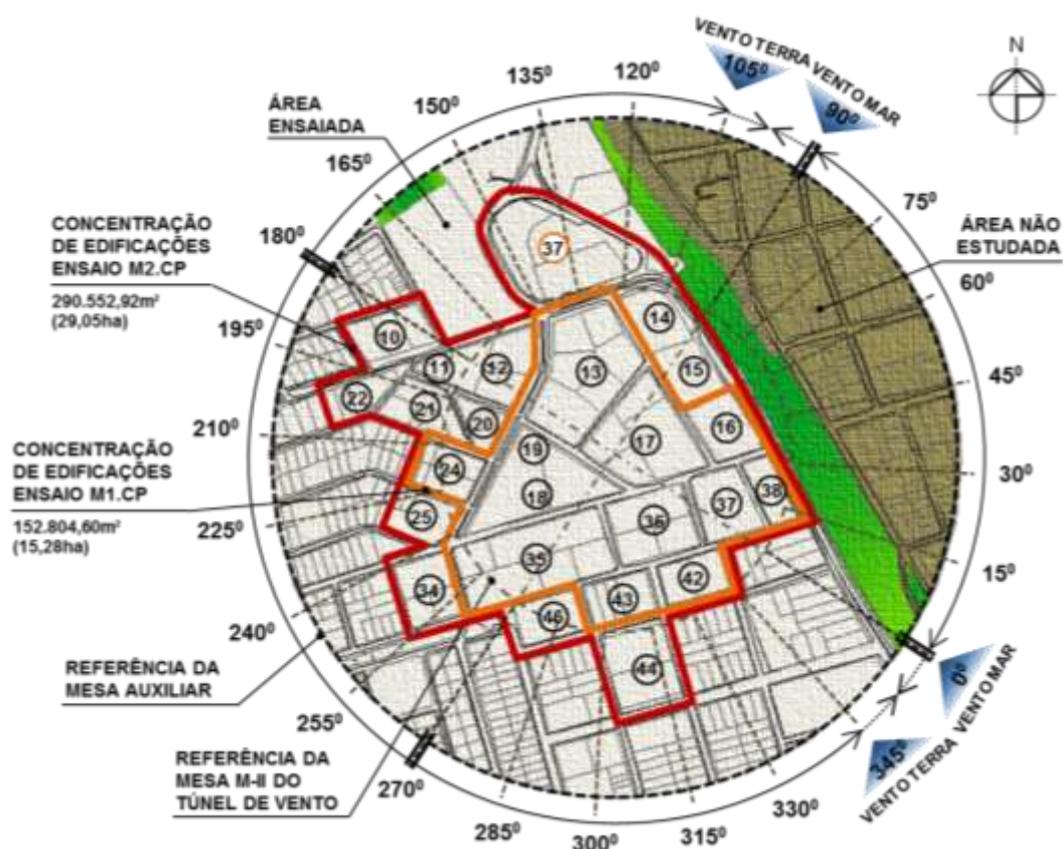


Figura 62: Alcance da área, presença de edifícios para os experimentos relacionados ao pedestre, **M1.CP**, contorno laranja e **M2.CP**, contorno vermelho.

Lembrando que a área ensaiada para o pedestre envolve o perímetro referente a mesa auxiliar, identificada como área estudada, que tem  $563.316,85\text{m}^2$  (56,33ha), e como nos ensaios de escoamento de camada limite, as áreas que correspondem a barreira do Cabo Branco e o bairro Cabo Branco não foram estudadas. Referindo-se ao experimento

**M1.CP**, são consideradas situações anteriores de ocupação nas quais percebia-se claramente o espaçamento das edificações, sendo o contorno da área edificada, mais restrito, com limite próximo a 152.804,60m<sup>2</sup> (15,28ha) e perímetro de 1.933,57m, enquanto que para **M2.CP**, representativo da situação atual, tem-se a ampliação da área adensada, contando com 290.552,92m<sup>2</sup> (29,05ha) e perímetro de 2.995,49m.

Os ensaios compõem-se de mesa principal mais mesa auxiliar, mais edificações correspondentes às situações ensaiadas, sendo duas circunstâncias, mostradas na Figura 62, p. 147. As edificações estão inseridas nas mesas de ensaio, que se encontram com a marcação do arruamento correspondente ao contorno ensaiado, sendo o adensamento limitado para **M1.CP** a 12 quadras, tendo em 9 a presença de edificações; e para **M2.CP** a 25 quadras estando 20 com edifícios, no Quadro 15, apresenta-se a composição de cada experimento, no que diz respeito ao quantitativo das edificações presentes e suas alturas.

ENSAIOS		NÚMERO DE EDIFICAÇÕES					TOTAL
		1 pavimento	2 pavimentos	3 pavimentos	4 pavimentos	mais de 4 pavimentos	
<b>M1.CP</b> 9 quadras	mesa principal	3	10	0	0	0	<b>13</b>
	mesa auxiliar	0	0	0	0	0	<b>0</b>
	<b>TOTAL</b>						<b>13</b>
<b>M2.CP</b> 20 quadras	mesa principal	3	10	0	1(*)	14	<b>28</b>
	mesa auxiliar	0	0	0	0	10	<b>10</b>
	<b>TOTAL</b>						<b>38</b>

(\*) corresponde a base de edificação com mais de quatro pavimentos.

Quadro 15: Identificação do quantitativo e da tipologia das edificações por ensaio, sendo, **M1.CP** e **M2.CP**, considerando apenas as quadras ocupadas por edificações.

Sabe-se que os modelos estudados, representam duas épocas de ocupação da área pesquisada, sendo que para o experimento relacionado ao conforto do pedestre, os modelos foram ensaiados para vinte e quatro direções de vento, cada, compondo um ensaio para cada modelo, já identificados. Da mesma maneira que para os ensaios de escoamento, para os ensaios de pedestre, as velocidades instantâneas do vento foram obtidas com taxa de aquisição de 25Hz, variando, apenas, a intensidade de turbulência, em função do vento simulado<sup>97</sup>. Os ensaios realizados admitem a comparação entre as duas situações

<sup>97</sup> Conforme capítulo 5 **PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL**, ponto 5.4 CARACTERÍSTICAS DO VENTO NATURAL SIMULADO, p. 114 e **ANEXO H | RUGOSIDADE DO TERRENO**, p. 341.

ensaiadas, permitindo, a verificação da interferência da ocupação, da área pesquisada, no conforto do pedestre, diante das modificações ocorridas.

### 6.3.2 Instrumentos de medição

Para as tomadas de pressão para o pedestre, cada modelo ensaiado, foi instrumentado com 36 pontos de tomadas de pressão distribuídos no centro do modelo, fixadas diretamente na mesa de ensaios. O instrumento utilizado trata-se de sensor omnidirecional, sensor tipo Irwin, ou sonda de pedestre, que realiza medições de pressão ao nível do pedestre e ao nível do solo. Na Figura 63 podem ser vistas as sondas locadas no modelo encontra-se destacada por círculo na cor laranja a sonda 32.



Figura 63: Os 36 sensores omnidirecionais posicionadas no modelo, destacando a sonda 32.

As tomadas de pressão obtidas através dos sensores tipo Irwin, foram conectadas através de mangueiras de PVC de diâmetro externo –  $d$  de 1,50mm (0,015m), diâmetro interno –  $d_1$  de 1,00mm (0,01m) e comprimento 1,20m e ligadas ao sistema Scanivalve, que registra pressões instantâneas e as envia ao computador. Na Figura 64, p. 150, mostra-se em (a) o sensor omnidirecional tipo *Irwin*, em (b) imagem do sistema de aquisição de dados de pressão nomeado Scanivalve, e em (c) esboços de representação em vista superior e em corte do sensor omnidirecional.

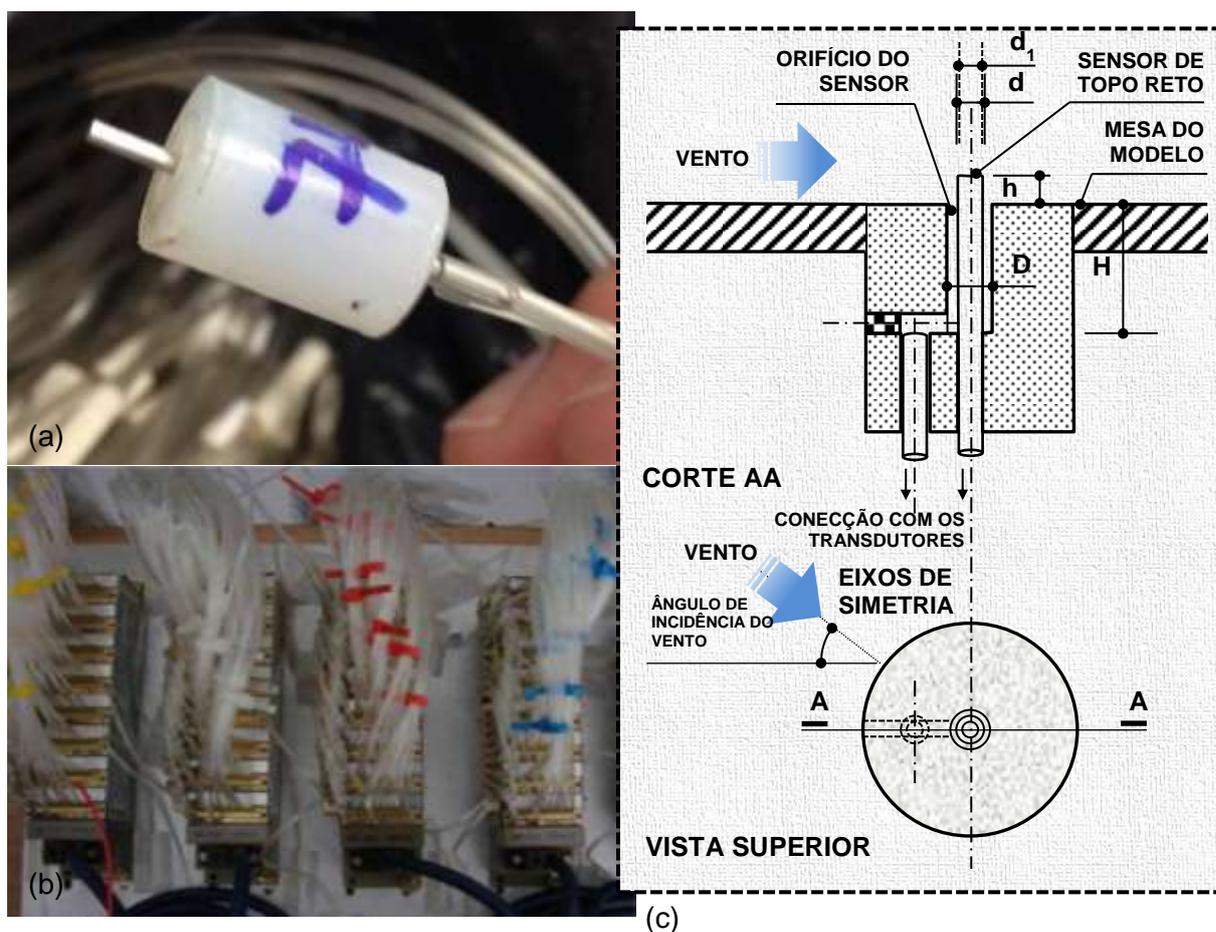


Figura 64: Em (a) o sensor omnidirecional tipo Irwin; em (b) vista superior dos transdutores de 64 canais do Scanivalve; e em (c) representação esquemática em vista superior e corte do sensor omnidirecional tipo Irwin.

Baseado em, para (c): (IRWIN, 1981, p. 220).

Irwin (1981, p. 221) descreve o sensor omnidirecional, como sendo constituído por um **orifício de diâmetro – D**, a partir do qual, na altura do solo, se projeta um tubo de **diâmetro externo – d**, ligeiramente menor do que D, O tubo apresenta-se a uma **altura – h** acima da superfície do solo, este tubo tem a parte superior lisa. O autor comenta ainda acerca da simplicidade do instrumento, possibilitando a instalação de um grande número de sensores em um modelo, afirma que quando usado em combinação com equipamento automatizado, Scanivalve, o vento ao nível do pedestre pode ser mapeado de modo rápido.

O instrumento mencionado mede a **pressão ao nível do pedestre – h**, através do topo do sensor, e **pressão ao nível do solo – s**, pelo meio do orifício do sensor. A diferença de pressão entre a parte superior, nível do pedestre, tubo do sensor de topo reto, e a parte inferior, nível do solo, da abertura do sensor e é dada por  $\Delta_p$ , tendo a Equação 15:

$$\Delta_p = p_h - p_s$$

Equação 15

Onde:

$\Delta_p$  é a diferença de pressão [mmH<sub>2</sub>O];

$p_h$  é a pressão medida na altura do pedestre [mmH<sub>2</sub>O];

$p_s$  é a pressão medida ao nível do solo [mmH<sub>2</sub>O].

Irwin (1981, p. 221) alerta que para fazer a transformação da diferença de pressão para dados de velocidade em metros por segundo, é imprescindível para o cálculo, a utilização de fórmula de calibração apropriada<sup>98</sup>. O posicionamento dos instrumentos de medição junto ao modelo segue distribuição desigual, seguindo o arruamento, marcado no modelo, e que se refere ao conjunto estudado, parte do bairro Altiplano Cabo Branco; e compõe-se por tinta e seis pontos de medição espalhados pelo centro do modelo e instalados na mesa principal de ensaios, considerando o mesmo posicionamento para os ensaios **M1.CP** e **M2.CP**, Figura 63, p. 149.

### 6.3.3 Pontos de medição de pressão ao nível do pedestre

Para os ensaios relacionados ao conforto do pedestre, foram dispostos 36 pontos de tomadas de pressão para cada modelo ensaiado, distribuídos no centro do modelo. Os pontos foram lançados, iniciando, pelo contorno da quadra 17, quadra em que se localiza o edifício *Tour Geneve*, prosseguindo, e sendo dispostos ao longo de vias circunvizinhas, a referida quadra, e que limitam as quadras 12, 13, 17, 18, 19, 20, 35 e 36, compreendidos nos limites que coincidem com a referência da mesa **M-II**.

O sentido da distribuição dos pontos de medição baseia-se na intenção de apreender a distribuição de velocidades ao nível do pedestre sem e com a presença do adensamento atual da área estudada. A definição do posicionamento dos pontos de medição segue no nível do solo, em locais acessíveis aos pedestres, na sua maioria aparecem circundando vias e calçadas que limitam quadras atualmente bastante adensadas, através de distribuição irregular, em número de trinta e seis pontos distribuição visualizada na Figura 65, p. 152.

<sup>98</sup> Conforme este mesmo capítulo **6 ENSAIOS EM TÚNEL DE VENTO**, ponto 6.3 ENSAIOS DE TOMADAS DE PRESSÃO AO NÍVEL DO PEDESTRE, item 6.3.3 Pontos de medição de pressão ao nível do pedestre, p. 151; e **APÊNDICE B | CORRESPONDÊNCIA ENTRE O ÂNGULO INCIDÊNCIA DO VENTO E O ÂNGULO MARCADO NA MESA**, p. 248.

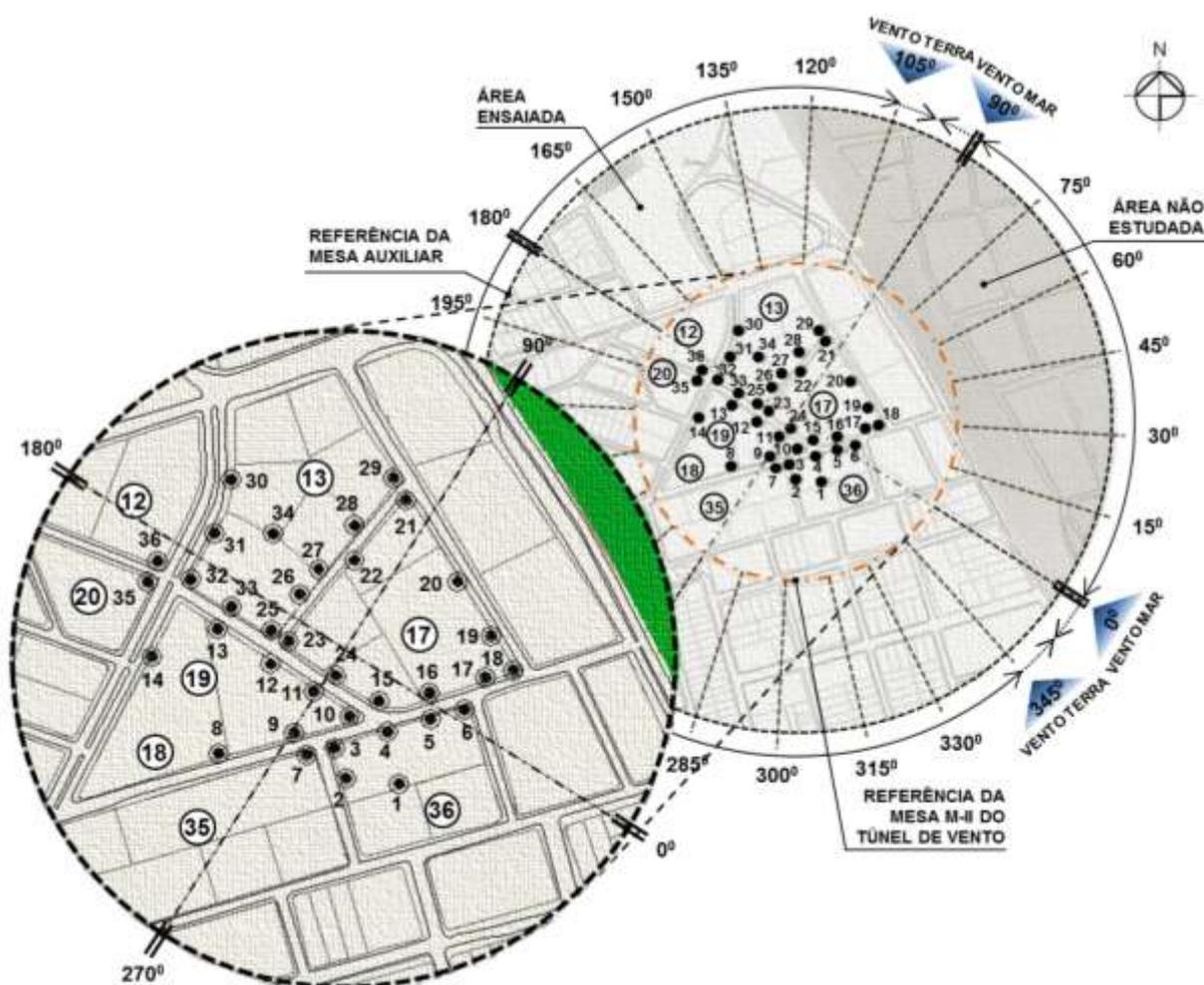


Figura 65: Localização e identificação dos sensores para tomadas de medidas das velocidades do vento referentes ao nível do pedestre.

Os pontos foram nomeados por algarismos arábicos de um a trinta e seis, **1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, e 36**, e concentram-se nos limites da área base de estudos, mesa **M-II**. As posições instrumentadas foram classificadas segundo atividades e utilização apropriadas, em função das possibilidades de ocupação e uso discutidos para o local, baseando-se nas atividades indicadas pelos critérios de conforto colocados pelo LAC para ensaios relacionados ao pedestre, colocados no Quadro 10, p. 129.

Inicia-se recomendando a atividade relativa à ação de **caminhar rapidamente** para as posições referentes as calçadas sem acesso aos edifícios, delimitadas junto aos lotes por meio de muros ou gradil. Considerando a atividade, **passeio e carga e descarga**, foram atribuídos os locais correspondentes a calçadas voltadas para setores comerciais, incluindo vitrines, assim como, as voltadas para acessos de serviços e ou de veículos, como garagens. A atividade **parado por curto período** foi indicada para áreas de calçada,

voltadas para entradas de pedestres em edifícios, também as calçadas com acesso para áreas de estacionamento. Restando a atividade **parado, sentado por longo período**, relacionadas às duas posições locadas no interior das quadras, inicialmente, lotes vazios e depois, praças de edifícios multifamiliares, quadras 13 e 36.

As referências postas, acerca das atividades e locais correspondentes, são exemplificadas através da Figura 66, por meio de imagens do espaço estudado, contendo as indicações das atividades a que foram relacionadas, assim como, os pontos de medição correspondentes relacionando-os aos modelos. Os locais foram classificados em (a) como calçada sem acesso a edifício; em (b) como calçada com acesso para áreas de estacionamento; em (c) como calçada com entrada de pedestres em edifício; e em (d) como calçadas ligadas a acessos de serviços.



Figura 66: Em (a) posição **26**, caminhando rapidamente, para **M1** e **M2**; em (b) posição **8**, parado, curta exposição, para **M1** e **M2**; em (c) posição **31**, caminhando rapidamente, para **M1**, e parado, curta exposição, para **M2**; e em (d) posição **12**, passeio, atividades de carga e descarga, para **M1** e **M2**.

Diante do exposto, faz-se imprescindível a proposição de dois conjuntos, adequando a atividade e o local ao posicionamento das sondas, para cada experimento, sendo **M1.CP** e **M2.CP**, que tem relação direta com os modelos estudados, estes, como já comentado, referem-se a duas situações distintas de ocupação da área. A correspondência das atividades propostas, local e o espaço estudado, considerando os modelos, **M1** e **M2**, referem-se a situação encontrada na área considerando a época estudada, conferindo um **adensamento antigo – M1**, e um **adensamento atual – M2**.

Para o experimento **M1.CP**, são qualificadas as posições para a atividade de caminhar rapidamente, sendo, **2, 3, 5, 10, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 29, 31, 32, 33, 35 e 36**; para passeio e atividade de carga e descarga, incluem-se as posições **4, 12, 27 e 30**; a condição de parado por curto período, são identificadas para as posições **6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 20, e 28**; e por último a situação parado ou sentado por longo período, equivalem as posições **1 e 34**. As relações citadas são mostradas no Quadro 16, incluindo os locais relacionados às atividades identificadas.

ATIVIDADE		LOCAL	POSIÇÕES PARA M1
(1)	CAMINHANDO RAPIDAMENTE	PASSEIOS E CALÇADAS SEM ACESSO A LOTES OU EDIFÍCIOS	2, 3, 5, 10, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 29, 31, 32, 33, 35 e 36
(2)	PASSEIO, ATIVIDADES DE CARGA E DESCARGA	CALÇADAS COM ACESSO DE PEDESTRE/SERVIÇO E/OU VEÍCULOS PARA EDIFICAÇÕES	4, 12, 27 e 30
(3)	PARADO (CURTA EXPOSIÇÃO)	CALÇADAS VOLTADAS PARA ACESSOS DE PEDESTRE AOS EDIFÍCIOS E/OU PARA ÁREAS DE ESTACIONAMENTO	6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 20, e 28
(4)	PARADO, SENTADO (LONGA EXPOSIÇÃO)	LOTES VAZIOS	1 e 34

Quadro 16: Classificação de utilização das posições instrumentadas para o modelo **M1**, ensaio **M1.CP**.

Em relação ao experimento **M2.CP**, segue-se a classificação, para caminhadas rápidas as posições **3, 5, 6, 7, 10, 17, 18, 19, 23, 25, 26, 33 e 36**; em relação ao passeio ou atividades de carga e descarga, abrangem-se as posições **2, 12, 15, 16, 22, 27, 28, 29 e 32**; considerando a situação de estar parado por curto período de tempo são identificadas as posições **4, 8, 9, 11, 13, 14, 20, 21, 24, 30, 31 e 35**; e para parado ou sentado por longo período equivalem as posições **1 e 34**. Pode-se visualizar no Quadro 17, p. 155, as configurações anotadas e os locais que se relacionam as atividades propostas.

ATIVIDADE	LOCAL	POSIÇÕES PARA M2
(1)	PASSEIOS E CALÇADAS SEM ACESSO A LOTES OU EDIFÍCIOS	3, 5, 6, 7, 10, 17, 18, 19, 23, 25, 26, 33 e 36
(2)	PASSEIO, ATIVIDADES DE CARGA E DESCARGA	2, 12, 15, 16, 22, 27, 28, 29 e 32
(3)	PARADO (CURTA EXPOSIÇÃO)	4, 8, 9, 11, 13, 14, 20, 21, 24, 30, 31 e 35
(4)	PARADO, SENTADO (LONGA EXPOSIÇÃO)	1 e 34

Quadro 17: Classificação de utilização das posições instrumentadas do modelo **M2**, ensaio **M2.CP**.

Na Figura 67 mostra-se as indicações atribuídas ao modelo **M1**, para o experimento **M1.CP**, os desenhos, por meio de representação em planta, posicionam os pontos de tomada de pressão. E ainda, a classificação adotada em relação à utilização das posições instrumentadas para os posicionamentos das sondas, como no Quadro 16, p. 154.

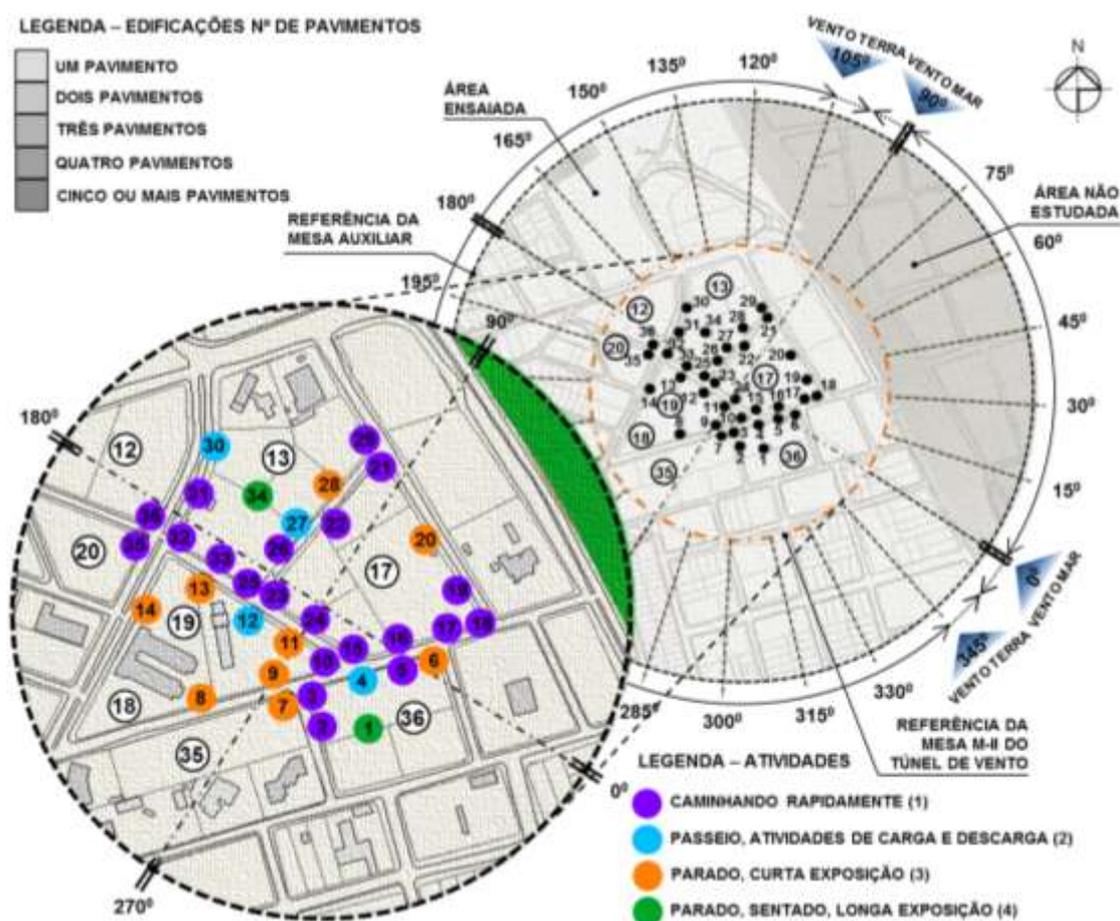


Figura 67: Classificação das posições, indicação das atividades para cada uma das posições, considerando o modelo **M1**, ensaio **M1.CP**.

As representações junto a **M2**, mostradas, indicam o posicionamento dos pontos de tomada de pressão, representadas em planta, para o ensaio **M2.CP**, na Figura 68. São ainda consideradas a classificação adotada em relação à utilização das posições instrumentadas para os posicionamentos das sondas, como no Quadro 17, p. 155.

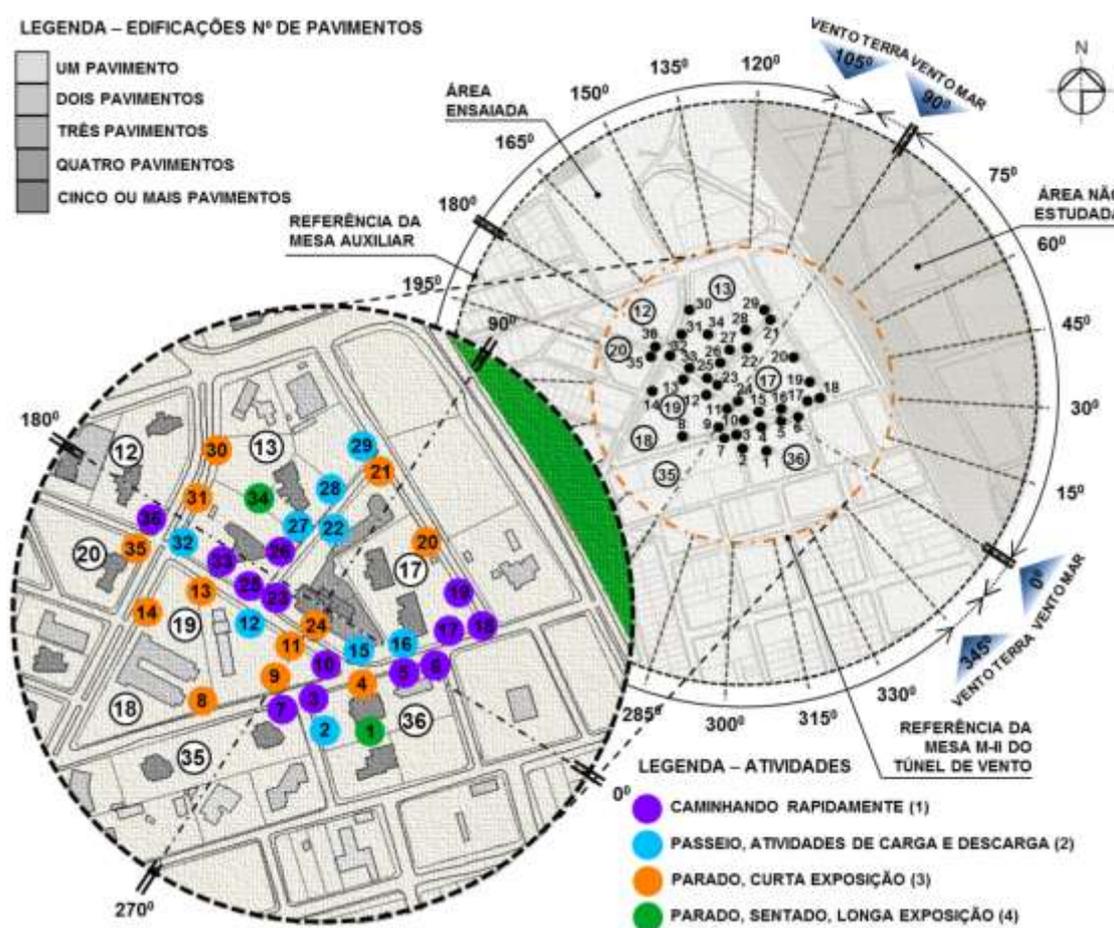


Figura 68: Classificação das posições, indicação das atividades para cada uma das posições, considerando o modelo **M2**, ensaio **M2.CP**.

Como já comentado, e visualizado através da Figura 67, p. 155, e da Figura 68, para os ensaios relacionados ao conforto dos pedestres a delimitação da área converge para a parte central do modelo, pois, neste conjunto, há a concentração de edificações. A consideração dos dois conjuntos estudados fundamenta o estudo proposto para esta pesquisa, que diz respeito à relação do padrão de adensamento e o conforto do pedestre, sob a ótica da ventilação natural.

#### 6.3.4 Calibração das sondas e ensaio “teste zero”

Antes de iniciar cada experimento, torna-se imprescindível a calibração, garantindo a confiabilidade dos instrumentos, e, por conseguinte das informações obtidas, para o ensaio

do pedestre. Previamente a disposição do modelo no túnel, são necessárias avaliações junto às sondas de pedestre, calibração ou aferição das sondas, que corresponde a análise das sondas, com a finalidade de eleger as mais adequadas, assim como, ao ajuste das curvas de calibração. Este procedimento acontece com os instrumentos dispostos e equipamentos ligados, estando os sensores montados em mesa de calibração própria, considerando a superfície lisa, campo aberto, e sendo simulado um vento do tipo laminar.

A calibração das sondas realizou-se a partir da instalação de sonda de fio-quente, para medir a componente horizontal da velocidade do vento na altura do pedestre, ou seja, posiciona-se a sonda de fio-quente de forma que esteja alinhada com o topo da sonda Irwin, altura  $h$ . Desta forma, pode-se, estabelecer uma relação entre a velocidade do vento medida pela sonda de fio-quente e a diferença de pressão medida pelas sondas Irwin, define-se então uma equação de calibração, resultando para cada sonda, particularmente, valores de coeficientes de ajustes das curvas de calibração. Na Figura 69 mostra a mesa de calibração na mesa **M-II** de ensaio do túnel de vento Prof. Joaquim Blessmann, ao centro da imagem visualiza-se a sonda de fio-quente.



Figura 69: Mesa de calibração das sondas Irwin, usada pelo LAC/UFRGS.

Os procedimentos relatados e as instalações utilizadas seguem a padronização adotada pelo LAC/UFRGS para efetivação da calibração das sondas. Nesta pesquisa, foram avaliadas 42 sondas, consiste em 84 tomadas de pressão junto ao Scanivalve, sendo

usados os módulos verde e azul, cada um para 42 tomadas, em um total de 84 tomadas, mais duas tomadas ligadas aos anéis piezométricos, para obtenção do  $\Delta p_a$ , conectadas ao módulo preto, canais 63 e 64<sup>99</sup>. Quanto a curva de calibração, transformação dos valores de pressão [mmH<sub>2</sub>O], derivados das sondas, em dados de velocidades [m/s], foi usado o *software* CurveExpert, obtendo-se coeficientes de ajustes das curvas de calibração das sondas de pedestres nomeados *a* e *b*, através de equação matemática em lei de potência<sup>100</sup>.

Em relação ao “teste zero” ou procedimento de calibração, envolvendo a aquisição de dados de controle, o ajuste da precisão dos instrumentos e a aquisição de dados de referência, este acontece com o modelo posicionado na mesa de ensaios, todos os instrumentos dispostos e equipamentos ligados. Foram apreciados neste procedimento os equipamentos micro manômetro eletrônico ManoAir 500 da marca Schiltknecht, barômetro eletrônico Novus/Huba, higrômetro analógico Hygro, assim como, todo o conjunto de instrumentos e sistema de aquisição de dados, incluindo os transdutores de 64 canais do Scanivalve, a Figura 70 mostra os dispositivos de leitura e aquisição de dados indicados.

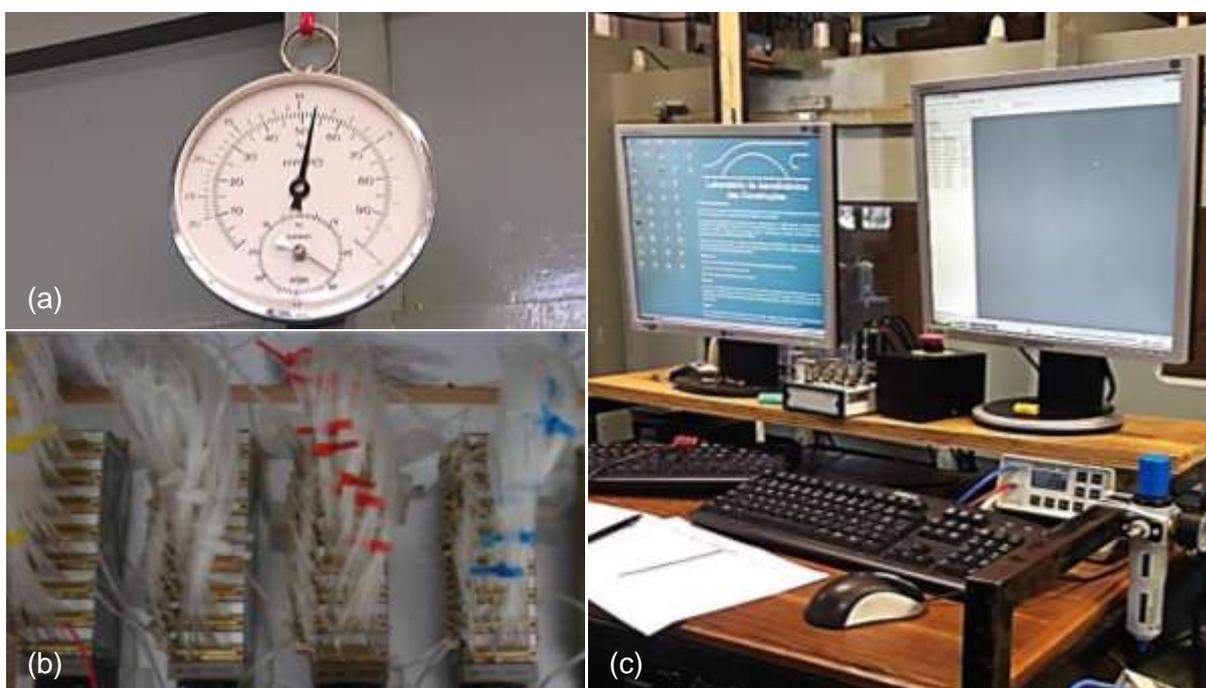


Figura 70: Aparelhos de leitura e aquisição de dados, em (a) higrômetro analógico; em (b) transdutores de 64 canais do Scanivalve; e em (c) conjunto de aquisição de dados.

<sup>99</sup> Conforme **APÊNDICE A** | CORRESPONDÊNCIA ENTRE AS TOMADAS DO MODELO E OS CANAIS DO SCANIVALVE, p. 246.

<sup>100</sup> Conforme **APÊNDICE C** | CALIBRAÇÃO DAS SONDAS, p. 249.

Todo o procedimento de calibração, que para os ensaios relacionados ao pedestre envolve, inicialmente, a calibração das sondas, e prossegue, com o ensaio inicial, também chamado “teste zero”, aparece esboçado, podendo-se listar as seguintes ações:

- a) calibração das sondas, ou aferição, ajuste da curvas de calibração, estes procedimentos seguem a padronização adotada pelo LAC, abrangendo:
  - efetivação de tomadas de pressão de referência, por meio da sonda de fio- quente em conjunto as sondas de pedestres, ligadas ao Scanivalve, calibradas para a velocidade média do vento<sup>101</sup>;
  - transformação dos valores de pressão [mmH<sub>2</sub>O], derivados das sondas, em dados de velocidades [m/s], considerando expressão matemática recomendada para a obtenção de coeficientes de ajustes<sup>102</sup>;
- b) definição das sondas que compuseram os ensaios, em número de 36, sendo ligadas a 72 canais do Scanivalve, para as tomadas de pressão ao nível do pedestre e ao nível do solo;
- c) disposição das sondas na mesa de ensaios e conexão com o sistema de aquisição de dados, podendo iniciar os procedimentos para o “teste zero”, alcance das referências para o experimento;
- d) inquirição da precisão do micro manômetro eletrônico ManoAir 500 para obtenção dos valores da média da diferença de pressão,  $\Delta_{pa}$ , alcançados pela leitura de dois anéis piezométricos situados na entrada da seção principal de ensaios, que deve ser de no máximo 0,03 da unidade de aquisição [mmH<sub>2</sub>O];
- e) adequação do tempo de aquisição de dados para o micro manômetro eletrônico ManoAir 500, marcando o tempo corresponde a 16 segundos (16s);
- f) verificação da pressão atmosférica,  $P_{atm}$ , por meio de barômetro eletrônico, unidade de medida [kPa];
- g) verificação da umidade do ar pelo meio de higrômetro analógico, unidade de medida [%];
- h) averiguação da temperatura dentro do túnel de vento pelo meio de micro manômetro eletrônico ManoAir acionando a tecla “Temp”, unidade de medida [°C];

<sup>101</sup> Conforme **APÊNDICE A** | CORRESPONDÊNCIA ENTRE AS TOMADAS DO MODELO E OS CANAIS DO SCANIVALVE, p. 246.

<sup>102</sup> Conforme **APÊNDICE C** | CALIBRAÇÃO DAS SONDAS, p. 249.

- i) realização do ensaio “teste zero”, considerando os dados coletados, ponderados em f), g) e h), p. 159, todos os instrumentos posicionados; e todo o sistema de leitura e aquisição ativados, inicia-se, pela:
- geração da partida do inversor, acionando o botão apropriado;
  - aplicação da frequência de 25Hz, aguarda-se até estabilizar antes de passar a outra ação;
  - obtenção de dados através do sistema de aquisição de dados, em iniciar, e do micro manômetro ManoAir 500, através da tecla “Start”;
  - anotação dos dados da média da  $\Delta_{pa}$  e da informação da temperatura, dentro do túnel, em planilha própria, estes valores foram adquiridos através do micro manômetro ManoAir 500 ao final do tempo de aquisição, 16s;
  - finalização do ensaio com a certificação da conclusão da digitação e envio dos dados ao sistema por meio dos programas aquisição.

Como já dito antes, também para os ensaios relacionados ao pedestre, o ensaio inicial denominado de “teste zero”, incluindo todo o procedimento tratado anteriormente, permite a averiguação do processo de medição, confere confiabilidade aos valores adquiridos, e ainda, garante a compatibilização das medições. Para o “teste zero”, assim como para todos os ensaios para o pedestre, as velocidades instantâneas do vento foram obtidas com taxa de aquisição de 25Hz e tempo de duração de 16s, totalizando 8.192 aquisições, sendo realizadas 512 medições por segundo.

### 6.3.5 Descrição dos ensaios

Os ensaios relacionados a medições de velocidades ao nível do pedestre para os modelos estudados, **M1** e **M2**, foram iniciados pela disposição do modelo, sobre mesa **M.II**, posicionando a marcação zero grau, na lateral direita do túnel, considerando-se o observador voltado para o sentido da ventilação, local que corresponde a janela do túnel, proporcionando precisão no ajuste dos ângulos ensaiados junto a marcação. Antes de iniciar, foram ainda acertadas as questões relacionadas ao tipo de vento simulado, turbulência e rugosidades específicas, pelo meio de dispositivos de simulação e elementos de rugosidades, colocados na câmara de simuladores e no piso do túnel, nesta ordem.

Com o modelo posicionado, instrumentado com todas as trinta e seis sondas omnidirecionais, elementos de simulação do vento dispostos, os aparelhos conectados, todo o sistema de leitura e aquisição acionado, e, logo após o “teste zero”, principia-se pela aquisição de dados referente ao ângulo  $0^{\circ}$ , marcação na mesa, que corresponde a incidência do vento  $90^{\circ}$ <sup>103</sup>, prosseguindo em ordem crescente, até o  $345^{\circ}$ , que corresponde

<sup>103</sup> Conforme **APÊNDICE B** | CORRESPONDÊNCIA ENTRE O ÂNGULO INCIDÊNCIA DO VENTO E O ÂNGULO MARCADO NA MESA, p. 249.

---

a 75°. As velocidades foram obtidas com tempo de duração de 16s e as velocidades instantâneas do vento foram com taxa de aquisição de 25Hz.

Para cada ângulo de incidência do vento ensaiada para os dois modelos, que equivale a 48 incidências de vento, sendo 24 para cada modelo, são marcadas informações em planilha adequada, adquiridas através do micro manômetro ManoAir 500, assim como, assegura-se da finalização do processo de aquisição de dados; assinalando e assegurando-se:

- a) do dado adquirido para  $\Delta_{pa}$ ;
- b) da informação acerca da temperatura, dentro do túnel;
- c) da nota de finalização do ensaio com a certificação da conclusão da digitação dos dados adquiridos pelo sensores de fio quente;
- d) do envio dos dados ao sistema por meio dos programas aquisição.

Ressalta-se que a cada rumo de vento ensaiado o modelo, mesa principal, fixado na mesa **M-II** de ensaios, foi girado buscando o ângulo correspondente a incidência de vento; para a mesa auxiliar foram feitos os ajustes necessários para cada incidência de vento, que diz respeito, sobretudo ao posicionamento de blocos representativos de edifícios presentes para a incidência ensaiada. Bem como, foram instalados os elementos geradores de turbulência e rugosidades adequadas. Observa-se que todo o processo relatado compõe as composições, que envolvem as incidências de vento, para cada um dos dois ensaios, já nomeados, **M1.CP** e **M2.CP**.

## 7 RESULTADOS OBTIDOS

### 7.1 APRECIÇÃO DOS RESULTADOS

Realizados os ensaios relacionados ao escoamento de camada limite, referente a área estudada, e ao conforto do pedestre, os dados brutos foram tratados, obtendo-se valores para os coeficientes de velocidades<sup>104</sup>, números possíveis de serem analisados, mostrados em forma de gráficos de dispersão e de gráficos polares. Examina-se, neste capítulo, a condição do escoamento para a área através da distribuição de velocidades médias junto aos modelos **M1** e **M2**, para os diversos pontos medidos, perfis de velocidades médias. Analisa-se também, as condições de vento ao nível do pedestre, adotando critérios expressos em termos de velocidade média do vento que ocorre no ambiente do pedestre, para avaliar a aceitação das condições de vento previstas baseadas na escala Beaufort.

Apresenta-se os resultados para as duas categorias de experimentos realizados, significando, escoamento de camada limite e conforto do pedestre, sendo que em relação ao primeiro experimento citado, são neste capítulo apresentadas particularmente as ocorrências localizadas em extensões ligadas a pontos determinantes, no que se refere ao conforto do pedestre. Enquanto que o segundo experimento, relacionado ao conforto do pedestre, estuda-se com maior ênfase buscando a verificação da interferência da ocupação da área pesquisada no conforto do pedestre.

### 7.2 ENSAIOS DE ESCOAMENTO DE CAMADA LIMITE

Nos experimentos relacionados ao escoamento para a área, **M1.90<sup>0</sup>**, **M1.150<sup>0</sup>**, **M2.90<sup>0</sup>** e **M2.150<sup>0</sup>**, a partir de 280 aquisições por modelo e rumo de vento ensaiado, totalizando 1.120 medições, encontrados 560 valores para cada ensaio, representados por 56 perfis verticais de velocidade, podendo ainda ser agrupados em 8 perfis longitudinais para cada experimento, em um total de 32 perfis longitudinais. Neste trabalho apresentam-se apenas duas representações através de dois perfis longitudinais, compostos pelos perfis de velocidades para **M1.90<sup>0</sup>** e **M2.90<sup>0</sup>**, e para **M1.150<sup>0</sup>** e **M2.150<sup>0</sup>**.

<sup>104</sup> Conforme capítulo 5 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL, ponto 5.4 CARACTERÍSTICAS DO VENTO NATURAL SIMULADO, item 5.4.3 Coeficiente de velocidade, p. 127.

O escoamento considerando a incidência de vento  $90^\circ$ , para os dois adensamentos, antigo e recente, referente a posição cinco, **P5**, pela representação a partir da segunda linha já aparecem perfis de velocidades sem muita conformidade com o perfil de camada limite típico, para a terceira linha a configuração do perfil de velocidade, aproxima-se do perfil de CLA. No gráfico, são mostradas as edificações, sobrepondo os dois adensamentos, Figura 71.

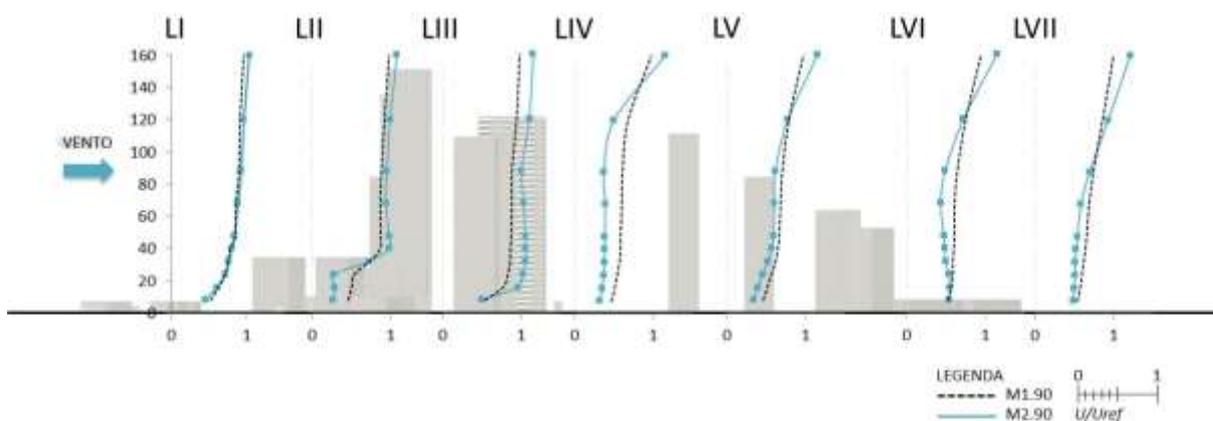


Figura 71: Perfil vertical de velocidades para o posição **P5**, em (a) para **M1.90** $^\circ$ , em linha tracejada, na cor preta, e em (b) para **M2.90** $^\circ$ , representada em linha azul, marcadores quadrados.

Enquanto que, para a incidência de vento  $150^\circ$ , também para **P5**, considerando os dois adensamentos, os perfis diferem bastante do perfil típico de CLA, e para o adensamento recente, as velocidades são sempre menores a circulação encontra-se bastante modificada, a Figura 72 mostra um perfil definido para a área.

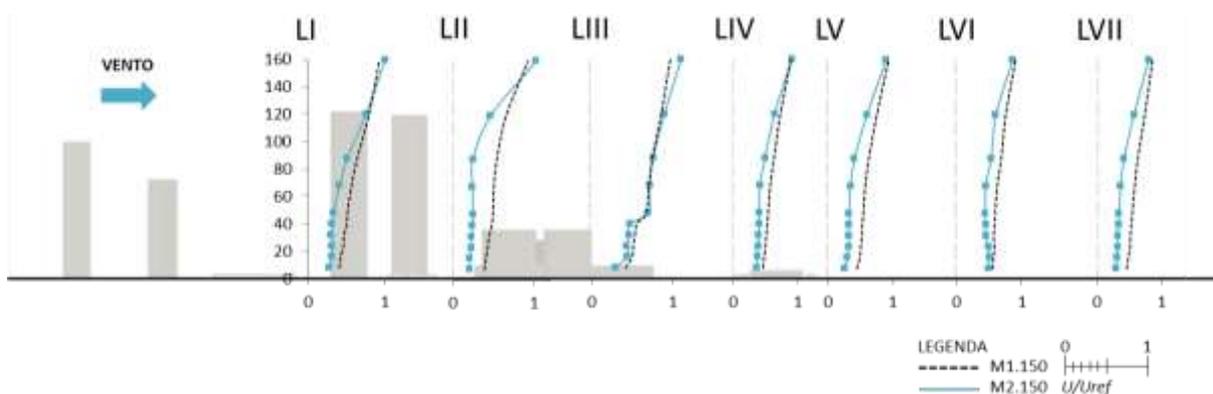


Figura 72: Perfil vertical de velocidades para o posição **P5**, em (a) para **M1.150** $^\circ$ , em linha tracejada, na cor preta, e em (b) para **M2.150** $^\circ$ , representada em linha azul, marcadores quadrados.

### 7.3 ENSAIOS DE CONFORTO DE PEDESTRES

O estudo de conforto de pedestres objeto desta pesquisa foi realizado considerando as tomadas de velocidade por meio de 36 sondas tipo Irwin para cada experimento, as velocidades obtidas nos experimentos **M1.CP** e **M2.CP** junto aos modelos. Foram registradas e configuradas em termos de coeficientes adimensionais  $C_{V1}$ <sup>105</sup>, possibilitando a análise do conjunto de dados, representados em forma de tabela<sup>106</sup>, uma para cada ensaio, e em forma de gráficos polares<sup>107</sup>, um para cada sonda. Igualmente, são apresentados resultados, em forma de tabelas<sup>108</sup>, considerando a aplicação do critério de Beaufort<sup>109</sup>, referente às velocidades do vento sobre três segundos, a dois metros de altura, para o período de recorrência de um ano, um mês e uma semana, um conjunto para cada recorrência, estas últimas tabelas também possibilitam a construção de gráficos polares<sup>110</sup>, sendo três por sonda, um para cada retorno.

Em relação às velocidades apresentadas, o LAC emprega os valores apreciados a partir das velocidades de projeto colocadas na NBR 6123/1988, que assenta a velocidade básica do vento como sendo  $V_o$ , e define, “[...] velocidade de uma rajada de 3s, exercida em média uma vez em 50 anos, a 10m acima do terreno, em campo aberto.”. As velocidades citadas, são estimadas considerando as isopletas da velocidade básica do vento, para a cidade de João Pessoa-PB<sup>111</sup>, tem-se  $V_o = 30\text{m/s}$ .

Os comentários que seguem, ponderam os dados relacionados aos coeficientes de velocidades, através dos gráficos esboçados, assim como, explicam a situação encontrada, avaliando a velocidade do vento prevista para o período de retorno de um ano, de um mês e de uma semana. A discussão foi colocada por ensaio, apresentando separadamente os resultados para os dois modelos envolvidos na pesquisa, indicados como **M1.CP** para o **adensamento antigo – M1**, e **M2.CP** para o **adensamento recente – M2**.

---

<sup>105</sup> Conforme **5 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL**, ponto 5.4 CARACTERÍSTICAS DO VENTO NATURAL SIMULADO, item 5.4.3 Coeficiente de velocidade, p. 127.

<sup>106</sup> Conforme **APÊNDICE F** | COEFICIENTES DE VELOCIDADES A DOIS METROS DE ALTURA, p. 262.

<sup>107</sup> Conforme **APÊNDICE G** | GRÁFICOS POLARES PARA COEFICIENTES DE VELOCIDADES, p. 265-278.

<sup>108</sup> Conforme **APÊNDICE H** | VELOCIDADES DO VENTO SOBRE 3 SEGUNDOS A DOIS METROS DE ALTURA, p. 278.

<sup>109</sup> Conforme capítulo **5 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL**, ponto 5.4 CARACTERÍSTICAS DO VENTO NATURAL SIMULADO, item 5.4.4 Condições de vento ao nível dos pedestres, p. 128.

<sup>110</sup> Conforme **APÊNDICE I** | GRÁFICOS POLARES PARA VELOCIDADES DO VENTO, p. 292-328.

<sup>111</sup> Conforme **ANEXO A** | ISOPLETAS DA VELOCIDADE BÁSICA DO VENTO, p. 328.

### 7.3.1 Análise das condições de conforto em relação ao vento para **M1.CP**

Retomando algumas discussões já proporcionadas, coloca-se que a vizinhança antiga, atenta para um adensamento anterior, situação encontrada há aproximadamente oito anos, e que serve de base para o entendimento dos acontecimentos relacionados ao regime dos ventos para o meio urbano, e sua direta relação e influência no ambiente do pedestre, interferindo no conforto destes. Cabe ainda ressaltar, que para uma sonda, posição de número 20, os dados obtidos encontram-se com erros, impossibilitando a análise desta posição para este experimento.

#### 7.3.1.1 Coeficientes de velocidade

Pela análise dos coeficientes de velocidade, considerando o ensaio realizado para o modelo **M1**, denominado **M1.CP**, percebe-se que existe uma homogeneidade na conformação da distribuição dos coeficientes encontrados para as sondas, de modo geral pode-se dizer que a totalidade das sondas, trinta e seis posições estudadas, apresentam representação gráfica semelhante, visualizada por meio da observação dos gráficos polares<sup>112</sup>. A abrangência predominante concentra-se para os valores de  $C_{V1}$  entre 0,4 e 0,8, o mesmo que dizer, as velocidades no nível do pedestre permanecem, no ensaio que trata do adensamento antigo, entre 40% e 80% da velocidade de referência.

Atesta-se então, que os valores encontrados são sempre menores que a velocidade de referência, para todas as incidências envolvidas na pesquisa. Entende-se também, que não há grandes variações dos valores encontrados para  $C_{V1}$ , estes, agrupam-se entre **0,96** e **0,22**, maior e menor valor avaliados, e referem-se a sonda **1** e sonda **20**, respectivamente, destacando as incidências, referente a posição **1** para **0°**, e alusiva a posição **20** para **255°** e **270°**, sendo que, o menor valor foi encontrado duas vezes, para duas incidências da sonda **20**.

Na Figura 73, p. 166, pode-se visualizar a distribuição dos coeficientes de velocidade, mostrados para as sondas **1** e **20**, na figura aparece marcada a indicação dos valores questionados. Percebe-se pela análise da figura uma distribuição concêntrica, e visualmente, os dados encontram-se com valores bastante próximos, o que é percebido em todo o conjunto obtido através do experimento **M1.CP**, sendo assim, pode-se dizer que o comportamento do vento no nível do pedestre apresenta-se de forma relativamente linear, sem grandes variações.

<sup>112</sup> Conforme **APÊNDICE G** | GRÁFICOS POLARES PARA COEFICIENTES DE VELOCIDADES, p. 265-278.

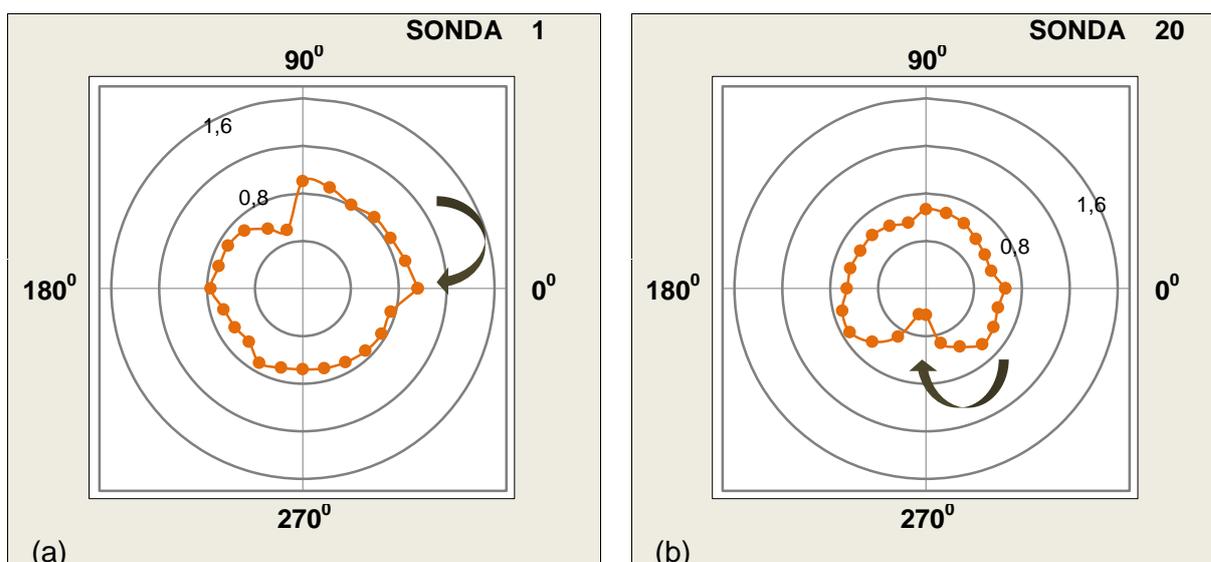


Figura 73: Distribuição dos coeficientes de velocidade,  $C_{V1}$ , em função do ângulo de incidência do vento, para o ensaio **M1.CP**, destacando, em (a) sonda **1**, o maior valor encontrado, **0,96**, para  $0^{\circ}$ ; e em (b) sonda **20**, o menor valor encontrado, **0,22**, para  $255^{\circ}$  e  $270^{\circ}$ .

Pode-se assinalar que, analisando os coeficientes de velocidade definidos para o nível do pedestre, situação antiga, que apenas 38,9% das sondas, catorze no total, apresentam pelo menos um dado referente a  $C_{V1}$  acima de 0,8; permanecendo mais de 60,0% das posições com valores inferiores a 0,8. Admite-se, para este experimento, que os valores de velocidade do vento, para o ambiente do pedestre encontram-se estabelecidos a menos de 80,0% da velocidade do vento a uma altura de referência, neste estudo 160,0m.

### 7.3.1.2 Critério de Beaufort

Pela análise dos dados sob a ótica do critério de Beaufort, para o ensaio realizado para o modelo **M1**, **M1.CP**, são relevantes os dados aferidos para a velocidade. Os dados são avaliados seguindo o comentário inicial, que analisa a classificação utilizada para as sondas segundo atividades identificadas, de acordo com as posições correspondentes, considerando os critérios de conforto admitidos pelo LAC, contidos no Quadro 10, p. 129, sendo definidos quatro grupos. Seguindo, por anotações relativas a análise e ao indicativo de quais atividades podem ser realizadas com critérios de aceitação aconselhável, para cada uma das trinta e seis posições estudadas. Alerta-se que foram realizadas avaliações para cada período de retorno estudado, sendo, um ano, um mês e uma semana<sup>113</sup>.

<sup>113</sup> **APÊNDICE H** | VELOCIDADES DO VENTO SOBRE 3 SEGUNDOS A DOIS METROS DE ALTURA, p. 279.

### 7.3.1.2.1 Nível de conforto relativo para as posições estudadas

A análise dos níveis de conforto relativo corresponde ao julgamento da classificação atribuída pela pesquisa junto as posições para cada sonda, colocadas no Quadro 16, p. 154 e na Figura 67, p. 155. Como dito, foram conferidos quatro grupos, sendo relacionadas as atividades postas para os locais estabelecidos, que detêm o posicionamento das sondas, consistindo em, **caminhando rapidamente (1)**; **passeio e atividades de carga e descarga (2)**; **parado, curta exposição (3)**; e **parado, sentado, longa exposição (4)**. Enfatiza-se, que essa análise considera argumentos para o período de retorno de um ano, um mês e uma semana, postas no Quadro 10, p. 129.

#### 7.3.1.2.1.1 Período de retorno de um ano

Para o período de retorno de um ano, os maiores valores encontrados, para as quatro atividades reconhecidas, referem-se a **Beaufort 5 – vento regular**, ocorrendo para vinte e seis posições, para pelo menos uma incidência de vento. A máxima ocorrência por posição acontece para a posição referente à sonda **1**, que apresenta **Beaufort 5** para sete incidências de vento, sendo, entre **0°** e **90°**. Com apenas uma incidência referente para **Beaufort 5**, enquadram-se onze posições, o vento incidindo a **0°**, ocorre para as posições referentes às sondas **17, 18, 23, 24, 30 e 33**, para a incidência **15°**, as posições atinentes as sondas **10, 11, 13 e 15**, e para a incidência **30°**, unicamente a sonda **4**.

Ainda considerando **Beaufort 5**, outras incidências de vento são anotadas entre o máximo, de sete ocorrências, e o mínimo, de uma ocorrência, referem-se a cinco incidências de vento, para uma única posição, referente a sonda **18**, incidindo de **15° a 60° e 90°**. Considerando quatro ocorrências, acontecem para três posições, relacionadas à sonda **5** de **30° a 75°**, sonda **8** para **0°, 15°, 45° e 60°** e sonda **34** para **75°, 135°, 180° e 240°**. Três incidências de vento ocorrem para cinco posições, sendo, sonda **14** para **0°, 15° e 90°**, sondas **26 e 28** de **60° a 90°**, **29** para **75°, 90° e 240°**, **31** para **45°, 60° e 90°**. Por último, duas incidências, para três posições, sonda **7** para **45° e 90°**, sonda **9** para **0° e 30°**, e sonda **21** para **90° e 240°**.

O valor máximo para mais nove posições, das dez que restam, acontece para valores de **Beaufort 4 – vento moderado**, para as posições referentes às sondas **2, 3, 6, 12, 16, 20, 25, 27 e 36**, para estas sondas este valor é predominante para a maioria das incidências de vento. O número **Beaufort 4**, ainda corresponde ao **maior número de observações**, valores mais frequentes para o período de retorno em questão, outros valores localizados referem-se a **Beaufort 3 – vento suave** e a **Beaufort 2 – brisa**. **Beaufort 3**, ocorre para vinte e nove posições referentes as sondas analisadas,

satisfazendo a pelo menos uma incidência de vento. Para o período de retorno estudado, o menor valor encontrado indica **Beaufort 2**, que ocorre para apenas cinco posições instrumentadas, das trinta e cinco avaliadas, assim distribuídas, duas posições com duas ocorrências, posição **12** para **225<sup>o</sup>** e **240<sup>o</sup>** e posição **20** para **255<sup>o</sup>** e **270<sup>o</sup>**, e outras três posições detêm apenas uma ocorrência, posição **14** para **300<sup>o</sup>**, posição **16** para **315<sup>o</sup>** e posição **31** para **345<sup>o</sup>**.

O critério de aceitação, para o período em análise, é de que ocorra **Beaufort 8**, menos de uma vez por ano, para todas as quatro atividades elencadas, valores abaixo, representam para as posições a condição de “**aceitável**”, portanto, **aconselhável**, e acima, a condição de “**perigosa**”, deste modo, **desaconselhável**. Então, baseando-se nos critérios de conforto estabelecidos a partir da escala Beaufort, Quadro 10, p. 129, verifica-se que **trinta e cinco posições instrumentadas**, possíveis de ponderação, para o período de retorno de um ano, apresentam, em relação ao **critério de aceitação**, a condição de **aconselhável**, pois, o valor máximo encontrado para todas as posições equivale a **Beaufort 5**.

Avaliando agora o **nível de conforto relativo**, para cada atividade proposta, e para o período de retorno de um ano, considerando os valores encontrados relativos a **Beaufort 2**, **Beaufort 3**, **Beaufort 4** e **Beaufort 5**, que ocorrem para praticamente todas as atividades. Exceto, para a situação **parado, sentado, longa exposição (4)**, que não apresenta nenhuma posição com o número de **Beaufort 5**. Faz-se então constatações, para cada uma das atividades indicadas no Quadro 16, p. 154, considerando a análise do Quadro 10, p. 129, dados relacionados ao período de retorno de um ano.

Inicia-se estimando o **nível de conforto relativo** para período de recorrência de um ano, diante da atividade **caminhando rapidamente (1)**, sondas **2, 3, 5, 10, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22<sup>114</sup>, 23, 24, 25, 26, 29, 31, 32, 33, 35** e **36**, para vinte sondas analisadas, encontram-se velocidades do vento relacionadas à escala Beaufort que correspondem a **Beaufort 2, Beaufort 3, Beaufort 4** e **Beaufort 5**. Pela apreciação do Quadro 10, p. 129 o valor da escala Beaufort recomendado como aceitável, considerando a atividade e o período de retorno em questão refere-se à ocorrência de **Beaufort 8** menos de uma vez por ano.

Analisando o Quadro 18, p. 169, para todas as situações o nível de conforto foi indicado como **perceptível**, sabe-se que o valor que configura o nível de conforto relativo – **perceptível** refere-se a **Beaufort 5**, então, as posições qualificadas como **Beaufort 2, Beaufort 3** e **Beaufort 4**, valores menores do que esta referência, abaixo do limite indicado,

<sup>114</sup> Os dados para a sonda 22 no experimento **M1.CP**, modelo **M1**, apresentaram erro, impossibilitando a análise.

são também enquadradas na categoria **perceptível**. Considerando, em seguida, as posições indicadas com **Beaufort 5**, estas já se encontram com valores próprios para a condição de **perceptível**. Visualiza-se também, em funções dos dados encontrados, para as posições classificadas para os locais em que os pedestres encontram-se **caminhando rapidamente (1)**, vinte sondas, a condição que confere às posições a qualidade de “**aceitável**”, portanto a condição de **aconselhável** para o período de retorno de um ano.

ATIVIDADE	ESCALA BEAUFORT	POSIÇÕES/SONDA	NÍVEL DE CONFORTO RELATIVO
<b>(1)</b> CAMINHANDO RAPIDAMENTE	BEAUFORT 2	16 E 31	PERCEPTÍVEL (*)
	BEAUFORT 3	2, 3, 5, 10, 15, 16, 17, 18, 19, 23, 24, 25, 29, 31, 32, 33 E 36	PERCEPTÍVEL (*)
	BEAUFORT 4	2, 3, 5, 10, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 23, 24, 25, 26, 29, 31, 32, 33, 35 E 36	PERCEPTÍVEL (*)
	BEAUFORT 5	5, 10, 15, 17, 18, 19, 21, 23, 24, 26, 29, 31, 32, 33 E 35	PERCEPTÍVEL
<b>CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO</b>		<b>ACONSELHÁVEL</b>	<b>“ACEITÁVEL”</b>

(\*) Unidade de Beaufort encontrada, menor que o valor recomendado.

Quadro 18: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **caminhando rapidamente (1)**, ensaio **M1.CP**, período de retorno de um ano.

Continuando, pondera-se a atividade relacionada a **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, quatro posições, sendo sondas **4, 12, 27 e 30**, para o período de recorrência de um ano, encontram-se velocidades do vento relacionadas à números de Beaufort, correspondentes a **Beaufort 2, Beaufort 3, Beaufort 4 e Beaufort 5**. Considerando o Quadro 10, p. 129 o valor da escala Beaufort indicado como aceitável, para a atividade e o período de retorno estudado, cita-se também **Beaufort 8** para menos de uma ocorrência por ano.

Significando assim, diante dos valores indicados como **Beaufort 2 e Beaufort 3**, que se encontram menores do que a referência, portanto, da mesma forma que para a atividade caminhando rapidamente (1), o nível de conforto relativo foi indicado como **perceptível**. As sondas referenciadas como **Beaufort 4**, apresentam nível de conforto relativo – **perceptível**. Enquanto que as posições indicadas como **Beaufort 5**, acham-se com nível de conforto relativo – **tolerável**.

Anotações referentes ao Quadro 19, sintetizam as condições encontradas para a atividade e período de recorrência, indicam para as quatro posições relacionadas à atividade **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, ou seja, para as posições estabelecidas para esta atividade, dados que refletem, a condição recomendada como **aconselhável**, portanto **“aceitável”** para o período de retorno de um ano.

ATIVIDADE	ESCALA BEAUFORT	POSIÇÕES/SONDA	NÍVEL DE CONFORTO RELATIVO
(2) PASSEIO, ATIVIDADES DE CARGA E DESCARGA	BEAUFORT 2	12	PERCEPTÍVEL (*)
	BEAUFORT 3	4, 12 E 30	PERCEPTÍVEL (*)
	BEAUFORT 4	4, 12, 27 E 30	PERCEPTÍVEL
	BEAUFORT 5	4 E 30	TOLERÁVEL
CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO		ACONSELHÁVEL	“ACEITÁVEL”

(\*) Unidade de Beaufort encontrada, menor que o valor recomendado.

Quadro 19: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, ensaio **M1.CP**, período de retorno de um ano.

Agora, em relação à atividade **parado, curta exposição (3)**, posições **6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 20 e 28**, no total de nove, considerando o período de recorrência de um ano, assim como para as outras atividades já estudadas, encontram-se velocidades do vento relacionadas a números de **Beaufort 2, Beaufort 3, Beaufort 4 e Beaufort 5**. De acordo com o Quadro 10, p. 129 o valor da escala Beaufort preconizado como aceitável, para a atividade e o período de retorno avaliado, refere-se a **Beaufort 8** para menos de um episódio por ano.

Para a atividade **parado, curta exposição (3)** pela apreciação do Quadro 10, p. 129, os valores para as posições recomendadas como número de **Beaufort 2**, são designados como nível de conforto relativo – **perceptível**, considera-se esta condição também para dados encontrados menores do que o mencionado. As sondas indicadas como **Beaufort 3** apresentam nível de conforto relativo – **perceptível**. Para a indicação referente a **Beaufort 4** tem-se nível de conforto relativo – **tolerável**. Por último, a indicação **Beaufort 5**, atribuí às posições assim referenciadas nível de conforto relativo – **desconfortável**. No Quadro 20, p. 171, são colocados os valores notados para a situação estudada.

ATIVIDADE		ESCALA BEAUFORT	POSIÇÕES/SONDA	NÍVEL DE CONFORTO RELATIVO
(3)	PARADO (CURTA EXPOSIÇÃO)	BEAUFORT 2	14 E 20	PERCEPTÍVEL (*)
		BEAUFORT 3	6, 7, 8, 9, 11, 13, 14 E 20	PERCEPTÍVEL
		BEAUFORT 4	6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 20 E 28	TOLERÁVEL
		BEAUFORT 5	7, 8, 9, 11, 13, 14 E 28	DESCONFORTÁVEL
CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO			ACONSELHÁVEL	“ACEITÁVEL”

(\*) Unidade de Beaufort encontrada, menor que o valor recomendado.

Quadro 20: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **parado, curta exposição (3)**, ensaio **M1.CP**, período de retorno de um ano.

As situações anotadas como desconfortável no Quadro 20, foram observadas para as sondas e respectivas incidências de vento, no caso, sondas enquadradas como **Beaufort 5**, colocam-se, sonda **7** para **45°** e **90°**; sonda **8** para **0°**, **15°**, **45°** e **60°**; sonda **9** para **0°** e **30°**; sondas **11** e **13** para **15°**; sonda **14** para **0°**, **15°** e **90°**; e sonda **29** de **60°** a **90°**. As indicações, que se encontram referenciadas como de possível desconforto, de acordo com o critério de aceitação, para a prática da atividade **parado, curta exposição (3)**, considera-se a condição de “**aceitável**”, por conseguinte, **aconselhável**, para o período de retorno de um ano, para as nove posições assim indicadas.

Analisando a última atividade listada, que corresponde a **parado, sentado, longa exposição (4)**, sondas **1** e **34**, ainda considerando o período de recorrência de um ano, para as duas posições notadas, observa-se referências a **Beaufort 3**, **Beaufort 4** e **Beaufort 5**. De acordo com o Quadro 10, p. 129 o valor da escala Beaufort indicado como aceitável, para a atividade e o período de retorno avaliado, relaciona-se a **Beaufort 8**, sendo que, para menos de uma ocorrência por ano.

Pela análise do Quadro 21, p. 172, os dados indicados como **Beaufort 3**, referem-se ao nível de conforto relativo – **tolerável**. Os relacionados à **Beaufort 4** conferem as posições nível de conforto relativo – **desconfortável**. Considerando, então, as posições que apresentam número de **Beaufort 5**, que se acham localizadas com um número a mais que o valor recomendado como nível de conforto relativo desconfortável, mas abaixo da indicação

de perigoso, sendo assim, consideram-se as situações elencadas, com nível de conforto relativo – **desconfortável**.

ATIVIDADE	ESCALA BEAUFORT	POSIÇÕES/SONDA	NÍVEL DE CONFORTO RELATIVO
(4) PARADO, SENTADO (LONGA EXPOSIÇÃO)	BEAUFORT 3	1	TOLERÁVEL
	BEAUFORT 4	1 E 34	DESCONFORTÁVEL
	BEAUFORT 5	1 E 34	DESCONFORTÁVEL (**)
<b>CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO</b>		<b>ACONSELHÁVEL</b>	<b>“ACEITÁVEL”</b>

(\*\*) Unidade de Beaufort encontrada, maior que o valor recomendado e menor que o valor indicado como nível de conforto relativo perigoso.

Quadro 21: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**, ensaio **M1.CP**, período de retorno de um ano.

No Quadro 21, as situações recomendadas como **Beaufort 4**, colocadas como desconfortável, relacionam-se as sondas e respectivas incidências de vento, sonda **1**, para dezesseis incidências, sendo de **120°** a **345°**, e sonda **34**, para vinte incidências, sendo de **0°** a **60°**, de **90°** a **120°**, **150°**, **165°**, de **195°** a **225°**, e de **255°** a **345°**. Considerando, então, as sondas postas como **Beaufort 5** e respectivas incidências de vento, também indicadas como desconfortável, têm-se, sonda **1**, para sete incidências, sendo de **0°** a **90°**, e sonda **34**, para quatro incidências, sendo **75°**, **135°**, **180°** e **240°**.

As circunstâncias sugeridas como de possível desconforto, considerando a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**, são indicadas como condição **aconselhável**, conseqüentemente, **“aceitável”** para o período de retorno de um ano, para as duas sondas, e respectivas incidências de vento.

A avaliação acerca dos **critérios de conforto** balizados na escala Beaufort, para o período de retorno de um ano, coloca a condição de **aconselhável**, então, julga-se **“aceitável”**, cada uma das posições dispostas no modelo **M1**, ensaio **M1.CP**, considerando o **período de recorrência de um ano**. Analisando ainda o mesmo período de retorno em questão, incluindo, da mesma forma, todas as atividades e posições alistadas, determinam-se, também, **níveis de conforto relativo** para cada posição, associada à atividade proposta, sendo, neste caso, a posição menos adequada, apreciada como **desconfortável**,

sendo considerada “aceitável” para o período de retorno de um ano, para todos os casos reconhecidos, assumindo a condição de aconselhável.

#### 7.3.1.2.1.2 Período de retorno de um mês

Os máximos valores, para o período de recorrência de um mês, considerando as quatro atividades reconhecidas, referem-se a **Beaufort 4 – vento moderado**, acontecendo para vinte e sete posições, sendo observada para pelo menos uma incidência de vento. O maior número de ocorrências por posição ocorre para a sonda **1** que apresenta **Beaufort 4** para sete incidências de vento, lista-se, entre  $0^{\circ}$  e  $90^{\circ}$ . Para uma única ocorrência de **Beaufort 4**, abrange-se oito posições, o vento incidindo a  $0^{\circ}$ , ocorre para as posições referentes às sondas **17, 19, 23 e 24**, para a incidência  $15^{\circ}$ , as posições atinentes as sondas **11 e 13**, e para a incidência  $30^{\circ}$ , apenas a sonda **4**, assim como, para a incidência  $90^{\circ}$ , que se refere exclusivamente a sonda **25**.

Analisando **Beaufort 4**, para diferentes incidências de vento que acontecem entre a máxima, sete ocorrências, e a mínima, uma ocorrência, citam-se seis incidências de vento, para duas posições, referente à sonda **18**, incidindo de  $0^{\circ}$  a  $60^{\circ}$  e a  $90^{\circ}$ , e a sonda **26**, incidindo de  $0^{\circ}$  a  $30^{\circ}$  e de  $60^{\circ}$  a  $90^{\circ}$ . Considerando cinco ocorrências, que incidem para apenas uma posição, sendo a sonda **34** para  $60^{\circ}$ ,  $75^{\circ}$ ,  $135^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$  e  $240^{\circ}$ . Quatro incidências de vento ocorrem para duas posições, sendo, a sonda **5** de  $30^{\circ}$  a  $75^{\circ}$ , e a sonda **8** para  $0^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$  e  $60^{\circ}$ . Acontecem três ocorrências para cinco posições, sonda **7** para  $45^{\circ}$ ,  $75^{\circ}$  e  $90^{\circ}$ , sonda **28** de  $60^{\circ}$  a  $90^{\circ}$ , sonda **29** para  $75^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$  e  $240^{\circ}$ , sonda **31** para  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$  e  $90^{\circ}$ , sonda **32** de  $0^{\circ}$  e  $30^{\circ}$ . Por último, duas incidências, para seis posições, indica-se a posição e a incidência de vento, sonda **9** para  $0^{\circ}$  e  $30^{\circ}$ , sonda **10** para  $15^{\circ}$  e  $30^{\circ}$ , sonda **15, 30 e 33** para  $0^{\circ}$  e  $15^{\circ}$ , sonda **21** para  $90^{\circ}$  e  $240^{\circ}$ , sonda **35** para  $30^{\circ}$  e  $60^{\circ}$ .

Dentre as oito posições restantes, possíveis de serem avaliadas, os valores máximos anotados correspondem a **Beaufort 3 – vento suave**, que acontecem para as posições **2, 3, 6, 12, 16, 20, 27 e 36**, para estas sondas, **Beaufort 3** é o valor dominante para a maioria das incidências. Para o período de recorrência de um mês, também o número **Beaufort 3**, corresponde ao de maior número de observações, valor mais frequente.

Os menores valores apresentados aparecem atendendo a **Beaufort 2 – brisa**, e **Beaufort 1 – aragem**, vento muito brando. **Beaufort 2** acontecem para vinte e três posições relacionadas às sondas analisadas, satisfazendo a pelo menos uma incidência de vento. O menor valor encontrado, para a escala Beaufort, que corresponde a **Beaufort 1**, ocorre para somente uma posição instrumentada, das trinta e cinco avaliadas, para duas ocorrências, sendo a posição **20** para as incidências  $255^{\circ}$  e  $270^{\circ}$ .

Como critério de aceitação para o período de retorno de um mês, para as atividades **caminhando rapidamente (1)**, **passando, atividades de carga e descarga (2)**, **parado, curta exposição (3)** e **parado, sentado, longa exposição (4)** considera-se os valores correspondentes a **Beaufort 7**, **Beaufort 6**, **Beaufort 5** e **Beaufort 4**, respectivamente, para menos de uma ocorrência por mês. Para todas as situações encontradas, o limite abaixo dos números indicados como referência representam para as posições a condição de **aconselhável**, portanto, “**aceitável**”, e igual ou acima das mesmas indicações indica-se como **desaconselhável**, deste modo, “**desconfortável**”.

Portanto em relação aos critérios de conforto definidos conforme a escala Beaufort, Quadro 10, p. 129, considerando as trinta e cinco posições instrumentadas, aceitáveis para análise, para o período de retorno de um mês, como o número máximo encontrado refere-se a **Beaufort 4**. Indica-se para as sondas relacionadas à atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**, desde que encontrados valores correspondentes a estes números, condições **desaconselhável**, quanto ao critério de aceitação.

Para o **nível de conforto relativo**, considerando cada atividade indicada para o período de retorno de uma semana, os valores encontrados relativos à **Beaufort 1**, ocorrem para apenas uma sonda, uma atividade, **parado, curta exposição (3)**, e relativos à **Beaufort 2**, **Beaufort 3** e **Beaufort 4**, ocorrem para todas as sondas, para as quatro atividades elencadas. Adota-se, também, para os dados relacionados ao período de retorno de um mês, colocações particulares para cada atividade, a partir da apreciação do Quadro 16, p. 154, considerando a análise do Quadro 10, p. 129.

Analisando o período de retorno de um mês, começando pela atividade **caminhando rapidamente (1)**, sendo classificadas para esta atividade as vinte sondas demarcadas, **2, 3, 5, 10, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22<sup>115</sup>, 23, 24, 25, 26, 29, 31, 32, 33, 35** e **36**, e encontrando os valores correspondentes a números de **Beaufort 2**, **Beaufort 3** e **Beaufort 4**. O valor indicado como aceitável para essa atividade, para o período de retorno avaliado, de acordo com o Quadro 10, p. 129, tem-se o número de **Beaufort 7** considerando a ocorrência de menos de uma vez por mês, critério de aceitação.

Para todas as situações elencadas no Quadro 22, p. 175, o nível de conforto foi indicado como **perceptível**, sendo que, o valor que configura o **nível de conforto relativo – perceptível** para o período de retorno em questão, e refere-se a **Beaufort 5**. Os valores encontrados estão menores que a referência, achando-se abaixo do limite indicado, contudo, do mesmo modo, são assim considerados. Sendo assim, a atividade **caminhando**

<sup>115</sup> Os dados para a sonda 22 no experimento **M1.CP**, modelo **M1**, apresentaram erro, impossibilitando a análise.

**rapidamente (1)**, designada para vinte posições, é indicada com a condição de **aconselhável**, conseqüentemente “**aceitável**”, para o período de retorno de um mês.

ATIVIDADE	ESCALA BEAUFORT	POSIÇÕES/SONDA	NÍVEL DE CONFORTO RELATIVO	
(1)	CAMINHANDO RAPIDAMENTE	BEAUFORT 2	2, 3, 5, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 24, 25, 31, 32 E 33	PERCEPTÍVEL (*)
		BEAUFORT 3	2, 3, 5, 10, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 23, 24, 25, 26, 29, 31, 32, 33, 35 E 36	PERCEPTÍVEL (*)
		BEAUFORT 4	5, 10, 15, 17, 18, 19, 21, 23, 24, 25, 26, 29, 31, 32, 33 E 35	PERCEPTÍVEL (*)
CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO		ACONSELHÁVEL	“ACEITÁVEL”	

(\*) Unidade de Beaufort encontrada, menor que o valor recomendado.

Quadro 22: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **caminhando rapidamente (1)**, ensaio **M1.CP**, período de retorno de um mês.

Passa-se então, para a atividade alistada como **passeando, atividades de carga e descarga (2)**, quatro posições, sendo **4, 12, 27 e 30**, foram encontrados valores correspondentes a escala Beaufort referentes à **Beaufort 2, Beaufort 3 e Beaufort 4**. Pela apreciação do Quadro 10, p. 129 o valor da escala Beaufort recomendado como aceitável, considerando a atividade e o período de retorno em questão refere-se a **Beaufort 6** para menos de uma ocorrência por mês. No Quadro 23, encontra-se de maneira resumida os valores colocados, resultantes das análises, e determinada para cada uma das posições.

ATIVIDADE	ESCALA BEAUFORT	POSIÇÕES/SONDA	NÍVEL DE CONFORTO RELATIVO	
(2)	PASSEIO, ATIVIDADES DE CARGA E DESCARGA	BEAUFORT 2	12	PERCEPTÍVEL (†)
		BEAUFORT 3	4, 12 E 30	PERCEPTÍVEL (†)
		BEAUFORT 4	4, 12, 27 E 30	PERCEPTÍVEL
CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO		ACONSELHÁVEL	“ACEITÁVEL”	

(†) Unidade de Beaufort encontrada, menor que o valor recomendado.

Quadro 23: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, ensaio **M1.CP**, período de retorno de um mês.

Incidido ainda a análise acerca dos níveis de conforto relativo para as posições estudadas relacionadas à atividade indicada no Quadro 23, p. 175, identifica-se que todas as posições estão enquadradas como nível de conforto relativo – **perceptível**, sendo que as posições para as quais ocorre **Beaufort 2** e **Beaufort 3**, apresentam valores menores que os indicados para o referido nível de conforto. Então, se aceita todas as posições indicadas para a atividade **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, pelos critérios de conforto e indica-se, portanto a condição de **aconselhável**, logo, “**aceitável**”, para o período de retorno de um mês.

Ponderando, mais uma atividade, colocada como **parado, curta exposição (3)**, anotam-se nove posições, **6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 20** e **28**, avaliando para o período de recorrência de um mês, assim como para as outras atividades já estudadas, encontra-se velocidades do vento relacionadas a números de **Beaufort 1, Beaufort 2, Beaufort 3** e **Beaufort 4**. De acordo com o Quadro 10, p. 129 o valor da escala Beaufort indicado como aceitável, para a atividade e o período de retorno avaliado, refere-se a **Beaufort 5** para menos de uma ocorrência por mês, no Quadro 24, são colocados os valores notados para a situação estudada.

ATIVIDADE	ESCALA BEAUFORT	POSIÇÕES/SONDA	NÍVEL DE CONFORTO RELATIVO
<b>(3)</b>	PARADO (CURTA EXPOSIÇÃO)		
	BEAUFORT 1	20	PERCEPTÍVEL (*)
	BEAUFORT 2	6, 8, 9, 13, 14 E 20	PERCEPTÍVEL (*)
	BEAUFORT 3	6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 20 E 28	PERCEPTÍVEL
	BEAUFORT 4	7, 8, 9, 11, 13, 14 E 28	TOLERÁVEL
<b>CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO</b>		<b>ACONSELHÁVEL</b>	<b>“ACEITÁVEL”</b>

(\*) Unidade de Beaufort encontrada, menor que o valor recomendado.

Quadro 24: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **parado, curta exposição (3)**, ensaio **M1.CP**, período de retorno de um mês.

As posições recomendadas com número de **Beaufort 1** e **Beaufort 2**, são designadas como nível de conforto relativo **perceptível**, mesmo os dados encontrados sendo menores do que o mencionado, como ocorre em outras situações semelhantes. As sondas indicadas como **Beaufort 3** apresentam nível de conforto relativo – **perceptível**.

Para a indicação referente a **Beaufort 4** tem-se nível de conforto relativo – **tolerável**. Sendo assim, para todas as posições classificadas para a atividade **parado, curta exposição (3)**, recomenda-se, indicando-se como circunstância “**aceitável**”, por conseguinte, condição **aconselhável** para o período de retorno de um mês.

A última a atividade analisada trata-se de estar **parado, sentado, longa exposição (4)**, as posições notadas, posição **1** e **34**, duas no total, para o período de retorno de um mês, as velocidades do vento encontradas referem-se a **Beaufort 3** e **Beaufort 4**. Visualizando o Quadro 10, p. 129, considera-se como valor de referência, para a atividade quanto ao critério de aceitação, menos de uma ocorrência do número **Beaufort 4** por mês. Encontram-se no Quadro 25, os resultados da avaliação realizada para a atividade mencionada, e período de retorno de um mês.

ATIVIDADE	ESCALA BEAUFORT	POSIÇÕES/SONDA	NÍVEL DE CONFORTO RELATIVO
(4) PARADO, SENTADO (LONGA EXPOSIÇÃO)	BEAUFORT 3	1 E 34	TOLERÁVEL
	BEAUFORT 4	1 E 34	DESCONFORTÁVEL
CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO		DESACONSELHÁVEL	“DESCONFORTÁVEL”

Quadro 25: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**, ensaio **M1.CP**, período de retorno de um mês.

No Quadro 25, os valores indicados como **Beaufort 3** apresentam nível de conforto relativo – **tolerável**, e os indicados como **Beaufort 4** proporcionam nível de conforto relativo – **desconfortável**. Analisando para **Beaufort 4**, as sondas encontradas e respectivas incidências de vento, caracterizadas como de possível desconforto, correspondem a sonda **1** de **0°** a **90°**, sete ocorrências; e a sonda **34** para **60°**, **75°**, **135°**, **180°** e **240°**, cinco ocorrências. As circunstâncias indicadas em relação ao nível de conforto relativo, considerando a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**, para a ocorrência de **Beaufort 4**, situação de desconforto, são postas pelo critério de aceitação como posição “**desconfortável**”, portanto condição **desaconselhável** para o período de retorno de um mês.

As condições comentadas e analisadas diante da escala Beaufort, em relação aos **critérios de conforto**, conferem posições fora de perigo, “**aceitável**”, e, enquadradas como

condição **aconselhável**, para as atividades **caminhando rapidamente (1)**, **passeando, atividades de carga e descarga (2)** e **parado, curta exposição (3)**, considerando o modelo **M1**, ensaio **M1.CP**, para o período de retorno de um mês. Avaliando ainda o período de retorno de um mês, para a atividade **(4) parado, sentado por longo período**, encontram-se referências relacionadas à condição de nível de conforto relativo **desaconselhável**, sendo, então, para a ocorrência estudada, aferida a característica de “**desconfortável**” a posição, considerando, da mesma forma, o ensaio **M1.CP**.

#### 7.3.1.2.1.3 Período de retorno de uma semana

Considerando o período de retorno de uma semana, das trinta e cinco posições possíveis de análise, apenas uma apresenta algarismo máximo equivalente a **Beaufort 4 – vento moderado**, sendo também para apenas uma incidência, que corresponde para a posição **1**, incidência **0<sup>o</sup>**. Considerando então, as ocorrências de **Beaufort 3 – vento suave**, que ocorre para todas as posições analisáveis, citando as posições, **1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35** e **36**. Para o período de recorrência de uma semana, o número **Beaufort 3**, corresponde ainda, ao de **maior número de observações**, valor mais frequente.

Analisando o número de ocorrências por sonda para **Beaufort 3**, pode-se colocar inicialmente que apenas uma posição configura-se com todos os valores pertencentes a **Beaufort 3**, posição **34**, para as vinte e quatro diferentes incidências de vento. E, três posições apresentam **Beaufort 3** para vinte e três incidências, a posição **21**, incidências de **0<sup>o</sup>** a **330<sup>o</sup>**, a posição **26**, incidências de **0<sup>o</sup>** a **240<sup>o</sup>** e de **270<sup>o</sup>** a **345<sup>o</sup>**, e a posição **35**, incidências de **0<sup>o</sup>** a **285<sup>o</sup>** e de **315<sup>o</sup>** a **345<sup>o</sup>**. O menor número de ocorrências para **Beaufort 3** refere-se a seis ocorrências por sonda, acontecendo para a posição **2** para as incidências de **0<sup>o</sup>** a **30<sup>o</sup>**, **60<sup>o</sup>**, **90<sup>o</sup>** e **165<sup>o</sup>**; e posição **31** para as incidências de **30<sup>o</sup>** a **90<sup>o</sup>** e **255<sup>o</sup>**.

Ainda avaliando **Beaufort 3**, para diferentes posições das sondas, percebe-se a concentração para a incidência de **0<sup>o</sup>** a **90<sup>o</sup>**, que acontece para vinte e três, das trinta e cinco posições analisadas, sendo as posições **3, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 34, 35** e **36**, e que equivale ao **vento mar**. As ocorrências de **Beaufort 3** incidem para apenas uma sonda, para até dez ocorrências, sendo que, acima deste valor as ocorrências acontecem para mais posições. Catorze ocorrências por posição aparecem para um maior número de sondas, sendo, para cinco posições, posição **7**, incidências de **0<sup>o</sup>** a **180<sup>o</sup>** e **240<sup>o</sup>**; posição **10** incidências de **15<sup>o</sup>** a **105<sup>o</sup>**, **135<sup>o</sup>** a **195<sup>o</sup>**, **300<sup>o</sup>** e **330<sup>o</sup>**; posição **15** incidências de **0<sup>o</sup>** a **90<sup>o</sup>**, **195<sup>o</sup>**, **225<sup>o</sup>** e **255<sup>o</sup>** a **315<sup>o</sup>**; posição **17** incidências de **0<sup>o</sup>** a **90<sup>o</sup>**, **120<sup>o</sup>**, **180<sup>o</sup>** a **225<sup>o</sup>**, **255<sup>o</sup>** e **270<sup>o</sup>**; e posição **20** incidências **0<sup>o</sup>**, **45<sup>o</sup>** a **90<sup>o</sup>**, **135<sup>o</sup>** a **225<sup>o</sup>**, **315<sup>o</sup>** e **330<sup>o</sup>**.

Ainda aparecem valores correspondentes a **Beaufort 2 – brisa** e **Beaufort 1 – aragem**, vento muito brando. **Beaufort 2**, acontece para trinta e quatro posições relacionadas as sondas analisadas, satisfazendo a pelo menos uma incidência de vento. O menor valor encontrado para a escala Beaufort, **Beaufort 1**, ocorre para duas posições instrumentadas, das trinta e cinco avaliadas, sendo posição **14** para uma incidência, sendo **300<sup>0</sup>** e posição **20** para duas incidências **255<sup>0</sup>** e **270<sup>0</sup>**.

Como referências encontram-se dados máximos alocados para as atividades estudadas nesta pesquisa, sendo, **caminhando rapidamente (1)**, **passeando e realizando atividades de carga e descarga (2)**, **parado, curta exposição (3)** e **parado, sentado, longa exposição (4)**; satisfazendo a menos de uma ocorrência para os valores de **Beaufort 6**, **Beaufort 5**, **Beaufort 4** e **Beaufort 3**, ponderando, nesta mesma ordem, estes valores fazem referência a critério de aceitação. Configurando-se, para dados abaixo dos números indicados, a condição de “**aceitável**”, chamada **aconselhável**; sendo os valores encontrados, acima ou igual ao número indicado, considera-se a posição com a condição de nível de conforto relativo “**desconfortável**”, deste modo, condição **desaconselhável**.

Pode-se assim afirmar, que pelos critérios de conforto definidos, baseados na escala Beaufort, considerando todas as posições possíveis de análise, total de trinta e cinco, considerando o período de retorno de uma semana, os valores encontrados, referenciados indicam **Beaufort 4**, para apenas uma sonda e uma incidência, e **Beaufort 3**, que ocorre para a maioria das posições. Valores estes que indicam para a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**, desde que encontrados dados correspondentes a estes números, condição **desaconselhável**, quanto ao critério de aceitação.

Avaliando o **nível de conforto relativo**, para cada atividade, analisando os valores encontrados atinentes a **Beaufort 1**, que ocorre para duas sondas e três incidências no total, ambas relacionadas a atividade **parado, curta exposição (3)**, e **Beaufort 2**, **Beaufort 3** e **Beaufort 4**, esta última para uma sonda e uma incidência, relacionada a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**. Os valores indicados como **Beaufort 2** e **Beaufort 3**, acontecem para todas as quatro atividades identificadas e aparece para todas as posições, considerando o período de retorno de uma semana. Procede-se então, a análise específica para cada atividade, considerando o julgamento do Quadro 16, p. 154, e avaliando o Quadro 10, p. 129, para os dados relacionados ao período de retorno de uma semana.

Inicia-se considerando a atividade **caminhando rapidamente (1)** e analisando para o período de retorno de uma semana, os valores encontrados correspondem a números de

**Beaufort 2** e **Beaufort 3**, sendo classificadas para esta atividade as sondas **2, 3, 5, 10, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22<sup>116</sup>, 23, 24, 25, 26, 29, 31, 32, 33, 35** e **36**, total de vinte posições analisáveis. De acordo com o Quadro 10, p. 129, o valor indicado como aceitável para essa atividade apreciando o período de retorno de uma semana, refere-se a menos de uma ocorrência de **Beaufort 6** para este período, critério de aceitação. No Quadro 26, acham-se dados deparados, indicados para as posições listadas.

ATIVIDADE	ESCALA BEAUFORT	POSIÇÕES/SONDA	NÍVEL DE CONFORTO RELATIVO
(1) CAMINHANDO RAPIDAMENTE	BEAUFORT 2	2, 3, 5, 10, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 23, 24, 25, 26, 29, 31, 32, 33, 35 E 36	PERCEPTÍVEL (*)
	BEAUFORT 3	2, 3, 5, 10, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 23, 24, 25, 26, 29, 31, 32, 33, 35 E 36	PERCEPTÍVEL (*)
CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO		ACONSELHÁVEL	“ACEITÁVEL”

(\*) Unidade de Beaufort encontrada, menor que o valor recomendado.

Quadro 26: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **caminhando rapidamente (1)**, ensaio **M1.CP**, período de retorno de uma semana.

O **nível de conforto relativo** foi indicado como **perceptível**, para todas as situações, sendo que o valor referência para o período de retorno em questão refere-se a **Beaufort 5**, sendo assim, os valores localizados estão, para esta escala, menores do que a referência, encontrando-se aquém do limite indicado, Quadro 26. Designada para vinte posições possíveis de análise através dos experimentos realizados, para a atividade **caminhando rapidamente (1)**, os valores encontrados para as sondas e respectivos ângulos de incidência, foram considerados como **“aceitável”**, logo, condição **aconselhável** para o período de retorno de uma semana.

Analisa-se, então, para o período de retorno de uma semana, a atividade alistada como **passeando, atividades de carga e descarga (2)**, para as quatro posições, **4, 12, 27** e **30**, os valores da escala Beaufort encontrados correspondem a **Beaufort 2** e **Beaufort 3**. O valor da escala Beaufort contido no Quadro 10, p. 129, recomendado como aceitável, considerando a atividade e o período de retorno em questão refere-se a menos de uma ocorrência de **Beaufort 5** por semana. A condição de conforto, determinada para cada uma das posições, encontra-se no Quadro 27, p. 181.

<sup>116</sup> Os dados para a sonda 22 no experimento **M1.CP**, modelo **M1**, apresentaram erro, impossibilitando a análise.

ATIVIDADE		ESCALA BEAUFORT	POSIÇÕES/SONDA	NÍVEL DE CONFORTO RELATIVO
(2)	PASSEIO, ATIVIDADES DE CARGA E DESCARGA	BEAUFORT 2	4, 12, 27 E 30	PERCEPTÍVEL (*)
		BEAUFORT 3	4, 12, 27 E 30	PERCEPTÍVEL (*)
CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO			ACONSELHÁVEL	“ACEITÁVEL”

(\*) Unidade de Beaufort encontrada, menor que o valor recomendado.

Quadro 27: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, ensaio **M1.CP**, período de retorno de uma semana.

Avaliando os níveis de conforto relativo para as posições estudadas concernentes a atividade mostrada através do Quadro 27, verifica-se que todas as posições estão enquadradas como nível de conforto relativo – **perceptível**, sendo que os valores de Beaufort encontrados, **Beaufort 2** e **Beaufort 3**, apresentam valores menores que os indicados como referência. Então, recomendam-se todas as posições indicadas para a atividade **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, portanto, para o período de retorno de uma semana, avalia-se como posição “**aceitável**”, logo, condição **aconselhável**.

Continua-se, com a apreciação da atividade **parado, curta exposição (3)**, anotam-se as posições **6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 20** e **28**, nove posições, para o período de recorrência de uma semana, acham-se velocidades do vento relacionadas a números de **Beaufort 1**, **Beaufort 2** e **Beaufort 3**. Para a atividade e o período de retorno avaliado, pela apreciação do Quadro 10, p. 129 o valor da escala Beaufort indicado como aceitável, refere-se a **Beaufort 4**, considerando este valor para menos de uma ocorrência por semana.

Ainda considerando a atividade **parado, curta exposição (3)** e a análise do Quadro 10, p. 129, as posições indicadas como número de **Beaufort 1** e **Beaufort 2**, são designadas como **nível de conforto relativo – perceptível**, mesmo se os dados encontrados são menores do que o mencionado. As sondas indicadas como **Beaufort 3** apresentam nível de conforto relativo – **perceptível**. As sondas classificadas com a atividade **parado, curta exposição (3)**, foram classificadas como “**aceitável**”, sendo assim, condição **aconselhável** para o período de retorno de uma semana. No Quadro 28, p. 182, são colocados os valores notados para a situação estudada.

ATIVIDADE	ESCALA BEAUFORT	POSIÇÕES/SONDA	NÍVEL DE CONFORTO RELATIVO
(3)	BEAUFORT 1	14 E 20	PERCEPTÍVEL (*)
	BEAUFORT 2	6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 20 E 28	PERCEPTÍVEL (*)
	BEAUFORT 3	6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 20 E 28	PERCEPTÍVEL
CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO		ACONSELHÁVEL	“ACEITÁVEL”

(\*) Unidade de Beaufort encontrada, menor que o valor recomendado.

Quadro 28: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **parado, curta exposição (3)**, ensaio **M1.CP**, período de retorno de uma semana.

Por último, analisa-se a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**, para as posições, **1** e **34**, avaliando quanto ao nível de conforto relativo para o período de retorno de uma semana, as velocidades do vento encontradas referem-se a **Beaufort 2**, **Beaufort 3** e **Beaufort 4**. O critério de aceitação, visualizando através do Quadro 10, p. 129, considera como valor de referência para a atividade menos de uma ocorrência do número de **Beaufort 3**, por semana. O resultado da ponderação realizada para essa atividade encontra-se no Quadro 29.

ATIVIDADE	ESCALA BEAUFORT	POSIÇÕES/SONDA	NÍVEL DE CONFORTO RELATIVO
(4)	BEAUFORT 2	1 E 34	PERCEPTÍVEL
	BEAUFORT 3	1 E 34	TOLERÁVEL
	BEAUFORT 4	1	DESCONFORTÁVEL
CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO		DESACONSELHÁVEL	“DESCONFORTÁVEL”

Quadro 29: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**, ensaio **M1.CP**, período de retorno de uma semana.

Analisando o Quadro 29, os valores indicados como **Beaufort 2** apresentam nível de conforto relativo – **perceptível**, os indicados como **Beaufort 3**, proporcionam nível de conforto relativo – **tolerável** e o indicado como **Beaufort 4**, proporciona um nível de conforto

relativo – **desconfortável**, ocorre, como já foi dito para uma única posição e incidência de vento. As ocorrências indicadas em relação ao nível de conforto relativo, considerando a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**, para o acontecimento do número **Beaufort 3** e **Beaufort 4**, pelo critério de aceitação considera-se a realização da atividade para a posição como “**desconfortável**”, portanto condição **desaconselhável**, para o período de retorno de uma semana.

As condições comentadas, como critérios de conforto, avaliado para o período de retorno de uma semana, diante da escala Beaufort, encontra circunstâncias fora de perigo, indicadas como “**aceitável**”, ponderadas como **aconselhável**, para as atividades **caminhando rapidamente (1), passeando, atividades de carga e descarga (2) e parado, curta exposição (3)**, ensaio **M1.CP**, e período de retorno de uma semana. Então, a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**, para o mesmo período de retorno, é considerada como posição “**desconfortável**”, deste modo, condição **desaconselhável**, ainda para o ensaio **M1.CP**.

#### 7.3.1.2.2 Atividade possível de realização para as posições estudadas

Para esta proposição, considera-se a possibilidade de realização das atividades elencadas na pesquisa com **níveis de conforto relativo aceitáveis**, avaliando para o período de retorno de um ano, um mês e uma semana, e considerando o adensamento antigo da área estudada, ponderando dados advindos dos ensaios realizados para o modelo **M1**, ensaio **M1.CP**. Foram consideradas as posições e localizações colocadas no Quadro 16, p. 154, e na Figura 67, p. 155, analisa-se, então as quatro atividades determinadas, assentadas para os locais estabelecidos conforme o posicionamento das sondas, sendo, **caminhando rapidamente (1), passeio, atividades de carga e descarga (2), parado, curta exposição (3) e parado, sentado longa exposição (4)**, podendo ser referenciadas também apenas pelos algarismos arábicos correspondentes.

Para a análise em questão, constituem-se os critérios mais rígidos, de acordo com o Quadro 10, p. 129, aqueles voltados para a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**, então, desde que a posição esteja apta para a atividade destacada, qualquer das outras atividades colocadas, **(1), (2) e (3)**, podem ser realizadas, situação mais restritiva. Ao contrário, quando uma posição não atende a atividade **caminhando rapidamente (1)**, todas as outras atividades elencadas, **(2), (3) e (4)**, não podem ser realizadas, esta proposição enquadra-se como a situação menos restritiva. Ressalta-se que, para esta análise, os dados obtidos para a posição **22**, ensaio adensamento antigo, **M1.CP**, encontram-se com erro, impossibilitando a análise, para qualquer dos períodos de ocorrência estudados. Para todas

as atividades os valores de velocidades indicados correspondem a dois metros do solo, sobre três segundos.

#### 7.3.1.2.2.1 Período de retorno de um ano

Para o período de retorno de um ano, o critério de aceitação para o nível de conforto relativo, baseado na escala Beaufort, estão indicados no Quadro 10, p. 129, valores correspondentes ao nível de conforto relativo aceitável para as atividades propostas. Analisando o período de retorno em questão, a referência relaciona-se a ocorrência de **Beaufort 8 – ventania moderada**, velocidade entre **19,8m/s – 24,0m/s**, indicando-se o limite inferior apresentado como referência para a velocidade de conforto relativo,  $V_{cr} = 19,8\text{m/s}$ . Faz-se a seguinte leitura do dado apontado, velocidades superiores ao valor indicado para  $V_{cr}$ , indicam posições potencialmente perigosas, para qualquer uma das atividades propostas, enquanto que velocidades menores que  $V_{cr}$ , indicam posições aconselháveis para todas as posições, o mesmo que dizer, que o pedestre pode realizar todas as atividades.

Analisando as trinta e cinco posições instrumentadas, para o período de retorno de um ano, ressalta-se que as posições **1, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 21, 23, 24, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34 e 35**, apresentam número máximo, equivalente a **Beaufort 5 – vento regular**, e velocidade entre **9,3m/s – 12,4m/s**, considerando a situação antiga, estando abaixo do valor indicado como referência, critério de aceitação. Para o experimento, ensaio **M1.CP**, encontrou-se como referência para **Beaufort 5**, velocidades entre **9,3m/s – 11,6m/s**.

Considerando o maior número para a velocidade encontrada, que corresponde a **11,6m/s**, percebe-se que este valor é menor que a recomendação para a velocidade de conforto relativo, que obedece a  $V_{cr} = 19,8\text{m/s}$ . Sendo assim, para o período de retorno de um ano é aconselhável à realização das atividades **caminhando rapidamente (1), passeio, atividades de carga e descarga (2), parado, curta exposição (3) e parado, sentado, longa exposição (4)**, para qualquer uma das posições instrumentadas, sem restrições.

Na Figura 74, p. 185, são mostrados os gráficos polares relativos às sondas para as quais são encontrados o maior e o menor valor para a velocidade, que correspondem, ao maior valor, sonda **1**, incidência  $0^\circ$ , sendo **11,6m/s**, e ao menor valor, que representa **2,5m/s**, para a sonda **20**, para a incidência  $270^\circ$ , ainda mostra-se o contorno referente a velocidade de conforto relativo,  $V_{cr}$ , pontilhado na cor preto.

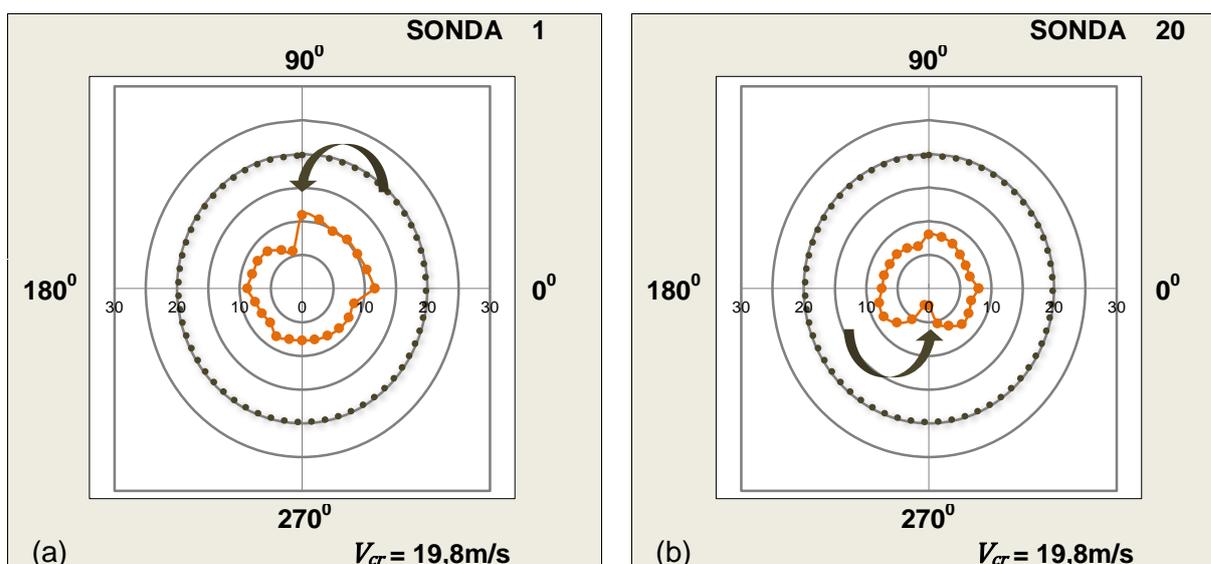


Figura 74: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, ensaio **M1.CP**, período de retorno de **um ano**, em (a) o maior valor encontrado **11,6m/s**, para a sonda **1** para  $0^\circ$ ; e em (b) menor valor encontrado **2,5m/s**, para a sonda **20**, para  $270^\circ$ .

Lembra-se que as possibilidades elencadas, se relacionam, sobretudo, a posicionamentos do pedestre junto a calçadas, próximos a entradas de edifícios, a áreas de estacionamento, a portões de garagem e/ou de serviços, paradas de ônibus, estando próximas a esquinas ou ao longo das quadras, ainda pode-se encontrar posições inseridas internamente as quadras. Estando o pedestre apto a realizar, para o adensamento antigo, e **período de retorno de um ano**, caminhadas rápidas, passeios, movimentos relacionados a carga e descarga, assim como, ficar parado, ou sentado por curtos e longos períodos, ou seja, **realizar todas as atividades propostas** para todas as trinta e cinco posições estudadas, **1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 e 36**, com nível de conforto relativo **aceitável**.

#### 7.3.1.2.2.2 Período de retorno de um mês

Como critério de aceitação para o nível de conforto relativo, analisando o período de retorno de um mês, no Quadro 10, p. 129 são colocados os valores da escala Beaufort específicos para cada uma das atividades indicadas. Encontra-se a citação do valor **Beaufort 7 – ventania fraca**, velocidade entre **16,0m/s – 19,8m/s**, coloca-se que **velocidades maiores** que **16,0m/s** indicam posições provavelmente **“desconfortáveis”**, para a situação estudada. Então, cita-se a velocidade de conforto relativo como sendo,  **$V_{cr} = 16,0\text{m/s}$** , referência para o conforto relativo aceitável, desde que ocorram velocidades até o valor indicado para  **$V_{cr}$** , para a realização de todas as atividades propostas o período

de retorno de um mês. Analisa-se então a aceitabilidade, ou seja, a possibilidade da realização das atividades propostas, de acordo com as condições de conforto.

Avaliando, inicialmente, a atividade **caminhando rapidamente (1)**, colocam-se como balizador, menos de uma ocorrência por mês de Beaufort 7, sendo assim, indicam-se como parâmetro valores correspondentes a **Beaufort 6 – vento forte**, ou seja, velocidades entre **12,4m/s – 16,0m/s**, aparecendo o valor de  $V_{cr} = 16,0\text{m/s}$ , como referência para o conforto relativo aconselhável. Desta forma, a condição relatada, indicam posições aptas para pedestres **caminhando rapidamente (1)**, aconselhadas para passeios e para calçadas sem ligação, ou acesso, a áreas internas de lotes.

Para a situação colocada como **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, os valores indicados dizem respeito a menos de uma ocorrência por mês de Beaufort 6, então se considera valores referentes à **Beaufort 5 – vento regular**, velocidades entre **9,3m/s – 12,4m/s**, para a realização da atividade fora do limite de **desconforto**. Esta condição permite ao pedestre **passear, atividades de carga e descarga (2)**, assim como, **caminhando rapidamente (1)**, para todas as posições estudadas, o valor para a velocidade de referência refere-se a  $V_{cr} = 12,4\text{m/s}$ . Os locais colocados para a atividade estudada se relacionam, a passeios e calçadas sem acessos de pedestre ou veículos, e a áreas em calçadas, próximas a acessos de serviço para pedestre e acesso de veículo, a garagens.

Outra atividade analisada, acena para a condição de **parado, curta exposição (3)**, sendo postos menos de uma ocorrência por mês de Beaufort 5, então, indica-se os números de **Beaufort 4 – vento moderado**, velocidades entre **6,2m/s – 9,3m/s**, referenciada por  $V_{cr} = 9,3\text{m/s}$ , velocidade de conforto relativo. Condição indicada para áreas de calçadas voltadas para entradas de pedestres em edifícios, assim como, voltadas para áreas de estacionamento, e correspondem, para o pedestre, a possibilidade de estar **parado, curta exposição (3)**, sendo assim, é também possível, **passear, atividades de carga e descarga (2) e caminhar rapidamente (1)**.

Última atividade proposta, que se refere a estar **parado, sentado, longa exposição (4)**, para a qual se indica menos de uma ocorrência por mês de Beaufort 4, desta forma, são recomendados números de Beaufort correspondente a **Beaufort 3 – vento suave**, sendo atribuídas velocidades entre **3,8m/s – 6,2m/s**. Então, para velocidades menores que  $V_{cr} = 6,2\text{m/s}$ , velocidade de conforto relativo, o pedestre está apto a ficar **parado, sentado, longa exposição (4)**, e, portanto, é capaz de realizar todas as atividades indicadas, **parado, curta exposição (3)**, **passear, atividades de carga e descarga (2)** e **caminhar rapidamente (1)**, para todas as posições identificadas nesta pesquisa.

Analisando os valores deparados, para as trinta e cinco posições instrumentadas, considerando o período de retorno de um mês, o valor máximo encontrado refere-se a **Beaufort 4 – vento moderado**, velocidade entre **6,2m/s – 9,3m/s**, conferindo para vinte e sete posições, a velocidade de conforto relativo, correspondente a,  $V_{cr} = 9,3\text{m/s}$ , sendo as posições, **1, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 21, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34** e **35**. Para as demais posições possíveis de análise, somando oito posições, **2, 3, 6, 12, 16, 20, 27** e **36**, o número máximo encontrado refere-se a **Beaufort 3 – vento suave**, velocidade entre **3,8m/s – 6,2m/s**, equivalendo a  $V_{cr} = 6,2\text{m/s}$ , velocidade de conforto relativo.

Ressalta-se que os valores máximos encontrados para a velocidade, para a situação antiga, considerando as posições listadas, primeiramente coloca-se os valores relacionados à **Beaufort 4**, os números encontrados estão entre **6,2m/s – 7,9m/s**, sendo o máximo valor encontrado para esta faixa,  $V_{cr} = 7,9\text{m/s}$ , menor que a velocidade de conforto relativo, para a mesma faixa. Esta condição coloca as posições, aptas, considerando o **nível de conforto relativo aceitável** para os pedestres realizando as atividades, **caminhando rapidamente (1), passeio, atividades de carga e descarga (2) e parado, curta exposição (3)**. Para a realização da atividade **parado, sentado longa exposição (4)**, as posições estudadas são analisadas como “**desaconselhável**”.

Enquanto que, os valores encontrados, a partir dos ensaios relacionados ao adensamento antigo, referentes à **Beaufort 3**, estão entre **3,8m/s – 6,2m/s**, valor encontrado que equivale a  $V_{cr} = 6,2\text{m/s}$ . Condição que significa para todas as atividades, **caminhando rapidamente (1), passeio, atividades de carga e descarga (2), parado, curta exposição (3) e parado, sentado longa exposição (4)**, a possibilidade de serem realizadas pelo pedestre, para todas as posições, sendo anotadas com o **nível de conforto relativo aceitável**.

A Figura 75, p. 188, indica as posições que se encontram com maior e menor valor para as velocidades encontradas, é representada através de dois gráficos polares, indicados pela maior velocidade, sonda **1**, incidência  $0^{\circ}$ , velocidade equivalente a **7,9m/s**, e pela menor que representa **1,7m/s**, para a sonda **20**, para duas incidências,  $255^{\circ}$  e  $270^{\circ}$ . Nos gráficos são também indicados o contorno referente à velocidade de conforto relativo,  $V_{cr}$ , pontilhado em preto, que correspondem a  $V_{cr} = 6,2\text{m/s}$  e a  $V_{cr} = 9,3\text{m/s}$ , na mesma ordem, para (a) e para (b). Para a primeira situação, a atividade identificada para a posição **1**, em (a), foi a relacionada a **parado, sentado longa exposição (4)**, e para a segunda, em (b), posição **20**, a atividade disposta foi **parado, curta exposição (3)**. Nota-se que parte dos

valores encontrados para a situação colocada em (a), são maiores que a  $V_{cr}$ , e, em (b), todos os valores encontrados são menores que a  $V_{cr}$ .

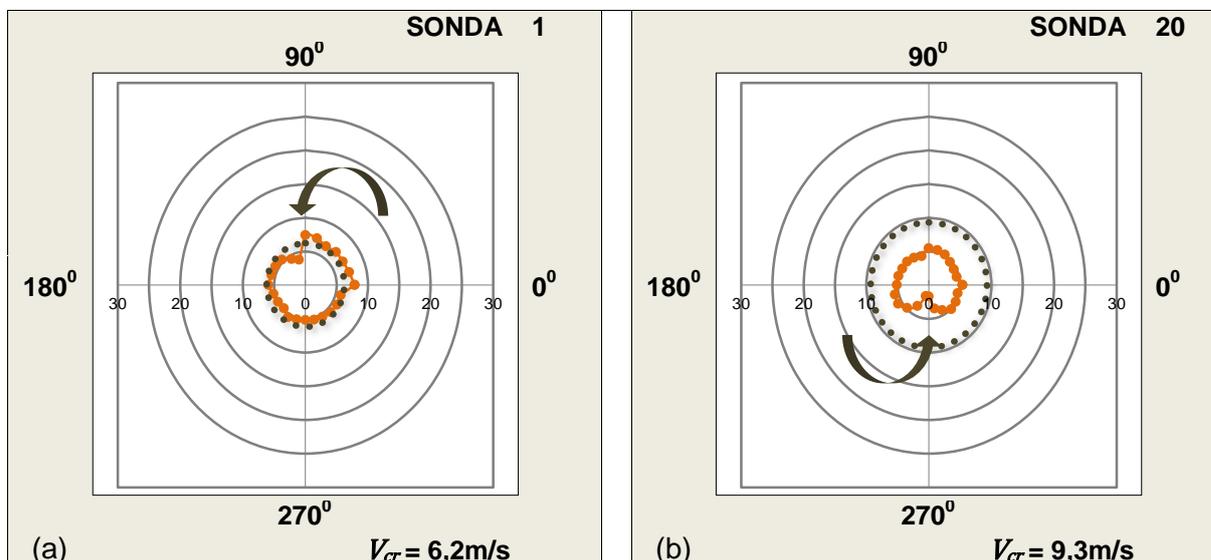


Figura 75: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, ensaio **M1.CP**, período de retorno de **um mês**, em (a) o maior valor encontrado **7,9m/s**, para a sonda **1** para **0°**; e em (b) menor valor encontrado **1,7m/s**, para a sonda **20**, para **255°** e **270°**.

Ponderando acerca do adensamento antigo, estudado para o período de retorno de um mês, o pedestre encontra-se apto a realizar atividades relacionadas a, caminhadas rápidas, passeios, atividades de carga e descarga, ficar parados ou mesmo sentados por curtos e longos períodos, ou seja realizar todas as atividades propostas, para apenas oito posições estudadas, posições **2, 3, 6, 12, 16, 20, 27** e **36**, do total de trinta e cinco. Em relação a maior parte das posições, vinte e sete, posições **1, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 21, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34** e **35**, é possível ao pedestre realizar de modo aceitável três das atividades propostas, sendo assim, as posições citadas apresentam, para a atividade relacionada a estar **parado ou sentado por longo período**, o **nível de conforto relativo desconfortável**.

#### 7.3.1.2.2.3 Período de retorno de uma semana

Analisa-se o período de retorno de uma semana, assim como os demais períodos de recorrência analisados, as referências relacionadas ao critério de aceitação para o nível de conforto relativo encontram-se no Quadro 10, p. 129, apresentando valores da escala Beaufort para cada uma das atividades indicadas na pesquisa. O valor encontrado como referência o número equivalente a **Beaufort 6 – vento forte**, para velocidades entre

**12,4m/s – 16,0m/s**, sendo assim, as **velocidades maiores** que **12,4m/s** sugerem posições possivelmente “**desconfortáveis**”. Como velocidade de conforto relativo cita-se  $V_{cr}=12,4m/s$ , indicada como referência para o conforto relativo aconselhável, para a prática de todas as atividades indicadas, considerando o período de retorno de uma semana. Assim como para os períodos de retorno já colocados, para o período de retorno de uma semana, para cada uma das atividades recomendadas são indicados valores indicativos da possibilidade de efetivação das atividades atinentes.

Para a atividade **caminhando rapidamente (1)**, os valores anotados como referência indicam **Beaufort 5 – vento regular**, velocidades entre **9,3m/s – 12,4m/s**, velocidade de conforto relativo,  $V_{cr}=12,4m/s$ . Condição que indica posições aptas a atividades indicadas para a realização junto a calçadas sem acesso aos lotes, delimitadas por muros ou gradis, acontecem ao longo das quadras, relacionadas a pedestres **caminhando rapidamente (1)**.

Levantando valores de referência para a atividade **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, os dados indicados correspondem a **Beaufort 4 – vento moderado**, velocidades entre **6,2m/s – 9,3m/s**, valor de referência,  $V_{cr}=9,3m/s$ . Permitindo o pedestre, utilizar passeios e calçadas, assim como áreas próximas a acessos de serviço para pedestres, como acesso de veículos, garagens, para a atividade **passear, atividades de carga e descarga (2)**, assim como, **caminhar rapidamente (1)**, para todas as posições.

Atinente a mais uma atividade, relacionada a estar **parado, curta exposição (3)**, coloca-se como referência o valor **Beaufort 3 – vento suave**, as velocidades concernentes a este número ficam entre **3,8m/s – 6,2m/s**, indicando como velocidade de conforto relativo o valor de  $V_{cr}=6,2m/s$ . Esta categoria de valores de velocidades, permite ao pedestre a condição de estar **parado, curta exposição (3)**, sendo assim, é também possível, **passear, atividades de carga e descarga (2)**, e **caminhar rapidamente (1)**.

Finalizando com a colocação para a atividade **parado, sentado longa exposição (4)**, sendo encontrados números relacionados à **Beaufort 2 – brisa**, e conferidas velocidades entre **1,8m/s – 3,8m/s**, sendo assim, valores indicados correspondem a velocidades inferiores a  $V_{cr}=3,8m/s$ . Que indicam para o pedestre a possibilidade de ficar **parado, sentado, longa exposição (4)**, e, portanto, o pedestre também é capaz de realizar todas as outras atividades propostas, **parado, curta exposição (3)**, **passear, atividades de carga e descarga (2)** e **caminhar rapidamente (1)**, para as posições identificadas nesta pesquisa.

O maior valor encontrado, para o período de retorno de uma semana, refere-se a **Beaufort 4 – vento moderado**, velocidade entre **6,2m/s – 9,3m/s**, ocorrendo para uma única posição, assim como para apenas uma incidência de vento, sendo para a sonda **1**, incidência **0°**, e corresponde a  $V_{cr} = 6,2\text{m/s}$ , limite inferior da referência. Todas as outras trinta e quatro posições apresentam valores máximos correspondentes a **Beaufort 3 – vento suave**, as velocidades correspondem a valores entre **3,8m/s – 6,2m/s**, velocidade de conforto relativo,  $V_{cr} = 3,8\text{m/s}$ , indica-se as posições, **2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 e 36**.

Considera-se para análise os valores relativos à **Beaufort 4**, única ocorrência, velocidade de **6,2m/s**, e **Beaufort 3** velocidades encontradas entre **3,8m/s – 5,9m/s**, para o adensamento antigo e período de retorno de uma semana. Avaliando todas as posições, os números encontrados, inicialmente, **Beaufort 4**, conferem **nível de conforto relativo aceitável** para os pedestres realizando as atividades **caminhando rapidamente (1)** e **passeio, atividades de carga e descarga (2)**; considerando então, **Beaufort 3**, com **nível de conforto relativo aceitável** os pedestres realizam as atividades **caminhando rapidamente (1)**, **passeio, atividades de carga e descarga (2)** e **parado, curta exposição (3)**. Enquanto que, em relação à realização da atividade **parado, sentado longa exposição (4)**, também para todas as posições estudadas, esta atividade é analisada como **nível de conforto relativo desaconselhável**, não sendo indicada para o período de retorno em questão para a área estudada.

Na Figura 76, p. 191, pode-se visualizar as posições que se acham com maior e menor valor para a velocidade encontrada, exemplificadas através de gráficos polares, como apresentado para outros períodos de retorno, e indicadas, pela maior velocidade, sonda **1**, incidência **0°**, velocidade equivalente a **6,2m/s**, e pela menor, que representa **1,4m/s**, para a sonda **20**, para duas incidências, **255°** e **270°**. Nos gráficos, são também indicados o contorno referente à velocidade de conforto relativo,  $V_{cr}$ , pontilhado em preto, que correspondem a  $V_{cr} = 3,8\text{m/s}$  e a  $V_{cr} = 6,2\text{m/s}$ , respectivamente para (a) e (b).

Para a primeira situação, a atividade identificada para a posição **1**, em (a), foi a relacionada a **parado, sentado longa exposição (4)**, e para a segunda, em (b), posição **20**, a atividade disposta foi **parado, curta exposição (3)**. Nota-se que parte dos valores encontrados para a situação colocada em (a), são maiores que a  $V_{cr}$ , e em (b), são menores que a  $V_{cr}$ , lembra-se que o valor atribuído a esta velocidade é indicado, pela referência para cada uma das atividades.

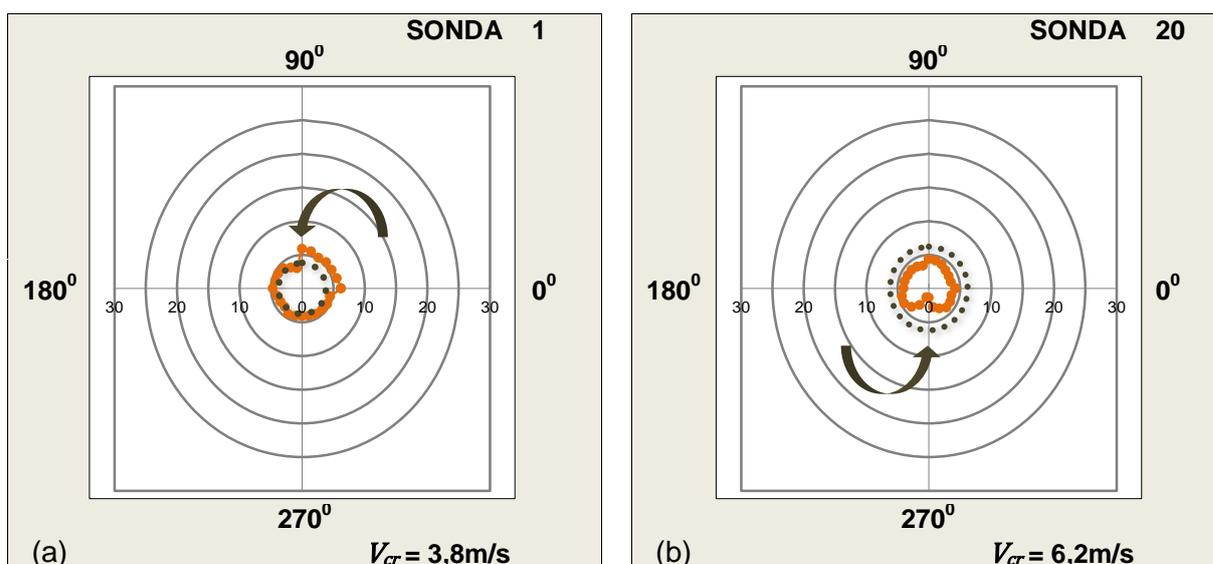


Figura 76: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, ensaio **M1.CP**, período de retorno de **uma semana**, em (a) o maior valor encontrado **6,2m/s**, para a sonda **1** para **0°**; e em (b) menor valor encontrado **1,4m/s**, para a sonda **20**, em **255°** e **270°**.

Estudando, para o período de retorno de uma semana, o adensamento antigo, as considerações envolvem todas as posições, incluindo-as com a possibilidade ou não de realização das atividades propostas, identificando as posições, **1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35** e **36**. Sendo assim, para todas as posições catalogadas, com exceção da posição **1**, o pedestre pode desenvolver, com nível de conforto relativo aceitável, as atividades relacionadas a caminhadas rápidas; a passeios e atividades relacionadas à carga e descarga; e a estar parado por curto período de tempo. Enquanto que para a posição **1**, o pedestre pode realizar, com nível de conforto relativo aceitável, apenas as atividades relacionadas a caminhadas rápidas; e a passeios e atividades relacionadas à carga e descarga. Continuando a colocação, ainda assenta-se que não é recomendada a realização da atividade sugerida, pedestre **parado ou sentado por longo período de tempo**, para nenhuma das posições estudadas, sendo esta atividade advertida com **nível de conforto relativo desconfortável**, não sendo aconselhável.

### 7.3.2 Análise das condições de conforto em relação ao vento para **M2.CP**

Da mesma forma, lembrando comentários anteriores, assenta-se que a vizinhança recente, revela-se sob o olhar, como situação dos nossos dias atuais, estando algumas ocorrências de edifícios em processo de construção, mas já aprovados pelo órgão municipal competente; possibilitando com este estudo, antever as condições de vento que estão

sendo estabelecidas para a área, ao nível do pedestre. Alertando para o tipo de ocupação, e indicando os atributos de conforto relacionadas a ventilação natural para o pedestre.

### 7.3.2.1 Coeficientes de velocidade

Analisando os coeficientes de velocidade, considerando o ensaio concretizado para o modelo **M2**, chamado **M2.CP**, percebe-se, diferentemente dos dados para o ensaio **M1.CP**, uma grande variação nos valores obtidos para  $C_{V1}$ , não é percebida uma concentração dos dados, para este experimento, gráficos polares<sup>117</sup>. A maior abrangência dos dados agrupa-se entre 0,4 e 1,2, representando velocidades no nível do pedestre com citações de 40% da velocidade de referência, e até mesmo chegando a ser 20% maior que os valores referenciados. Para esse modelo, encontram-se valores para as velocidades ao nível do pedestre até 47% maiores que a velocidade de referência.

Há uma grande diferença entre os valores encontrados para  $C_{V1}$ , o maior valor responde a **1,47** e o menor a **0,06**, referem-se a sonda **1** e sonda **20**, respectivamente, destacando as incidências, para a sonda **1**, **255°** e **270°**, e para a sonda **20**, **195°** e **210°**, as duas categorias tem valores repetidos nestas posições. Na Figura 77, pode-se visualizar a distribuição dos coeficientes de velocidade, mostrados para as sondas **1** e **20**, sendo indicados os valores ponderados.

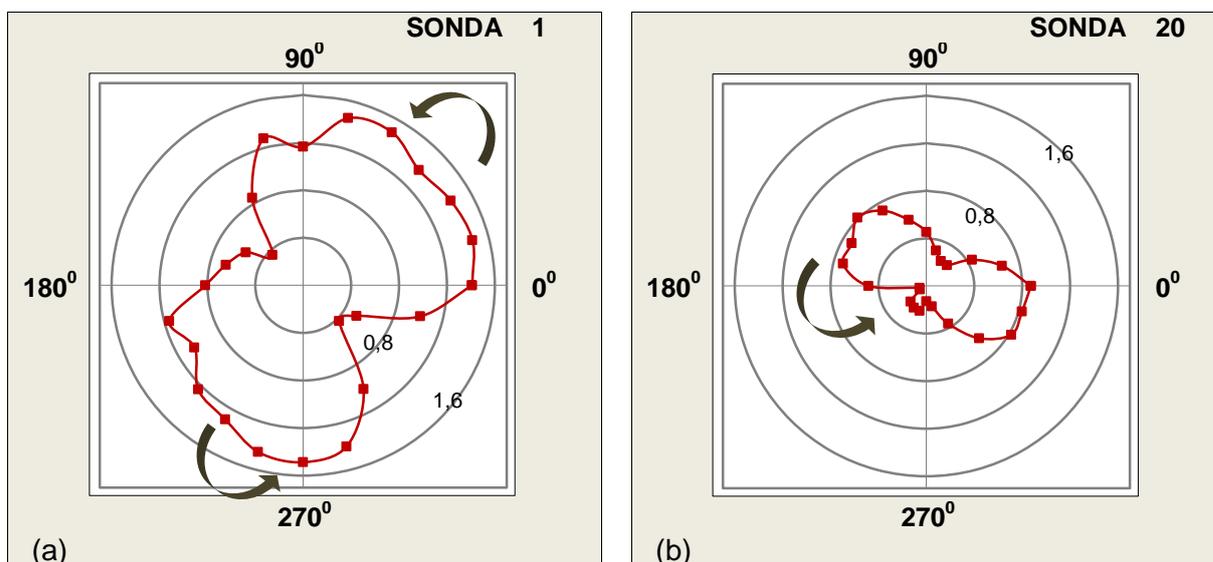


Figura 77: Distribuição dos coeficientes de velocidade,  $C_{V1}$ , em função do ângulo de incidência do vento, ensaio **M2.CP**, destacando, em (a) sonda **1**, o maior valor, **0,96**, para **0°**; e em (b) sonda **20**, o menor valor, **0,22**, para **255°** e **270°**.

<sup>117</sup> Conforme **APÊNDICE G** | GRÁFICOS POLARES PARA COEFICIENTES DE VELOCIDADES, p. 265-278.

Pode-se aprontar que, analisando os coeficientes de velocidade definidos para o nível do pedestre, adensamento recente, a maior parte das posições tem valores maiores que 1,0, valor correspondente ao dado da velocidade de referência, chegando a 72,2% das posições medidas, sendo que a outra parte 37,8%, aparece com valores abaixo de 1,0 e pelo menos um dado igual a 0,8. Indica-se que, neste experimento, os valores de velocidade do vento para o nível do pedestre encontram-se acima do percentual prescrito para o ambiente estudado, 100% das posições tem pelo menos um dado igual ao percentual estabelecido.

### 7.3.2.1 Critério de Beaufort

Da mesma maneira que realizado junto ao modelo **M1**, para a apreciação dos dados considerando o critério de Beaufort, para o experimento efetivado para o modelo **M2**, ensaio **M2.CP**, são importantes os dados medidos para a velocidade. Avalia-se, inicialmente a classificação adotada para as sondas, incluindo as posições atribuídas, baseando-se nos critérios de conforto colocados pelo LAC, contidos no Quadro 10, p. 129, classificação em quatro grupos. Acompanhando, prossegue-se com comentários relacionados a apreciação e a indicação das atividades que podem ser efetivadas com níveis de conforto relativo “aceitável”, em cada uma das trinta e seis posições estudadas. Para as duas situações analisadas, foram realizadas ponderações para cada período de retorno estudado, sendo, um ano, um mês e uma semana<sup>118</sup>.

#### 7.3.2.1.1 Níveis de conforto relativo para as posições estudadas

A análise dos níveis de conforto relativo obedece a avaliação da classificação conferida, atividades indicadas pela pesquisa junto as posições para cada sonda, postas no Quadro 17, p. 155 e na Figura 68, p. 156. Alistam-se quatro grupos, sendo pautados nas atividades colocadas para os locais estabelecidos para o posicionamento das sondas, sendo indicadas as atividades, **caminhando rapidamente (1); passeio, atividades de carga e descarga (2); parado, curta exposição (3); e parado, sentado, longa exposição**. Esta apreciação avalia contextos para o período de retorno de um ano, um mês e uma semana, Quadro 10, p. 129.

##### 7.3.2.1.1.1 Período de retorno de um ano

Para o período de retorno de um ano, os maiores valores encontrados, para as quatro atividades reconhecidas, referem-se a **Beaufort 7 – ventania fraca**, ocorrendo para oito posições, **1, 4, 10, 23, 25, 26, 27 e 34**, sendo para todas as posições listadas o valor

---

<sup>118</sup> Conforme **APÊNDICE H | VELOCIDADES DO VENTO SOBRE 3 SEGUNDOS A DOIS METROS DE ALTURA**, p. 279.

máximo encontrado, considera-se para pelo menos uma incidência de vento. Lista-se a ocorrência de **Beaufort 7** para as posições e respectivas incidências de vento, sendo para, uma incidência, sonda **34** para  $30^{\circ}$ ; duas incidências, sondas **4** e **10** para  $15^{\circ}$  e  $30^{\circ}$ , sonda **25** para  $15^{\circ}$  e  $60^{\circ}$ , e sonda **27** para  $75^{\circ}$  e  $255^{\circ}$ ; três incidências, sondas **23** e **26** de  $60^{\circ}$  a  $90^{\circ}$ ; e oito incidências, sonda **1** de  $0^{\circ}$  a  $75^{\circ}$ ,  $255^{\circ}$  e  $270^{\circ}$ .

Encontra-se ainda, junto à escala Beaufort, o caso do número **Beaufort 6 – vento forte**, ocorrendo para vinte posições, sendo o valor máximo encontrado para treze posições, **9, 11, 12, 13, 15, 21, 24, 29, 30, 31, 32, 35** e **36**. O número **Beaufort 6** acontece para as posições e respectivas incidências de vento, que consistem, uma incidência, sonda **13** para  $15^{\circ}$ , sonda **23** para  $45^{\circ}$ , sonda **29** para  $180^{\circ}$  e sonda **32** para  $90^{\circ}$ ; duas incidências, sonda **9** para  $30^{\circ}$  e  $90^{\circ}$ , sondas **30** e **31** para  $75^{\circ}$  e  $90^{\circ}$ , sonda **35** para  $210^{\circ}$  e  $255^{\circ}$ , e sonda **36** para  $90^{\circ}$  e  $255^{\circ}$ ; três incidências, sonda **10** para  $0^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$  e  $60^{\circ}$ , sonda **12** de  $60^{\circ}$  a  $90^{\circ}$ , sonda **24** de  $0^{\circ}$  a  $30^{\circ}$ , e sonda **34** para  $0^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$  e  $120^{\circ}$ ; quatro incidências, sonda **4** para  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $240^{\circ}$  e  $255^{\circ}$ , sonda **11** de  $0^{\circ}$  a  $60^{\circ}$ , e sonda **25** para  $30^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $75^{\circ}$  e  $90^{\circ}$ ; para cinco incidências, sonda **26** para  $45^{\circ}$  e de  $255^{\circ}$  a  $300^{\circ}$ ; seis incidências, sonda **1** para  $90^{\circ}$ ,  $105^{\circ}$ ,  $195^{\circ}$ ,  $255^{\circ}$ ,  $240^{\circ}$  e  $285^{\circ}$ , e sonda **27** para  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$  e  $270^{\circ}$  a  $300^{\circ}$ ; e oito incidências, sonda **15** de  $0^{\circ}$  a  $45^{\circ}$ ,  $105^{\circ}$ ,  $270^{\circ}$ ,  $285^{\circ}$  e  $345^{\circ}$ .

Outras ocorrências relacionadas à escala Beaufort, e que acontecem para todas as posições instrumentadas, considerando no caso, para pelo menos uma incidência, incluem-se valores para **Beaufort 5 – vento regular**, incidindo como valor máximo encontrado para quinze posições, **2, 3, 5, 6, 7, 8, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 28** e **33**; para **Beaufort 4 – vento moderado**; e para **Beaufort 3 – vento suave**. Entre os valores colocados, o mais frequente, para o período de retorno de um ano, e que corresponde ao **maior número de observações**, refere-se ao número de **Beaufort 4**.

E correspondendo aos menores valores para a escala Beaufort, anotam-se valores de **Beaufort 2 – brisa**, acontecendo para vinte e três posições, considerando para pelo menos incidência; e de **Beaufort 1 – aragem**, vento muito brando, valor menos frequente considerando o período de retorno em questão, ocorrendo para apenas três posições, referindo-se a sonda **17** para  $180^{\circ}$ , a sonda **20** para  $195^{\circ}$ ,  $210^{\circ}$  e  $270^{\circ}$ , e a sonda **22** para  $120^{\circ}$  e  $300^{\circ}$ .

Para o período de retorno de um ano, o **critério de aceitação**, é de que ocorra **Beaufort 8**, menos de uma vez por ano, valores abaixo, representam para as posições a condição de “**aceitável**”, portanto, **aconselhável**, e valores iguais ou acima conferem a condição de “**perigosa**”, deste modo, **desaconselhável**. Então, baseando-se nos critérios

de conforto colocados a partir da escala Beaufort, Quadro 10, p. 129, atribui-se para as **trinta e seis posições instrumentadas**, para o período de retorno de um ano, **níveis de conforto aconselháveis**, uma vez que, os dados máximos encontrados para as posições equivalem a **Beaufort 7, Beaufort 6 e Beaufort 5**, menores que o valor indicado.

Ponderando o **nível de conforto relativo**, considerando os valores encontrados junto às sondas, com alcance compreendido entre **Beaufort 1 a Beaufort 7**, sendo ainda, avalia-se o reflexo para cada atividade relacionada, para o período de retorno de um ano. Coloca-se que a abrangência total, no que se refere aos números de Beaufort encontrados, acontece para as atividades **caminhando rapidamente (1), passeio, atividades de carga e descarga (2) e parado, curta exposição (3)**; enquanto que, para a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)** restringem-se de **Beaufort 3 a Beaufort 7**.

O **nível de conforto relativo**, diante da primeira atividade elencada, **caminhando rapidamente (1)**, sondas **3, 5, 6, 7, 10, 17, 18, 19, 23, 25, 26, 33 e 36**, treze posições; no Quadro 30 visualizam-se os valores que se referem à **Beaufort 1, Beaufort 2, Beaufort 3, Beaufort 4, Beaufort 5, Beaufort 6 e Beaufort 7**, posições e critérios de conforto aferidos.

ATIVIDADE	ESCALA BEAUFORT	POSIÇÕES/SONDA	NÍVEL DE CONFORTO RELATIVO
<b>(1)</b> CAMINHANDO RAPIDAMENTE	BEAUFORT 1	17	PERCEPTÍVEL (*)
	BEAUFORT 2	3, 6, 10, 17, 18, 19, 25, E 33	PERCEPTÍVEL (*)
	BEAUFORT 3	3, 5, 6, 7, 10, 17, 18, 19, 23, 25, 26, 33 E 36	PERCEPTÍVEL (*)
	BEAUFORT 4	3, 5, 6, 7, 10, 17, 18, 19, 23, 25, 26, 33 E 36	PERCEPTÍVEL (*)
	BEAUFORT 5	3, 5, 6, 7, 10, 17, 18, 19, 23, 25, 26, 33 E 36	PERCEPTÍVEL
	BEAUFORT 6	10, 23, 25, 26 E 36	TOLERÁVEL
	BEAUFORT 7	10, 23, 25 E 26	DESCONFORTÁVEL
<b>CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO</b>		<b>ACONSELHÁVEL</b>	<b>“ACEITÁVEL”</b>

(\*) Unidade de Beaufort encontrada, menor que o valor recomendado.

Quadro 30: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **caminhando rapidamente (1)**, ensaio **M2.CP**, período de retorno de um ano.

Pela apreciação do Quadro 10, p. 129 o valor da escala Beaufort recomendado como aceitável, considerando a atividade e o período de retorno em questão refere-se a menos de uma ocorrência por ano de **Beaufort 8**. Prosseguindo com a análise para cada valor encontrado, diante do mesmo quadro citado, os níveis de conforto relativo indicados, perante dos valores encontrados acham-se como **perceptível**, **tolerável** e **desconfortável**, visualizados no Quadro 30, p. 195.

Percebe-se ainda, Quadro 30, p. 195, que as posições anotadas como, **Beaufort 1**, **Beaufort 2**, **Beaufort 3** e **Beaufort 4**, estão configuradas como **perceptível**, que tem como referência **Beaufort 5**, então, são considerados nesta condição, mesmo encontrando-se com valores menores do que a referência, abaixo do limite indicado. Os números encontrados, relacionados à **Beaufort 5**, acham-se coerentes com a condição de **perceptível**. Considerando, em seguida, as posições indicadas com **Beaufort 6**, estas são recomendadas como **perceptível**, e por último as sondas colocadas como **Beaufort 7**, para as quais são julgadas a condição de **desconfortável**.

A situação analisada para as sondas classificadas como **Beaufort 7**, e conseqüentemente, designadas como **desconfortável**, considerando o período de retorno de um ano, apresentam valores para quatro posições, sendo, **10**, **23**, **25**, e **26**. As incidências relacionadas às posições colocadas consistem em, duas ocorrências, sonda **10** para **15<sup>o</sup>** e **30<sup>o</sup>**, e sonda **25** para **15<sup>o</sup>** e **60<sup>o</sup>**, considerando três ocorrências, sondas **23** e **26** de **60<sup>o</sup>** a **90<sup>o</sup>**. As circunstâncias encontradas, relacionadas como de possível desconforto, para a ocorrência de **Beaufort 7**, são aceitas, pois este valor encontra-se abaixo da referência, aceitação para a atividade e o período de retorno estudado. Sendo assim, pode-se afirmar que considerando a realização da atividade **caminhando rapidamente (1)**, avalia-se para todas as posições estudadas a condição de “**aceitável**”, conseqüentemente, **aconselhável**, para o período de retorno de um ano.

Para a atividade **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, posições **2**, **12**, **15**, **16**, **22**, **27**, **28**, **29** e **32**, sendo nove no total, para período de recorrência de um ano, encontram-se velocidades do vento relacionadas a números de Beaufort, de **Beaufort 1** a **Beaufort 7**. Considerando o Quadro 10, p. 129 o valor da escala Beaufort indicado como aceitável, critério de aceitação, para a atividade e o período de retorno estudado, refere-se a **Beaufort 8**. No Quadro 31, p. 197, são avaliadas as sondas, indicando o nível de conforto relativo encontrado para cada uma das posições. Os valores de referência colocados conferem as posições **níveis de conforto relativo** compatíveis com as indicações de **perceptível**, **tolerável** e **desconfortável**.

ATIVIDADE		ESCALA BEAUFORT	POSIÇÕES/SONDA	NÍVEL DE CONFORTO RELATIVO
(2)	PASSEIO, ATIVIDADES DE CARGA E DESCARGA	BEAUFORT 1	22	PERCEPTÍVEL (*)
		BEAUFORT 2	2, 12, 15, 16, 22, 28, 29 E 32	PERCEPTÍVEL (*)
		BEAUFORT 3	2, 12, 15, 16, 22, 27, 28, 29 E 32	PERCEPTÍVEL (*)
		BEAUFORT 4	2, 12, 15, 16, 22, 27, 28, 29 E 32	PERCEPTÍVEL
		BEAUFORT 5	2, 12, 15, 16, 22, 27, 28, 29 E 32	TOLERÁVEL
		BEAUFORT 6	12, 15, 27, 29 E 32	DESCONFORTÁVEL
		BEAUFORT 7	27	DESCONFORTÁVEL (**)
CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO			ACONSELHÁVEL	“ACEITÁVEL”

(\*) Unidade de Beaufort encontrada, menor que o valor recomendado.

(\*\*) Unidade de Beaufort encontrada, maior que o valor recomendado e menor que o valor indicado como nível de conforto relativo perigoso.

Quadro 31: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, ensaio **M2.CP**, período de retorno de um ano.

Significando, portanto, para as posições com indicação atinente a **Beaufort 1**, **Beaufort 2** e **Beaufort 3**, mesmo com valores menores do que a referência, como **perceptível**, que tem como referência, considerando a atividade estudada e o período de retorno de um ano, o número correspondente a **Beaufort 4**. Os valores achados, relacionados à **Beaufort 4**, encontram-se coerentes com a condição de **perceptível**, os valores, relacionados à **Beaufort 5**, acham-se na condição de **tolerável**, considerando, agora, as posições indicadas com **Beaufort 6**, estas se encontram com a indicação de **desconfortável**. Por último, as sondas colocadas como **Beaufort 7**, para as quais são julgadas a condição de **desconfortável**, mesmo encontrando-se com valores maiores que a referência, **Beaufort 6**, mas menor que a referência atribuída ao nível de conforto relativo perigoso, **Beaufort 8**.

Analisando as posições relacionadas à atividade **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, para o período de retorno de um ano, o **nível de conforto relativo – desconfortável, Beaufort 6 e Beaufort 7**, este último maior que a referência, relaciona-se a

cinco posições, **12, 15, 27, 29, e 32**. As incidências correspondentes às sondas citadas equivalem para valores de **Beaufort 6**, citando-se posição e ângulo de incidência correspondente, uma ocorrência, sondas **29** para **180°** e **32** para **90°**; três ocorrências, sonda **12** de **60°** a **90°**, seis ocorrências, sonda **27** para **45°, 60°, 90°** e de **270°** a **300°**; oito ocorrências, sonda **15** de **0°** a **45°, 105°, 270°, 285°** e **345°**. Para os valores de **Beaufort 7**, acham-se duas ocorrências para uma única posição, sonda **27** para **75°** e **255°**. Todas as posições indicadas, quanto ao **critério de aceitação**, encontram-se para a atividade **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, com valores menores que o parâmetro indicado pela escala Beaufort, **Beaufort 8**. Sendo assim, a atividade é considerada como **aconselhável** para as posições relacionadas e período de retorno de um ano.

Continuando, para o período de retorno de um ano, considerando a atividade **parado, curta exposição (3)**, que ocorre para doze sondas, posições **4, 8, 9, 11, 13, 14, 20, 21, 24, 30, 31 e 35**, as velocidades do vento encontradas relacionam-se a **Beaufort 1, Beaufort 2, Beaufort 3, Beaufort 4, Beaufort 5, Beaufort 6 e Beaufort 7**, no Quadro 32.

ATIVIDADE		ESCALA BEAUFORT	POSIÇÕES/SONDA	NÍVEL DE CONFORTO RELATIVO
<b>(3)</b>	PARADO (CURTA EXPOSIÇÃO)	BEAUFORT 1	20	PERCEPTÍVEL (*)
		BEAUFORT 2	4, 14, 20, 21, 24 E 30	PERCEPTÍVEL (*)
		BEAUFORT 3	4, 8, 9, 11, 13, 14, 20, 21, 24, 30, 31 E 35	PERCEPTÍVEL
		BEAUFORT 4	4, 8, 9, 11, 13, 14, 20, 21, 24, 30, 31 E 35	TOLERÁVEL
		BEAUFORT 5	4, 8, 9, 11, 13, 14, 20, 21, 24, 30, 31 E 35	DESCONFORTÁVEL
		BEAUFORT 6	4, 9, 11, 13, 21, 24, 30, 31 E 35	DESCONFORTÁVEL (**)
		BEAUFORT 7	4	DESCONFORTÁVEL (**)
<b>CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO</b>			<b>ACONSELHÁVEL</b>	<b>“ACEITÁVEL”</b>

(\*) Unidade de Beaufort encontrada, menor que o valor recomendado.

(\*\*) Unidade de Beaufort encontrada, maior que o valor recomendado e menor que o valor indicado como nível de conforto relativo perigoso.

Quadro 32: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **parado, curta exposição (3)**, ensaio **M2.CP**, período de retorno de um ano.

O valor da escala Beaufort indicado como aceitável, para a atividade e o período de retorno avaliado, de acordo com o Quadro 10, p. 129, refere-se a **Beaufort 8**. Os valores atribuídos às posições colocadas, encontram-se indicados como **perceptível**, **tolerável** e **desconfortável**. Percebe-se que as posições consideradas como **Beaufort 1** e **Beaufort 2**, foram colocadas como **nível de conforto relativo – perceptível**, mesmo que o valor para esta condição seja **Beaufort 3**. As sondas indicadas como **Beaufort 3**, **Beaufort 4** e **Beaufort 5**, estão recomendadas com o nível de conforto relativo, de conformidade com a condição colocada para estes valores da escala Beaufort, respectivamente como, **perceptível**, **tolerável** e **desconfortável**, conforme Quadro 10, p. 129. Por último, as indicações para **Beaufort 6** e **Beaufort 7**, mesmo contando com valores acima da recomendação, são colocadas como **desconfortável**, pois para esta categoria tem como referência o valor correspondente a **Beaufort 5**.

Considerando a atividade **parado, curta exposição (3)** para o período de retorno de um ano, no Quadro 32, p. 198, situações são indicadas como de possível desconforto, **desconfortável**, referem-se aos números de **Beaufort 5**, **Beaufort 6** e **Beaufort 7**. Condições encontradas para doze posições, **4**, **8**, **9**, **11**, **13**, **14**, **20**, **21**, **24**, **30**, **31** e **35**, identificadas através dos respectivos ângulos de incidência, apontados para cada uma das referência da escala Beaufort citadas. Para os valores incluídos como **Beaufort 5**, listam-se as posições e as respectivas incidências, indica-se, para duas ocorrências, sonda **11** para **75°** e **345°**, e sonda **20** para **0°** e **345°**; para três incidências, sonda **9** para **45°**, **60°** e **105°**, sonda **13** para **30°**, **120°** e **135°**, sonda **21** para **0°**, **15°** e **165°**, sonda **24** para **45°**, **60°** e **345°**; para quatro incidências, sonda **4** para **0°**, **75°**, **120°** e **225°**; para cinco incidências, sonda **14** para **75°**, **90°** e de **210°** a **240°**; para sete incidências, sonda **8** para **45°**, **60°**, **90°**, de **285°** a **315°** e **345°**; para oito incidências, sonda **30** de **0°** a **30°**, **60°** e de **240°** a **285°**, e sonda **31** para **60°**, **105°**, **120°** e de **240°** a **300°**; para treze incidências, sonda **35** de **0°** a **30°**, de **60°** a **90°**, de **165°** a **195°**, **240°** e de **285°** a **315°**.

As posições e as incidências citadas são referenciadas, anotando a posição e ângulo de incidência correspondente, que para os valores **Beaufort 6**, equivalem a oito posições, para uma ocorrência, sonda **21** para **180°**; duas ocorrências, sonda **9** de **30°** e **90°**, sondas **30** e **31** para **75°** e **90°**, sonda **35** para **210°** e **225°**; três ocorrências, sonda **24** de **0°** a **30°**; quatro ocorrências, sonda **4** para **45°**, **60°**, **240°** e **255°**; e cinco ocorrências, sonda **11** de **0°** a **60°**. Considerando, agora, os valores de **Beaufort 7**, que ocorre para apenas uma posição, sendo para duas ocorrências, sonda **4** para **15°** e **30°**. Mesmo encontrando-se dados referenciados como nível de conforto relativo desconfortável, pelo **critério de aceitação** a prática da atividade **parado, curta exposição (3)** é “**aceitável**”, portanto

**aconselhável** para todas as posições relacionadas, considerando o período de retorno de um ano.

Avaliando a última atividade listada, para as sondas **1** e **34**, que refere-se a circunstância de estar **parado, sentado, longa exposição (4)**, e ainda considerando o período de retorno de um ano, para as duas posições notadas observam-se referências a **Beaufort 3, Beaufort 4, Beaufort 5, Beaufort 6** e **Beaufort 7**. De acordo com o Quadro 10, p. 129 o valor da escala Beaufort indicado como aceitável, critério de aceitação, para a atividade e o período de retorno avaliado, refere-se a **Beaufort 8**. O Quadro 33, apresenta a atividade em questão, as posições relacionadas, indicando-se o valor para a escala Beaufort, o nível de conforto relativo preconizado e o critério de conforto.

ATIVIDADE	ESCALA BEAUFORT	POSIÇÕES/SONDA	NÍVEL DE CONFORTO RELATIVO
<b>(4)</b> PARADO, SENTADO (LONGA EXPOSIÇÃO)	BEAUFORT 3	1 E 34	TOLERÁVEL
	BEAUFORT 4	1 E 34	DESCONFORTÁVEL
	BEAUFORT 5	1 E 34	DESCONFORTÁVEL (**)
	BEAUFORT 6	1 E 34	DESCONFORTÁVEL (**)
	BEAUFORT 7	1 E 34	DESCONFORTÁVEL (**)
<b>CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO</b>		<b>ACONSELHÁVEL</b>	<b>“ACEITÁVEL”</b>

(\*\*) Unidade de Beaufort encontrada, maior que o valor recomendado e menor que o valor indicado como nível de conforto relativo perigoso.

Quadro 33: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**, ensaio **M2.CP**, período de retorno de um ano.

Pela apreciação do Quadro 33, referente à atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**, os dados atinentes aos níveis de conforto relativo indicados, apresentam-se como **tolerável** e **desconfortável**. Observa-se ainda, que as posições relacionadas aos números de **Beaufort 3** e **Beaufort 4** estão indicadas com o nível de conforto relativo, de acordo com a condição colocada para estes valores da escala Beaufort, **tolerável** e **desconfortável**, respectivamente, Quadro 10, p. 129. Enquanto que, as indicações para os valores locados para **Beaufort 5, Beaufort 6** e **Beaufort 7**, foram consideradas como **desconfortável**, mesmo com os valores apresentados acima da referência para o nível

indicado, que tem como indicação **Beaufort 4**, pois a referência que segue apresenta-se maior que os valores encontrados, **Beaufort 8**.

No Quadro 33, p. 200, as circunstâncias sugeridas como **desconfortável**, posições de possível desconforto, sondas **1** e **34**, considerando a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**, para o período de retorno de um ano, referem-se a valores para **Beaufort 4, Beaufort 5, Beaufort 6** e **Beaufort 7**. Ponderando para **Beaufort 4**, posições e respectivas incidências, têm-se, sonda **1** de **150°** a **180°**, três incidências; e sonda **34** para **75°**, **135°**, de **195°** a **240°**, **270°**, **285°**, **330°** e **345°**, dez incidências. Analisando, as sondas colocadas como **Beaufort 5**, e relativas incidências de vento, ambas para quatro incidências, inclui-se, sonda **1** para **120°**, **210°**, **300°** e **345°**, e sonda **34** para **15°**, e de **150°** a **180°**. Anotando, agora, a posição e ângulo de incidência correspondente, aos valores de **Beaufort 6**, abrange-se, a sonda **1** para **90°**, **105°**, **195°**, **225°**, **240°** e **285°**, seis incidências; e a sonda **34** de **0°**, **45°** e **120°** três incidências. E por último, são colocadas as posições e respectivos ângulos de incidência para os valores contidos em **Beaufort 7**, sendo, a sonda **1** de **0°** a **75°**, **255°** e **270°**, oito incidências; e a sonda **34** para **30°**, uma incidência.

Apreciando a atividade discutida, encontram-se situações que mesmo consideradas em relação ao nível de conforto relativo como desconfortáveis, pelos critérios de aceitação as atividades são possíveis, estando fora de perigo. Assim sendo, para as duas posições estudadas relacionadas à atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**, e, considerando o período de retorno de um ano, são colocadas como “**aceitáveis**”, portanto, consideradas, **aconselhável**, para o período de retorno de um ano.

A ponderação para o período de retorno de um ano, abordando os **critérios de conforto** delimitados pela escala Beaufort, indica que todas as atividades postas para as posições são “**aceitáveis**”, então, julga-se **aconselhável** a realização das proposições definidas para cada uma das posições dispostas no modelo referente à **M2**, ensaio **M2.CP**. Considerando ainda o período de retorno de um ano, incluindo, da mesma forma, todas as atividades e posições indicadas, determina-se, também, **níveis de conforto relativo** para cada posição, relacionada a atividade proposta, sendo, neste caso, a condição menos adequada, apreciada como **desconfortável**, mais analisada como **aceitável para o período de retorno de um ano**.

#### 7.3.2.1.1.2 Período de retorno de um mês

Considerando as quatro atividades adotadas, para o período de retorno de um mês, os maiores valores encontrados ocorrem para treze posições das trinta e seis estudadas, e referem-se a **Beaufort 5 – vento regular**, observados para pelo menos uma incidência de

vento, posições **1, 4, 10, 11, 13, 15, 23, 24, 25, 26, 27, 31** e **34**. O maior número de ocorrências por posição acontece para a sonda **1** que apresenta **Beaufort 5** para treze incidências de vento, lista-se, entre  $0^{\circ}$  e  $105^{\circ}$ , e  $225^{\circ}$  e  $285^{\circ}$ ; para sete incidências, sonda **27** entre  $60^{\circ}$  e  $90^{\circ}$ , e  $255^{\circ}$  e  $300^{\circ}$ ; para seis incidências, sonda **25** entre  $15^{\circ}$  e  $90^{\circ}$ ; para quatro incidências, sonda **4** entre  $15^{\circ}$  e  $60^{\circ}$ , sonda **10** entre  $0^{\circ}$  e  $45^{\circ}$ , sonda **11** entre  $0^{\circ}$  e  $30^{\circ}$ , e  $60^{\circ}$ , e sonda **26** entre  $45^{\circ}$  e  $90^{\circ}$ ; para três incidências, sonda **23** entre  $60^{\circ}$  e  $90^{\circ}$ ; para duas incidências, sondas **15** e **24** entre  $0^{\circ}$  e  $15^{\circ}$ ; para uma incidência, sonda **13** para  $15^{\circ}$ , sonda **31** para  $90^{\circ}$ , sonda **34** para  $30^{\circ}$ .

Ainda considerando as quatro atividades estudadas, também para o período de retorno de um mês, avaliando as posições restantes, vinte e três, os máximos valores encontrados, indicam **Beaufort 4**, para diferentes incidências de vento, considerando a ocorrência de pelo menos uma incidência. Referem-se às posições **2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 28, 29, 30, 32, 33, 35** e **36**, que ocorrem, entre o máximo de dezesseis e o mínimo de uma incidência de vento. Relacionam-se sonda e ângulo de incidência para as ocorrências citadas, dezesseis incidências, sonda **35**, incidindo de  $0^{\circ}$  a  $30^{\circ}$ , de  $60^{\circ}$  a  $90^{\circ}$ , de  $150^{\circ}$  a  $240^{\circ}$ , e de  $285^{\circ}$  a  $315^{\circ}$ ; treze incidências, sonda **5** de  $30^{\circ}$  a  $75^{\circ}$ , de  $195^{\circ}$  a  $285^{\circ}$ ,  $330^{\circ}$  e  $345^{\circ}$ ; dez incidências, sonda **30** de  $0^{\circ}$  a  $30^{\circ}$ , de  $60^{\circ}$  a  $90^{\circ}$ , e de  $240^{\circ}$  a  $255^{\circ}$ , e sonda **32** para  $15^{\circ}$ , de  $75^{\circ}$  a  $120^{\circ}$ , e de  $255^{\circ}$  a  $315^{\circ}$ ; nove incidências, sonda **36** de  $60^{\circ}$  a  $105^{\circ}$ , de  $210^{\circ}$  a  $240^{\circ}$ ,  $285^{\circ}$  e  $300^{\circ}$ ; sete incidências, sonda **3** de  $30^{\circ}$  a  $60^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $105^{\circ}$ ,  $285^{\circ}$  e  $300^{\circ}$ , e sonda **8** para  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ , de  $285^{\circ}$  a  $315^{\circ}$  e  $345^{\circ}$ ; seis incidências, sonda **7** para  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $105^{\circ}$ ,  $300^{\circ}$ ,  $315^{\circ}$  e  $345^{\circ}$ , sonda **12** para  $0^{\circ}$  e de  $45^{\circ}$  a  $105^{\circ}$ , e sonda **19** para  $0^{\circ}$ ,  $120^{\circ}$ ,  $135^{\circ}$ , e de  $315^{\circ}$  a  $345^{\circ}$ ; cinco incidências, sonda **9** de  $30^{\circ}$  a  $60^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$  e  $105^{\circ}$ , sonda **14** para  $75^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ , e de  $210^{\circ}$  a  $240^{\circ}$ , sonda **16** de  $30^{\circ}$  a  $60^{\circ}$ ,  $255^{\circ}$  e  $270^{\circ}$ , e sonda **28** para  $180^{\circ}$ , e de  $255^{\circ}$  a  $300^{\circ}$ ; quatro incidências, sonda **20** para  $0^{\circ}$ ,  $135^{\circ}$ ,  $330^{\circ}$  e  $345^{\circ}$ , sonda **21** para  $0^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ ,  $165^{\circ}$  e  $180^{\circ}$ , e sonda **29** de  $165^{\circ}$  a  $195^{\circ}$  e  $255^{\circ}$ ; três incidências, sonda **6** de  $60^{\circ}$  a  $90^{\circ}$ ; duas incidências, sonda **18** para  $135^{\circ}$  e  $315^{\circ}$ , e sonda **33** para  $15^{\circ}$  e  $135^{\circ}$ ; as menores ocorrências, uma incidência, sonda **2**, incidindo a  $105^{\circ}$ , sonda **17**, incidindo a  $90^{\circ}$ , sonda **22**, incidindo a  $30^{\circ}$ .

Outro valor para a escala Beaufort encontrado, considerando ainda o período de retorno de um mês, refere-se a **Beaufort 3 – vento suave** e **Beaufort 2 – brisa**. Tanto **Beaufort 3**, quanto **Beaufort 2** ocorrem para todas as trinta e seis posições estudadas, sendo que o valor mais frequente, que corresponde ao de **maior número de observações**, refere-se a **Beaufort 3**. Os menores valores expostos, para o período de ocorrência de um mês, aparecem atendendo a **Beaufort 1 – aragem**, vento muito brando. **Beaufort 1** acontece para pelo menos uma incidência de vento, para oito posições relacionadas às

sondas analisadas, a maior ocorrência, contando cinco, acontece para uma posição, sonda **20** de **225<sup>o</sup>** a **285<sup>o</sup>**; duas ocorrências incidem para duas posições, sonda **2** para **15<sup>o</sup>** e **225<sup>o</sup>**, e sonda **22** para **120<sup>o</sup>** e **300<sup>o</sup>**; uma ocorrência ocorre para cinco posições, sonda **4** para **300<sup>o</sup>**, sondas **15** e **16** para **165<sup>o</sup>**, sonda **17** para **180<sup>o</sup>**, e sonda **18** para **195<sup>o</sup>**.

Para o período de retorno de um mês, considerando as atividades **caminhando rapidamente (1)**, **passeando, atividades de carga e descarga (2)**, **parado, curta exposição (3)** e **parado, sentado, longa exposição (4)** o critério de aceitação, abrange os valores correspondentes a **Beaufort 7**, **Beaufort 6**, **Beaufort 5** e **Beaufort 4**, valores considerados para menos de uma ocorrência por mês. O limite abaixo dos números indicados como referência, representam, para todas as situações encontradas, incluindo as posições, a condição de “**aceitável**”, portanto, **aconselhável**, e igual ou acima das mesmas indicações indica-se como “**desconfortável**”, deste modo, **desaconselhável**.

Então, baseando-se nos critérios de conforto estabelecidos a partir da escala Beaufort, para o período de retorno de um mês, os máximos valores encontrados para as posições equivalem a **Beaufort 5** e **Beaufort 4**, que apresentam **níveis de conforto desaconselhável**, para algumas atividades. Verificando as **trinta e seis posições instrumentadas, parado, sentado, longa exposição (4)**, percebe-se que as treze posições em que ocorre **Beaufort 5**, encontram-se como **desaconselhável** para a atividade **parado, curta exposição (3)**, enquanto que para as trinta e seis posições, para as quais ocorrem **Beaufort 5** e **Beaufort 4**, encontram-se, também como **desaconselhável** ainda para a atividades **parado, sentado, longa exposição (4)**, referem-se ao critério de aceitação, desde que encontrados valores correspondentes aos números colocados.

Para o **nível de conforto relativo**, considerando cada atividade indicada, os valores encontrados relativos à **Beaufort 1**, ocorrem para apenas uma sonda, uma atividade, **parado, curta exposição (3)**, e a **Beaufort 2**, **Beaufort 3** e **Beaufort 4**, ocorrem para todas as sondas, para as quatro atividades elencadas. Verificam-se colocações particulares para cada atividade, a partir da análise do Quadro 17, p. 155, considerando ainda o exame do Quadro 10, p. 129, para os dados relacionados ao período de retorno de um mês.

Considerando, primeiramente a atividade **caminhando rapidamente (1)**, para o período de retorno de um mês, em relação ao nível de conforto relativo, os valores encontrados correspondem a números de **Beaufort 1**, **Beaufort 2**, **Beaufort 3**, **Beaufort 4** e **Beaufort 5**, sendo qualificadas para esta atividade as posições **3**, **5**, **6**, **7**, **10**, **17**, **18**, **19**, **23**, **25**, **26**, **33** e **36**, total de treze posições. Analisando o Quadro 10, p. 129, encontra-se **Beaufort 7**, como valor indicado como **aceitável** para essa atividade, para o período de

retorno de um mês, este valor refere-se a critério de aceitação. No Quadro 34, p. 204, mostra-se a análise para a atividade relacionada a caminhar rapidamente para o período de retorno de um mês.

ATIVIDADE	ESCALA BEAUFORT	POSIÇÕES/SONDA	NÍVEL DE CONFORTO RELATIVO
(1) CAMINHANDO RAPIDAMENTE	BEAUFORT 1	17 E 18	PERCEPTÍVEL (*)
	BEAUFORT 2	3, 5, 6, 7, 10, 17, 18, 19, 23, 25, 26, 33 E 36	PERCEPTÍVEL (*)
	BEAUFORT 3	3, 5, 6, 7, 10, 17, 18, 19, 23, 25, 26, 33 E 36	PERCEPTÍVEL (*)
	BEAUFORT 4	3, 5, 6, 7, 10, 17, 18, 19, 23, 25, 26, 33 E 36	PERCEPTÍVEL (*)
	BEAUFORT 5	10, 23, 25, E 26	PERCEPTÍVEL
<b>CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO</b>		<b>ACONSELHÁVEL</b>	<b>“ACEITÁVEL”</b>

(\*) Unidade de Beaufort encontrada, menor que o valor recomendado.

Quadro 34: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **caminhando rapidamente (1)**, ensaio **M2.CP**, período de retorno de um mês.

Para todas as situações o nível de conforto foi indicado como **perceptível**, sendo que, o valor que configura o nível de conforto para o período de retorno em questão, refere-se a **Beaufort 5**. Então, a maior parte dos valores encontrados está, para essa escala, menor do que a referência, encontrando-se abaixo do limite indicado, mas são assim considerados. Apenas para as posições **10, 23, 25 e 26**, encontram-se valores relativos à **Beaufort 5**, valores equivalentes aos dados de referência. Avaliando acerca da atividade **caminhando rapidamente (1)**, disposta para treze posições, de acordo com os dados obtidos, esta atividade é indicada com a condição de **“aceitável”**, conseqüentemente **aconselhável** para o período de retorno de um mês.

Em relação à segunda atividade alistada, identificada como **passeando, atividades de carga e descarga (2)**, para o período de retorno de um mês, nove posições estudadas, referindo-se as sondas **2, 12, 15, 16, 22, 27, 28, 29 e 32**, encontram-se valores correspondentes à escala Beaufort atinentes a **Beaufort 1, Beaufort 2, Beaufort 3, Beaufort 4 e Beaufort 5**. Ainda em relação à escala Beaufort, tem-se o valor recomendado como aceitável **Beaufort 6**, pela apreciação do Quadro 10, p. 129, e considerando a

atividade e o período de retorno em questão. No Quadro 35, encontram-se resumidas as análises para o nível de conforto relativo e o critério de aceitação determinado para cada uma das posições.

ATIVIDADE	ESCALA BEAUFORT	POSIÇÕES/SONDA	NÍVEL DE CONFORTO RELATIVO
(2) PASSEIO, ATIVIDADES DE CARGA E DESCARGA	BEAUFORT 1	2, 15, 16 E 22	PERCEPTÍVEL (*)
	BEAUFORT 2	2, 12, 15, 16, 22, 27, 28, 29 E 32	PERCEPTÍVEL (*)
	BEAUFORT 3	2, 12, 15, 16, 22, 27, 28, 29 E 32	PERCEPTÍVEL (*)
	BEAUFORT 4	2, 12, 15, 16, 22, 27, 28, 29 E 32	PERCEPTÍVEL
	BEAUFORT 5	15 E 27	TOLERÁVEL
CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO		ACONSELHÁVEL	“ACEITÁVEL”

(\*) Unidade de Beaufort encontrada, menor que o valor recomendado.

Quadro 35: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **passaio, atividades de carga e descarga (2)**, ensaio **M2.CP**, período de retorno de um mês.

Incidido a análise acerca dos níveis de conforto relativo para as posições estudadas relacionadas à atividade **passaio, atividades de carga e descarga (2)**, Quadro 35, identifica-se que todas as posições estão enquadradas como **perceptível** e **tolerável**, sendo que, as posições para as quais ocorre **Beaufort 1**, **Beaufort 2** e **Beaufort 3**, apresentam valores menores que os indicados para o nível de conforto. Para as posições correspondentes a **Beaufort 4** e **Beaufort 5**, os valores encontram-se de acordo com as respectivas referências. Então, a atividade **passaio, atividades de carga e descarga (2)**, indicada para nove posições, pelos critérios de conforto, para o período de retorno de um mês, é recomendada como **“aceitável”**, consequentemente **aconselhável**.

Ponderando acerca de mais uma da atividade, identificada como **parado, curta exposição (3)**, anotam-se doze sondas, as posições **4, 8, 9, 11, 13, 14, 20, 21, 24, 30, 31** e **35**, avaliando para período de recorrência de um mês, assim como para as outras atividades já estudadas, encontram-se velocidades do vento relacionadas a números de **Beaufort 1**, **Beaufort 2**, **Beaufort 3**, **Beaufort 4** e **Beaufort 5**. De acordo com o Quadro 10, p. 129, o valor da escala Beaufort indicado como aceitável, para a atividade e o período de retorno

avaliado, refere-se a **Beaufort 5**, no Quadro 36 são colocados os valores achados para a situação estudada.

ATIVIDADE		ESCALA BEAUFORT	POSIÇÕES/SONDA	NÍVEL DE CONFORTO RELATIVO
<b>(3)</b>	PARADO (CURTA EXPOSIÇÃO)	BEAUFORT 1	4 E 20	PERCEPTÍVEL (*)
		BEAUFORT 2	4, 8, 9, 11, 13, 14, 20, 21, 24, 30, 31 E 35	PERCEPTÍVEL (*)
		BEAUFORT 3	4, 8, 9, 11, 13, 14, 20, 21, 24, 30, 31 E 35	PERCEPTÍVEL
		BEAUFORT 4	4, 8, 9, 11, 13, 14, 20, 21, 24, 30, 31 E 35	TOLERÁVEL
		BEAUFORT 5	4, 11, 13, 24 E 31	DESCONFORTÁVEL
CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO			DESACONSELHÁVEL P/ BEAUFORT 5	“DESCONFORTÁVEL”

(\*) Unidade de Beaufort encontrada, menor que o valor recomendado.

Quadro 36: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **parado, curta exposição (3)**, ensaio **M2.CP**, período de retorno de um mês.

Para as posições recomendadas como número de **Beaufort 1** e **Beaufort 2**, são designadas como nível de conforto relativo – **perceptível**, mesmo os dados encontrados sendo menores do que o mencionado. As sondas indicadas como **Beaufort 3** apresentam nível de conforto relativo – **perceptível**, para a indicação referente à **Beaufort 4** tem-se nível de conforto relativo – **tolerável**. Enquanto que as posições designadas como **Beaufort 5**, encontram-se com nível de conforto relativo – **desconfortável**. As situações observadas para as sondas e respectivas incidências de vento, para as referências enquadradas como **Beaufort 5**, são colocadas, listando, posição e incidência de vento, para quatro incidências, sonda 4 de 15<sup>o</sup> a 60<sup>o</sup>, e sonda 11 de 0<sup>o</sup> a 30<sup>o</sup> e 60<sup>o</sup>; para duas ocorrências, sonda 24 para 0<sup>o</sup> e 15<sup>o</sup>; para uma ocorrência, sonda 13 para 15<sup>o</sup>, e sonda 31 para 90<sup>o</sup>.

As colocações postas no Quadro 36, indicadas como de provável desconforto, ou seja, **desconfortável**, no que se refere ao nível de conforto relativo, para a atividade **parado, curta exposição (3)**, para os critérios de aceitação, posições indicadas como **Beaufort 5**, posições 4, 11, 13, 24 e 31 e respectivas incidências são avaliadas como **desaconselhável**, para o período de retorno de um mês. Então, para as situações

colocadas como **desaconselhável** a posição é apresentada como “**desconfortável**” posições não aceitas para este estudo, e, ainda de acordo com o critério de aceitação a prática da atividade **parado, curta exposição (3)** é “**aceitável**” sendo colocada como **aconselhável** para as posições referentes à ocorrência de valores de Beaufort menores que **Beaufort 5**, ainda considerando o período de retorno de um mês.

Enquanto que, a última atividade indicada, referenciada como **parado, sentado, longa exposição (4)**, as posições notadas, posição **1** e **34**, duas no total, analisando quanto ao nível de conforto relativo para o período de retorno de um mês, as velocidades do vento encontradas referem-se a **Beaufort 2, Beaufort 3, Beaufort 4 e Beaufort 5**. Visualizando o Quadro 10, p. 129, considera-se como valor de referência para a atividade pelo critério de aceitação **Beaufort 4**.

Analisando os valores indicados para a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**, iniciando com as colocações para **Beaufort 2** que apresentam nível de conforto relativo – **perceptível**; os indicados como **Beaufort 3** oferecem nível de conforto relativo – **tolerável**; os relacionados à **Beaufort 4** recomendam nível de conforto relativo – **desconfortável**; e por último, os enquadrados como **Beaufort 5**, proporcionam nível de conforto relativo – **desconfortável**; sendo que, este último apresenta valor mais alto que o indicado como referência. Encontram-se no Quadro 37, o resultado da avaliação realizada para a atividade mencionada.

ATIVIDADE		ESCALA BEAUFORT	POSIÇÕES/SONDA	NÍVEL DE CONFORTO RELATIVO
<b>(4)</b>	PARADO, SENTADO (LONGA EXPOSIÇÃO)	BEAUFORT 2	1 E 34	PERCEPTÍVEL
		BEAUFORT 3	1 E 34	TOLERÁVEL
		BEAUFORT 4	1 E 34	DESCONFORTÁVEL
		BEAUFORT 5	1 E 34	DESCONFORTÁVEL (**)
CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO		DESACONSELHÁVEL P/ BEAUFORT 4 E 5		“DESACONSELHÁVEL”

(\*\*) Unidade de Beaufort encontrada, maior que o valor recomendado e menor que o valor indicado como nível de conforto relativo perigoso.

Quadro 37: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**, ensaio **M2.CP**, período de retorno de um mês.

Levantando as situações encontradas e identificadas como desconfortável, Quadro 37, p. 207, elenca-se, inicialmente os valores colocados para **Beaufort 4**, as sondas encontradas e respectivas incidências de vento são, sonda **1**, para seis incidências, sendo, **120<sup>0</sup>**, de **180<sup>0</sup>** a **210<sup>0</sup>**, **300<sup>0</sup>** e **345<sup>0</sup>**; e a sonda **34** para sete incidências, sendo, **0<sup>0</sup>**, **15<sup>0</sup>**, **45<sup>0</sup>**, **120<sup>0</sup>** e de **150<sup>0</sup>** a **180<sup>0</sup>**. Considerando, então, as sondas para as incidências correspondentes a **Beaufort 5**, têm-se, sonda **1**, para treze incidências, sendo, de **0<sup>0</sup>** a **105<sup>0</sup>** e de **225<sup>0</sup>** a **285<sup>0</sup>**; e a sonda **34**, para uma única incidência, sendo, **30<sup>0</sup>**.

Considerando a atividade ora estudada, para as situações analisadas em relação ao nível de conforto relativo como desconfortável, e em relação aos critérios de aceitação a atividade é analisada como **desaconselhável**, para o período de retorno de um mês. Sendo assim, as duas posições estudadas para a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**, são colocadas como “**desconfortável**”, portanto **desaconselhável** para o período de retorno de um mês.

As condições anotadas, como critérios de conforto, analisado diante da escala Beaufort, para o período de retorno de um mês, conferem situações fora de perigo, consideradas como aconselhável, enquadrada como **critério de aceitação – “aceitável”** para as atividades **caminhando rapidamente (1)**, **passeando, atividades de carga e descarga (2)** e **parado, curta exposição (3)**, posições **8, 9, 14, 20, 21, 30** e **35**, para o ensaio **M2.CP**; ao passo que, ainda considerando a mesma condição, a atividade **parado, curta exposição (3)**, posições **4, 11, 13, 24** e **31**, e a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)** são analisadas como “**desconfortável**”, portanto **desaconselhável**.

Para o mesmo período de retorno, ainda são determinados níveis de conforto relativo, abarcando, da mesma forma, todas as atividades e posições alistadas, sendo a condição menos adequada, apreciada como **desconfortável**, esta condição confere as posições relacionadas à atividade **parado, curta exposição (3)**, posições **4, 11, 13, 24** e **31**, e a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**, posições **1** e **34**, para o **período de retorno de um mês é considerada desconfortável**, sendo esta atividade **desaconselhável**; enquanto que para as atividades **caminhando rapidamente (1)**, **passeio, atividades de carga e descarga (2)** e **parado, curta exposição (3)**, posições **8, 9, 14, 20, 21, 30** e **35**, são atribuídos **níveis de conforto aconselháveis**.

#### 7.3.2.1.1.3 Período de retorno de uma semana

Para o período de retorno de uma semana, para as trinta e seis posições analisadas, o algarismo máximo equivale a **Beaufort 5 – vento regular**, que corresponde ao maior valor para apenas duas posições, sendo para a posição **1**, três incidências, sendo **15<sup>0</sup>**, **60<sup>0</sup>** e **75<sup>0</sup>**;

e posição **10**, para uma incidência, sendo **15<sup>0</sup>**. Considerando então, as ocorrências de **Beaufort 4 – vento moderado**, que acontecem para vinte e oito posições, correspondendo ao valor máximo para as posições **2, 3, 4, 5, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35** e **36**, sendo vinte e seis posições. Para mais oito posições, equivalentes a **6, 7, 8, 17, 18, 19, 20** e **22**, o número **Beaufort 3 – vento suave**, corresponde ao máximo valor encontrado, ainda pode-se dizer, que este valor aparece para todas as posições.

Relacionam-se as posições e correspondentes incidências, para as quais ocorrem números de **Beaufort 4**, incluem-se todas as posições, inicia-se pelo maior número de ocorrências, sendo anotadas doze apenas para a posição **1**, e incidências **0<sup>0</sup>, 30<sup>0</sup>, 45<sup>0</sup>, 90<sup>0</sup>, 105<sup>0</sup>** e de **195<sup>0</sup> a 285<sup>0</sup>**; onze incidências para a posição **27**, para **0<sup>0</sup>**, de **30<sup>0</sup> a 90<sup>0</sup>** e de **240<sup>0</sup> a 300<sup>0</sup>**; nove ocorrências, para duas posições, posição **15**, para de **0<sup>0</sup> a 45<sup>0</sup>, 105<sup>0</sup>**, de **255<sup>0</sup> a 285<sup>0</sup>** e **345<sup>0</sup>**, e posição **26**, de **30<sup>0</sup> a 90<sup>0</sup>** e de **255<sup>0</sup> a 300<sup>0</sup>**; oito ocorrências para posição **23** de **15<sup>0</sup> a 120<sup>0</sup>**; sete ocorrências, posição **4** de **0<sup>0</sup> a 60<sup>0</sup>, 240<sup>0</sup> e 255<sup>0</sup>**; seis ocorrências acontecem para quatro posições, posição **11** de **0<sup>0</sup> a 75<sup>0</sup>**, posição **25** de **15<sup>0</sup> a 90<sup>0</sup>**, posição **31** de **60<sup>0</sup> a 105<sup>0</sup>, 270<sup>0</sup> e 285<sup>0</sup>**, posição **35** para **90<sup>0</sup>, 165<sup>0</sup>, 180<sup>0</sup>, 210<sup>0</sup>, 225<sup>0</sup> e 300<sup>0</sup>**; para quatro ocorrências, cinco posições, sendo, posição **10** para **0<sup>0</sup>, 30<sup>0</sup>, 45<sup>0</sup> e 60<sup>0</sup>**, posição **12** para **0<sup>0</sup>** e de **60<sup>0</sup> e 90<sup>0</sup>**, posição **24** de **0<sup>0</sup> a 30<sup>0</sup> e 345<sup>0</sup>**, posição **30** para **0<sup>0</sup>** e de **60<sup>0</sup> e 90<sup>0</sup>**, posição **34** para **0<sup>0</sup>, 30<sup>0</sup>, 45<sup>0</sup> e 120<sup>0</sup>**; três ocorrências, acontecem para três posições, sendo, posição **3** para **45<sup>0</sup>, 60<sup>0</sup> e 105<sup>0</sup>**; posição **9** para **30<sup>0</sup>, 45<sup>0</sup> e 90<sup>0</sup>**; posição **36** para **60<sup>0</sup>, 90<sup>0</sup> e 225<sup>0</sup>**; duas incidências ocorrem para duas sondas, posição **5** para **45<sup>0</sup> e 60<sup>0</sup>**, e posição **14** para **210<sup>0</sup> e 225<sup>0</sup>**; por último, uma ocorrência, que acontece para oito posições, sendo, posições **13** e **33** para **15<sup>0</sup>**, posição **15** para **45<sup>0</sup>**, posição **32** para **90<sup>0</sup>**, posição **2** para **105<sup>0</sup>**, posições **21** e **29** para **180<sup>0</sup>**, e posição **28** para **255<sup>0</sup>**.

Também para **Beaufort 3**, são alistadas as posições e respectivas incidências de vento, o maior número de ocorrências refere-se a catorze e corresponde a posição **7** de **0<sup>0</sup> a 60<sup>0</sup>, 90<sup>0</sup>, 105<sup>0</sup>, 195<sup>0</sup>** e de **270<sup>0</sup> a 345<sup>0</sup>**; treze ocorrências para a posição **8** para **0<sup>0</sup>**, de **30<sup>0</sup> a 90<sup>0</sup>** e de **255<sup>0</sup> a 345<sup>0</sup>**; para onze ocorrências, duas sondas, posição **18** para **0<sup>0</sup>, 90<sup>0</sup>**, de **120<sup>0</sup> a 150<sup>0</sup>** e de **270<sup>0</sup> a 345<sup>0</sup>**, e posição **19** para **0<sup>0</sup>** de **90<sup>0</sup> a 165<sup>0</sup>** e de **300<sup>0</sup> a 345<sup>0</sup>**; para nove incidências, uma posição, posição **17** de **60<sup>0</sup> a 135<sup>0</sup>** e de **300<sup>0</sup>** e de **330<sup>0</sup>**; oito incidências, para uma posição, posição **20** para **0<sup>0</sup>, 15<sup>0</sup>** de **120<sup>0</sup> a 165<sup>0</sup>, 330<sup>0</sup> e 345<sup>0</sup>**; para sete incidências, duas posições, posição **6** de **45<sup>0</sup> a 120<sup>0</sup> e 210<sup>0</sup>**, posição **22** de **15<sup>0</sup> a 90<sup>0</sup> e 255<sup>0</sup>**.

Ainda aparecem valores recebendo **Beaufort 2 – brisa**, que para o período de retorno em questão, ocorre para todas as posições, este valor também é considerado o dado que apresenta o maior número de ocorrências, sendo o **valor mais frequente**.

Também ocorrem números de **Beaufort 1 – aragem**, vento muito brando, para quinze posições, **2, 3, 4, 6, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 25, 30 e 31**, assim distribuídos, o maior número de ocorrências, total de nove, acontece para uma posição, de número posição **20** para **45<sup>o</sup>, 60<sup>o</sup>** e de **195<sup>o</sup> a 285<sup>o</sup>**; quatro ocorrências, posição **2** para **15<sup>o</sup>, 135<sup>o</sup>, 210<sup>o</sup> e 225<sup>o</sup>**; três ocorrências acontecem para cinco posições, sendo, posição **4** para **150<sup>o</sup>, 300<sup>o</sup> a 315<sup>o</sup>**, posição **6** de **150<sup>o</sup> a 180<sup>o</sup>**, posição **18** de **180<sup>o</sup> a 210<sup>o</sup>**, posição **22** para **120<sup>o</sup>, 195<sup>o</sup> a 300<sup>o</sup>**, e posição **25** para **240<sup>o</sup>, 315<sup>o</sup> a 330<sup>o</sup>**; duas ocorrências, acontecem para quatro posições, posição **3** para **135<sup>o</sup> a 240<sup>o</sup>**, posição **15** para **150<sup>o</sup> a 165<sup>o</sup>**, posição **17** para **180<sup>o</sup> a 195<sup>o</sup>**, posição **19** para **195<sup>o</sup> a 210<sup>o</sup>**; finalizando com uma ocorrência, que abrange quatro posições, posição **12** para **240<sup>o</sup>**, posição **16** para **165<sup>o</sup>**, posição **30** para **330<sup>o</sup>**, e posição **31** para **345<sup>o</sup>**.

Como referências encontram-se os dados alocados para as atividades estudadas nesta pesquisa, sendo listadas **caminhando rapidamente (1), passeando, atividades de carga e descarga (2), parado, curta exposição (3) e parado, sentado, longa exposição (4)**, que, como critério de aceitação deve satisfazer a menos de uma ocorrência por semana de valores que correspondem a **Beaufort 6, Beaufort 5, Beaufort 4 e Beaufort 3**, ponderando, nesta mesma ordem. Configurando-se, para dados abaixo dos números indicados, a condição de “**aceitável**”, chamada **aconselhável**; sendo os valores encontrados, acima ou igual ao número indicado, considera-se a posição com a condição de nível de conforto relativo “**desconfortável**”, deste modo, posição **desaconselhável**.

Portanto, para o período de retorno de uma semana, em relação aos critérios de conforto estabelecidos a partir da escala Beaufort, os máximos valores encontrados para as posições equivalem a **Beaufort 5, Beaufort 4 e Beaufort 3**, que proporcionam **níveis de conforto desaconselhável**, para algumas atividades. Analisando as **trinta e seis posições instrumentadas**, em relação às posições em que ocorrem **Beaufort 5**, são indicadas a condição de **desaconselhável** para as atividades **passeando, atividades de carga e descarga (2), parado, curta exposição (3) e parado, sentado, longa exposição (4)**, enquanto que, para a ocorrência de **Beaufort 4**, indica-se como **desaconselhável** para as atividades, **parado, curta exposição (3) e parado, sentado, longa exposição (4)**, e **Beaufort 3**, encontram-se, também como **desaconselhável** também para a atividades **parado, sentado, longa exposição (4)**, referem-se ao critério de aceitação, desde que encontrados valores correspondentes aos números colocados.

Analisando o **nível de conforto relativo**, para cada atividade indicada, os valores encontrados relativos à **Beaufort 1**, que ocorre para quinze posições, **Beaufort 2 e Beaufort 3**, que ocorre para todas as posições, contemplando todas as atividades, e **Beaufort 4 e Beaufort 5**, que acontecem para vinte e oito e duas posições,

respectivamente. Constata-se particularidades para cada atividade, a partir da análise do Quadro 17, p. 155, e verificando, também, o Quadro 10, p. 129, para os dados relacionados ao período de retorno de uma semana.

Inicia-se pela consideração da atividade **caminhando rapidamente (1)**, analisando para o período de retorno de uma semana em relação ao nível de conforto relativo, os valores encontrados correspondem a números de **Beaufort 1**, **Beaufort 2**, **Beaufort 3**, **Beaufort 4** e **Beaufort 5**, sendo classificadas para esta atividade as sondas **3, 5, 6, 7, 10, 17, 18, 19, 23, 25, 26, 33 e 36**. De acordo com o Quadro 10, p. 129, o valor indicado como aceitável para essa atividade apreciando o período de retorno de uma semana, refere-se a **Beaufort 6**, critério de aceitação. No Quadro 38, encontra-se a avaliação realizada para cada uma das posições.

ATIVIDADE	ESCALA BEAUFORT	POSIÇÕES/SONDA	NÍVEL DE CONFORTO RELATIVO
<b>(1)</b> CAMINHANDO RAPIDAMENTE	BEAUFORT 1	3, 6, 17, 18, 19 E 25	PERCEPTÍVEL (*)
	BEAUFORT 2	3, 5, 6, 7, 10, 17, 18, 19, 23, 25, 26, 33 E 36	PERCEPTÍVEL (*)
	BEAUFORT 3	3, 5, 6, 7, 10, 17, 18, 19, 23, 25, 26, 33 E 36	PERCEPTÍVEL (*)
	BEAUFORT 4	3, 5, 10, 23, 25, 26, 33 E 36	PERCEPTÍVEL (*)
	BEAUFORT 5	10	PERCEPTÍVEL
<b>CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO</b>		<b>ACONSELHÁVEL</b>	<b>“ACEITÁVEL”</b>

(\*) Unidade de Beaufort encontrada, menor que o valor recomendado.

Quadro 38: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **caminhando rapidamente (1)**, ensaio **M2.CP**, período de retorno de uma semana.

O **nível de conforto relativo** foi indicado como **perceptível**, para todas as situações, sendo que o valor referência para o período de retorno em questão refere-se a **Beaufort 5**, então, os valores encontram-se menores do que a referência, para as ocorrências de **Beaufort 1**, **Beaufort 2**, **Beaufort 3** e **Beaufort 4**, mas, são considerados como **perceptível**. Enquanto que, para a relação com **Beaufort 5**, os valores encontram-se exatamente de acordo com a condição demarcada. Indicada para treze posições instrumentadas, através dos experimentos realizados, para a atividade **caminhando**

**rapidamente (1)**, os valores encontrados para as sondas e respectivos ângulos de incidência apresentam-se como “**aceitável**”, portanto, considerada **aconselhável** para o **período de retorno de uma semana**, Quadro 38, p. 211.

Segunda atividade elencada, considerando o período de retorno de uma semana, relaciona-se a atividade **passeando, atividades de carga e descarga (2)**, indicada para nove posições, sendo, **2, 12, 15, 16, 22, 27, 28, 29 e 32**, os valores da escala Beaufort encontrados correspondem a **Beaufort 1, Beaufort 2, Beaufort 3 e Beaufort 4**. O valor da escala Beaufort contido no Quadro 10, p. 129, recomendado como aceitável, considerando a atividade e o período de retorno em questão refere-se a menos de uma ocorrência de **Beaufort 5**. O nível de conforto relativo e critério de aceitação, determinado para cada uma das posições, encontram-se no Quadro 39.

ATIVIDADE		ESCALA BEAUFORT	POSIÇÕES/SONDA	NÍVEL DE CONFORTO RELATIVO
<b>(2)</b>	PASSEIO, ATIVIDADES DE CARGA E DESCARGA	BEAUFORT 1	2, 12, 15, 16 E 22	PERCEPTÍVEL (*)
		BEAUFORT 2	2, 12, 15, 16, 22, 27, 28, 29 E 32	PERCEPTÍVEL (*)
		BEAUFORT 3	2, 12, 15, 16, 22, 27, 28, 29 E 32	PERCEPTÍVEL (*)
		BEAUFORT 4	2, 12, 15, 16, 27, 28, 29 E 32	PERCEPTÍVEL
<b>CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO</b>		<b>ACONSELHÁVEL</b>		<b>“ACEITÁVEL”</b>

(\*) Unidade de Beaufort encontrada, menor que o valor recomendado.

Quadro 39: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, ensaio **M2.CP**, período de retorno de uma semana.

Avaliando os níveis de conforto relativo para as posições estudadas concernentes a atividade observada no Quadro 39, verifica-se que todas as posições estão enquadradas como nível de conforto relativo – **perceptível**, sendo que os valores de Beaufort encontrados relacionados à, **Beaufort 1, Beaufort 2 e Beaufort 3**, apresentam números menores que os indicados como referência. Diante do exposto, todas as posições indicadas para a atividade **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, pelos critérios de conforto são colocadas como “**aceitável**”, então se avalia a atividade como **aconselhável** para o **período de retorno de uma semana**.

A avaliação continua, analisando a terceira atividade, indicada como **parado, curta exposição (3)**, anotam-se doze posições, **4, 8, 9, 11, 13, 14, 20, 21, 24, 30, 31 e 35**, medindo o **nível de conforto relativo** para período de recorrência de uma semana, acham-se velocidades do vento relacionadas a números de **Beaufort 1, Beaufort 2, Beaufort 3 e Beaufort 4**. Para a atividade e o período de retorno avaliado, pela apreciação do Quadro 10, p. 129 o valor da escala Beaufort indicado como aceitável, refere-se a **Beaufort 4**, considerando este valor para menos de uma ocorrência por semana, no Quadro 40, são colocados os valores notados para a situação estudada.

ATIVIDADE		ESCALA BEAUFORT	POSIÇÕES/SONDA	NÍVEL DE CONFORTO RELATIVO
<b>(3)</b>	PARADO (CURTA EXPOSIÇÃO)	BEAUFORT 1	4, 20, 30 E 31	PERCEPTÍVEL (*)
		BEAUFORT 2	4, 8, 9, 11, 13, 14, 20, 21, 24, 30, 31 E 35	PERCEPTÍVEL (*)
		BEAUFORT 3	4, 8, 9, 11, 13, 14, 20, 21, 24, 30, 31 E 35	PERCEPTÍVEL
		BEAUFORT 4	4, 9, 11, 13, 14, 21, 24, 30, 31 E 35	TOLERÁVEL
CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO			DESACONSELHÁVEL P/ BEAUFORT 4	“DESCONFORTÁVEL”

(\*) Unidade de Beaufort encontrada, menor que o valor recomendado.

Quadro 40: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **parado, curta exposição (3)**, ensaio **M2.CP**, período de retorno de uma semana.

As posições indicadas no Quadro 40, como número de **Beaufort 1 e Beaufort 2**, são designadas como **nível de conforto relativo – perceptível**, mesmo se os dados encontrados são menores do que o mencionado. As sondas indicadas como **Beaufort 3** apresentam nível de conforto relativo – **perceptível** e as sondas indicadas como **Beaufort 4** proporcionam nível de conforto relativo – **tolerável**. Para as posições estudadas, em relação a atividade **parado, curta exposição (3)** encontra-se indicada pelos números de **Beaufort 1, Beaufort 2 e Beaufort 3**, recomenda-se a condição de “**aceitável**”, deste modo, de acordo com o critério de aceitação a prática da atividade é **aconselhável** para as posições **8 e 20**, considerando o **período de retorno de uma semana**. Para as posições que se encontram com incidências relativas à **Beaufort 4**, posições **4, 9, 11, 13, 14, 21, 24, 30, 31 e 35**, atividade **parado, curta exposição (3)**, para o **período de retorno de uma semana** são consideradas como “**desconfortável**”, portanto **desaconselhável**.

Última atividade analisada refere-se à condição de **parado, sentado, longa exposição (4)**, para duas posições, sendo, **1** e **34**, avaliando quanto ao no nível de conforto relativo para o período de retorno de uma semana, as velocidades do vento encontradas referem-se a **Beaufort 2, Beaufort 3, Beaufort 4** e **Beaufort 5**. O critério de aceitação, visualizado através do Quadro 10, p. 129, considera como valor de referência para a atividade, **Beaufort 3**. Mostra-se no Quadro 41, as indicações encontradas para esta categoria.

ATIVIDADE		ESCALA BEAUFORT	POSIÇÕES/SONDA	NÍVEL DE CONFORTO RELATIVO
<b>(4)</b>	PARADO, SENTADO (LONGA EXPOSIÇÃO)	BEAUFORT 2	1 E 34	PERCEPTÍVEL
		BEAUFORT 3	1 E 34	TOLERÁVEL
		BEAUFORT 4	1 E 34	DESCONFORTÁVEL
		BEAUFORT 5	1	DESCONFORTÁVEL (**)
CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO			DESACONSELHÁVEL P/ BEAUFORT 3, 4 E 5	“DESCONFORTÁVEL”

(\*\*) Unidade de Beaufort encontrada, maior que o valor recomendado e menor que o valor indicado como nível de conforto relativo perigoso.

Quadro 41: Nível de conforto relativo e critério de aceitação para a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**, ensaio **M2.CP**, período de retorno de uma semana.

Analisando o Quadro 41, os valores indicados como **Beaufort 2** apresentam nível de conforto relativo – **perceptível**, os indicados como **Beaufort 3**, proporcionam nível de conforto relativo – **tolerável** e o indicado como **Beaufort 4**, proporciona um nível de conforto relativo – **desconfortável**, assim como, os valores colocados para **Beaufort 5**, que mesmo maiores que a referência, são indicados como nível de conforto relativo – **desconfortável**. As circunstâncias indicadas em relação ao nível de conforto relativo, considerando a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**, para a ocorrência de **Beaufort 3, Beaufort 4** e **Beaufort 5**, pelo critério de aceitação considera-se a realização da atividade como “**desconfortável**”, portanto **desaconselhável**, para o período de retorno de uma semana.

As condições comentadas, como critérios de conforto, avaliado para o período de retorno de uma semana, diante da escala Beaufort, encontra circunstâncias fora de perigo,

ponderadas como aconselháveis, pelo **critério de aceitação** – “**aceitável**” para as atividades **caminhando rapidamente (1)**, **passeando, atividades de carga e descarga (2)** e para algumas posições relacionadas à atividade **parado, curta exposição (3)**, posições **8** e **20**, para o ensaio **M2**. Enquanto que, a outra parte das posições indicadas como **parado, curta exposição (3)**, posições **4, 9, 11, 13, 14, 21, 24, 30, 31** e **35**, e todas as posições referentes à atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**, para o mesmo período de retorno, é considerada como “**desconfortável**”, portanto **desaconselhável**. Em relação aos níveis de conforto relativo, estes são determinados para todas as atividades e posições alistadas. Sendo a condição menos adequada, apreciada como **desconfortável**, que para o **período de retorno de uma semana é considerada desconfortável**, sendo esta atividade referente à posição, indicada como **desaconselhável**.

#### 7.3.2.1.2 Atividades possíveis para as posições estudadas

A análise para as posições estudadas parte do julgamento das atividades que podem ser realizadas com níveis de conforto relativo aceitáveis para o período de retorno de um ano, um mês e uma semana, de acordo com adensamento recente da área pesquisada, considerando dados dos ensaios realizados para o modelo **M2**, ensaio **M2.CP**. Foram atribuídos quatro grupos, sendo relacionadas as atividades colocadas para os locais estabelecidos para o posicionamento das sondas, dispostas no Quadro 17, p. 155 e na Figura 68, p. 156, consistindo em, **caminhando rapidamente (1)**, **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, **parado, curta exposição (3)** e **parado, sentado, longa exposição**, podendo ser referenciadas também apenas pelos algarismos arábicos correspondentes.

Assim como para o adensamento antigo, em **M1**, para o adensamento recente, em **M2**, ensaio **M2.CP**, de acordo com o Quadro 10, p. 129, pode-se também observar que, para os critérios relacionados ao nível de conforto relativo, os valores mais rígidos, encontram-se relacionados a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**. Sendo assim, desde que as posições atendam as condições impostas para esta atividade, podem ser realizadas qualquer das atividades propostas, **caminhando rapidamente (1)**, **passeio, atividades de carga e descarga (2)** e **parado, curta exposição (3)**, situação mais restritiva. Enquanto que, a situação menos restritiva relaciona-se aos valores para o nível de conforto relativo, colocados para a atividade **caminhando rapidamente (1)**, assim, caso para a posição não possa ser realizada esta atividade, também não poderão ser realizadas nenhuma das atividades elencadas **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, **parado, curta exposição (3)** e **parado, sentado, longa exposição (4)**.

#### 7.3.2.1.2.1 Período de retorno de um ano

O critério de aceitação para o nível de conforto relativo, indicados no Quadro 10, p. 129, para o período de retorno de um ano, baseia-se na escala Beaufort, números de Beaufort, valores correspondentes ao nível de conforto relativo aceitável para as atividades propostas. Para o período de retorno de um ano, a referência para o nível de conforto relativo aceitável, corresponde à ocorrência de **Beaufort 8 – ventania moderada**, menos de uma vez por ano, velocidade colocada fica entre **19,8m/s – 24,0m/s**, sendo indicado o limite inferior da escala, como referência para a velocidade de conforto relativo,  $V_{cr} = 19,8m/s$ . Quer dizer que velocidades superiores a  $V_{cr}$ , sugerem posições possivelmente perigosas, para todas as atividades indicadas, enquanto que velocidades menores que  $V_{cr}$ , recomenda-se posições aconselháveis para todas as atividades, podendo o pedestre realizar cada uma das indicações colocadas.

Avaliando os máximos valores da escala Beaufort encontrados, considerando a análise das trinta e seis posições instrumentadas, para o período de retorno de um ano, nota-se que oito posições, sondas **1, 4, 10, 23, 25, 26, 27 e 34**, apresentam número máximo equivalente a **Beaufort 7 – ventania fraca**, velocidade entre **16,0m/s – 19,8m/s**. **Beaufort 6 – vento forte**, velocidade entre **12,4m/s – 16,0m/s**, aparece como valor máximo para mais treze posições, sondas **9, 11, 12, 13, 15, 21, 24, 29, 30, 31, 32, 35 e 36**. Outras posições, para as sondas **2, 3, 5, 6, 7, 8, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 28 e 33**, o valor máximo encontrado refere-se a **Beaufort 5 – vento regular**, relacionado a velocidades entre **9,3m/s – 12,4m/s**. Encontrado para o experimento valores para a referência de **Beaufort 7**, velocidades entre **16,0m/s – 17,9m/s**; os valores relacionados à **Beaufort 6**, correspondem a velocidades entre **12,4m/s – 15,9m/s**; e para **Beaufort 5**, as velocidades aparecem entre **9,3m/s – 12,4m/s**.

Ressalta-se que a maior velocidade encontrada, que equivale a **17,9m/s**, encontra-se menor que o valor indicado para  $V_{cr} = 19,8m/s$ , critério de aceitação para o nível de conforto relativo. Então considerando o período de retorno de um ano o pedestre pode realizar todas as atividades propostas, sendo **caminhando rapidamente (1)**, **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, **parado, curta exposição (3)** e **parado, sentado longa exposição (4)**, para qualquer uma das posições instrumentadas, sem restrições.

Coloca-se na Figura 78, p. 217, gráficos representativos da maior velocidade encontrada, que corresponde à sonda **1**, incidência **60°**, e equivale a **17,9m/s**, e da menor que representa **0,7m/s**, para a sonda **20**, para duas incidências, sendo **195°** e **210°**, mostra-

se também o contorno referente à velocidade de conforto relativo,  $V_{cr}$ , pontilhado em preto. Neste ensaio a sonda 1 foi indicada para a atividade (4), e a sonda 20 para a atividade (3).

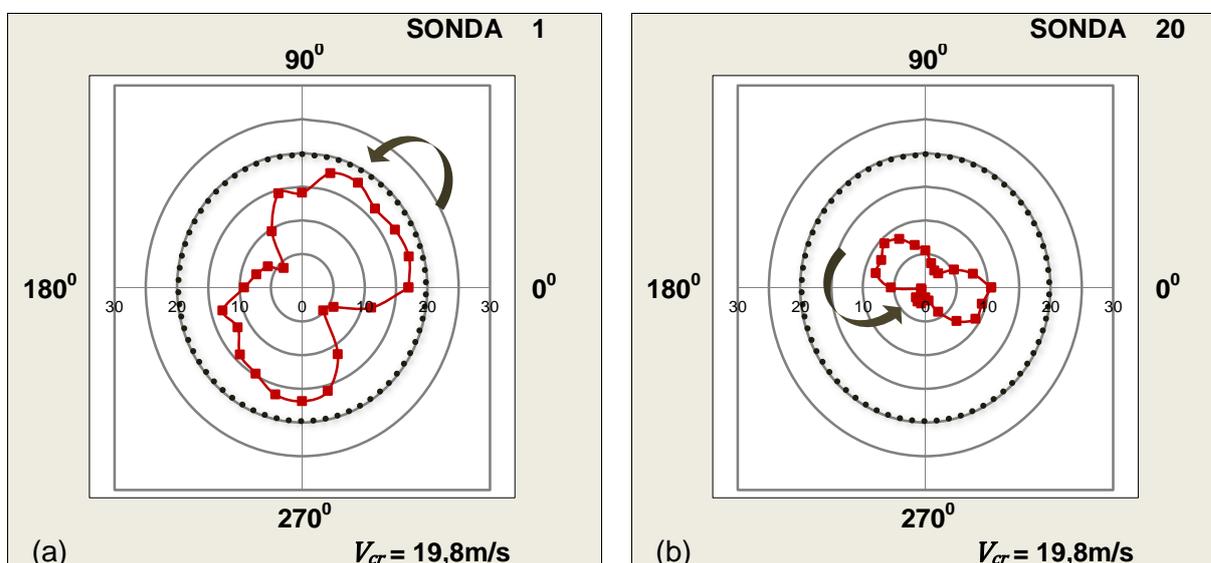


Figura 78: Distribuição das velocidade em função do ângulo de incidência do vento, ensaio **M2.CP**, período de retorno de **um ano**, em (a) o maior valor encontrado **17,9m/s**, para a sonda 1 para **60°**; e em (b) menor valor encontrado **0,7m/s**, para a sonda 20, em **195°** e **210°**.

Para o período de retorno de um ano, considerando o adensamento recente, ensaio **M2.CP**, o pedestre é capaz de realizar todas as atividades propostas com nível de conforto relativo aceitável, para todas as trinta e seis posições instrumentadas, **1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35** e **36**. As atividades colocadas envolvem caminhadas rápidas (**1**), passeios, movimentos relacionados à carga e descarga (**2**), assim como, ficar parado, ou sentado por curtos (**3**) e longos períodos (**4**). Coloca-se que as possibilidades elencadas, se relacionam, sobretudo, a posicionamentos do pedestre junto a calçadas, próximos a entradas de edifícios, a áreas de estacionamento, a portões de serviços e/ou de garagem, estando próximas a esquinas ou ao longo das quadras, ainda pode-se encontrar posições inseridas internamente as quadras.

#### 7.3.2.1.2.2 Período de retorno de um mês

Avaliando o período de retorno de um mês, para o adensamento recente, ensaio **M2.CP**, indica-se o critério de aceitação para o nível de conforto relativo, que consta do Quadro 10, p. 129, e indica valores da escala Beaufort adequados ao nível de conforto relativo aceitável para cada uma das atividades listadas. O valor recomendado refere-se a

**Beaufort 7 – ventania fraca**, velocidade entre **16,0m/s – 19,8m/s**, aconselhando que **velocidades maiores que 16,0m/s** indicam posições possivelmente “**desconfortáveis**”. Sendo assim, o valor colocado para a velocidade de conforto relativo refere-se a,  $V_{cr} = 16,0\text{m/s}$ , que correspondem a valores de velocidades a dois metros do solo, sobre três segundos.

Considera-se a atividade **caminhando rapidamente (1)**, abrange-se valores indicados referentes à **Beaufort 6 – vento forte**, e velocidades entre **12,4m/s – 16,0m/s**, valores que colocam para os pedestres condição favorável para a realização da atividade de **caminhar rapidamente (1)**, considera-se a capacidade a pedestres para o uso de passeios e de calçadas, neste caso sem acessos a lotes. O valor colocado para a velocidade de conforto relativo refere-se a  $V_{cr} = 16,0\text{m/s}$ .

Analisa-se a conjuntura relativa à atividade reconhecida como **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, relacionada a valores de **Beaufort 5 – vento regular**, cujas velocidades ficam entre **9,3m/s – 12,4m/s**, esta referência indica que os pedestres estão aptos para realizar atividades relacionadas a **passear, atividades de carga e descarga (2)**, assim como, **caminhar rapidamente (1)**, para todas as posições. As atividades relacionadas acontecem em locais como, passeios e calçadas sem acessos de pedestre ou veículos aos lotes, e áreas em calçadas próximas a acessos de serviço para pedestre e acesso de veículo, garagens, a velocidade de conforto relativo refere-se a  $V_{cr} = 12,4\text{m/s}$ .

Em relação à atividade **parado, curta exposição (3)**, são recomendados os valores referentes à **Beaufort 4 – vento moderado**, que tem como indicativo velocidades entre **6,2m/s – 9,3m/s**, o dado referente a velocidade de conforto relativo cita  $V_{cr} = 9,3\text{m/s}$ . Atividades que foram consideradas para áreas de calçadas voltadas para entradas de edifícios, assim como, voltadas para áreas de estacionamento, que possibilitam para o pedestre a capacidade de ficar **parado por curto período (3)**, sendo assim, possibilita também, **passear, atividades de carga e descarga (2)**, e **caminhar rapidamente (1)**.

Como última atividade relacionada, indica-se a possibilidade de ficar **parado, sentado, longa exposição (4)**, referenciada por números da escala Beaufort, indicada por **Beaufort 3 – vento suave**, sendo conferidas velocidades entre **3,8m/s – 6,2m/s**. Para essa circunstância o pedestre está apto a ficar **parado, sentado, longa exposição (4)**, e, deste modo, é capaz de efetivar todas as atividades indicadas como, **caminhar rapidamente (1)**, **passear, atividades de carga e descarga (2)** e **parado, curta exposição (3)**, para as posições identificadas nesta pesquisa. Considerando que os valores para a atividade em

questão são os mais restritivos, tem-se então o menor valor para a velocidade de conforto relativo, que menciona,  $V_{cr} = 6,2\text{m/s}$ .

Avaliando os valores encontrados, para as trinta e seis posições instrumentadas, o valor máximo encontrado refere-se a **Beaufort 5 – vento regular**, cujas velocidades ficam entre **9,3m/s – 12,4m/s**, para o período de retorno de um mês, para treze posições, sendo, **1, 4, 10, 11, 13, 15, 23, 24, 25, 26, 27, 31 e 34**. Para todas as demais posições avaliadas, sendo vinte e três posições, **2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 28, 29, 30, 32, 33, 35 e 36**, o número máximo encontrado refere-se a **Beaufort 4 – vento moderado**, velocidades entre **6,2m/s – 9,3m/s**.

Coloca-se que, os maiores valores encontrados para a velocidade, relacionam-se a **Beaufort 5**, para treze posições anotadas, no caso, as velocidades do vento encontradas, para estas posições, estão entre **9,3m/s – 12,1m/s**. Portanto, a condição de **nível de conforto relativo aceitável**, avaliando o adensamento recente, para o período de retorno de um mês, acontece apenas para os pedestres realizando as atividades **caminhando rapidamente (1) e passeio, atividades de carga e descarga (2)**. Então, avaliam-se as atividades **parado, curta exposição (3) e parado, sentado longa exposição (4)**, com **nível de conforto relativo desaconselhável**, não sendo possível a realização destas tarefas pelo pedestre com nível de conforto relativo aceitável, para as condições colocadas.

Sendo comentados agora os valores encontrados alusivos a **Beaufort 4**, velocidades entre **6,2m/s – 9,2m/s**, com maior abrangência, envolvendo valores para vinte e três sondas, mais ocorrendo também para as sondas restantes, em número de treze, sendo assim este dado acontece para todas as posições instrumentadas. Conseqüentemente, a partir dos ensaios relacionados ao adensamento recente, para o período de retorno de um mês, considerando o nível de conforto relativo aconselhável, para as posições o pedestre está apto a realizar as atividades relacionadas, **caminhando rapidamente (1), passeio, atividades de carga e descarga (2) e parado, curta exposição (3)**. Por conseguinte, para nenhuma das posições pode-se realizar a atividade colocada como **parado, sentado longa exposição (4)**, sendo assinalada com o **nível de conforto relativo desaconselhável**.

Resumidamente, para o adensamento recente, avaliado para o período de retorno de um mês, se considerar o conjunto de posições instrumentadas, trinta e seis, o pedestre acha-se apto a realizar, com nível de conforto relativo aconselhável, exclusivamente, as atividades listadas como, caminhadas rápidas **(1)**, e passeios, atividades de carga e descarga **(2)**; e para nenhuma das posições pode ser realizada a atividade colocada como

parados ou sentados por longos períodos **(4)**. A atividade relacionada a ficar parado por curto período **(3)** pode ser realizada para vinte e três posições.

Na Figura 79, coloca-se as posições relacionadas à presença do maior e do menor valor para a velocidade encontrada, através de gráficos polares, encontrando-se a maior velocidade, na sonda **1**, incidência  $60^{\circ}$ , velocidade equivalente a  $12,1\text{m/s}$ , e a menor, que representa  $0,5\text{m/s}$ , para a sonda **20**, para as incidências  $195^{\circ}$  e  $210^{\circ}$ . Nos gráficos são também indicados o contorno referente à velocidade de conforto relativo,  $V_{cr}$ , pontilhado em preto, que correspondem a  $V_{cr} = 6,2\text{m/s}$  e a  $V_{cr} = 9,3\text{m/s}$ , na mesma ordem, para (a) e (b).

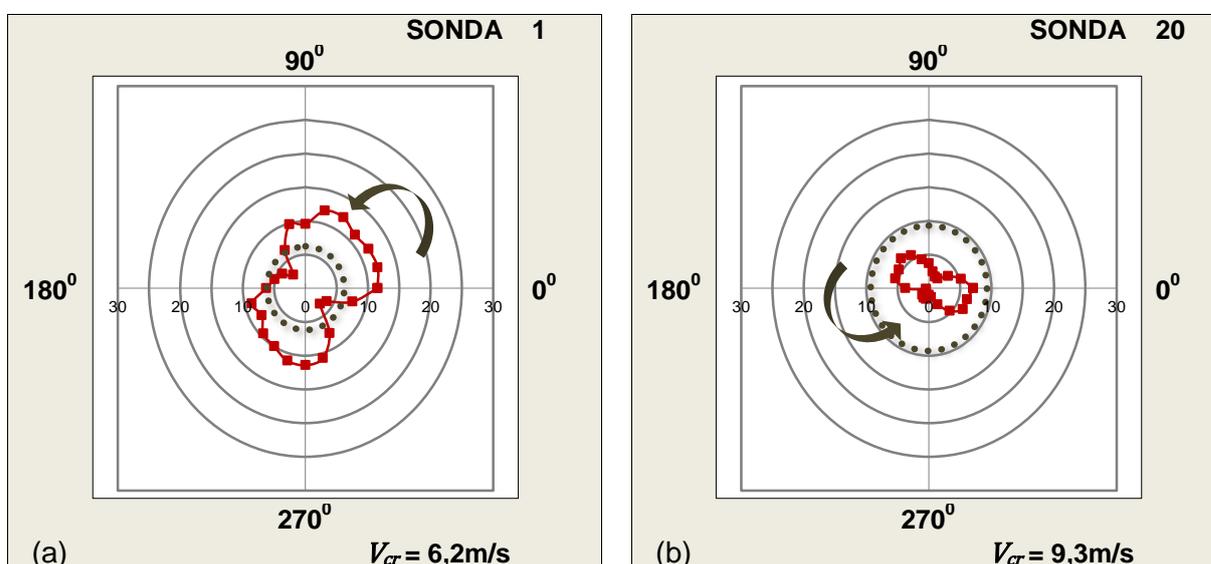


Figura 79: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, ensaio **M2.CP**, período de retorno de **um mês**, em (a) o maior valor encontrado  $12,1\text{m/s}$ , para a sonda **1** para  $60^{\circ}$ ; e em (b) menor valor encontrado  $0,5\text{m/s}$ , para a sonda **20**, para  $195^{\circ}$  e  $210^{\circ}$ .

As situações representadas, inicialmente comentando a encontrada em (a), que relaciona a posição **1**, que se encontra indicada com a atividade **parado, sentado longa exposição (4)**, e, em (b), a posição **20**, a atividade disposta foi **parado, curta exposição (3)**. Adverte-se que, a maior parte dos valores correspondentes à sonda **1** em (a), acham-se, maiores que o valor de  $V_{cr}$ , e, em (b), todos os valores são menores que a  $V_{cr}$ , recomenda-se que o valor conferido a esta velocidade seja indicado como referência para cada uma das atividades.

Sendo assim, o número maior de atividades, possíveis de serem realizadas por posição, fica em número de três, caminhadas rápidas **(1)**, passeios e atividades de carga e

descarga **(2)** e parado por curto período **(3)**, sendo para as sondas, **2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 28, 29, 30, 32, 33, 35** e **36**, total de vinte e três. Portanto, para mais treze posições, sondas, **1, 4, 10, 11, 13, 15, 23, 24, 25, 26, 27, 31** e **34**, o pedestre realiza apenas as condições de caminhar rapidamente **(1)** e de passear ou realizar atividades de carga e descarga **(2)**. Adverte-se que as atividades colocadas como não aptas de realização por parte do pedestre, foram recomendadas com nível de conforto relativo desconfortável.

#### 7.3.2.1.2.3 Período de retorno de uma semana

Como os diversos períodos de retorno avaliados, para o período de retorno de uma semana, as referências pautadas no critério de aceitação para o nível de conforto relativo encontram-se, da mesma forma, no Quadro 10, p. 129, que oferece valores da escala Beaufort para cada uma das atividades indicadas na pesquisa. Considerando o maior valor da escala Beaufort recomendado para o período de retorno estudado, tem-se **Beaufort 6 – vento forte**, que acontece para velocidades entre **12,4m/s – 16,0m/s**, portanto, **velocidades maiores que 12,4m/s** sugerem posições provavelmente “**desconfortáveis**”. Sendo assim, o valor colocado para a velocidade de conforto relativo refere-se a,  $V_{cr} = 12,4m/s$ , correspondem a dois metros do solo, sobre três segundos.

Analisa-se a atividade **caminhando rapidamente (1)**, os valores assinalados como referência recomendam **Beaufort 5 – vento regular**, a velocidade citada fica entre **9,3m/s – 12,4m/s**, sendo assim, a velocidade de conforto relativo refere-se a,  $V_{cr} = 12,4m/s$ . As referências citadas sugerem posições aptas a atividades lembradas para calçadas e passeios sem acesso aos lotes, demarcados por muros ou gradis, aparecendo ao longo das quadras, relacionadas a pedestres **caminhando rapidamente (1)**.

Trata-se agora das referências para a atividade **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, encontram-se valores referentes à **Beaufort 4 – vento moderado**, para velocidades entre **6,2m/s – 9,3m/s**, e a velocidade de conforto relativo refere-se a  $V_{cr} = 9,3m/s$ . Os dados colocados garantem ao pedestre, a possibilidade de realizar **passeios, atividades de carga e descarga (2)**, assim como, **caminhar rapidamente (1)**, para todas as posições, o mesmo que dizer, expectativa de utilizar passeios e calçadas, assim como, áreas próximas a acessos de serviço para pedestres, e acesso de veículos, garagens.

Para a atividade elencada, que coloca a situação de estar **parado, curta exposição (3)**, referenciada pelo valor **Beaufort 3 – vento suave**, equivalente a velocidades entre **3,8m/s – 6,2m/s**, assim como, pelo valor referente a velocidade de conforto relativo de,

$V_{cr} = 6,2\text{m/s}$ . Admite-se assim, a realização por parte do pedestre das atividades ditas como estar **parado por curto período (3)**, sendo assim, é também possível, **passear, atividades de carga e descarga (2)**, e **caminhar rapidamente (1)**, acontecendo, em calçadas e passeios, com e sem acesso a lotes e edificações.

Finaliza-se a relação das atividades citando a possibilidade de ficar **parado, sentado longa exposição (4)**, que se relaciona com valores indicativos de **Beaufort 2 – brisa**, para as velocidades entre **1,8m/s – 3,8m/s**, tem-se, então, a velocidade de conforto relativo, que corresponde a  $V_{cr} = 1,8\text{m/s}$ . Condições que relacionam a possibilidade do pedestre ficar **parado, sentado, longa exposição (4)**, e, conseqüentemente, também é adequada a realização de todas as outras atividades propostas, **caminhar rapidamente (1)**, **passear, atividades de carga e descarga (2)** e **parado, curta exposição (3)**, para as posições identificadas nesta pesquisa, assim, envolvendo todos os locais estudados.

O maior valor identificado referente a escala Beaufort, considerando o período de retorno de uma semana, resume-se a **Beaufort 5 – vento regular**, velocidade entre **9,3m/s – 12,4m/s**, que ocorre para apenas duas posições, indica-se, também, incidências e velocidades correspondentes, sonda 1 para  $15^\circ$ , **9,5m/s**, para  $60^\circ$ , **9,6m/s** e para  $75^\circ$ , **9,4m/s**; e sonda 10 para  $15^\circ$ , **9,3m/s**. Considerando mais vinte e seis posições o maior valor encontrado corresponde a **Beaufort 4 – vento moderado**, velocidade entre **6,2m/s – 9,3m/s**, ocorrendo para as posições, **2, 3, 4, 5, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35** e **36**. As posições que restam, oito, tem como referência para o maior valor da escala Beaufort encontrado, **Beaufort 3 – vento suave**, as velocidades correspondem a valores entre **3,8m/s – 6,2m/s**, posições, **6, 7, 8, 17, 18, 19, 20** e **22**.

Avalia-se para o período de recorrência de uma semana, ponderando o adensamento recente para a área, listam-se os valores referentes à escala Beaufort, assim como as velocidades encontradas, para **Beaufort 5**, entre **9,3m/s – 9,6m/s**; para **Beaufort 4**, entre **6,2m/s – 9,2m/s**; e para **Beaufort 3**, entre **3,8m/s – 6,2m/s**. Analisando, o **nível de conforto relativo aceitável**, inicialmente, coloca-se que a única atividade possível de ser realizada para todas as posições refere-se à indicada como **caminhando rapidamente (1)**. Em relação à atividade, **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, esta pode ser realizada para trinta e quatro posições; e a atividade **parado, curta exposição (3)**, para apenas oito posições. Finaliza-se com a análise da atividade **parado, sentado longa exposição (4)**, igualmente, para todas as posições estudadas, a atividade é considerada com **nível de conforto relativo desaconselhável**, não sendo recomendada para o período de retorno em questão para a área estudada.

Na Figura 80 colocam-se as posições relacionadas à presença do maior e do menor valor para a velocidade encontrada, através de gráficos polares, encontrando-se a maior velocidade, na sonda **1**, incidência  $60^{\circ}$ , velocidade equivalente a **9,6m/s**, e a menor, que representa **0,4m/s**, para a sonda **20**, para as incidências  $195^{\circ}$  e  $210^{\circ}$ .

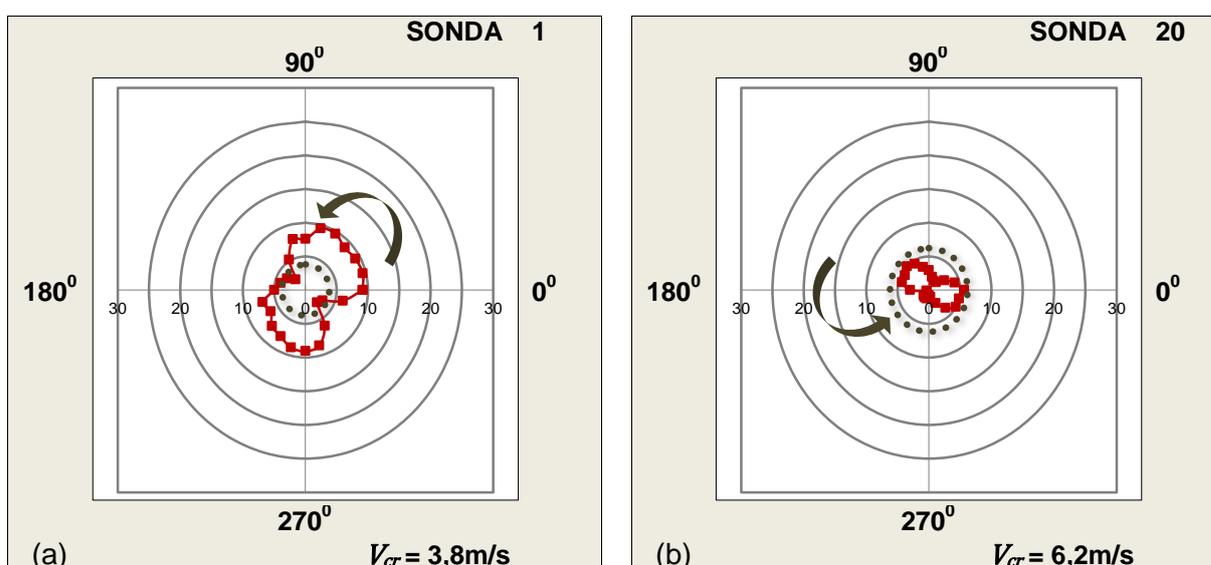


Figura 80: Distribuição dos coeficientes de velocidade em função do ângulo de incidência do vento, ensaio **M2.CP**, período de retorno de **uma semana**, em (a) o maior valor encontrado **9,6m/s**, para a sonda **1** para  $60^{\circ}$ ; e em (b) menor valor encontrado **0,4m/s**, para a sonda **20**, para  $195^{\circ}$  e  $210^{\circ}$ .

Nos gráficos são também indicados o contorno referente a velocidade de conforto relativo,  $V_{cr}$ , pontilhado em preto, que corresponde a  $V_{cr} = 3,8\text{m/s}$  e a  $V_{cr} = 6,2\text{m/s}$ , na mesma ordem, para (a) e (b). Os valores encontrados em (a) relacionados a posição **1**, indicada para a atividade **parado, sentado longa exposição (4)**, acham-se maiores que o valor atribuído para  $V_{cr}$ ; enquanto que em (b), posição **20**, a atividade **parado, curta exposição (3)**, todos os valores obtidos encontram-se menores que a referência para  $V_{cr}$ .

Significando assim, em relação à possibilidade de realização de atividades por posição, o maior número, aplica-se para apenas oito posições, podendo ser realizadas três atividades, anotadas como, caminhadas rápidas **(1)**, passeios e atividades de carga e descarga **(2)** e parado por curto período **(3)**, ocorrendo para as sondas, **6, 7, 8, 17, 18, 19, 20 e 22**. Por conseguinte, para mais trinta e quatro posições, referentes às sondas, **2, 3, 4, 5, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 e 36**, o pedestre concretiza, exclusivamente, as atividades de caminhar rapidamente **(1)** e de

passar ou realizar atividades de carga e descarga **(2)**. Por fim, para duas posições, **1** e **10**, é possível unicamente realizar a atividade de caminhar rapidamente **(1)**, indica-se que as atividades colocadas como não aptas para a prática por parte do pedestre, foram sugeridas com nível de conforto relativo desconfortável.

### 7.3.3 Discussão dos resultados para o conforto do pedestre

Os resultados apresentados para o pedestre, **nível de conforto relativo – critério de aceitação e atividades possível de realização**, para as posições indicadas, relacionadas aos dois modelos ensaiados, **M1 – adensamento antigo** e **M2 – adensamento recente**, ensaios correspondentes denominados **M1.CP** e **M2.CP**, são agora relacionados, permitindo a compreensão das condições encontradas. Adverte-se que os dados adquiridos em ambos os experimentos, dados de pressão no solo, a aproximadamente dois metros do solo, altura correspondente à escala real, foram tratados, calibrados, obtendo-se informações de velocidades baseadas na NBR 6.123/1988. Os valores comentados satisfazem a unidade metros por segundo, seguindo, então abordagens probabilísticas para a obtenção de valores de velocidade sobre três segundos correspondentes aos períodos de ocorrência de um ano, um mês e uma semana.

Inicia-se a colocação a partir do estudo para o **nível de conforto relativo – critério de aceitação** dos conjuntos obtidos para o **período de retorno de um ano**, considerando, então, a análise para os dados referentes aos dois experimentos, **M1.CP** e **M2.CP**. Quanto ao **critério de aceitação**, todas as atividades quatro atividades, sejam elas, **caminhando rapidamente (1)**, **passar, atividades de carga e descarga (2)**, **parado, curta exposição (3)** e **parado, sentado, longa exposição (4)**, colocadas, no Quadro 10, p. 129, são indicadas como **aconselhável** para os dois experimentos. Em relação ao nível de conforto relativo, mesmo sendo **aconselhável** a realização por parte de pedestre, para o período de retorno de um ano, são encontradas diferentes situações que incluem as condições menos favoráveis para esta condição, que se relaciona ao **nível de conforto relativo desconfortável**, embora “**aceitável**”. Relacionam-se, estas condições para os modelos, **M1** e **M2**, para o **período de retorno de um ano**, para as atividades estudadas:

- a) **nível de conforto relativo – desconfortável**, dados do experimento **M1.CP**, **adensamento antigo**, por atividade, sendo que o valor recomendado para as duas atividades anotadas, **(3)** e **(4)**, e período de retorno de **um ano** referem-se a **Beaufort 8**, para menos de uma recorrência por ano, valor referente ao critério de aceitação:

- **parado, curta exposição (3)**, referente a ocorrência de **Beaufort 5** para sete sondas, **7, 8, 9, 11, 13, 14 e 28**, e dezesseis incidências<sup>119</sup>, condição **aconselhável**;
  - **parado, sentado, longa exposição (4)**, para as duas sondas estudadas, **1 e 34**, pela ocorrência de **Beaufort 4 e Beaufort 5**, para um total de onze incidências<sup>120</sup>, **aconselhável** para o período de retorno estudado;
- b) **nível de conforto relativo – desconfortável**, dados do experimento **M2.CP, adensamento recente**, por atividade, para as quais recomenda-se, como critério de aceitação, **Beaufort 8**, menos de uma recorrência por ano, para todas atividades, **(1), (2), (3) e (4)**, e período recorrência de **um ano**:
- **caminhando rapidamente (1)**, para quatro sondas, **10, 23, 25 e 26**, relacionadas ao acontecimento de números de **Beaufort 7**, identificadas para dez incidências<sup>121</sup>, situação **aconselhável** para o período de retorno estudado;
  - **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, considera-se a ocorrência de **Beaufort 6**, para cinco posições, **12, 15, 27, 29 e 32**, para um total de dezenove incidências, e valores de **Beaufort 7**, para uma única posição, de número **27**, e duas incidências<sup>122</sup>, condição **aconselhável** para o período de retorno analisado;
  - **parado, curta exposição (3)**, anota-se posições de possíveis desconforto para a ocorrência de **Beaufort 5**, posições **4, 8, 9, 11, 13, 14, 20, 21, 24, 30, 31 e 35**, para sessenta e uma incidências, **Beaufort 6**, posições **4, 9, 11, 13, 21, 24, 30, 31 e 35**, para vinte e duas incidências, e **Beaufort 7**, para uma posição, **4**, para duas incidências<sup>123</sup>, indicado para o período de retorno estudado, como **aconselhável**;
  - **parado, sentado, longa exposição (4)**, para as duas posições estudadas, **1 e 34**, referente a números de **Beaufort 4, Beaufort 5, Beaufort 6 e Beaufort 7**, sendo o número de incidências equivalente a treze, oito, nove e nove, respectivamente<sup>124</sup>, situação **aconselhável** para o período de retorno estudado;

Para o **adensamento antigo** e período de retorno de **um ano**<sup>125</sup>, não foi encontrado **nível de conforto relativo – desconfortável** sendo relacionado à atividade **caminhando rapidamente (1)**, aparecendo com nível de conforto relativo – **perceptível** para todas as posições, vinte possíveis; e **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, sendo estudadas

<sup>119</sup> Conforme **APÊNDICE H | VELOCIDADES DO VENTO SOBRE 3 SEGUNDOS A DOIS METROS DE ALTURA**, Tabela 3, p. 280.

<sup>120</sup> Conforme nota de rodapé 119, nesta página.

<sup>121</sup> Conforme **APÊNDICE H | VELOCIDADES DO VENTO SOBRE 3 SEGUNDOS A DOIS METROS DE ALTURA**, Tabela 6, p. 286.

<sup>122</sup> Conforme nota de rodapé 121, nesta página.

<sup>123</sup> Conforme nota de rodapé 121, nesta página.

<sup>124</sup> Conforme nota de rodapé 121, nesta página.

<sup>125</sup> Conforme capítulo **7 RESULTADOS OBTIDOS**, item 7.3 ENSAIOS DE CONFORTO DE PEDESTRES, em 7.3.1 Análise das condições de conforto em relação ao vento para **M1.CP**, ponto 7.3.1.2.1.1 Período de retorno de um ano, p. 167.

quatro posições, indicadas com nível de conforto relativo – **perceptível** e **tolerável**, este último, para apenas duas posições, **4** e **30**. Enquanto que para o **adensamento recente**, e ainda, período de retorno de **um ano**<sup>126</sup>, como abordado, encontram-se situações relacionadas ao **nível de conforto relativo – desconfortável**, para todas as posições. Todas as situações deparadas relacionadas a nível de conforto relativo – **perceptível**, **tolerável** e **desconfortável**, para os dois ensaios e período de um ano, no que se referem ao nível de conforto relativo, tem a condição de “**aceitável**”.

Prossegue-se, colocando as condições encontradas para o **nível de conforto relativo – critério de aceitação**, para o **período de retorno de um mês**, da mesma forma, faz-se a análise para os dados dos experimentos **M1.CP** e **M2.CP**. As referências para as atividades envolvidas no estudo são colocadas no Quadro 10, p. 129, colocam-se que, para os dois modelos, em relação ao critério de aceitação, encontram-se a condição **aconselhável**, para as duas primeiras atividades elencadas, **caminhando rapidamente (1)** e **passar, atividades de carga e descarga (2)**. Ainda na condição de **aconselhável**, encontra-se, ainda a atividade **parado, curta exposição (3)** apenas para os ensaios relacionados ao modelo **M1**, pois, esta mesma atividade, para os ensaios junto ao modelo **M2**, encontram-se como **desaconselhável**. Por último, coloca-se a atividade referente a estar **parado, sentado, longa exposição (4)**, que para os dois ensaios, **M1.CP** e **M2.CP**, acha-se indicada como **desaconselhável**.

Em relação ao período de retorno de **um mês**, as condições advertidas como **desaconselhável**, relacionam-se as posições indicadas, quanto ao nível de conforto relativo, como **desconfortável** a prática das atividades pelo pedestre. Sendo assim, colocam-se as situações que incluem o **nível de conforto relativo – desconfortável**, situações menos favoráveis, alistam-se, então, as condições assentadas para o modelo **M1** e **M2**, para o **período de retorno de um mês**, e atividades estudadas:

- a) **nível de conforto relativo – desconfortável**, dados do experimento **M1.CP**, **adensamento antigo**, sendo que, o valor recomendado para a atividade **(4)**, considerando o período de retorno de **um mês**, refere-se a **Beaufort 4**, para menos de uma ocorrência por mês, segue descrição:
  - **parado, sentado, longa exposição (4)**, são estudadas duas posições, sondas **1** e **34**, percebe-se a ocorrência de **Beaufort 4**, para um total de

---

<sup>126</sup> Conforme capítulo **7 RESULTADOS OBTIDOS**, item 7.3 ENSAIOS DE CONFORTO DE PEDESTRES, em 7.3.2 Análise das condições de conforto em relação ao vento para **M2.CP**, ponto 7.3.2.1.1.1 Período de retorno de um ano, p. 193.

doze incidências<sup>127</sup>, estando esta atividade, para as duas posições, indicadas também, como **desaconselhável** para o período de retorno estudado;

b) **nível de conforto relativo – desconfortável**, dados do experimento **M2.CP**, **adensamento recente**, para o período de retorno de **um mês**, para duas atividades alistadas, **(3)** e **(4)**, que tem como referência para o período, números de **Beaufort 5** e **Beaufort 4**, respectivamente, considerando menos de uma ocorrência por mês:

- **parado, curta exposição (3)**, indica-se para cinco posições, **4, 11, 13, 24**, e **31**, e doze incidências<sup>128</sup>, a ocorrência de **Beaufort 5**, colocando a atividade para as posições indicadas como **desaconselhável** para o período de retorno identificado;
- **parado, sentado, longa exposição (4)**, para esta atividade, as duas posições estudadas apresentam valores correspondentes a **Beaufort 4** e **Beaufort 5**, para o total de vinte e sete incidências<sup>129</sup>, sendo assim, encontra-se, da mesma maneira, na condição de **desaconselhável**, para as posições **1** e **34**, e período de retorno estudado.

Junto ao **adensamento antigo**, considerado para o período de retorno de **um mês**<sup>130</sup>, não foi encontrado **nível de conforto relativo – desconfortável** para as atividades **caminhando rapidamente (1)** e **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, ambas com indicação de nível de conforto relativo – **perceptível** para todas as posições, vinte, e quatro, respectivamente; em relação à atividade **parado, curta exposição (3)**, nove posições, indicadas como nível de conforto relativo – **perceptível** e sete posições como nível de conforto relativo – **tolerável**, condições consideradas “**aceitável**”, pautadas no nível de conforto relativo, para as indicações relacionadas.

Em relação ao **adensamento recente**, e, além disso, para o período de retorno de **um mês**<sup>131</sup>, apenas a atividade **caminhando rapidamente (1)** é indicada para todas as posições com de nível de conforto relativo – **perceptível**; as atividades **passeio, atividades de carga e descarga (2)**, **parado, curta exposição (3)** e **parado, sentado, longa exposição (4)**, apresentam nível de conforto relativo – **perceptível** e **tolerável**, sendo que,

<sup>127</sup> Conforme **APÊNDICE H | VELOCIDADES DO VENTO SOBRE 3 SEGUNDOS A DOIS METROS DE ALTURA**, na Tabela 4, p. 282.

<sup>128</sup> Conforme **APÊNDICE H | VELOCIDADES DO VENTO SOBRE 3 SEGUNDOS A DOIS METROS DE ALTURA**, Tabela 7, p. 288.

<sup>129</sup> Conforme nota de rodapé 128, nesta página.

<sup>130</sup> Conforme capítulo **7 RESULTADOS OBTIDOS**, item 7.3 ENSAIOS DE CONFORTO DE PEDESTRES, em 7.3.1 Análise das condições de conforto em relação ao vento para **M1.CP**, ponto 7.3.1.2.1.2 Período de retorno de um mês, p. 173.

<sup>131</sup> Conforme capítulo **7 RESULTADOS OBTIDOS**, item 7.3 ENSAIOS DE CONFORTO DE PEDESTRES, em 7.3.2 Análise das condições de conforto em relação ao vento para **M2.CP**, ponto 7.3.2.1.1.2 Período de retorno de um mês, p. 201.

o último nível de conforto, é indicado para cada uma das atividades para duas, doze e duas posições, respectivamente. Indicam-se para as situações colocadas, no que se refere ao nível de conforto relativo, a condição de “**aceitável**”.

Finaliza-se, com as colocações referentes ao o **período de retorno de uma semana**, relacionadas ao **nível de conforto relativo – critério de aceitação**, encontrados, analisando os valores correspondentes aos experimentos **M1.CP** e **M2.CP**, para as atividades estudadas, referenciadas através do Quadro 10, p. 129. Em relação ao critério de aceitação, as atividades **caminhando rapidamente (1)** e **passear, atividades de carga e descarga (2)**, encontram-se recomendadas como **aconselhável**, tanto para os ensaios relacionados ao modelo **M1**, quanto ao modelo **M2**. Enquanto que a atividade **parado, curta exposição (3)** acha-se como **aconselhável** para os ensaios relacionados ao modelo **M1**, e **desaconselhável** para os ensaios junto ao modelo **M2**, esta última situação, corresponde as sondas colocadas como **nível de conforto relativo – tolerável**. E a última atividade relacionada, **parado, sentado, longa exposição (4)**, é anotada como **desaconselhável** para os dois experimentos, **M1.CP**, **nível de conforto relativo – desconfortável** e **M2.CP**, **nível de conforto relativo – tolerável e desconfortável**.

Da mesma forma que para os outros períodos de recorrência estudados, para o período de retorno de **uma semana**, as condições indicadas como **desaconselhável**, alocam as posições com nível de conforto relativo – “**desconfortável**”, para a realização das atividades pelo pedestre. Deste modo, as situações que oferecem **nível de conforto relativo – tolerável e desconfortável**, colocadas como situações menos favoráveis, são identificadas para os modelos, **M1** e **M2**, considerando o **período de retorno de uma semana**, baseando-se nas atividades estudadas:

- a) **nível de conforto relativo – desconfortável**, valores para o ensaio **M1.CP**, **adensamento antigo**, considerando o período de retorno de **uma semana**, o valor recomendado para a atividade identificada, **(4)**, confere **Beaufort 3**, para menos de uma ocorrência por semana, segue exposição:
  - **parado, sentado, longa exposição (4)**, para as duas posições estudadas, apenas uma encontra-se com dados referentes a ocorrência de **Beaufort 4**, posição **1**, também para apenas uma incidência<sup>132</sup>, estando para a atividade, e uma das posições, colocada como **desaconselhável** para o período de retorno estudado;
- b) **nível de conforto relativo – tolerável**, dados do experimento **M2.CP**, **adensamento recente**, para o período de retorno de **uma semana**, para

---

<sup>132</sup> Conforme **APÊNDICE H | VELOCIDADES DO VENTO SOBRE 3 SEGUNDOS A DOIS METROS DE ALTURA**, na Tabela 5, p. 284.

duas atividade, **(3)** e **(4)**, tem como referência para o período números de **Beaufort 4**, para menos de uma ocorrência por semana:

- **parado, curta exposição (3)**, condição atribuída para dez posições, **4, 9, 11, 13, 14, 21, 24, 30, 31 e 35**, e trinta e oito incidências<sup>133</sup>, a ocorrência de **Beaufort 4**, indica para a atividade a condição de **desaconselhável** para o período de retorno identificado;
- **parado, sentado, longa exposição (4)**, conferida para duas posições, **1 e 34**, para cinco e dez incidências<sup>134</sup>, respectivamente, a ocorrência de **Beaufort 3**, indica para a atividade a condição de **desaconselhável** para o período de retorno identificado;

c) **nível de conforto relativo – desconfortável**, dados do experimento **M2.CP**, **adensamento recente**, para o período de retorno de **uma semana**, sendo indicada uma atividade, **(4)**, a referência para o período equivale número de **Beaufort 3**, para menos de uma ocorrência por semana:

- **parado, sentado, longa exposição (4)**, para esta atividade, as duas posições estudadas apresentam valores correspondentes a **Beaufort 4**, para dezesseis incidências, e apenas uma sonda, posição **1**, e valores para **Beaufort 5**, para três vinte incidências<sup>135</sup>, sendo assim, para as duas ocorrências encontram-se a condição de **desaconselhável** para o período de retorno estudado.

Para o **adensamento antigo**<sup>136</sup>, considerado para o período de retorno de uma semana, não foi encontrado **nível de conforto relativo – desconfortável** para as atividades **caminhando rapidamente (1)**, **passeio, atividades de carga e descarga (2)** e **parado, curta exposição (3)**; encontra-se apenas o nível de conforto relativo – **perceptível** para todas as posições, sendo, em número de vinte e uma, quatro e nove, respectivamente.

Considerando, então o **adensamento recente**<sup>137</sup>, para o período de retorno de **uma semana**, além das situações, as atividades **caminhando rapidamente (1)** e **passeio, atividades de carga e descarga (2)** são colocadas, para todas as posições, com de nível de conforto relativo – **perceptível**; a atividade **parado, curta exposição (3)**, apresenta nível de conforto relativo – **perceptível**, o primeiro para todas as posições, total de doze; por

<sup>133</sup> Conforme **APÊNDICE H | VELOCIDADES DO VENTO SOBRE 3 SEGUNDOS A DOIS METROS DE ALTURA**, na Tabela 8, p. 290.

<sup>134</sup> Conforme nota de rodapé 133, nesta página.

<sup>135</sup> Conforme nota de rodapé 133, nesta página.

<sup>136</sup> Conforme capítulo **7 RESULTADOS OBTIDOS**, item 7.3 ENSAIOS DE CONFORTO DE PEDESTRES, em 7.3.1 Análise das condições de conforto em relação ao vento para **M1.CP**, ponto 7.3.1.2.1.3 Período de retorno de uma semana, p. 178.

<sup>137</sup> Conforme capítulo **7 RESULTADOS OBTIDOS**, item 7.3 ENSAIOS DE CONFORTO DE PEDESTRES, em 7.3.2 Análise das condições de conforto em relação ao vento para **M2.CP**, ponto 7.3.2.1.1.3 Período de retorno de uma semana, p. 208.

último, a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**, abrange níveis de conforto – **perceptível**, também, para as duas posições.

Estuda-se então, as atividades possíveis para as posições analisadas, inicia-se pela disposição das posições e as atribuições para as atividades, relacionadas aos adensamentos pesquisados, sendo, **adensamento antigo** e **adensamento recente**. No Quadro 42, pode-se visualizar a classificação para as sondas, para os dois adensamentos, usa-se a cor recomendada para referenciar cada atividade, assim como, a identificação numérica e escrita.

ATIVIDADES PARA:		
SONDA	ADENSAMENTO ANTIGO – M1	ADENSAMENTO RECENTE – M2
1	(4) PARADO, SENTADO, LONGA EXPOSIÇÃO	(4) PARADO, SENTADO, LONGA EXPOSIÇÃO
2	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE	(2) PASSEIO, ATIVIDADES DE CARGA E DESCARGA
3	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE
4	(2) PASSEIO, ATIVIDADES DE CARGA E DESCARGA	(3) PARADO, CURTA EXPOSIÇÃO
5	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE
6	(3) PARADO, CURTA EXPOSIÇÃO	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE
7	(3) PARADO, CURTA EXPOSIÇÃO	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE
8	(3) PARADO, CURTA EXPOSIÇÃO	(3) PARADO, CURTA EXPOSIÇÃO
9	(3) PARADO, CURTA EXPOSIÇÃO	(3) PARADO, CURTA EXPOSIÇÃO
10	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE
11	(3) PARADO, CURTA EXPOSIÇÃO	(3) PARADO, CURTA EXPOSIÇÃO
12	(2) PASSEIO, ATIVIDADES DE CARGA E DESCARGA	(2) PASSEIO, ATIVIDADES DE CARGA E DESCARGA
13	(3) PARADO, CURTA EXPOSIÇÃO	(3) PARADO, CURTA EXPOSIÇÃO
14	(3) PARADO, CURTA EXPOSIÇÃO	(3) PARADO, CURTA EXPOSIÇÃO
15	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE	(2) PASSEIO, ATIVIDADES DE CARGA E DESCARGA
16	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE	(2) PASSEIO, ATIVIDADES DE CARGA E DESCARGA
17	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE
18	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE
19	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE
20	(3) PARADO, CURTA EXPOSIÇÃO	(3) PARADO, CURTA EXPOSIÇÃO
21	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE	(3) PARADO, CURTA EXPOSIÇÃO
22	(1) <b>ERRO DE MEDIÇÃO</b>	(2) PASSEIO, ATIVIDADES DE CARGA E DESCARGA
23	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE
24	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE	(3) PARADO, CURTA EXPOSIÇÃO
25	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE
26	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE
27	(2) PASSEIO, ATIVIDADES DE CARGA E DESCARGA	(2) PASSEIO, ATIVIDADES DE CARGA E DESCARGA
28	(3) PARADO, CURTA EXPOSIÇÃO	(2) PASSEIO, ATIVIDADES DE CARGA E DESCARGA
29	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE	(2) PASSEIO, ATIVIDADES DE CARGA E DESCARGA
30	(2) PASSEIO, ATIVIDADES DE CARGA E DESCARGA	(3) PARADO, CURTA EXPOSIÇÃO
31	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE	(3) PARADO, CURTA EXPOSIÇÃO
32	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE	(2) PASSEIO, ATIVIDADES DE CARGA E DESCARGA
33	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE
34	(4) PARADO, SENTADO, LONGA EXPOSIÇÃO	(4) PARADO, SENTADO, LONGA EXPOSIÇÃO
35	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE	(3) PARADO, CURTA EXPOSIÇÃO
36	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE	(1) CAMINAHNDO RAPIDAMENTE

Quadro 42: Classificação para as trinta e seis sondas estudadas, **adensamento antigo – M1** e o **adensamento recente – M2**.

A classificação mostrada no Quadro 42, p. 230, para cada um dos adensamentos estudados, correspondem a duas diferentes configurações urbanas. Quando se relaciona posição e adensamento, percebe-se para o pedestre, a possibilidade de realizar atividades diferentes, para a mesma posição, mesmo se a sonda encontra-se definida para o mesmo local. Então, analisando a sonda **2**, apreende-se, que a para o **adensamento antigo** a posição foi classificada com a atividade **caminhando rapidamente (1)**, enquanto que, para o **adensamento recente** foi classificada como **passeio, atividade de carga e descarga (2)**. Contata-se a relocação de atividades ocorrida para quinze posições, incluindo a posição **22**, que para o modelo **M1**, teve os dados adquiridos com erro de medição. Como já colocado, a distribuição das atividades para as posições veio da percepção das características locais, as diferenças advém de mudanças das possibilidades para as atividades presumíveis, que foram vinculadas, sobretudo, pelo aumento da urbanização, verticalização e adensamento.

As cores correspondentes para cada atividade, já usadas em capítulos anteriores, correspondem, para a atividade indicada como **(1)** a tonalidade **violeta**, o conjunto **(2)** o matiz **azul**, o grupo **(3)** a cor **laranja**, e a categoria **(4)** o tom **verde**; destaca-se ainda, a cor **vermelho** usada para marcar situações encontradas e colocadas como “**desconfortável**”; anotações importantes e balizadoras para os julgamentos realizados. Mostram-se, seguindo os códigos colocados, as ponderações acerca dos experimentos, **M1.CP** e **M2.CP**, e períodos de retorno categorizados, indicadas no Quadro 43, p. 232. O referido quadro relaciona as atividades possíveis com nível de conforto relativo “**aceitável**”, incluindo todas as posições, trinta e seis sondas, para os dois adensamentos estudados; sendo, cada um para os três períodos de retorno pesquisados, um ano, um mês e uma semana; e ainda, considerando as quatro atividades catalogadas.

Para a compreensão do contexto, Quadro 43, p. 232, usa-se a legenda de cor citada, incluindo a representação de situações “**desconfortável**”, através da cor **vermelho**; a classificação das atividades por sonda está indicada por meio do posicionamento do numeral correspondente, **caminhando rapidamente (1)**, **passeio, atividade de carga e descarga (2)**, **parado, curta exposição (3)** e **parado, sentado, longa exposição (4)**, considerada a classificação adotada para cada um dos adensamentos. Mostra-se, para cada período de retorno analisado, a possibilidade de realização das atividades com nível de conforto relativo “**aceitável**”, considerando que, desde que a atividade **(4)** seja possível de ser realizada, todas as outras três atividades, **(1)**, **(2)** e **(3)**, podem ser concretizadas; então, assenta-se que, se **(3)** é possível, também acontecem as atividades **(1)** e **(2)**; se **(2)** é aceitável, também **(1)** é admissível; e por último, se apenas a atividade **(1)** é possível, nenhuma das outras três atividades é aceitável.

ATIVIDADES POSSÍVEIS COM NÍVEL DE CONFORTO RELATIVO “ACEITÁVEL”																									
SONDA	ADENSAMENTO ANTIGO – M1												ADENSAMENTO RECENTE – M2												
	UM ANO				UM MÊS				UMA SEMANA				UM ANO				UM MÊS				UMA SEMANA				
	ATIVIDADE				ATIVIDADE				ATIVIDADE				ATIVIDADE				ATIVIDADE				ATIVIDADE				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)	
1			(4)				(4)				(4)				(4)				(4)	(1)			(4)		
2	(1)				(1)				(1)					(2)				(2)				(2)			
3	(1)				(1)				(1)					(1)				(1)				(1)			
4		(2)				(2)				(2)					(3)				(3)				(3)		
5	(1)				(1)				(1)					(1)				(1)				(1)			
6			(3)			(3)				(3)				(1)				(1)				(1)			
7			(3)			(3)				(3)				(1)				(1)				(1)			
8			(3)			(3)				(3)					(3)				(3)				(3)		
9			(3)			(3)				(3)					(3)				(3)				(3)		
10	(1)				(1)				(1)					(1)				(1)				(1)			
11			(3)			(3)				(3)					(3)				(3)				(3)		
12		(2)				(2)				(2)					(2)				(2)				(2)		
13			(3)			(3)				(3)					(3)				(3)				(3)		
14			(3)			(3)				(3)					(3)				(3)				(3)		
15	(1)				(1)				(1)					(2)				(2)				(2)			
16	(1)				(1)				(1)					(2)				(2)				(2)			
17	(1)				(1)				(1)					(1)				(1)				(1)			
18	(1)				(1)				(1)					(1)				(1)				(1)			
19	(1)				(1)				(1)					(1)				(1)				(1)			
20			(3)			(3)				(3)					(3)				(3)				(3)		
21	(1)				(1)				(1)						(3)				(3)				(3)		
22	ERRO DE MEDIÇÃO													(2)			(2)				(2)				(2)
23	(1)				(1)				(1)					(1)				(1)				(1)			
24	(1)				(1)				(1)						(3)				(3)				(3)		
25	(1)				(1)				(1)					(1)				(1)				(1)			
26	(1)				(1)				(1)					(1)				(1)				(1)			
27		(2)				(2)				(2)					(2)				(2)				(2)		
28			(3)			(3)				(3)					(2)				(2)				(2)		
29	(1)				(1)				(1)					(2)				(2)				(2)			
30		(2)				(2)				(2)					(3)				(3)				(3)		
31	(1)				(1)				(1)						(3)				(3)				(3)		
32	(1)				(1)				(1)					(2)				(2)				(2)			
33	(1)				(1)				(1)					(1)				(1)				(1)			
34			(4)			(4)				(4)					(4)				(4)				(4)		
35	(1)				(1)				(1)						(3)				(3)				(3)		
36	(1)				(1)				(1)					(1)				(1)				(1)			

Quadro 43: Atividades que podem ser realizadas em cada posição, **adensamento antigo – M1** e **adensamento recente – M2**, para o período de retorno de **um ano**, de **um mês** e de **uma semana**.

Como resultado, possibilita-se, através da representação do Quadro 43, visualizar as recomendações para as atividades possíveis com nível de conforto relativo “**aceitável**”, considerando o conjunto apresentado, sendo possível localizar para cada uma das posições as atividades aconselhadas para os períodos de retorno pesquisados. Assim como, as situações colocadas como “**desconfortável**” para a posição e período de retorno, considera-se a listagem das atividades indicadas para as posições através Quadro 16, p. 154 e Figura 67, p. 155, **adensamento antigo**, e do Quadro 17, p. 155 e na Figura 68, p.

156, **adensamento recente**, mostradas por meio de numeração correspondente à atividade recomendada, e resumidas no Quadro 42, p. 230.

A primeira percepção do Quadro 43, p. 232, consiste na observação de que para período de retorno de **um ano**, tanto para o experimento **M1.CP**, com o modelo **M1**, quanto para o experimento **M2.CP**, com o modelo **M2**, todas as quatro atividades indicadas são aceitas para as posições recomendadas. Então, todas as proposições desta pesquisa encontram-se com nível de conforto “**aceitável**” para o período de retorno de **um ano**, no que diz respeito à condição de conforto do pedestre.

Considerando o período de retorno de **um mês**, Quadro 43, p. 232, para **M1**, experimento **M1.CP**, as atividades indicadas como (1), (2) e (3) são adequadas para todas as posições, enquanto que para a atividade (4) há restrições, indicada apenas para oito posições, **22, 3, 6, 12, 16, 20, 27 e 36**. Então, para as posições **1 e 34** não se recomenda a atividade (4), podendo ser realizadas as atividades (1), (2) e (3). Na Figura 81 encontram-se para as posições, atividades “**desconfortável**” e que podem ser realizadas, incluem-se legenda relacionadas às atividades.

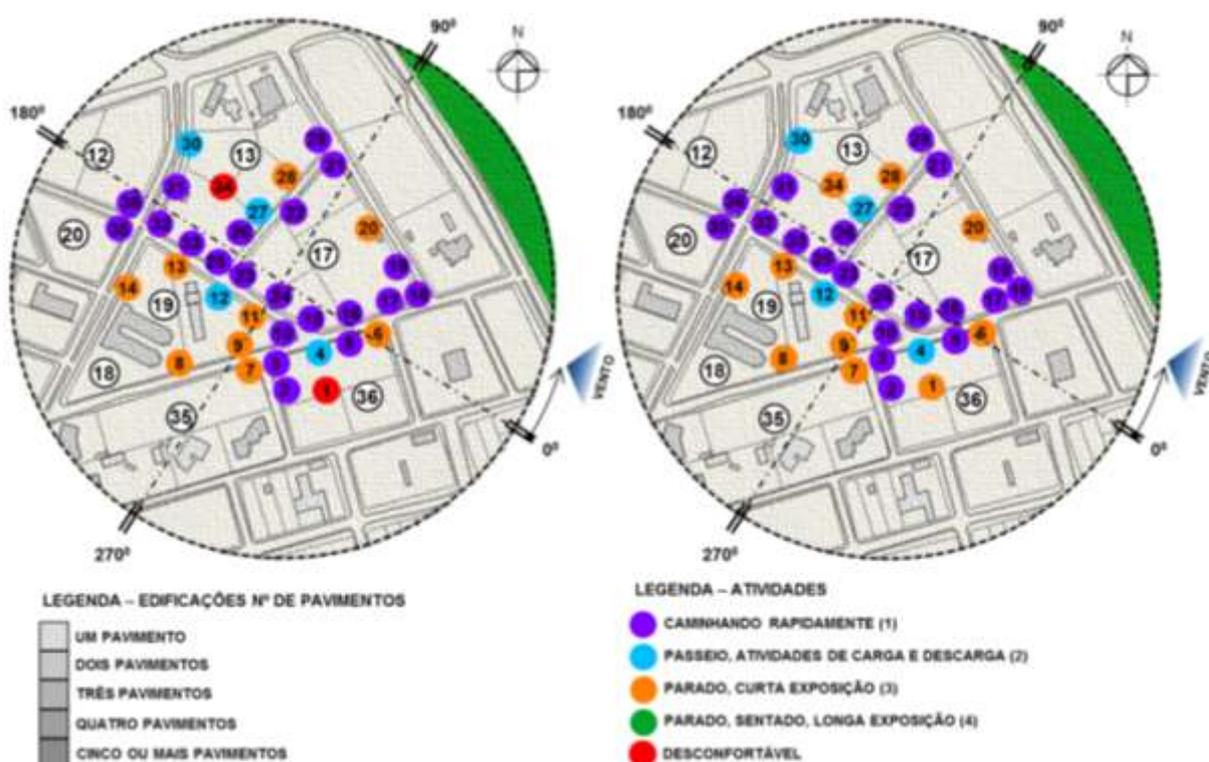


Figura 81: Atividades propostas para o experimento **M1.CP**, modelo **M1** e o período de retorno de **um mês**, em (a) atividades indicadas como “**desconfortável**” para as posições; em (b) atividades que podem ser realizadas em cada uma das posições.

Analisando o período de retorno de **um mês**, Quadro 43, p. 232, para o experimento **M2.CP**, modelo **M2**, as atividades possíveis de realização com nível de conforto relativo aceitável referem-se a **(1)** e **(2)**, posições **1, 4, 10, 11, 13, 15, 23, 24, 25, 26, 27, 31** e **34**, treze posições, existem reservas para quanto a realização da atividade **(3)**, indicada para vinte e três posições, **2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 28, 29, 30, 32, 33, 35** e **36**, e a atividade **(4)**, não pode ser realizada para nenhuma posição. Mostrado na Figura 82, através de representação em planta sugerindo as posições recomendadas como “**desconfortável**”; em seguida, assenta-se a indicação da atividade possível de ser realizada, com nível de conforto relativo “**aceitável**”, para as posições ditas desaconselháveis, as imagens contam com legenda referente às situações colocadas.

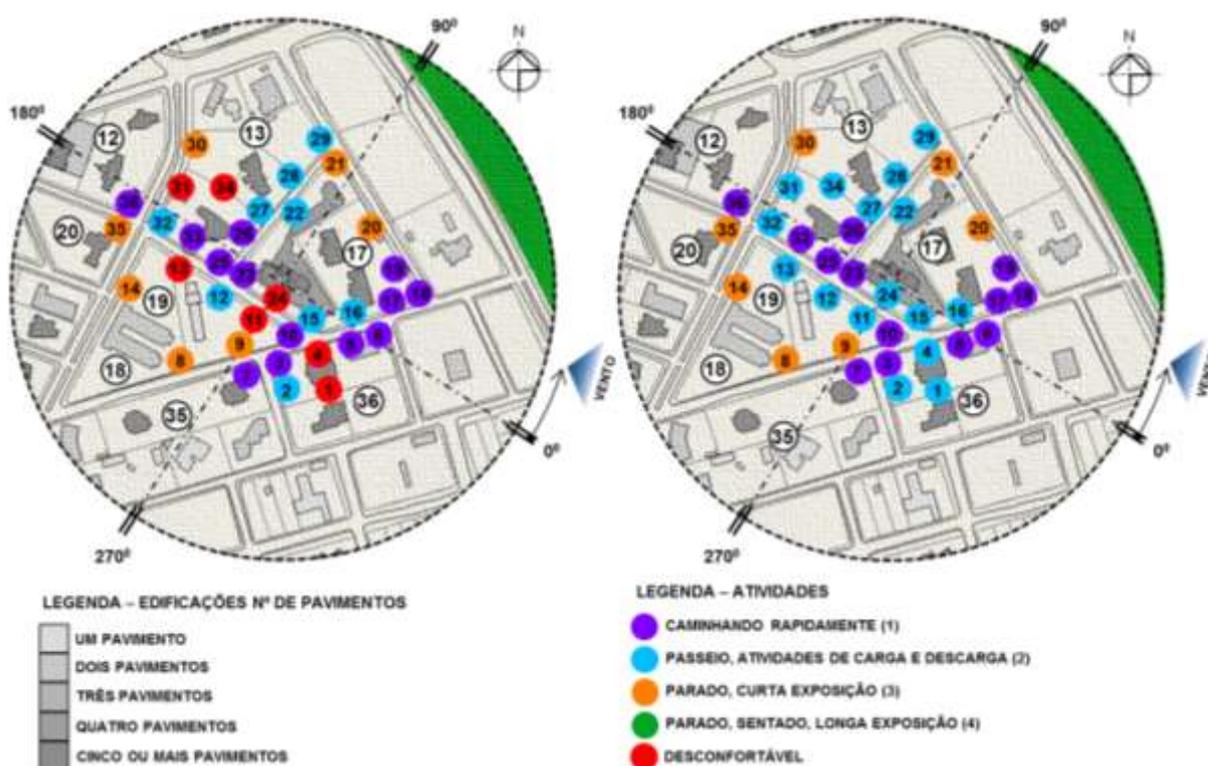


Figura 82: Atividades propostas para o experimento **M2.CP**, modelo **M2** e período de retorno de **um mês**, em (a) atividades indicadas como “**desconfortável**” para as posições; em (b) atividades que podem ser realizadas em cada uma das posições.

Em relação ao período de retorno de **uma semana**, experimento **M1.CP**, modelo **M1**, pela análise do Quadro 43, p. 232, as atividades **(1)** e **(2)** são consideradas apropriadas para todas as posições; a atividade **(3)**, pode ser realizada para trinta e quatro posições, ficando de fora a posição **1**; enquanto que a atividade **(4)** não pode ser realizada para nenhuma das trinta e cinco posições identificadas e avaliadas. Observa-se na Figura 83, p.

235, as situações colocadas para o período de retorno de **uma semana**, para **M1**, por meio de reprodução de planta com legenda referente as situações colocadas, indicando as posições recomendadas como “**desconfortável**”; assim como, a indicação da atividade possível de ser realizada com nível de conforto relativo “**aceitável**”, para as posições ditas desaconselháveis.

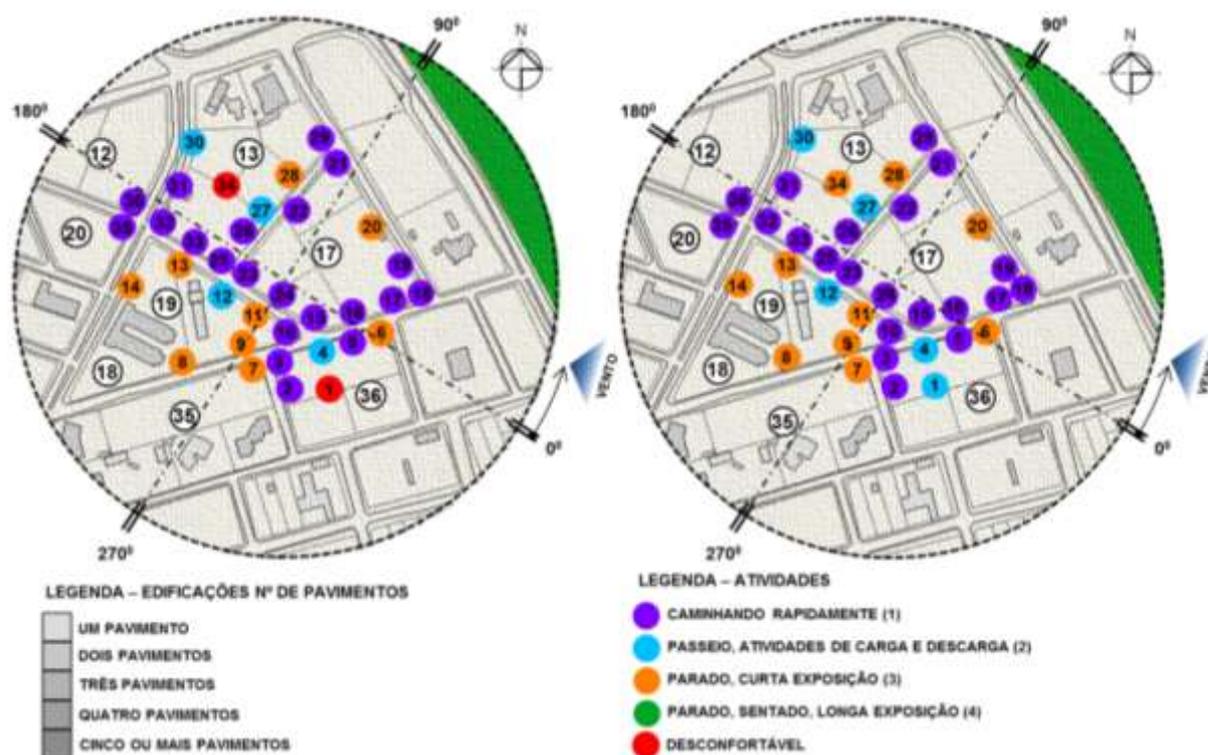


Figura 83: Atividades propostas para o experimento **M1.CP**, modelo **M1** e período de retorno de **uma semana**, em (a) atividades indicadas como “**desconfortável**” para as posições; em (b) atividades que podem ser realizadas em cada uma das posições.

Em relação ao experimento **M2.CP**, modelo **M2**, e período de retorno de **uma semana**, pelo exame do Quadro 43, p. 232, indica-se que a atividade (1), é a única possível de ser realizada com nível de conforto relativo “**aceitável**” para todas as trinta e seis posições; a atividade (2), é considerada desconfortável para duas posições, 1 e 10, das trinta e seis; a atividade (3), não é “**aceitável**” para vinte e oito posições, 1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 e 36, e por último a atividade (4), que não pode ser realizada para nenhuma das posições com as condições requeridas. A Figura 84, p. 236 mostra, para o período de retorno de **uma semana**, modelo **M2**, as posições recomendadas como “**desconfortável**”, assim como, a indicação da atividade possível de ser realizada com nível de conforto relativo “**aceitável**”.

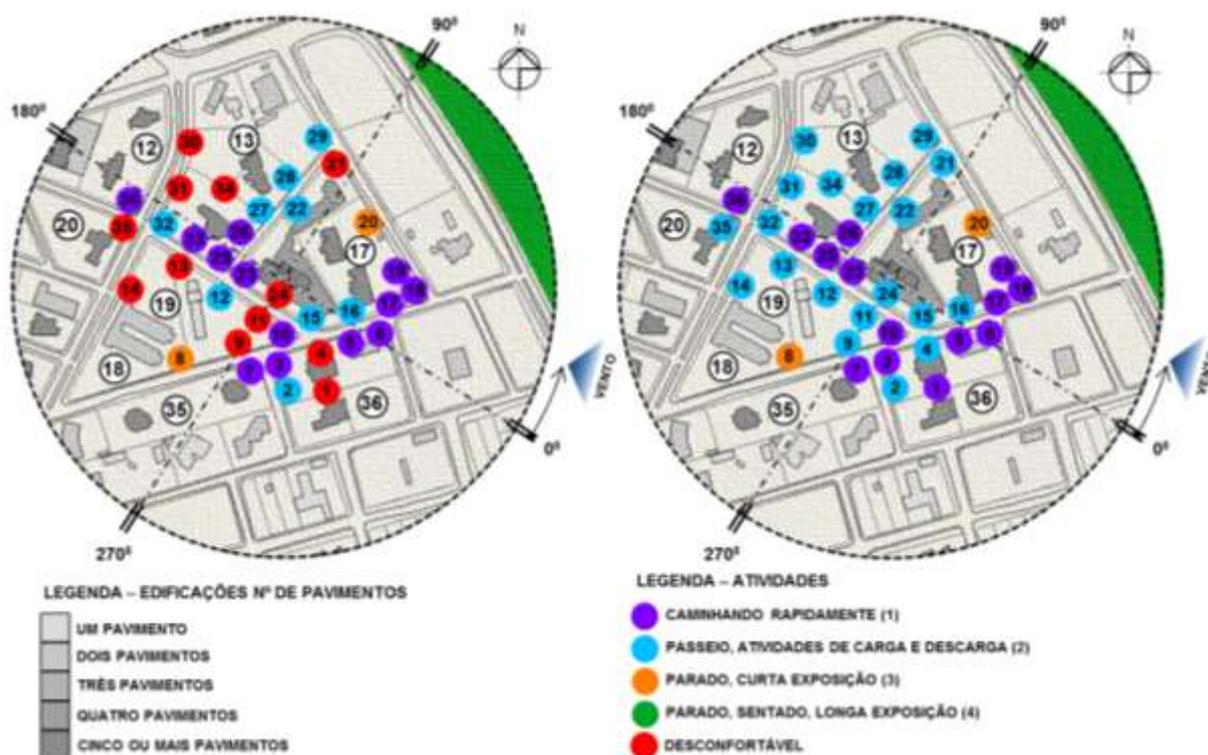


Figura 84: Atividades propostas para o o experimento **M2.CP**, modelo **M2** e período de retorno de uma semana, em (a) atividades indicadas como “desconfortável” para as posições; em (b) atividades que podem ser realizadas em cada uma das posições.

Para o modelo **M1**, **adensamento antigo**, experimento **M1.CP**, considerando o período de retorno de **um ano** e **um mês**, podem ser realizadas as atividades **caminhando rapidamente (1)**, **passeio, atividades de carga e descarga (2)** e **parado, curta exposição (3)**; para o período de retorno de **uma semana**, podem ser realizadas as duas primeiras atividades, enquanto, a atividade **parado, curta exposição (3)**, não pode ser realizada apenas para a posição 1. Ainda considerando os três períodos de retorno, para o modelo **M1**, tem-se que, a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)** pode ser realizada pelo pedestre, para o período de retorno de **um ano**, para todas as posições; para o período de retorno de **um mês**, para oito posições; e para o período de retorno de **uma semana**, para nenhuma das posições identificadas. Situações visualizadas através do Quadro 43, p. 232, da Figura 81, p. 233 e da Figura 83, p. 235.

Em relação aos experimentos **M2.CP**, com o modelo **M2**, **adensamento recente**, para os três períodos de retorno estudados, **um ano**, **um mês** e **uma semana**, apenas a atividade **caminhando rapidamente (1)** pode ser realizada pelo pedestre com nível de conforto “aceitável” para todas as posições; a atividade **passeio, atividades de carga e descarga (2)** pode ser concretizada na mesma condição citada antes para os períodos de

---

retorno de **um ano e um mês**, enquanto, esta mesma atividade para o período de retorno de **uma semana**, pode ser realizada para trinta e quatro, das trinta e seis posições estudadas. Ainda acerca dos ensaios sobre o modelo **M2**, agora considerando a atividade **parado, curta exposição (3)**, para o período de retorno de **um ano** esta atividade pode ser realizada para todas as posições, para um mês e uma semana, o pedestre realiza a atividade ora mencionada para vinte e três, e oito posições, respectivamente. Por último, a atividade **parado, sentado, longa exposição (4)**, para o período de retorno de um ano, pode ser efetivada pelo pedestre para todas as posições pesquisadas, ao passo que, para os períodos de um mês e uma semana, a mesma atividade não pode ser realizada para nenhuma das posições instrumentadas. Discussões que podem ser consideradas pela análise do Quadro 43, p. 232, da Figura 82, p. 234 e da Figura 84, p. 236.

---

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 8.1 CONCLUSÕES

O conforto do pedestre frente ao vento em adensamentos urbanos aparece sempre como uma situação já resolvida, não sendo passível de estudos que abrangem áreas urbanas. Pode-se dizer que o vínculo entre o público e o privado, vias e lotes, não é considerado, e esta ausência de interação sabrecai no pedestre, propiciando situações indesejáveis, e que podem atentar contra o bem estar de pessoas, conforto e desconforto, e em casos mais extremos a segurança. Registra-se, que a conformação urbana interfere na ventilação no nível do pedestre, alterando o seu meio ambiente. Então, a inserção de edificações, garantida pelos instrumentos de ordenamento urbano, nem sempre avalizam situações adequadas para os pedestres, pois estes não fazem parte das decisões acerca do urbano, mas são os principais envolvidos, e, sobretudo prejudicados.

Outro ponto que precisa ser abordado, diz respeito, ao uso do solo urbano até então “aprovado” pelo poder público, confirmando possibilidades de ocupação para o meio urbano. Percebe-se claramente que o modelo adotado atualmente, para a área pesquisada, concentra-se na possibilidade de ocupação por edifícios residenciais multifamiliares, assim como, por edifícios de uso misto, residenciais, comerciais e serviços. Os usos relacionados ao lazer, práticas esportivas recreativas, estão agregados aos usos do tipo assistência social, assistencialismo e educação, assim como, vinculados ao uso residencial, como parte integrante, indicados com “itens de lazer”. Visivelmente, considerando uma análise ampla para o contorno estudado, algumas atividades não são possíveis de realização pelo pedestre, considerando o nível de conforto relativo “**aceitável**”; inclui-se os usos relacionados a parques, praças, restaurantes ao ar livre, chegando até mesmo a restringir atividades ligadas a prática de esporte, passeios, patinação, assim como, estar parado em ponto de ônibus, por curtos ou longos períodos de tempo.

A pesquisa, que envolveu ainda um estudo comparativo entre as duas possibilidades estudadas, adensamento antigo e adensamento recente, verificou a dimensão da condição do pedestre para um ambiente urbano ainda em fase de ocupação. Considerou os experimentos em túnel de vento para a obtenção de dados de velocidades do vento ao nível

do pedestre, para as duas situações, obtendo dados confiáveis para a análise do contexto estudado. Como a área pesquisada encontra-se em fase de ocupação, cabendo, ainda, modificações das condições estabelecidas até o momento, ponderando as constatações diante das situações encontradas, elencam-se pontos reconhecidos, e que ajudam a formar o entendimento da circunstância estudada, correspondente a área examinada e espelhada para situações semelhantes, atenta-se que:

- a) o adensamento urbano modifica consideravelmente o campo de vento de áreas urbanas, atingindo o conforto do pedestre, chegando a impossibilitá-lo, de realizar até mesmo atividades corriqueiras;
- b) a demarcação de usos e ocupação para o solo urbano, deve considerar a possibilidade de realização pelo pedestre, com nível de conforto relativo “**aceitável**”, de atividades vinculadas aos usos indicados, tanto em área pública como privada;
- c) o pedestre, assim como, o clima, deve ser alvo das proposições indicadas pelos instrumentos urbanísticos, pois entende-se que o pedestre é parte ativa do *locus* urbano.

Diante das constatações, pode-se fornecer subsídios para o planejamento, o controle e a intervenção em áreas urbanizadas, favorecendo, também, ao crescimento saudável das cidades, sendo assim, assenta-se fundamentos a ocupação do solo com vistas a garantia de situações adequadas ao pedestre no meio urbano:

- a) correlação do padrão de uso e ocupação com as particularidades ambientais da cidade;
- b) conexão do tipo de uso e de ocupação do solo com a garantia de realização das atividades inerentes aos usos propostos pelo pedestre com nível de conforto relativo aceitável;
- c) avaliação constante, independente, da legislação vigente, de possibilidades de uso e de ocupação do solo, diante das demandas recentes, entendendo que circunstâncias urbanas não correspondem a conjunturas inalteráveis, pelo contrário, convive com constantes alterações, inclusive dos padrões;
- d) adoção de indicadores urbanos relacionados ao pedestre, para a disposição de acessos a lotes urbanos, de modo a evitar situações conhecidas, e confirmadas pela pesquisa, como áreas adversas ao pedestre;

- e) adesão de políticas voltadas para a disposição adequada de equipamentos urbanos, em calçadas, passeio e praças, sobretudo os voltados ao pedestre.

## 8.2 SUGESTÕES PARA NOVOS TRABALHOS

Continuando os estudos do conforto do pedestre, diante do grande volume de dados alcançados para a constatação do conforto do pedestre, e ainda, diante dos indicadores apontados, pode-se associar, a pesquisa já realizada, a estudos relacionados a escoamentos de áreas urbanas; as implicações da presença de edificações em cidades, orientação e forma; a poluição urbana no contexto de adensamentos residenciais; e ainda, em analogia a estudos relacionados a disposição de vegetação como fator de melhoria da qualidade ambiental urbana. A análise conjunta de alguns dos pontos elencados permite avançar em pesquisas aliadas a busca por soluções mais adequadas ao espaço das cidades, considerando o modo de vida radicado e o desejo de viver em ambiente saudável, e, visando a obtenção de situações mais adequadas ao modo de vida das cidades.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAI, M. A. **A grande elevação eustática do mioceno e sua influência na origem do grupo barreiras**. Revista do Instituto de Geociências – USP, série científica geologia USP, São Paulo, v. 6. n. 2, p. 1-6, outubro 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-6.123 Forças devidas ao vento em edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

AYNSLEY, R. M. **Effects of airflow on human comfort**. Building Science, 9, n. 2, junho 1974.

BAKER, C. J. **Wind engineering - past, present and future**. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 95, n. 9-11, outubro 2007.

BLESSMANN, J. **O vento na engenharia estrutural**. 1. ed. Porto alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 166 p.

BLESSMANN, J. **Acidentes causados pelo vento**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. 141 p.

BLESSMANN, J. **Aerodinâmica das construções**. 3. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011. 261 p.

BLOCKEN, B.; CARMELIET, J. **Pedestrian wind environment around buildings: literature review and practical examples**. Journal of Thermal Envelope and Building Science, 28, n. 2, outubro 2004.

BLOCKEN, B.; ROELS, S.; CARMELIET, J. **Modification of pedestrian wind comfort in the Silvertop Tower passages by an automatic control system**. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 92, n. 10, agosto 2004.

BOTTEMA, M. **Wind climate and urban geometry**. Eindhoven: Ph.D., Technische Universiteit Eindhoven, 1993. 212 p.

CERMAK, J. E. **Wind-tunnel development and trends in applications to civil engineering**. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 91, n. 3, fevereiro 2003.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. 7. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003. 243 p.

GANDEMER, J. **Wind shelters**. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 4, n. 3-4, agosto 1979.

GANDEMER, J. **The aerodynamic characteristics of windbreaks, resulting in empirical design rules**. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 7, n. 1, janeiro 1981.

GANDEMER, J.; GUYOT, A. **Intégration du phénomène vent dans la conception du milieu bâti: guide méthodologique et conseils pratiques**. Paris: Ministère de la Qualité de la Vie, 1976. 130 p.

GERHARDT, H. J.; KRAMER, C. **Wind shelters at the entrance of large buildings**. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 23, 1986.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2000**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/tabelabrasil111.shtm>>. Acesso em: 10 março 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/apps/mapa/>>. Acesso em: 03 março 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010: sinopse do censo e resultados preliminares do universo**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/0000000402.pdf>>. Acesso em: 10 março 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010**. Disponibiliza resultados definitivos do CENSO 2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/apps/mapa/>>. Acesso em: 03 março 2013.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO MUNICIPAL E ESTADUAL. Anuário estatístico 2011 - PARAÍBA. Disponível em: <[www.idemeonline.no-ip.org:8085/anoario2011/faces/pages/index.xhtml](http://www.idemeonline.no-ip.org:8085/anoario2011/faces/pages/index.xhtml)>. Acesso em: 16 abril 2014.

IRWIN, H. P. A. H. A. **A simple omnidirectional sensor for wind-tunnel studies of pedestrian-level winds**. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 7, n. 3, maio 1981.

IRWIN, P. A. **Wind engineering challenges of the new generation of super-tall buildings**. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 97, n. 7-8, setembro-outubro 2009.

ISYUMOV, N. Alan G. **Davenport's mark on wind engineering**. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, v. 104-106, p. 12-24, maio-julho 2012.

JOÃO PESSOA. **Plano diretor 1992, Decreto nº 3, de 30 de dez. 1992**. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/seplan/plano-diretor/LEI-DO-PLANO-DIRETOR-1992.doc>>. Acesso em: 03 março 2013.

JOÃO PESSOA. **Decreto nº 5.363, de 28 jun. 2005.** Estabelece a delimitação do parque do Cabo Branco, instruções normativas de zoneamento urbano e ambiental, a contrapartida financeira dos empreendimentos e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/04/DECRETO-5.343-Cabo-Branco.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2013.

JOÃO PESSOA. **Decreto nº 5.454, de 26 set. 2005.** Regulamenta dispositivos da lei complementar nº 03 de 30 de dezembro de 1992 – PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA – que dispõe sobre o instituto da outorga onerosa e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/04/Decreto-5454-outorga-onerosa.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2013.

JOÃO PESSOA. **Decreto nº 5.844, de 08 jan. 2007.** Delimita a zona adensável prioritária e dispõe sobre as tipologias de uso residencial multifamiliar – H6 e H7, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/04/DECRETO-5.343-Cabo-Branco.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2013.

JOÃO PESSOA. **Decreto nº 5.900, de 24 abr. 2007.** Estabelece instruções normativas de aprimoramento da legislação urbanística vigente e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/04/DECRETO-5.343-Cabo-Branco.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2013.

JOÃO PESSOA. **Plano diretor 2009, Decreto nº 6.499, de 20 de mar. 2009.** Consolida a lei complementar nº 054, de 23 de dezembro de 2008, às disposições da lei complementar nº 03 de 30 de dezembro de 1992. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/04/planodiretor2009.pdf>>. Acesso em: 03 março 2013.

JOÃO PESSOA. **Decreto nº 7.029, de 08 de out. 2010.** Aprova o plano de uso e ocupação do solo urbano em áreas delimitadas e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/seplan/>>. Acesso em: 03 mar. 2013.

JOÃO PESSOA. **Galerias de fotos.** Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/setur/galerias-de-fotos/>>. Acesso em: 02 maio 2014.

JOÃO PESSOA. **Mapa Bairros.** Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/04/Mapa-dos-Bairros-de-Joao-Pessoa.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2013.

KAWAMURA, S. et al. **Ennvironmental wind characteristics around the base of a tall building - a comparison between model test and full scale experiment.** Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 28, n. 1-3, agosto 1988.

KOENIGSBERGER, O. H. *et al.* **Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales.** Madri: Paraninfo, 1977. 328 p.

KOSS, H. H. **On differences and similarities of applied wind comfort criteria.** Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 94, n. 11, novembro 2006.

---

LAWSON, T. V. **The wind content of the built environment**. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Amsterdam, 3, n. 2-3, julho 1978.

LOREDO-SOUZA, A. M. . S. E. B. C. . P. M. J. **Simulação da camada limite atmosférica em túnel de vento**. In: MÖLLER, S. V. . S. J. H. Turbulência. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas, v. 4, 2004. Cap. 5, p. 137-163.

MASCARÓ, L. R. D. **Energia na edificação: estratégia para minimizar seu consumo**. 2. ed. São Paulo: Projeto Editores associados Ltda., 1991. 213 p.

OLGYAY, V. **Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**. 1. ed. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2008. 203 p.

PARAÍBA. Constituição (1989). **Constituição do Estado da Paraíba**. Disponível em: <[http://www.pm.pb.gov.br/download/Constituicao\\_Estadual.pdf](http://www.pm.pb.gov.br/download/Constituicao_Estadual.pdf)>. Acesso em: 10 abril 2013.

PENWARDEN, A. D. **Acceptable wind speeds in towns**. Building Science, 8, n. 3, setembro 1973.

PLATE, E. J. **Methods of investigating urban wind fields - physical models**. Atmospheric Environment, 33, n. 24-25, outubro 1999.

RATCLIFF, M. A.; PETERKA, J. A. **Comparison of pedestrian wind acceptability criteria**. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 32 PART. 2, 1990.

RICCIARDELLI, F.; POLIMENO, S. **Some characteristics of the wind flow in the lower Urban Boundary Layer**. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 94, n. 11, novembro 2006.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos do desenho urbano**. [S.l.]: CopyMarket.com, 2000. 63 p.

SANZ-ANDRES, A.; CUERVA, A. **Pedestrian wind comfort: feasibility study of criteria homogenisation**. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 94, n. 11, novembro 2006.

SILVA, F. A. G. D. **O vento como ferramenta no desenho do ambiente construído: uma aplicação ao nordeste do Brasil**. São Paulo: Tese de Doutorado da Universidade de São Paulo, 1999. 177 p.

SOLARI, G. **The International Association for Wind Engineering (IAWE): progress and prospects**. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 95, n. 9-11, outubro 2007.

SOUZA, M. L. D. **Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil Ltda., 2008. 556 p.

---

SPARKS, P. R.; ELZEBDA, J. **A comparison of pedestrian comfort criteria applied to a city center.** Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, v. 15, n. 1-3, p. 123-132, dezembro 1983.

STATHOPOULOS, T.; STORM, R. **Wind environmental conditions in passages between buildings.** Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, v. 24, p. 19-31, agosto 1986.

STATHOPOULOS, T.; WU, H. **Generic models for pedestrian-level winds in built-up regions.** Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, v. 54-55, p. 515-525, fevereiro 1995.

UEMATSU, Y. et al. **Effects of the corner shape of high-rise buildings on the pedestrian-level wind environment with consideration for mean and fluctuating wind speeds.** Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, v. 44, n. 1-3, p. 2289-2300, outubro 1992.

VISSER, G. T.; CLEIJNE, J. W. **Wind comfort predictions by wind tunnel tests: comparison with full-scale data.** Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, v. 52, p. 385-402, maio 1994.

## APÊNDICE A | CORRESPONDÊNCIA ENTRE AS TOMADAS DO MODELO E OS CANAIS DO SCANIVALVE

Registra-se por meio do Quadro 44, a equivalência entre as posições instrumentadas no modelo, avaliadas 42 sondas, conectadas ao sistema transdutores de 64 canais do sistema Scanivalve, foram usados os módulos verde e azul, cada um para 42 tomadas, em um total de 84, mais duas tomadas ligadas aos anéis piezométricos, para obtenção do  $\Delta_{pa}$ , conectadas ao módulo preto, canais 63 e 64.

OBF_CALIBRAÇÃO DE SONDAS								TOTAL DE TOMADAS: 84			
MÓDULO VERDE		MÓDULO AZUL		MÓDULO VERMELHO		MÓDULO BRANCO		MÓDULO AMARELO		MÓDULO PRETO	
CANAL	TOMADA	CANAL	TOMADA	CANAL	TOMADA	CANAL	TOMADA	CANAL	TOMADA	CANAL	TOMADA
1	2	1	31	1		1		1		1	
2	2A	2	31A	2		2		2		2	
3	4	3	32	3		3		3		3	
4	4A	4	32A	4		4		4		4	
5	6	5	33	5		5		5		5	
6	6A	6	33A	6		6		6		6	
7	7	7	34	7		7		7		7	
8	7A	8	34A	8	inoperante	8		8		8	
9	14	9	35	9		9		9		9	
10	14A	10	35A	10		10		10		10	
11	15	11	36	11		11		11		11	
12	15A	12	36A	12		12		12		12	
13	16	13	37	13		13		13		13	
14	16A	14	37A	14		14		14		14	
15	17	15	38	15		15		15		15	
16	17A	16	38A	16		16		16		16	
17	18	17	39	17		17		17		17	
18	18A	18	39A	18		18		18		18	
19	19	19	40	19		19		19		19	
20	19A	20	40A	20		20		20		20	
21	20	21	41	21		21		21		21	
22	20A	22	41A	22		22		22	inoperante	22	
23	21	23	43	23		23		23	inoperante	23	
24	21A	24	43A	24		24		24		24	

Continuação:

OBF_CALIBRAÇÃO DE SONDAS								TOTAL DE TOMADAS: 84			
MÓDULO VERDE		MÓDULO AZUL		MÓDULO VERMELHO		MÓDULO BRANCO		MÓDULO AMARELO		MÓDULO PRETO	
CANAL	TOMADA	CANAL	TOMADA	CANAL	TOMADA	CANAL	TOMADA	CANAL	TOMADA	CANAL	TOMADA
25	22	25	44	25		25		25		25	
26	22A	26	44A	26		26		26		26	
27	23	27	45	27		27		27	inoperante	27	
28	23A	28	45A	28		28		28	inoperante	28	
29	24	29	46	29		29		29		29	
30	24A	30	46A	30		30		30		30	
31	25	31	47	31		31		31		31	
32	25A	32	47A	32	inoperante	32		32		32	
33	26	33	48	33		33		33		33	
34	26A	34	48A	34		34		34		34	
35	27	35	49	35		35		35		35	
36	27A	36	49A	36		36		36		36	
37	28	37	50	37		37		37		37	
38	28A	38	50A	38		38		38	inoperante	38	
39	29	39	51	39		39		39		39	
40	29A	40	51A	40		40		40		40	
41	30	41	52	41		41		41		41	
42	30A	42	52A	42		42		42		42	
43		43		43		43		43		43	
44		44		44		44		44		44	
45		45		45		45		45		45	
46		46		46		46		46		46	
47		47		47		47		47	inoperante	47	
48		48		48		48		48		48	
49		49		49		49		49		49	
50		50		50		50		50	inoperante	50	
51		51		51		51		51		51	
52		52		52		52		52		52	
53		53		53		53		53		53	
54		54		54		54		54		54	
55		55		55		55		55		55	
56		56		56		56		56		56	
57		57		57		57		57		57	
58		58		58		58		58		58	
59		59		59		59		59		59	
60		60		60		60		60		60	
61		61		61		61		61		61	
62		62		62		62		62		62	
63		63		63		63		63		63	A1
64		64		64		64		64		64	A2

Quadro 44: Correspondência entre as tomadas do modelo, mesa de calibração, e os canais do Scanivalve.

## APÊNDICE B | CORRESPONDÊNCIA ENTRE O ÂNGULO INCIDÊNCIA DO VENTO E O ÂNGULO MARCADO NA MESA

Como medida de adequação das incidências de vento e as marcações dos ângulos na mesa de ensaios, anota-se a equivalência entre os ângulos, relacionando-as ao expoente  $p$ , e tipo de vento ensaiado, correlacionando os dados.

VENTO SIMULADO	ÂNGULO	
	INCIDÊNCIA DO VENTO	MARCADO NA MESA
VENTO MAR ( $p=0,11$ )	90 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>
	105 <sup>0</sup>	15 <sup>0</sup>
	120 <sup>0</sup>	30 <sup>0</sup>
	135 <sup>0</sup>	45 <sup>0</sup>
	150 <sup>0</sup>	60 <sup>0</sup>
	165 <sup>0</sup>	75 <sup>0</sup>
	180 <sup>0</sup>	90 <sup>0</sup>
	195 <sup>0</sup>	105 <sup>0</sup>
	210 <sup>0</sup>	120 <sup>0</sup>
	225 <sup>0</sup>	135 <sup>0</sup>
	240 <sup>0</sup>	150 <sup>0</sup>
	255 <sup>0</sup>	165 <sup>0</sup>
	270 <sup>0</sup>	180 <sup>0</sup>
	285 <sup>0</sup>	195 <sup>0</sup>
	300 <sup>0</sup>	210 <sup>0</sup>
	315 <sup>0</sup>	225 <sup>0</sup>
	330 <sup>0</sup>	240 <sup>0</sup>
345 <sup>0</sup>	255 <sup>0</sup>	
VENTO TERRA ( $p=0,23$ )	0 <sup>0</sup>	270 <sup>0</sup>
	15 <sup>0</sup>	285 <sup>0</sup>
	30 <sup>0</sup>	300 <sup>0</sup>
	45 <sup>0</sup>	315 <sup>0</sup>
	60 <sup>0</sup>	330 <sup>0</sup>
	75 <sup>0</sup>	345 <sup>0</sup>
VENTO MAR ( $p=0,11$ )	0 <sup>0</sup>	270 <sup>0</sup>
	15 <sup>0</sup>	285 <sup>0</sup>
	30 <sup>0</sup>	300 <sup>0</sup>
	45 <sup>0</sup>	315 <sup>0</sup>
	60 <sup>0</sup>	330 <sup>0</sup>
	75 <sup>0</sup>	345 <sup>0</sup>

Considera-se o sentido anti-horário para marcação dos ângulos junto à mesa.

Quadro 45: Vento simulado, correlação entre o ângulo de incidência do vento estudado e o ângulo marcado na mesa de ensaio.

## APÊNDICE C | CALIBRAÇÃO DAS SONDAS

A calibração das sondas diz respeito à transformação dos valores de pressão [mmH<sub>2</sub>O], derivados das sondas, em dados de velocidades [m/s]. O LAC utiliza o *software* CurveExpert, que atribui valores para os coeficientes de ajustes das curvas de calibração das sondas de pedestres nomeados, *a* e *b*. Para a pesquisa foi usada a equação matemática em lei de potência, que descreve uma reta de regressão, configurada pelo ajuste Power Fit, expresso pelo meio da Figura 85, que mostra janelas do programa, que indicam a referida curva, em (a), e a equação e os valores atribuídos aos coeficientes, em (b).

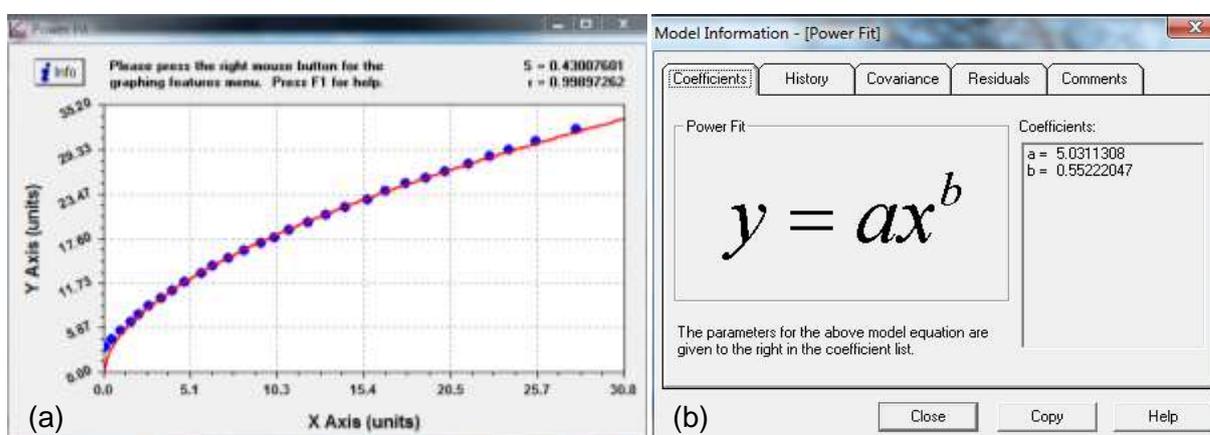


Figura 85: Janelas extraídas do software CurveExpert – Power Fit, indicando, em (a) o gráfico em função dos coeficientes; e, em (b) a expressão matemática e os valores atribuídos aos coeficientes *a* e *b*.

A transformação dos dados derivados das sondas expressos em pressão na unidade milímetro de água, para valores de velocidades em metros por segundo, acontecem pelo meio da Equação 16:

$$V = a \cdot \Delta p^b \quad \text{Equação 16}$$

Onde:

$V$  é a velocidade medida das sondas [m/s];

$a$  é o coeficiente  $a$  de ajuste das curvas de calibração das sondas de pedestres;

$\Delta p$  é a diferença de pressão entre as medições de pressão nos terminais da sonda de pedestre [mmH<sub>2</sub>O];

$b$  é o coeficiente  $b$  de ajuste das curvas de calibração das sondas de pedestres.

Esta intervenção permite a usabilidade das informações, assegurando a configuração apropriada para os dados tratados, através de tabelas e gráficos, permitindo o estudo das situações estudadas, sob o olhar do pedestre.

## APÊNDICE D | IMAGENS DOS ENSAIOS DE ESCOAMENTO DE CAMADA LIMITE

Apresentam-se imagens obtidas durante a realização dos ensaios de escoamento de camada limite, ensaios **M1.150<sup>0</sup>**, **M1.90<sup>0</sup>**, **M2.90<sup>0</sup>** e **M2.150<sup>0</sup>**, nesta ordem, por meio das figuras que seguem, os experimentos foram realizados no LAC, Túnel de Vento Prof. Joaquim Blessmann.

Inicia-se pelo ensaio **M1.150<sup>0</sup>**, Figura 86 e Figura 87, p. 252; continua mostrando através das imagens, Figura 88, p. 252, Figura 89, p. 253, Figura 90, p. 253 e Figura 91, p. 254, o ensaio **M1.90<sup>0</sup>**; em seguida, o ensaio **M2.90<sup>0</sup>**, mostrado através das figuras, Figura 92, p. 254 e Figura 93, p. 255; por último mostra-se o ensaio **M2.150<sup>0</sup>**, Figura 94, p. 255, Figura 95, p. 256, Figura 96, p. 256, Figura 97, p. 257, e Figura 98, p. 257.



Figura 86: Modelo **M1**, **adensamento antigo**, no interior do túnel de vento, ensaio **M1.150<sup>0</sup>**, , expoente  $p$  **0,23**; visualização do tubo de Pitot Prandtl ao centro e acima.



Figura 87: Modelo **M1**, **adensamento antigo**, no interior do túnel de vento, ensaio **M1.150<sup>0</sup>**, expoente  $p$  **0,23**; visualização dos instrumentos de medição, em primeiro plano, no centro e acima, par de sondas de fio quente fixadas em suportes.



Figura 88: Detalhe do modelo **M1**, **adensamento antigo**, no interior do túnel de vento, vista superior, ensaio **M1.90<sup>0</sup>** para expoente  $p$  **0,11**; instrumentos de medição posicionados na haste do corrdinmetro, suporte para sondas e sondas de fio quente.

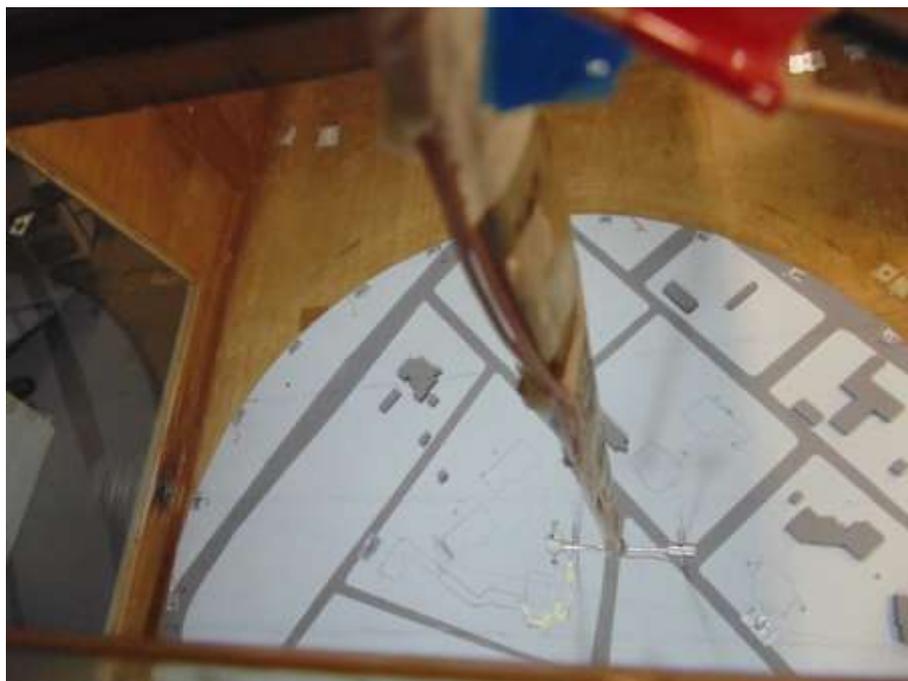


Figura 89: Detalhe do modelo **M1, adensamento antigo**, no interior do túnel de vento, vista superior, ensaio **M1.90°** para expoente  $p$  **0,11**; posicionamento do instrumentos de medição junto ao modelo.

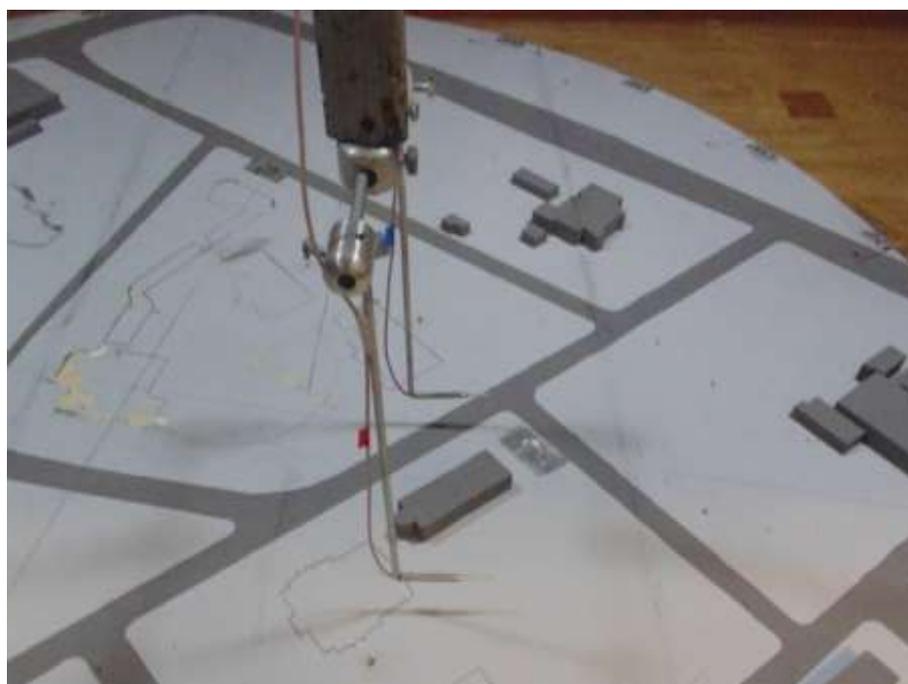


Figura 90: Detalhe do modelo **M1, adensamento antigo**, no interior do túnel de vento, vista lateral, ensaio **M1.90°** para expoente  $p$  **0,11**; posicionamento do instrumentos de medição junto ao modelo.

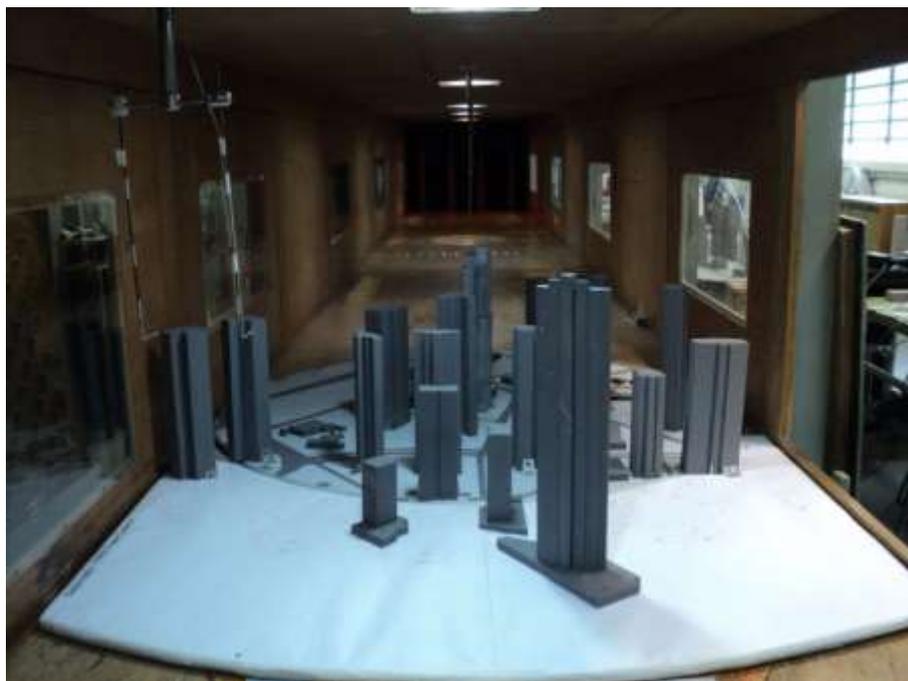


Figura 91: Modelo Modelo **M2, adensamento recente**, no interior do túnel de vento, ensaio **M1.90<sup>0</sup>**, expoente **p 0,11**; visualização dos instrumentos de medição, par de sondas de fio quente fixadas em suportes.



Figura 92: Detalhe do modelo **M2, adensamento recente**, no interior do túnel de vento, ensaio **M2.90<sup>0</sup>**, expoente **p 0,11**; sondas de fio quente fixadas em suportes, medição da altura **H10**.



Figura 93: Detalhe do modelo **M2, adensamento recente**, no interior do túnel de vento, vista superior, ensaio **M2.90°**, expoente  $p$  **0,11**; sondas de fio quente junto ao modelo.



Figura 94: Modelo **M2, adensamento recente**, no interior do túnel de vento, ensaio **M2.150°**, expoente  $p$  **0,23**; visualização dos instrumentos de medição, par de sondas de fio quente fixadas em suportes, lateral esquerda da imagem.



Figura 95: Modelo **M2, adensamento recente**, no interior do túnel de vento, ensaio **M2.150<sup>º</sup>**, expoente **p 0,23**; visualização dos instrumentos de medição, par de sondas de fio quente fixadas em suportes, no centro e acima da imagem.



Figura 96: Detalhe do modelo **M2, adensamento recente**, no interior do túnel de vento, vista superior, ensaio **M2.150<sup>º</sup>**, expoente **p 0,23**; posicionamento do instrumentos de medição junto ao modelo, entre edifícios.



Figura 97: Detalhe do modelo **M2, adensamento recente**, no interior do túnel de vento, vista lateral, ensaio **M2.150<sup>0</sup>**, expoente p **0,23**; posicionamento dos instrumentos de medição junto ao modelo, medições próximas a edifício.

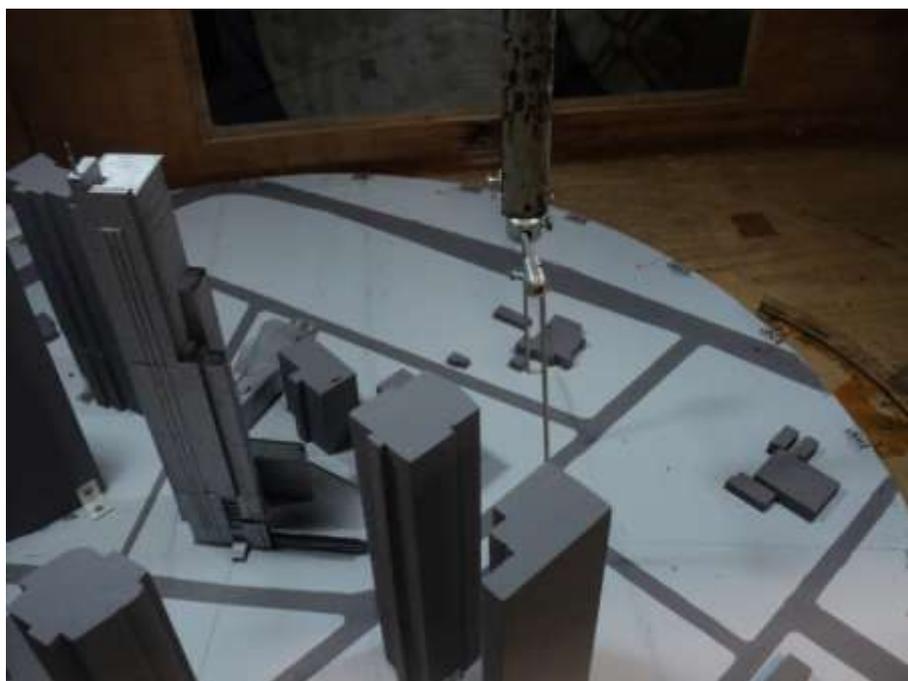


Figura 98: Detalhe em da haste de posicionamento do coordenômetro e par de sondas de fio quente fixadas em suportes, junto ao modelo **M2, adensamento recente**, dentro do túnel, ensaio **M2. 150<sup>0</sup>**, expoente p 0,23.

## APÊNDICE E | IMAGENS DOS ENSAIOS DE CONFORTO DO PEDESTRE

Mostram-se imagens conseguidas durante a realização dos ensaios de conforto do pedestre, ensaios **M1.CP** e **M2.CP**, respectivamente, da mesma maneira que para os experimentos de escoamento de camada limite, também os relacionados ao conforto do pedestre, foram concretizados no LAC, Túnel de Vento Prof. Joaquim Blessmann.

Relacionadas ao ensaio **M1.CP**, modelo **M1, adensamento antigo**, tem-se a Figura 99, a Figura 100, p. 259 e a Figura 101, p. 259; em relação ao experimento **M2.CP**, modelo **M2, adensamento recente**, as representações acontecem por meio das figuras, Figura 102, p. 260, Figura 103, p. 260, Figura 104, 261, Figura 105, p. 261.



Figura 99: Modelo **M1, adensamento antigo**, no interior do túnel de vento, ensaio **M1.CP** para expoente  $p$  **0,11**, incidência de vento  $180^{\circ}$ , uso de duas mesas auxiliares.

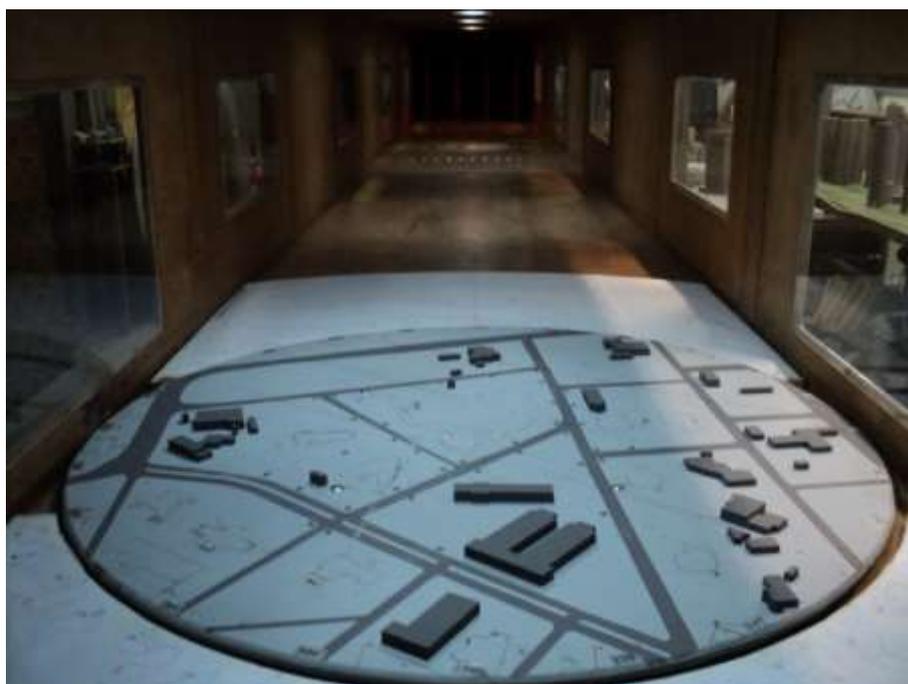


Figura 100: Modelo **M1**, **adensamento antigo**, no interior do túnel de vento, ensaios **M1.CP** para expoente  $p$  **0,11**, incidência de vento **150°**, percebe-se o posicionamento das trinta e seis sondas omnidirecionais instaladas na mesa principal.

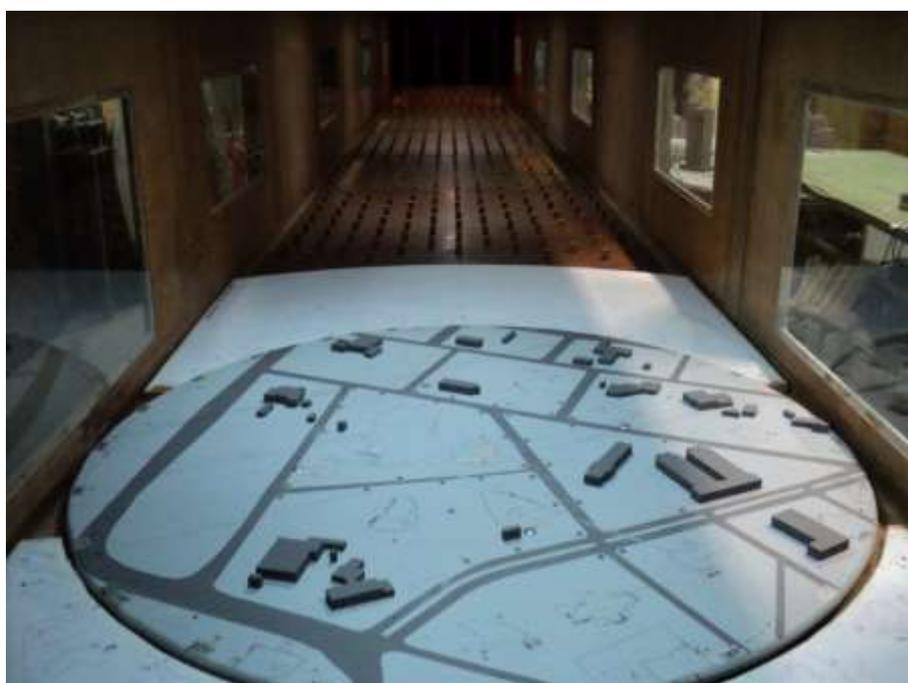


Figura 101: Modelo **M1**, **adensamento antigo**, no interior do túnel de vento, ensaios **M1.CP** para expoente  $p$  **0,23**, incidência de vento **75°**, uso de duas mesas auxiliares.



Figura 102: Modelo **M2**, **adensamento recente**, no interior do túnel de vento, ensaios **M2.CP** para expoente  $p$  **0,11**, incidência de vento **90°**, uso de duas mesas auxiliares.



Figura 103: Modelo **M2**, **adensamento recente**, no interior do túnel de vento, ensaios **M2.CP** para expoente  $p$  **0,23**, incidência de vento **315°**, uso de duas mesas auxiliares.



Figura 104: Detalhe dos sensores omnidirecionais dispostos na mesa, modelo **M2**, **adensamento recente**, ensaio **M2.CP**, expoente  $p$  **0,11**, incidência de vento  $150^{\circ}$ .

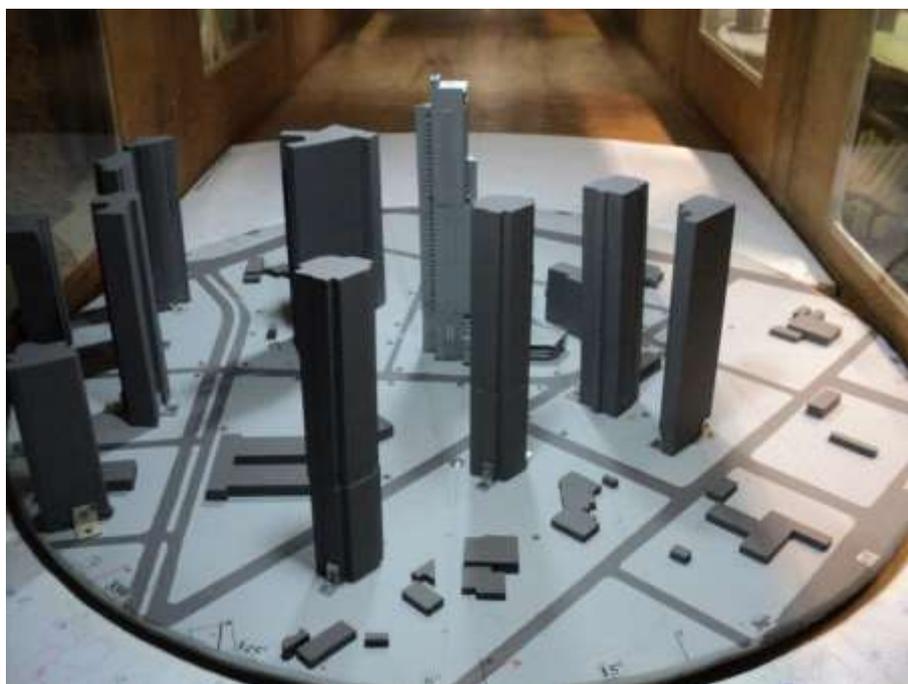


Figura 105: Detalhe dos sensores omnidirecionais dispostos na mesa, modelo **M2**, **adensamento recente**, ensaio **M2.CP**, expoente  $p$  **0,11**, incidência de vento  $180^{\circ}$ .

## **APÊNDICE F | COEFICIENTES DE VELOCIDADES A DOIS METROS DE ALTURA**

Tabela 1: Valores dos coeficientes de velocidade a dois metros de altura, ensaio M1.CP, adensamento antigo, modelo M1.

SONDA / ÂNGULO	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°
1	0,96	0,89	0,85	0,85	0,81	0,88	0,90	0,51	0,58	0,69	0,72	0,72	0,77	0,68	0,65	0,64	0,72	0,69	0,68	0,69	0,72	0,74	0,76	0,76
2	0,67	0,66	0,60	0,53	0,68	0,52	0,65	0,55	0,55	0,57	0,56	0,64	0,60	0,47	0,50	0,54	0,46	0,52	0,57	0,43	0,57	0,51	0,50	0,52
3	0,72	0,62	0,69	0,74	0,68	0,64	0,68	0,61	0,60	0,62	0,60	0,62	0,67	0,48	0,52	0,45	0,56	0,50	0,54	0,63	0,57	0,56	0,54	0,59
4	0,40	0,73	0,81	0,64	0,66	0,67	0,70	0,61	0,61	0,61	0,62	0,61	0,59	0,63	0,59	0,55	0,59	0,60	0,60	0,64	0,69	0,68	0,68	0,58
5	0,45	0,49	0,82	0,84	0,85	0,86	0,68	0,58	0,53	0,47	0,48	0,51	0,57	0,69	0,71	0,72	0,74	0,76	0,65	0,57	0,55	0,43	0,45	0,47
6	0,72	0,66	0,65	0,61	0,57	0,55	0,51	0,47	0,54	0,58	0,60	0,60	0,63	0,64	0,63	0,58	0,53	0,56	0,54	0,37	0,39	0,58	0,62	0,64
7	0,68	0,66	0,65	0,78	0,75	0,76	0,78	0,73	0,73	0,74	0,70	0,79	0,70	0,52	0,59	0,54	0,64	0,55	0,54	0,55	0,53	0,56	0,56	0,57
8	0,78	0,82	0,75	0,82	0,80	0,67	0,74	0,73	0,68	0,44	0,36	0,52	0,49	0,44	0,41	0,54	0,68	0,75	0,75	0,71	0,68	0,63	0,54	0,64
9	0,78	0,62	0,80	0,67	0,69	0,72	0,68	0,62	0,62	0,62	0,59	0,67	0,68	0,47	0,60	0,52	0,62	0,63	0,57	0,57	0,66	0,61	0,67	0,66
10	0,47	0,85	0,77	0,65	0,68	0,65	0,71	0,63	0,61	0,64	0,63	0,63	0,63	0,67	0,56	0,58	0,57	0,53	0,60	0,60	0,63	0,62	0,63	0,57
11	0,67	0,84	0,68	0,65	0,67	0,66	0,70	0,63	0,63	0,65	0,62	0,62	0,63	0,69	0,53	0,60	0,59	0,63	0,66	0,65	0,66	0,68	0,65	0,65
12	0,64	0,66	0,58	0,58	0,57	0,63	0,68	0,64	0,64	0,65	0,68	0,67	0,66	0,58	0,40	0,31	0,33	0,48	0,72	0,61	0,58	0,60	0,61	0,61
13	0,72	0,80	0,70	0,76	0,75	0,74	0,68	0,62	0,58	0,55	0,60	0,66	0,67	0,72	0,73	0,76	0,69	0,62	0,63	0,69	0,50	0,44	0,45	0,47
14	0,85	0,84	0,77	0,74	0,71	0,65	0,78	0,51	0,51	0,49	0,52	0,56	0,60	0,63	0,70	0,78	0,63	0,62	0,59	0,48	0,24	0,42	0,56	0,68
15	0,77	0,84	0,69	0,68	0,69	0,61	0,71	0,56	0,57	0,57	0,59	0,58	0,60	0,67	0,60	0,64	0,62	0,63	0,69	0,67	0,69	0,66	0,58	0,41
16	0,66	0,73	0,73	0,74	0,69	0,70	0,64	0,54	0,54	0,52	0,53	0,52	0,56	0,59	0,60	0,62	0,60	0,61	0,58	0,62	0,49	0,31	0,42	0,50
17	0,78	0,75	0,76	0,75	0,71	0,76	0,60	0,47	0,64	0,60	0,59	0,60	0,63	0,63	0,64	0,64	0,58	0,68	0,63	0,44	0,57	0,61	0,60	0,62
18	0,77	0,81	0,85	0,83	0,79	0,67	0,82	0,51	0,47	0,56	0,57	0,56	0,55	0,58	0,57	0,55	0,55	0,64	0,47	0,58	0,66	0,63	0,63	0,63
19	0,80	0,75	0,52	0,56	0,44	0,57	0,65	0,53	0,67	0,71	0,63	0,62	0,60	0,65	0,68	0,68	0,65	0,67	0,75	0,68	0,66	0,70	0,70	0,68
20	0,66	0,57	0,57	0,59	0,63	0,66	0,66	0,57	0,61	0,63	0,63	0,65	0,66	0,72	0,73	0,63	0,47	0,23	0,22	0,48	0,57	0,66	0,65	0,62
21	0,75	0,63	0,68	0,69	0,72	0,76	0,77	0,71	0,72	0,76	0,73	0,72	0,64	0,66	0,76	0,80	0,83	0,77	0,81	0,76	0,73	0,68	0,63	0,60
22	0,19	0,14	0,18	0,14	0,19	0,23	0,26	0,05	0,22	0,07	0,07	0,02	0,23	0,17	0,23	0,23	0,11	0,04	0,26	0,13	0,07	0,17	0,15	0,17
23	0,85	0,73	0,69	0,72	0,71	0,75	0,76	0,65	0,67	0,70	0,66	0,63	0,60	0,64	0,60	0,48	0,45	0,57	0,70	0,64	0,63	0,66	0,66	0,64
24	0,78	0,70	0,60	0,57	0,56	0,56	0,55	0,48	0,47	0,49	0,50	0,55	0,56	0,59	0,55	0,57	0,57	0,64	0,63	0,64	0,66	0,66	0,65	0,57
25	0,76	0,65	0,62	0,69	0,74	0,74	0,76	0,67	0,67	0,68	0,67	0,62	0,65	0,66	0,62	0,58	0,40	0,37	0,62	0,59	0,50	0,53	0,57	0,59
26	0,77	0,76	0,76	0,74	0,79	0,79	0,80	0,69	0,72	0,76	0,71	0,72	0,71	0,73	0,74	0,73	0,64	0,61	0,76	0,70	0,67	0,69	0,68	0,71
27	0,74	0,62	0,76	0,66	0,68	0,71	0,74	0,62	0,65	0,63	0,71	0,66	0,70	0,71	0,73	0,75	0,67	0,62	0,76	0,69	0,67	0,67	0,61	0,67
28	0,67	0,74	0,65	0,75	0,79	0,82	0,83	0,72	0,63	0,59	0,55	0,60	0,65	0,70	0,66	0,70	0,71	0,63	0,69	0,64	0,62	0,59	0,61	0,59
29	0,70	0,62	0,66	0,70	0,74	0,78	0,83	0,76	0,78	0,78	0,72	0,69	0,60	0,59	0,72	0,76	0,82	0,72	0,78	0,72	0,67	0,61	0,55	0,52
30	0,78	0,76	0,71	0,72	0,59	0,68	0,65	0,47	0,45	0,58	0,65	0,67	0,71	0,71	0,69	0,69	0,68	0,68	0,59	0,57	0,53	0,52	0,62	0,70
31	0,40	0,42	0,70	0,79	0,77	0,68	0,80	0,54	0,56	0,59	0,54	0,52	0,51	0,51	0,54	0,58	0,61	0,65	0,57	0,57	0,59	0,58	0,51	0,32
32	0,78	0,76	0,79	0,66	0,53	0,57	0,74	0,49	0,55	0,57	0,57	0,62	0,63	0,67	0,66	0,63	0,68	0,62	0,51	0,47	0,65	0,61	0,64	0,50
33	0,79	0,77	0,71	0,71	0,75	0,73	0,62	0,56	0,54	0,50	0,48	0,58	0,60	0,64	0,63	0,64	0,64	0,51	0,46	0,43	0,47	0,51	0,55	0,61
34	0,75	0,70	0,70	0,73	0,76	0,79	0,71	0,71	0,68	0,84	0,74	0,78	0,82	0,70	0,72	0,74	0,84	0,67	0,66	0,74	0,66	0,66	0,64	0,68
35	0,59	0,75	0,78	0,62	0,83	0,72	0,72	0,64	0,68	0,67	0,67	0,72	0,73	0,77	0,78	0,76	0,75	0,78	0,68	0,72	0,58	0,78	0,72	0,76
36	0,71	0,70	0,68	0,73	0,65	0,71	0,71	0,59	0,60	0,58	0,56	0,61	0,60	0,64	0,63	0,63	0,61	0,66	0,58	0,61	0,54	0,70	0,67	0,60

Tabela 2: Valores dos coeficientes de velocidade de altura, ensaio M2.CP, adensamento recente, modelo M2.

SONDA / ÂNGULO	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°
1	1,41	1,46	1,42	1,37	1,48	1,46	1,16	1,28	0,85	0,36	0,55	0,67	0,82	1,16	1,05	1,24	1,30	1,45	1,49	1,40	1,01	0,43	0,51	1,01
2	0,48	0,18	0,28	0,37	0,49	0,53	0,72	1,03	0,49	0,24	0,32	0,29	0,26	0,33	0,24	0,20	0,36	0,45	0,58	0,67	0,74	0,57	0,69	0,70
3	0,41	0,42	0,95	0,99	0,96	0,64	0,82	1,06	0,58	0,26	0,45	0,32	0,30	0,37	0,36	0,38	0,26	0,41	0,66	0,81	0,92	0,76	0,48	0,41
4	0,96	1,37	1,33	1,24	1,16	0,79	0,64	0,56	0,84	0,45	0,27	0,30	0,42	0,65	0,70	0,86	1,13	1,12	0,64	0,27	0,20	0,27	0,34	0,57
5	0,60	0,71	0,82	0,98	1,01	0,82	0,55	0,45	0,61	0,61	0,42	0,38	0,56	0,81	0,91	0,84	0,96	1,00	0,98	0,92	0,74	0,44	0,90	0,83
6	0,51	0,48	0,45	0,63	0,82	0,84	0,86	0,74	0,67	0,51	0,28	0,18	0,26	0,55	0,70	0,48	0,44	0,57	0,49	0,43	0,49	0,40	0,55	0,52
7	0,63	0,60	0,66	0,90	0,77	0,50	0,74	0,98	0,40	0,53	0,62	0,50	0,49	0,64	0,50	0,58	0,49	0,55	0,74	0,76	0,84	0,82	0,77	0,84
8	0,68	0,42	0,64	0,86	0,85	0,74	0,94	0,56	0,51	0,40	0,36	0,45	0,46	0,51	0,41	0,54	0,59	0,65	0,74	0,86	0,91	0,90	0,72	0,83
9	0,47	0,56	1,08	1,00	0,77	0,75	1,10	0,97	0,39	0,55	0,59	0,46	0,46	0,58	0,53	0,52	0,58	0,62	0,70	0,77	0,72	0,70	0,71	0,65
10	1,19	1,44	1,37	1,21	1,03	0,60	0,58	0,94	0,70	0,40	0,31	0,29	0,36	0,51	0,61	0,63	0,68	0,74	0,81	0,85	0,79	0,42	0,38	0,77
11	1,30	1,26	1,25	1,05	1,17	0,99	0,75	0,61	0,44	0,41	0,64	0,50	0,46	0,46	0,55	0,43	0,44	0,38	0,43	0,38	0,52	0,49	0,42	0,92
12	0,99	0,62	0,69	0,85	1,09	1,07	1,07	0,90	0,78	0,64	0,44	0,43	0,49	0,38	0,46	0,35	0,28	0,35	0,44	0,53	0,42	0,39	0,43	0,62
13	0,69	1,21	0,88	0,56	0,53	0,45	0,49	0,71	0,90	0,90	0,78	0,69	0,67	0,59	0,52	0,74	0,63	0,49	0,54	0,51	0,69	0,61	0,41	0,50
14	0,34	0,51	0,56	0,49	0,51	0,80	0,81	0,57	0,32	0,41	0,54	0,62	0,57	0,63	1,08	1,09	0,95	0,76	0,68	0,55	0,40	0,31	0,38	0,39
15	1,27	1,22	1,08	1,08	0,93	0,67	0,88	1,18	0,61	0,36	0,26	0,18	0,36	0,62	0,76	0,78	0,90	1,03	1,09	1,13	1,00	0,34	0,66	1,19
16	0,64	0,75	0,79	0,96	0,80	0,51	0,50	0,47	0,66	0,62	0,39	0,23	0,32	0,57	0,72	0,61	0,65	0,83	0,83	0,79	0,60	0,38	0,52	0,55
17	0,55	0,37	0,40	0,54	0,75	0,75	0,81	0,76	0,77	0,76	0,53	0,48	0,14	0,23	0,30	0,38	0,46	0,49	0,53	0,61	0,67	0,70	0,68	0,59
18	0,65	0,45	0,54	0,52	0,37	0,51	0,60	0,59	0,70	0,81	0,63	0,60	0,28	0,17	0,25	0,31	0,41	0,57	0,67	0,78	0,73	0,87	0,78	0,71
19	0,81	0,55	0,35	0,36	0,38	0,48	0,74	0,77	0,85	0,86	0,75	0,71	0,43	0,26	0,23	0,32	0,37	0,36	0,37	0,51	0,69	0,86	0,90	0,83
20	0,87	0,65	0,44	0,24	0,24	0,31	0,45	0,58	0,73	0,81	0,72	0,72	0,48	0,06	0,06	0,19	0,21	0,22	0,13	0,18	0,37	0,62	0,82	0,83
21	0,78	0,87	0,67	0,56	0,47	0,43	0,42	0,47	0,63	0,73	0,74	0,92	1,14	0,72	0,31	0,37	0,54	0,76	0,53	0,43	0,29	0,31	0,37	0,70
22	0,54	0,64	0,81	0,64	0,67	0,72	0,68	0,34	0,15	0,39	0,42	0,33	0,33	0,11	0,31	0,43	0,55	0,67	0,44	0,32	0,13	0,33	0,33	0,36
23	0,81	0,98	0,99	1,08	1,40	1,39	1,34	1,08	1,07	0,98	0,81	0,46	0,39	0,35	0,43	0,43	0,40	0,41	0,53	0,58	0,54	0,48	0,50	0,89
24	1,22	1,22	1,11	0,93	0,90	0,75	0,32	0,55	0,44	0,44	0,40	0,36	0,37	0,45	0,55	0,56	0,53	0,53	0,48	0,40	0,41	0,32	0,51	1,04
25	0,66	1,40	1,22	1,26	1,37	1,29	1,23	0,97	0,69	0,54	0,46	0,36	0,42	0,37	0,53	0,39	0,28	0,32	0,35	0,41	0,35	0,27	0,29	0,61
26	0,77	0,95	1,01	1,23	1,34	1,36	1,38	1,01	0,97	0,89	0,91	0,76	0,47	0,42	0,64	0,85	1,00	1,20	1,20	1,16	1,11	0,86	0,56	0,60
27	0,96	0,76	1,00	1,03	1,22	1,37	1,29	0,92	0,48	0,34	0,58	0,57	0,62	0,43	0,37	0,71	1,07	1,46	1,40	1,30	1,21	0,82	0,35	0,43
28	0,59	0,74	0,30	0,58	0,67	0,70	0,68	0,57	0,57	0,46	0,73	0,74	0,84	0,45	0,33	0,51	0,76	1,05	0,97	0,94	0,81	0,65	0,60	0,37
29	0,68	0,75	0,55	0,49	0,44	0,45	0,48	0,51	0,65	0,73	0,65	0,82	1,10	0,86	0,38	0,36	0,49	0,82	0,74	0,70	0,50	0,35	0,30	0,59
30	1,01	0,89	0,82	0,62	0,99	1,03	1,04	0,80	0,57	0,68	0,66	0,55	0,57	0,55	0,38	0,61	0,91	0,98	0,94	0,94	0,77	0,58	0,24	0,34
31	0,31	0,56	0,50	0,74	0,96	1,06	1,21	1,06	0,83	0,75	0,70	0,71	0,59	0,38	0,54	0,77	0,86	1,01	1,04	1,05	0,96	0,76	0,35	0,25
32	0,53	0,76	0,43	0,50	0,70	0,91	1,12	0,99	0,92	0,56	0,35	0,31	0,39	0,43	0,55	0,57	0,51	0,83	0,84	0,94	0,98	0,91	0,53	0,63
33	0,62	0,96	0,57	0,43	0,40	0,31	0,33	0,54	0,66	0,86	0,80	0,69	0,55	0,50	0,58	0,46	0,36	0,58	0,57	0,71	0,80	0,72	0,47	0,63
34	1,07	0,94	1,34	1,11	0,37	0,60	0,35	0,49	1,12	0,70	0,95	1,02	0,98	0,66	0,69	0,70	0,58	0,39	0,56	0,60	0,52	0,52	0,56	0,69
35	0,84	0,92	0,77	0,61	0,88	0,91	1,02	0,72	0,47	0,61	0,81	1,07	1,09	0,85	1,13	1,16	0,83	0,57	0,56	0,92	1,09	0,96	0,78	0,65
36	0,48	0,61	0,54	0,67	0,96	0,91	1,04	0,83	0,55	0,47	0,49	0,47	0,59	0,52	0,93	1,13	0,83	0,58	0,67	0,86	0,93	0,78	0,56	0,47

## APÊNDICE G | GRÁFICOS POLARES PARA COEFICIENTES DE VELOCIDADES

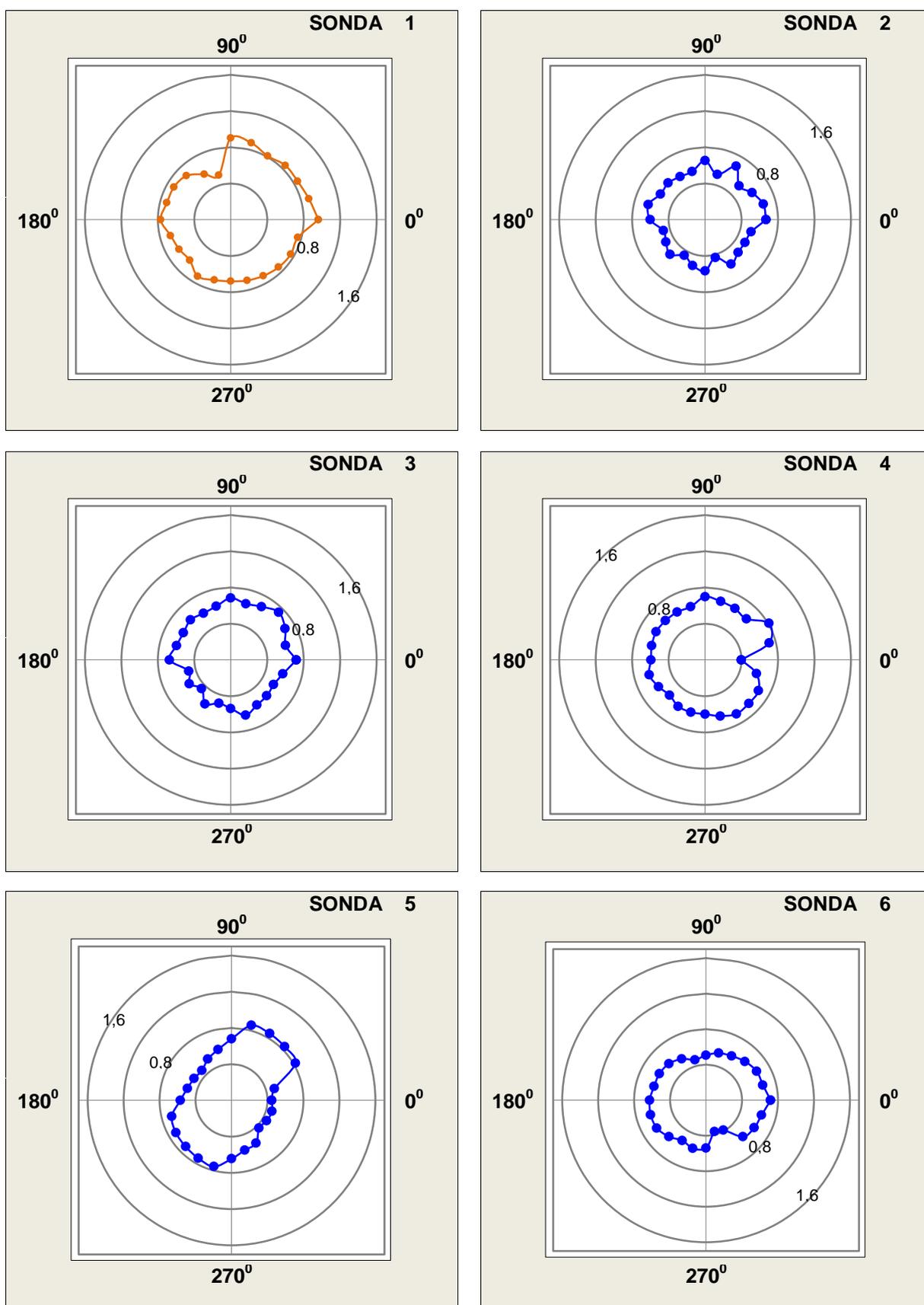


Figura 106: Distribuição dos coeficientes de velocidade em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M1.CP**, adensamento antigo, modelo **M1**, sondas 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

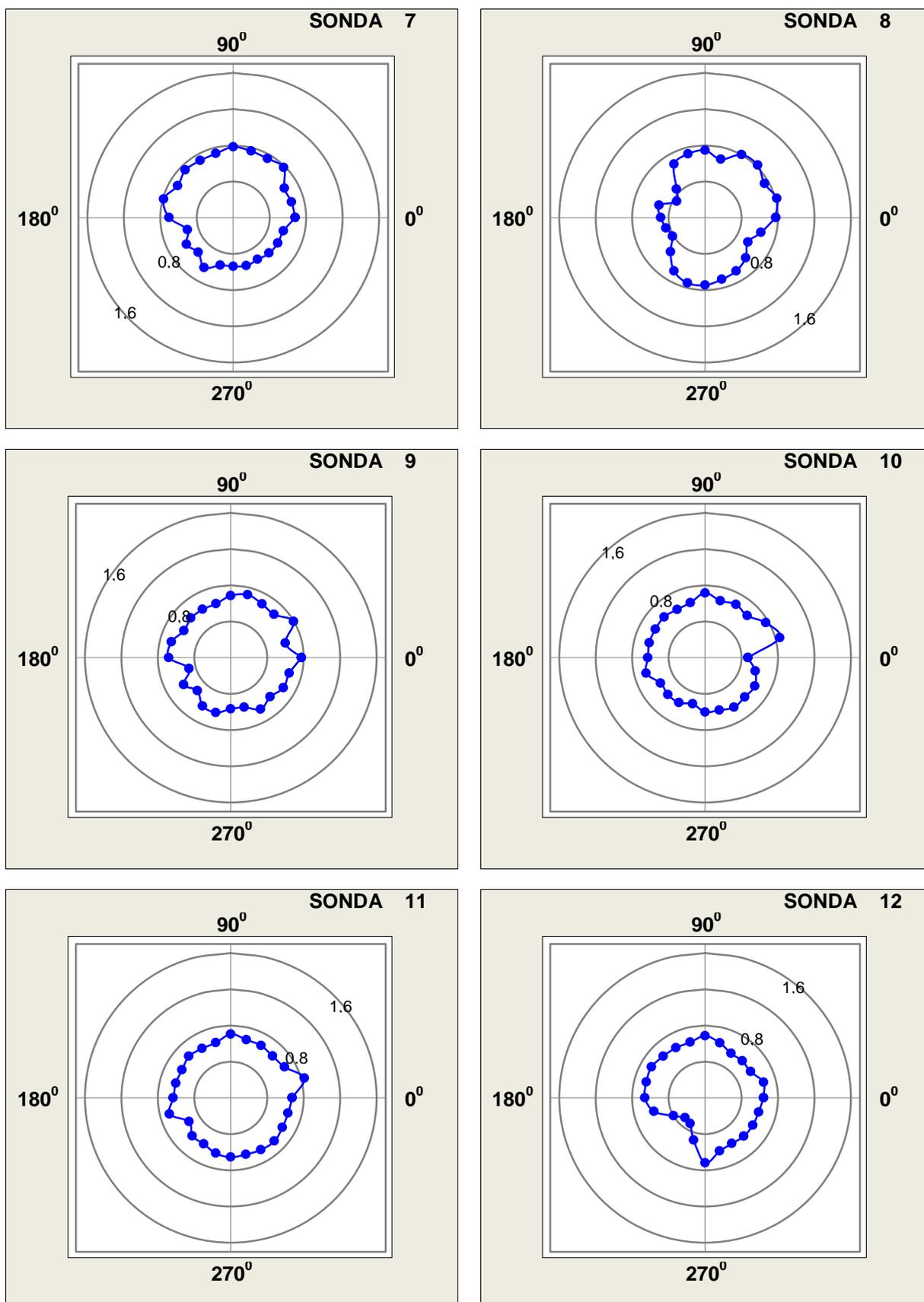


Figura 107: Distribuição dos coeficientes de velocidade em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M1.CP**, adensamento antigo, modelo **M1**, sondas 7, 8, 9, 10, 11 e 12.

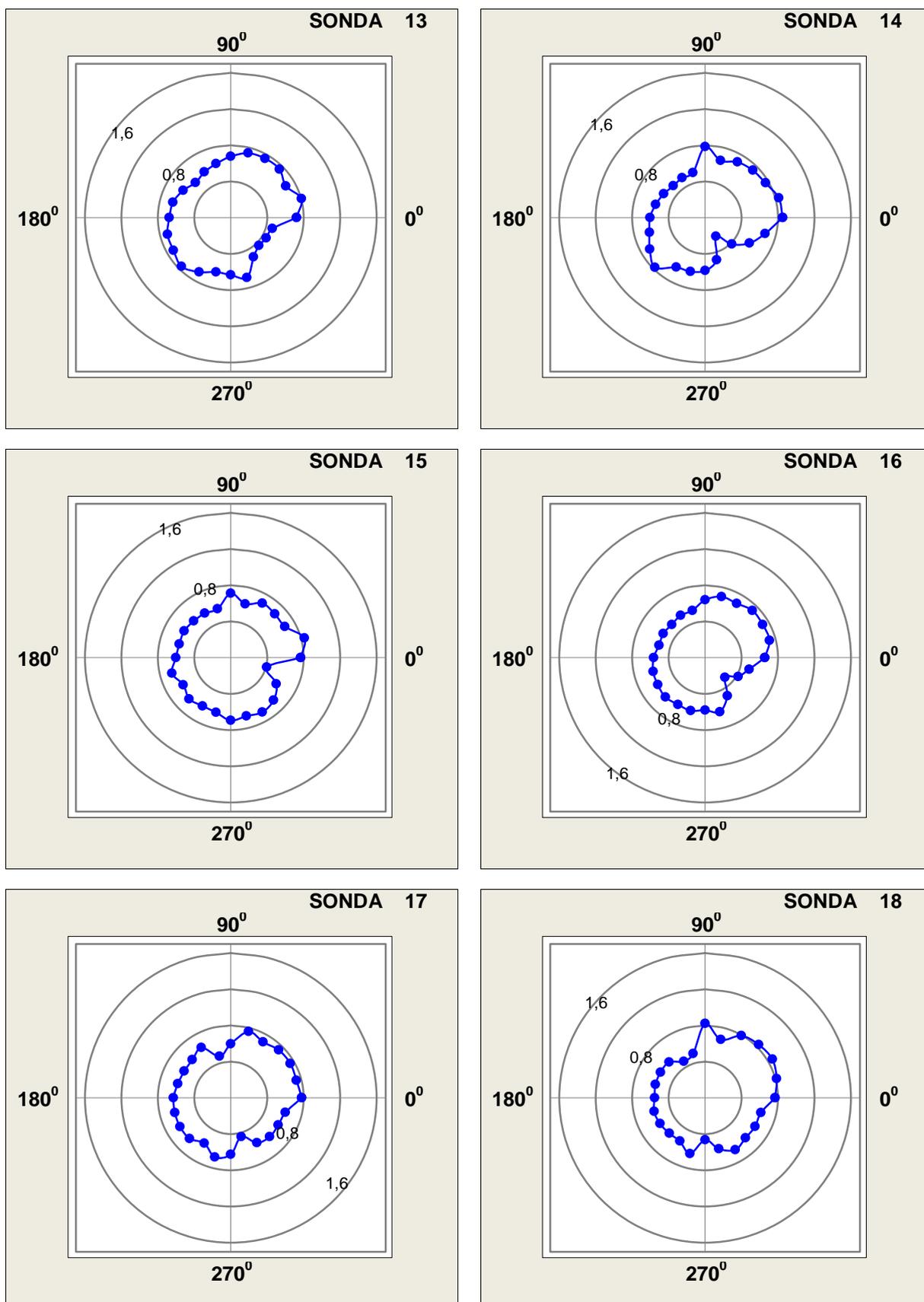


Figura 108: Distribuição dos coeficientes de velocidade em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M1.CP**, **adensamento antigo**, modelo **M1**, sondas **13, 14, 15, 16, 17 e 18**.

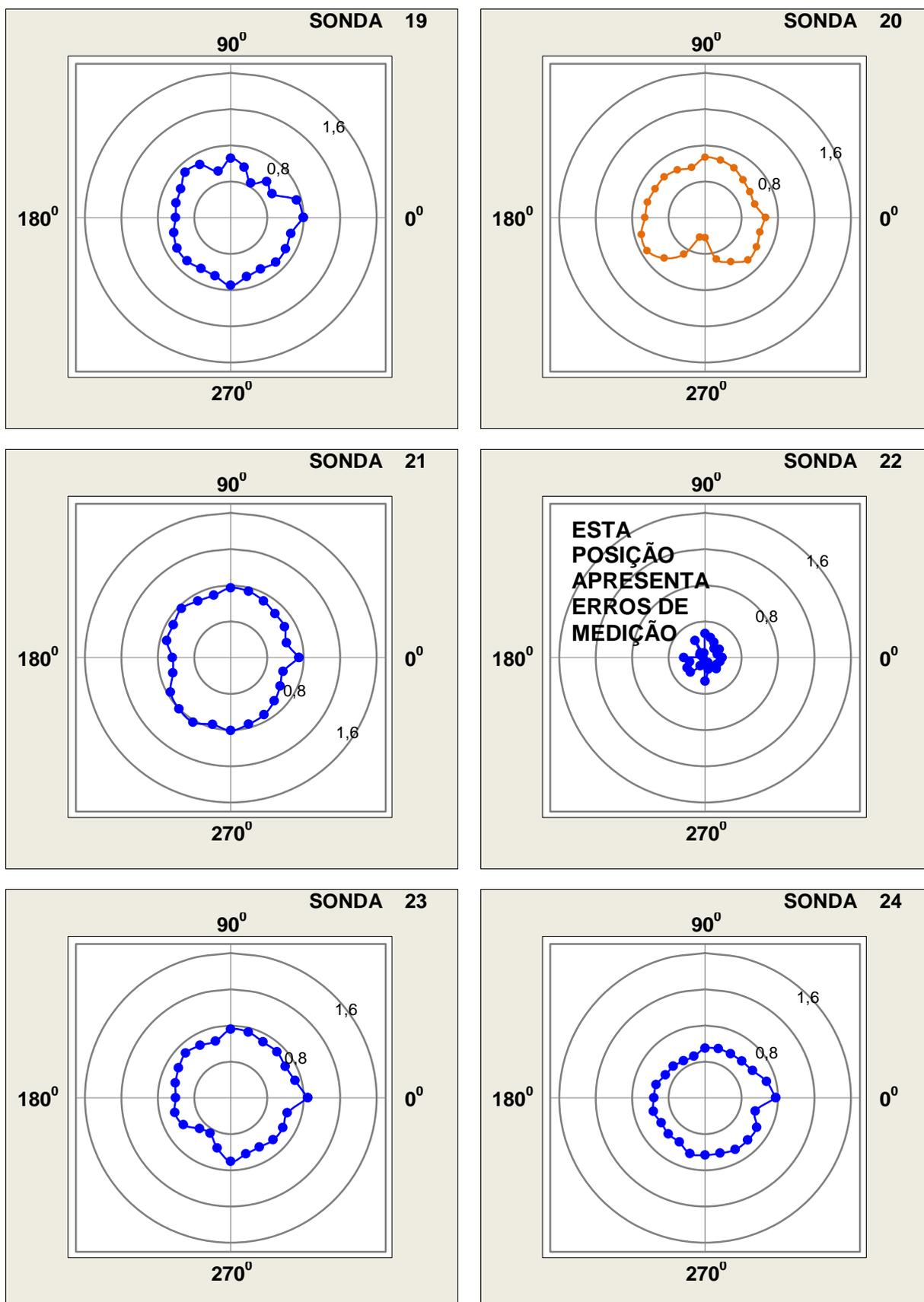


Figura 109: Distribuição dos coeficientes de velocidade em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M1.CP**, adensamento antigo, modelo **M1**, sondas **19**, **20**, **21**, **22**, **23** e **24**.

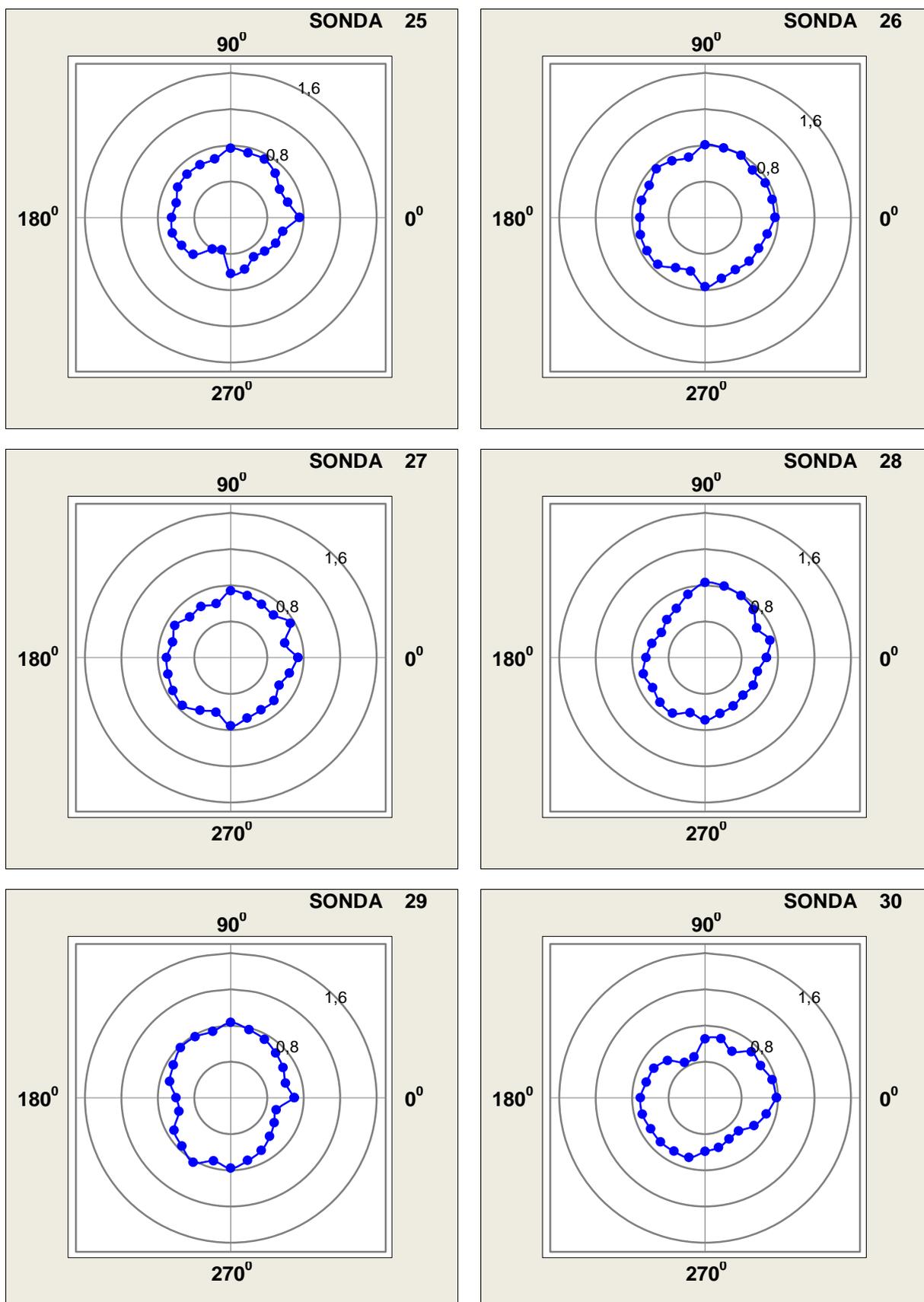


Figura 110: Distribuição dos coeficientes de velocidade em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M1.CP, adensamento antigo, modelo M1**, sondas **25, 26, 27, 28, 29 e 30**.

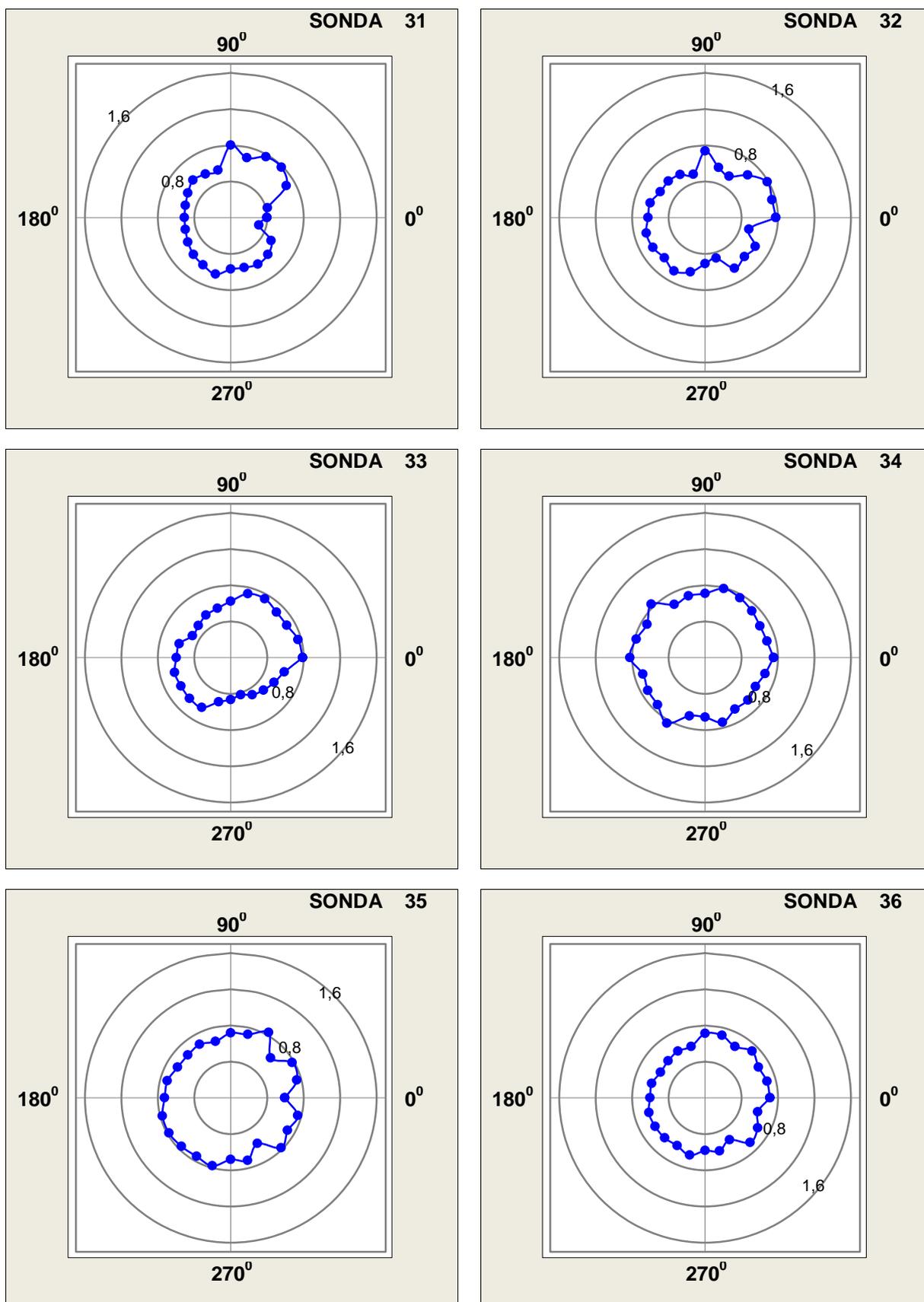


Figura 111: Distribuição dos coeficientes de velocidade em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M1.CP**, **adensamento antigo**, modelo **M1**, sondas **31**, **32**, **33**, **34**, **35** e **36**.

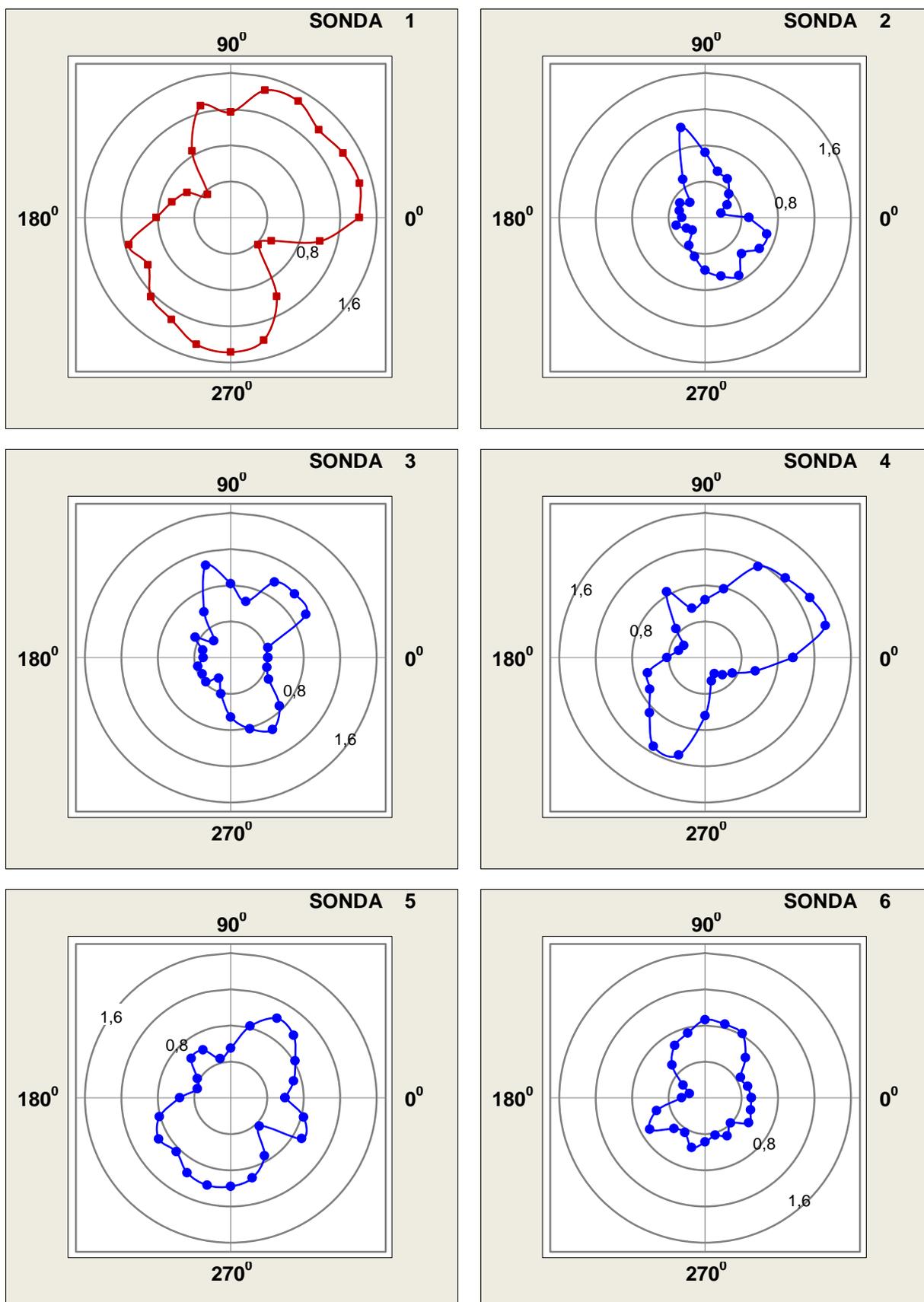


Figura 112: Distribuição dos coeficientes de velocidade em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M2.CP**, **adensamento recente**, modelo **M2**, sondas **1, 2, 3, 4, 5 e 6**.

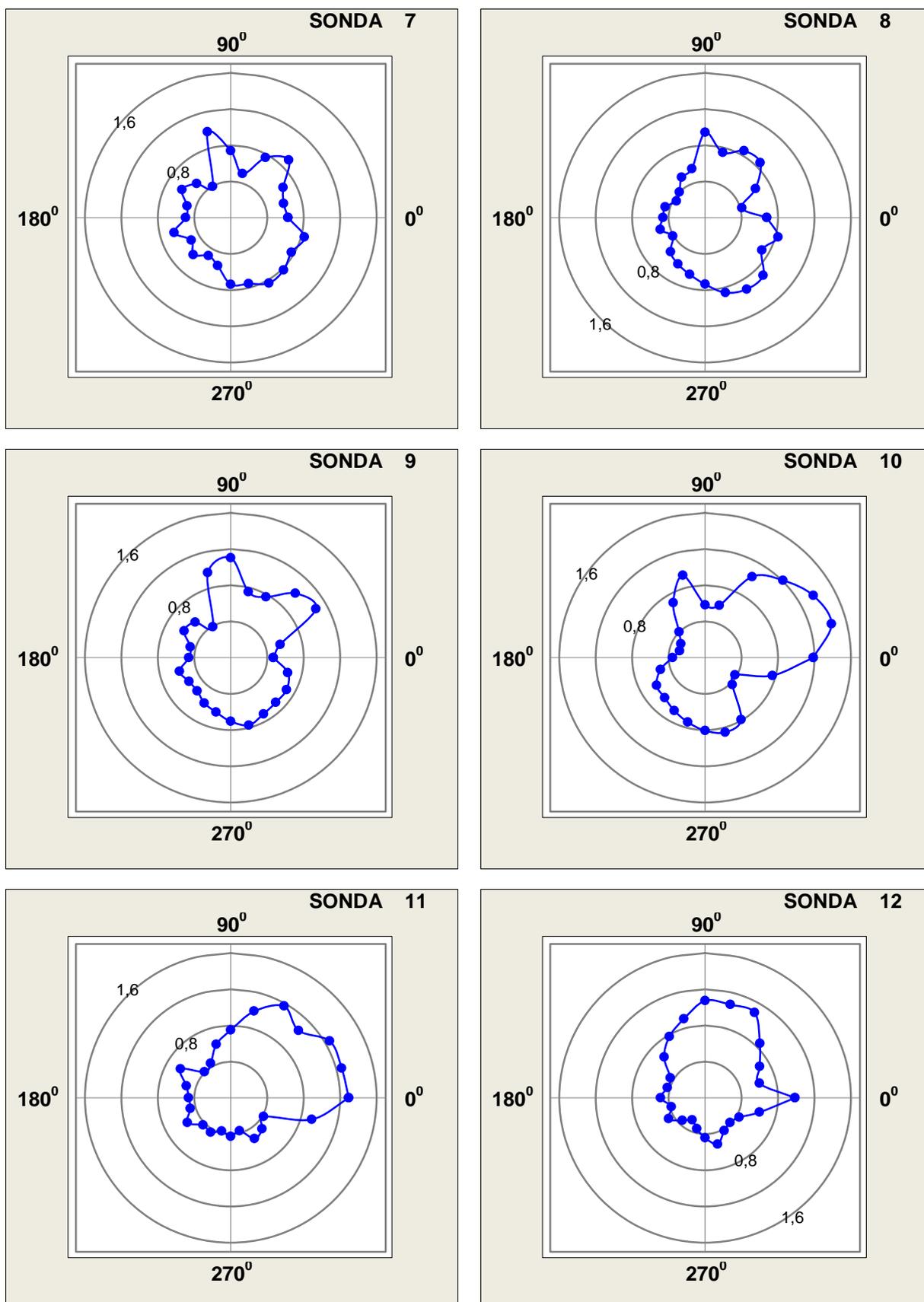


Figura 113: Distribuição dos coeficientes de velocidade em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M2.CP**, adensamento recente, modelo **M2**, sondas 7, 8, 9, 10, 11 e 12.

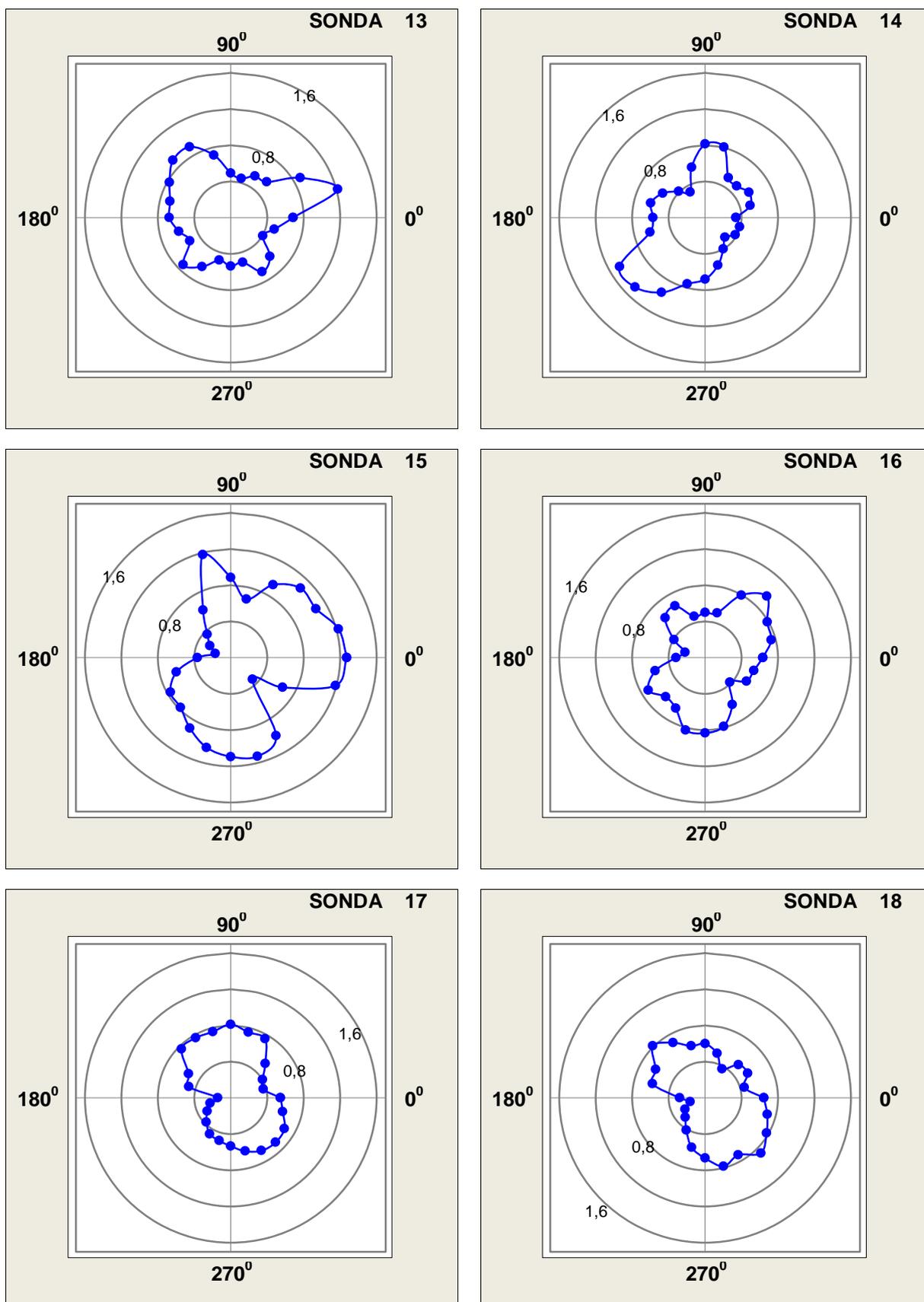


Figura 114: Distribuição dos coeficientes de velocidade em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M2.CP**, **adensamento recente**, modelo **M2**, sondas **13**, **14**, **15**, **16**, **17** e **18**.

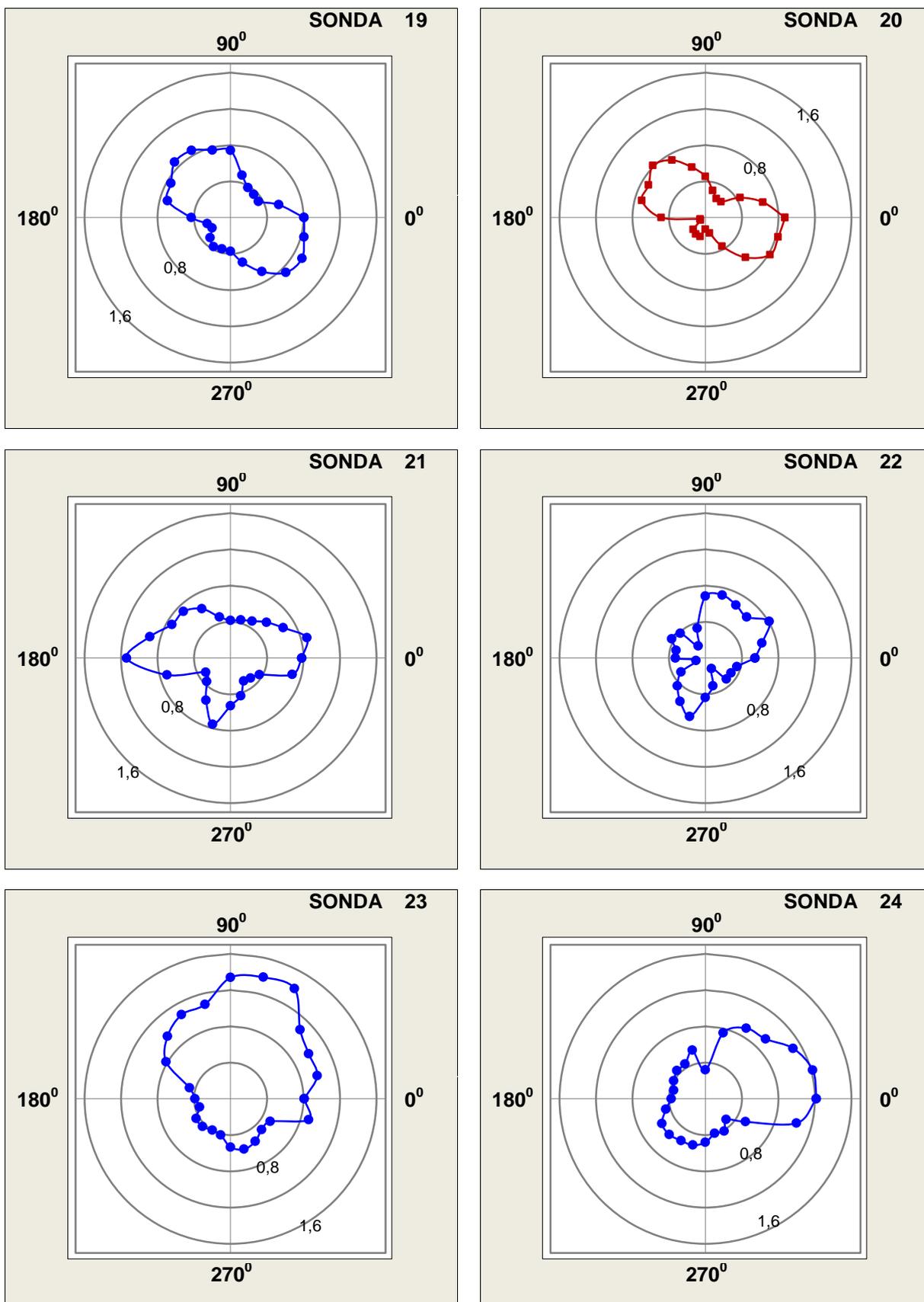


Figura 115: Distribuição dos coeficientes de velocidade em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M2.CP**, adensamento recente, modelo **M2**, sondas 19, 20, 21, 22, 23 e 24.

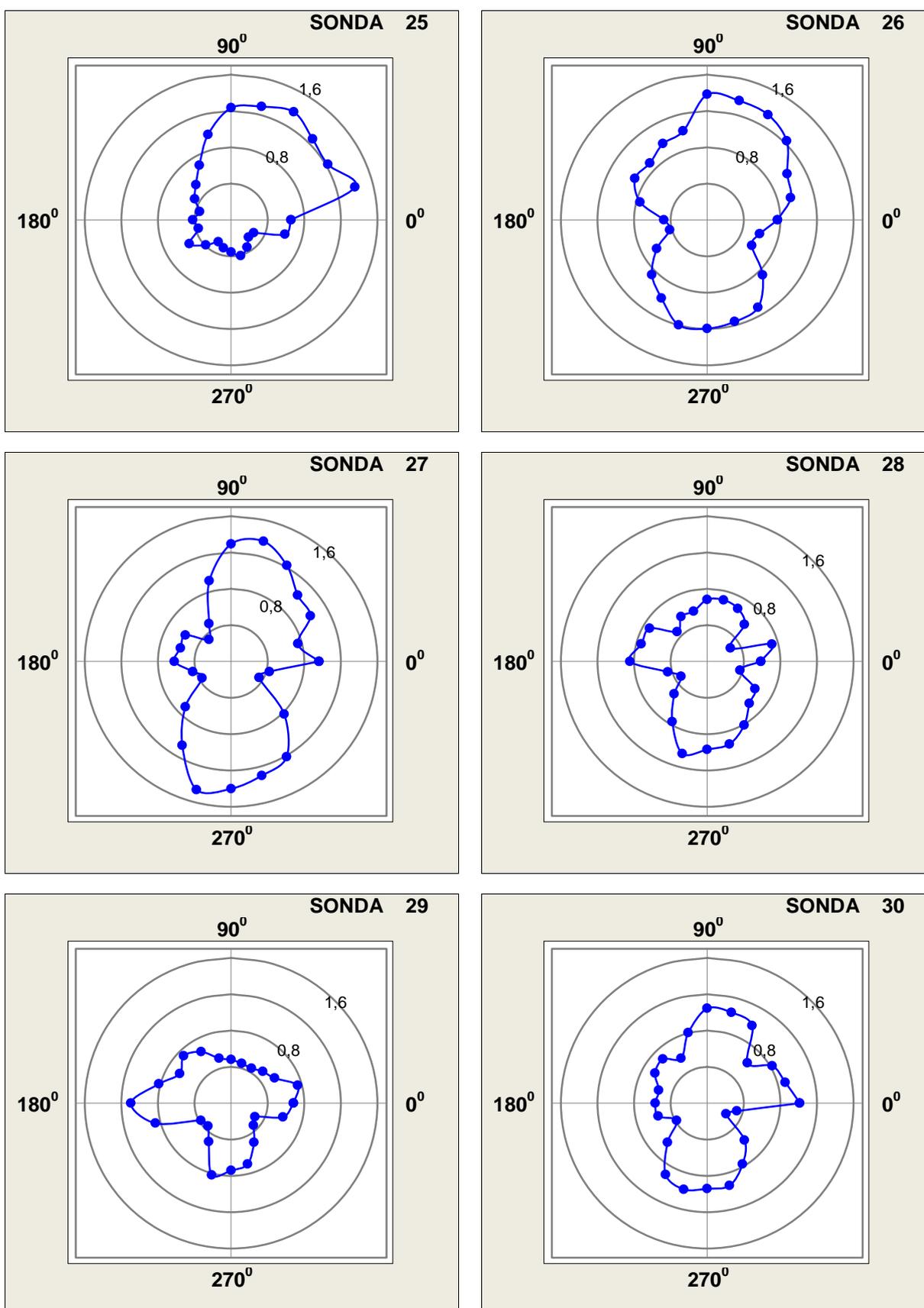


Figura 116: Distribuição dos coeficientes de velocidade em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M2.CP**, **adensamento recente**, modelo **M2**, sondas **25**, **26**, **27**, **28**, **29** e **30**.

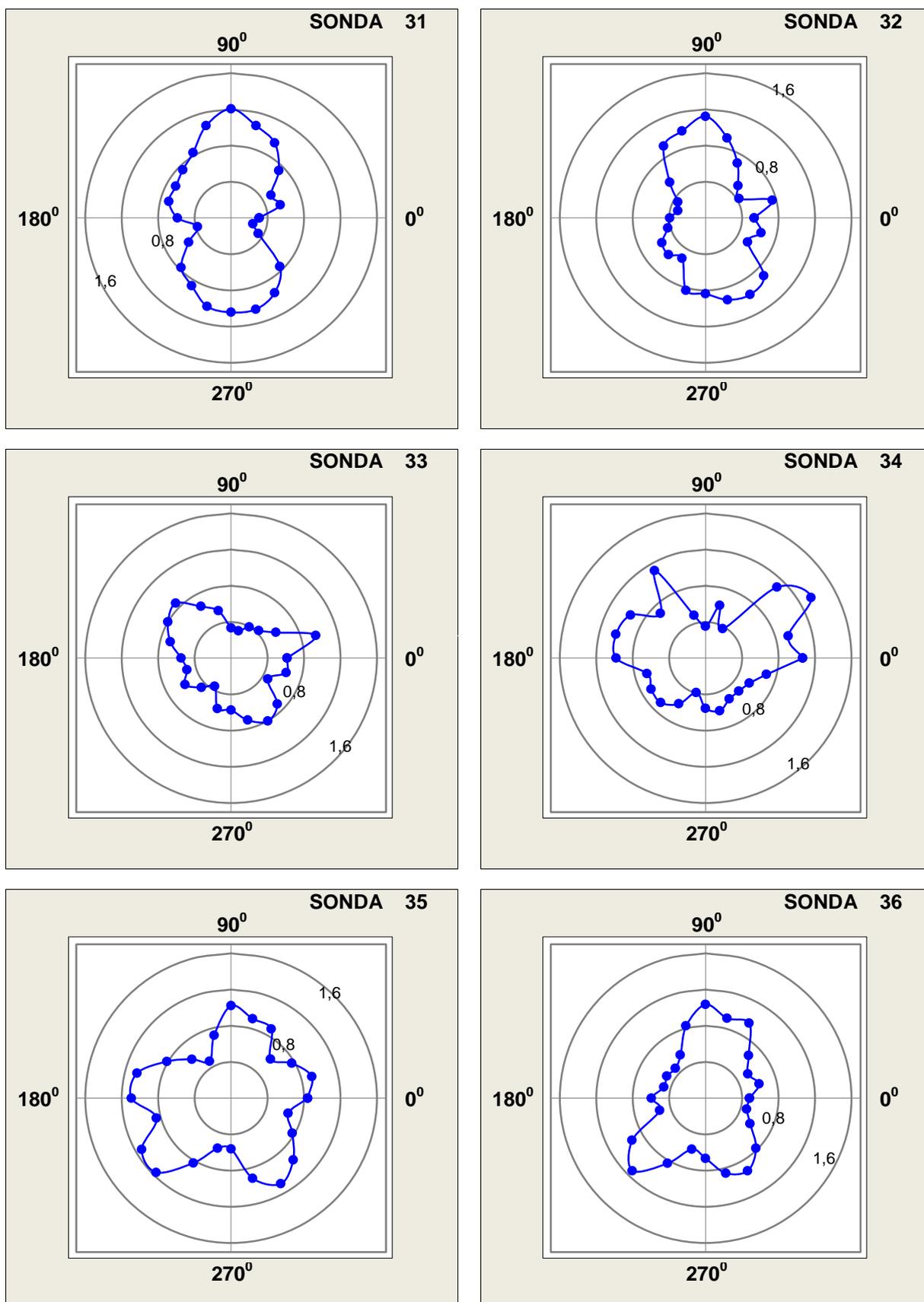


Figura 117: Distribuição dos coeficientes de velocidade em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M2.CP**, adensamento recente, modelo **M2**, sondas **31**, **32**, **33**, **34**, **35** e **36**.

**APÊNDICE H | VELOCIDADES DO VENTO SOBRE 3 SEGUNDOS A DOIS METROS DE ALTURA**

Tabela 3: Velocidades do vento sobre três segundos, a dois metros de altura, ensaio M1.CP, adensamento antigo, modelo M1, período de retorno de um ano.

SONDA / ÂNGULO	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°	
1	11,6	10,7	10,2	10,2	9,8	10,6	10,9	5,7	6,6	7,8	8,2	8,2	8,7	7,7	7,4	7,2	8,2	7,8	7,7	7,9	8,1	8,4	8,6	8,6	
2	8,1	8,0	7,2	6,4	8,2	6,2	7,9	6,2	6,2	6,5	6,4	7,3	6,8	5,4	5,6	6,2	5,2	5,9	6,4	4,9	6,4	5,8	5,7	5,9	
3	8,7	7,5	8,3	9,0	8,2	7,7	8,2	7,0	6,7	7,1	6,8	7,0	7,6	5,4	5,9	5,1	6,4	5,6	6,1	7,2	6,5	6,3	6,2	6,7	
4	4,8	8,8	9,8	7,7	7,9	8,1	8,4	6,9	6,9	7,0	7,0	6,9	6,7	7,2	6,7	6,2	6,7	6,8	6,8	7,3	7,8	7,7	7,7	6,6	
5	5,4	6,0	9,9	10,1	10,3	10,3	8,2	6,6	6,0	5,3	5,5	5,8	6,5	7,8	8,1	8,2	8,4	8,6	7,3	6,5	6,2	4,9	5,1	5,3	
6	8,7	7,9	7,8	7,4	6,9	6,6	6,1	5,3	6,1	6,6	6,8	6,8	7,1	7,2	7,1	6,6	6,0	6,4	6,1	4,1	4,4	6,6	7,0	7,3	
7	8,2	8,0	7,8	9,4	9,1	9,2	9,4	8,3	8,2	8,4	8,0	9,0	8,0	5,9	6,7	6,2	7,2	6,2	6,1	6,2	6,1	6,3	6,4	6,5	
8	9,4	9,8	9,1	9,9	9,7	8,0	9,0	8,2	7,7	5,0	4,1	5,9	5,5	5,0	4,7	6,1	7,7	8,5	8,5	8,0	7,7	7,1	6,1	7,2	
9	9,4	7,5	9,6	8,1	8,3	8,7	8,3	7,0	7,0	7,0	6,7	7,6	7,7	5,3	6,8	5,9	7,0	7,1	6,4	6,4	7,4	6,9	7,6	7,5	
10	5,7	10,2	9,3	7,9	8,2	7,8	8,6	7,1	7,0	7,2	7,1	7,2	7,1	7,6	6,4	6,5	6,5	6,0	6,8	6,8	7,2	7,0	7,1	6,5	
11	8,1	10,1	8,2	7,9	8,0	8,0	8,5	7,1	7,1	7,3	7,0	7,1	7,1	7,9	6,0	6,8	6,7	7,2	7,4	7,3	7,5	7,7	7,4	7,4	
12	7,7	8,0	7,0	7,0	6,9	7,6	8,3	7,2	7,2	7,4	7,7	7,6	7,5	6,6	4,5	3,5	3,7	5,5	8,2	6,9	6,6	6,8	6,9	6,9	
13	8,7	9,7	8,4	9,1	9,1	8,9	8,2	7,0	6,6	6,2	6,8	7,4	7,6	8,1	8,2	8,7	7,9	7,0	7,2	7,8	5,7	5,0	5,1	5,4	
14	10,3	10,1	9,2	8,9	8,6	7,9	9,5	5,8	5,7	5,6	5,9	6,4	6,9	7,2	7,9	8,8	7,2	7,0	6,6	5,5	2,7	4,7	6,4	7,7	
15	9,3	10,1	8,3	8,2	8,4	7,4	8,6	6,3	6,4	6,5	6,7	6,6	6,8	7,6	6,8	7,3	7,0	7,1	7,9	7,6	7,9	7,5	6,6	4,6	
16	7,9	8,8	8,8	8,9	8,4	8,4	7,7	6,1	6,1	5,9	6,0	5,9	6,4	6,7	6,8	7,0	6,8	6,9	6,6	7,0	5,5	3,5	4,7	5,7	
17	9,4	9,0	9,1	9,0	8,6	9,2	7,2	5,4	7,3	6,8	6,7	6,8	7,1	7,2	7,3	7,2	6,6	7,7	7,1	5,0	6,5	6,9	6,8	7,0	
18	9,3	9,8	10,3	10,0	9,6	8,0	9,9	5,7	5,3	6,3	6,4	6,4	6,3	6,6	6,5	6,3	6,3	7,2	5,3	6,6	7,5	7,1	7,2	7,2	
19	9,6	9,0	6,3	6,8	5,3	6,9	7,9	6,0	7,6	8,0	7,2	7,0	6,9	7,3	7,7	7,7	7,4	7,6	8,5	7,7	7,4	7,9	7,9	7,8	
20	8,0	6,8	6,8	7,1	7,6	7,9	8,0	6,5	6,9	7,2	7,2	7,4	7,5	8,2	8,3	7,2	5,3	2,6	2,5	5,4	6,4	7,5	7,4	7,1	
21	9,1	7,6	8,2	8,3	8,7	9,1	9,3	8,1	8,2	8,7	8,2	8,2	7,3	7,4	8,6	9,1	9,4	8,7	9,1	8,6	8,3	7,7	7,1	6,8	
22	2,3	1,7	2,2	1,7	2,3	2,7	3,2	0,6	2,5	0,8	0,7	0,3	2,7	2,0	2,6	2,6	1,2	0,4	3,0	1,5	0,7	2,0	1,7	1,9	
23	10,2	8,8	8,4	8,7	8,6	9,1	9,1	7,3	7,6	7,9	7,5	7,1	6,8	7,2	6,8	5,5	5,1	6,5	8,0	7,3	7,1	7,5	7,5	7,3	
24	9,4	8,4	7,3	6,9	6,8	6,8	6,6	5,4	5,3	5,6	5,7	6,3	6,4	6,6	6,3	6,4	6,4	7,3	7,2	7,2	7,5	7,5	7,4	6,5	
25	9,1	7,8	7,5	8,3	9,0	8,9	9,2	7,6	7,6	7,7	7,6	7,0	7,3	7,5	7,0	6,6	4,6	4,2	7,0	6,7	5,7	6,0	6,5	6,7	
26	9,3	9,2	9,2	8,9	9,6	9,6	9,7	7,8	8,2	8,6	8,0	8,2	8,1	8,3	8,3	8,3	7,3	6,9	8,7	7,9	7,6	7,8	7,7	8,0	
27	8,9	7,4	9,1	8,0	8,2	8,6	8,9	7,0	7,4	7,2	8,0	7,5	8,0	8,1	8,3	8,5	7,6	7,1	8,6	7,9	7,6	7,6	7,0	7,6	
28	8,1	8,9	7,9	9,0	9,5	9,8	10,0	8,2	7,1	6,7	6,3	6,8	7,3	7,9	7,5	7,9	8,1	7,2	7,8	7,2	7,0	6,7	6,9	6,7	
29	8,4	7,5	8,0	8,4	9,0	9,4	10,0	8,6	8,8	8,8	8,2	7,8	6,8	6,7	8,1	8,6	9,3	8,2	8,8	8,1	7,6	6,9	6,2	5,9	
30	9,5	9,2	8,5	8,7	7,1	8,1	7,8	5,3	5,1	6,6	7,3	7,5	8,0	8,1	7,8	7,8	7,7	7,7	6,7	6,5	6,0	5,9	7,0	7,9	
Beaufort		10 m		2 m																					
0	< 0,5			< 0,4																					
1	0,5 - 2,3			0,4 - 1,8																					
2	2,3 - 4,8			1,8 - 3,8																					
3	4,8 - 7,8			3,8 - 6,2																					
4	7,8 - 11,6			6,2 - 9,3																					
5	11,6 - 15,5			9,3 - 12,4																					
6	15,5 - 20,0			12,4 - 16,0																					
7	20,0 - 24,8			16,0 - 19,8																					
8	24,8 - 30,0			19,8 - 24,0																					
9	30,0 - 35,5			24,0 - 28,4																					

Referência para identificação do número de Beaufort para os intervalos de velocidade [m/s] destacados na tabela acima.

Continuação:

SONDA / ÂNGULO	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°
31	4,8	5,0	8,5	9,5	9,3	8,2	9,7	6,1	6,3	6,6	6,1	5,8	5,8	5,8	6,1	6,6	6,9	7,3	6,5	6,5	6,7	6,5	5,8	3,6
32	9,4	9,2	9,5	8,0	6,4	6,9	8,9	5,6	6,2	6,4	6,4	7,1	7,1	7,6	7,5	7,2	7,7	7,0	5,8	5,3	7,3	6,9	7,2	5,7
33	9,5	9,2	8,6	8,6	9,0	8,8	7,5	6,4	6,1	5,7	5,5	6,6	6,7	7,2	7,1	7,2	7,2	5,7	5,3	4,8	5,4	5,8	6,2	6,9
34	9,1	8,5	8,4	8,8	9,2	9,5	8,6	8,0	7,7	9,5	8,3	8,9	9,3	8,0	8,2	8,4	9,5	7,6	7,5	8,4	7,5	7,5	7,3	7,7
35	7,2	9,1	9,4	7,5	10,0	8,7	8,7	7,3	7,7	7,5	7,6	8,2	8,2	8,8	8,9	8,6	8,5	8,8	7,7	8,1	6,6	8,9	8,2	8,6
36	8,6	8,5	8,2	8,8	7,9	8,6	8,6	6,7	6,8	6,5	6,4	6,9	6,8	7,2	7,2	7,1	6,9	7,4	6,6	6,9	6,1	7,9	7,5	6,8
37	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
38	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
39	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
41	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
42	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
43	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
44	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
45	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
46	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
47	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
48	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
49	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
51	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
52	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
53	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
54	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
55	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
56	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
57	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
58	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
59	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Beaufort	10 m	2 m
0	< 0,5	< 0,4
1	0,5 - 2,3	0,4 - 1,8
2	2,3 - 4,8	1,8 - 3,8
3	4,8 - 7,8	3,8 - 6,2
4	7,8 - 11,6	6,2 - 9,3
5	11,6 - 15,5	9,3 - 12,4
6	15,5 - 20,0	12,4 - 16,0
7	20,0 - 24,8	16,0 - 19,8
8	24,8 - 30,0	19,8 - 24,0
9	30,0 - 35,5	24,0 - 28,4

Referência para identificação do número de Beaufort para os intervalos de velocidade [m/s] destacados na tabela acima.

Tabela 4: Velocidades do vento sobre três segundos, a dois metros de altura, ensaio M1.CP, adensamento antigo, modelo M1, período de retorno de um mês.

SONDA / ANGULO	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°	
1	7,9	7,2	6,9	6,9	6,6	7,2	7,4	3,9	4,4	5,3	5,5	5,6	5,9	5,2	5,0	4,9	5,5	5,3	5,2	5,3	5,5	5,7	5,8	5,9	
2	5,5	5,4	4,9	4,3	5,6	4,2	5,3	4,2	4,2	4,4	4,3	4,9	4,6	3,6	3,8	4,2	3,5	4,0	4,4	3,3	4,4	3,9	3,9	4,0	
3	5,9	5,1	5,6	6,1	5,5	5,2	5,6	4,7	4,6	4,8	4,6	4,7	5,2	3,7	4,0	3,5	4,3	3,8	4,1	4,8	4,4	4,3	4,2	4,6	
4	3,3	5,9	6,6	5,2	5,4	5,5	5,7	4,7	4,7	4,7	4,8	4,6	4,6	4,9	4,5	4,2	4,5	4,6	4,6	4,9	5,3	5,2	5,2	4,5	
5	3,7	4,0	6,7	6,8	6,9	7,0	5,5	4,5	4,0	3,6	3,7	3,9	4,4	5,3	5,5	5,5	5,7	5,8	5,0	4,4	4,2	3,3	3,5	3,6	
6	5,9	5,4	5,3	5,0	4,7	4,5	4,1	3,6	4,1	4,5	4,6	4,6	4,8	4,9	4,8	4,5	4,0	4,3	4,1	2,8	3,0	4,5	4,8	4,9	
7	5,6	5,4	5,3	6,4	6,2	6,2	6,4	5,6	5,6	5,7	5,4	6,1	5,4	4,0	4,6	4,2	4,9	4,2	4,1	4,2	4,1	4,3	4,3	4,4	
8	6,3	6,7	6,2	6,7	6,6	5,4	6,1	5,6	5,2	3,4	2,7	4,0	3,7	3,4	3,2	4,1	5,2	5,7	5,4	5,2	4,8	4,2	4,2	4,9	
9	6,3	5,1	6,5	5,5	5,5	5,9	5,6	4,7	4,7	4,7	4,5	5,2	5,2	3,6	4,6	4,0	4,7	4,8	4,3	4,4	5,0	4,7	5,1	5,1	
10	3,8	6,9	6,3	5,3	5,6	5,3	5,8	4,8	4,7	4,9	4,8	4,9	4,8	5,1	4,3	4,4	4,4	4,1	4,6	4,6	4,9	4,7	4,8	4,4	
11	5,5	6,8	5,6	5,3	5,4	5,4	5,8	4,8	4,8	5,0	4,7	4,8	4,8	5,3	4,0	4,6	4,5	4,9	5,0	5,0	5,1	5,2	5,0	5,0	
12	5,2	5,4	4,7	4,7	4,7	4,6	5,1	5,6	4,9	4,9	5,0	5,2	5,1	4,5	3,1	2,4	2,5	3,7	5,5	4,7	4,5	4,6	4,6	4,7	
13	5,9	6,6	5,7	6,2	6,2	6,0	5,5	4,7	4,5	4,2	4,6	5,0	5,2	5,5	5,6	5,9	5,3	4,8	4,9	5,3	3,8	3,4	3,5	3,6	
14	7,0	6,8	6,3	6,0	5,8	5,3	6,4	3,9	3,9	3,8	4,0	4,3	4,6	4,9	5,4	6,0	4,9	4,7	4,5	3,7	1,8	3,2	4,3	5,2	
15	6,3	6,8	5,6	5,6	5,7	5,0	5,8	4,3	4,3	4,4	4,5	4,5	4,6	5,1	4,6	4,9	4,7	4,8	5,3	5,1	5,3	5,1	4,4	3,1	
16	5,4	6,0	6,0	6,0	5,7	5,7	5,2	4,1	4,1	4,0	4,1	4,0	4,3	4,5	4,6	4,7	4,6	4,7	4,4	4,8	3,7	2,4	3,2	3,8	
17	6,4	6,1	6,2	6,1	5,8	6,2	4,9	3,6	4,9	4,6	4,5	4,6	4,8	4,9	4,9	4,9	4,4	5,2	4,8	3,4	4,4	4,7	4,6	4,8	
18	6,3	6,6	7,0	6,8	6,5	5,4	6,7	3,9	3,6	4,3	4,3	4,3	4,3	4,4	4,4	4,3	4,2	4,9	3,6	4,5	5,1	4,8	4,9	4,9	
19	6,5	6,1	4,3	4,6	3,6	4,7	5,3	4,1	5,2	5,4	4,9	4,7	4,6	5,0	5,2	5,2	5,0	5,1	5,8	5,2	5,0	5,4	5,3	5,2	
20	5,4	4,6	4,6	4,8	5,2	5,4	5,4	4,4	4,7	4,9	4,9	5,0	5,1	5,6	5,6	4,9	3,6	1,7	1,7	3,7	4,3	5,1	5,0	4,8	
21	6,1	5,2	5,6	5,6	5,9	6,2	6,3	5,5	5,5	5,9	5,6	5,6	4,9	5,0	5,9	6,2	6,3	5,9	6,2	5,8	5,6	5,2	4,8	4,6	
22	1,5	1,1	1,5	1,2	1,6	1,9	2,2	0,4	1,7	0,6	0,5	0,2	1,8	1,3	1,7	1,8	0,8	0,3	2,0	1,0	0,5	1,3	1,2	1,3	
23	6,9	6,0	5,7	5,9	5,8	6,1	6,2	5,0	5,1	5,4	5,1	4,8	4,6	4,9	4,6	3,7	3,5	4,4	5,4	4,9	4,8	5,1	5,1	4,9	
24	6,3	5,7	4,9	4,7	4,6	4,6	4,5	3,6	3,6	3,8	3,8	4,3	4,3	4,5	4,2	4,4	4,3	4,9	4,9	4,9	5,1	5,1	5,0	4,4	
25	6,2	5,3	5,1	5,6	6,1	6,0	6,2	5,1	5,2	5,2	5,1	4,7	5,0	5,1	4,8	4,4	3,1	2,8	4,8	4,6	3,9	4,1	4,4	4,5	
26	6,3	6,2	6,2	6,0	6,5	6,5	6,6	5,3	5,5	5,8	5,4	5,5	5,5	5,6	5,6	5,6	4,9	4,7	5,9	5,3	5,1	5,3	5,2	5,4	
27	6,0	5,0	6,2	5,4	5,5	5,8	6,0	4,7	5,0	4,9	5,4	5,1	5,4	5,5	5,6	5,7	5,2	4,8	5,8	5,3	5,1	5,2	4,7	5,1	
28	5,5	6,0	5,3	6,1	6,4	6,7	6,8	5,5	4,8	4,5	4,2	4,6	5,0	5,4	5,1	5,4	5,5	4,8	5,3	4,9	4,7	4,5	4,7	4,6	
29	5,7	5,1	5,4	5,7	6,1	6,4	6,8	5,8	6,0	6,0	5,0	5,3	4,6	4,5	5,5	5,8	6,3	5,6	6,0	5,5	5,2	4,6	4,2	4,0	
30	6,4	6,2	5,8	5,9	4,8	5,5	5,3	3,6	3,5	4,4	5,0	5,1	5,4	5,5	5,3	5,3	5,2	5,2	4,6	4,4	4,0	4,0	4,0	4,8	
Beaufort	10 m	2 m																							
0	< 0,5	< 0,4																							
1	0,5 - 2,3	0,4 - 1,8																							
2	2,3 - 4,8	1,8 - 3,8																							
3	4,8 - 7,8	3,8 - 6,2																							
4	7,8 - 11,6	6,2 - 9,3																							
5	11,6 - 16,5	9,3 - 12,4																							
6	16,5 - 20,0	12,4 - 16,0																							
7	20,0 - 24,8	16,0 - 19,8																							
8	24,8 - 30,0	19,8 - 24,0																							
9	30,0 - 35,5	24,0 - 28,4																							

Referência para identificação do número de Beaufort para os intervalos de velocidade [m/s] destacados na tabela acima.

Continuação:

SONDA / ÂNGULO	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°		
31	3,2	3,4	5,7	6,4	6,3	5,6	6,5	4,1	4,3	4,5	4,2	4,0	3,9	3,9	4,2	4,4	4,6	5,0	4,4	4,4	4,6	4,4	4,6	4,4	3,9	2,4
32	6,4	6,2	6,4	5,4	4,3	4,7	6,0	3,8	4,2	4,4	4,4	4,4	4,8	5,1	5,1	4,8	5,2	4,8	3,9	3,6	5,0	4,7	4,9	3,8	4,7	
33	6,4	6,3	5,8	5,8	6,1	6,0	5,1	4,3	4,2	3,8	3,7	4,5	4,6	4,9	4,8	4,9	4,9	3,9	3,6	3,3	3,6	3,9	4,2	4,7	4,7	
34	6,1	5,7	5,7	5,9	6,2	6,4	5,8	5,4	5,2	6,4	5,6	6,0	6,3	5,4	5,6	5,7	6,4	5,1	5,1	5,7	5,0	5,1	4,9	5,2	5,2	
35	4,9	6,1	6,4	5,1	6,8	5,9	5,9	4,9	5,2	5,1	5,2	5,5	5,6	5,9	6,0	5,8	5,7	6,0	5,2	5,5	4,5	6,0	5,5	5,8	5,8	
36	5,8	5,7	5,5	6,0	5,3	5,8	5,8	4,5	4,6	4,4	4,3	4,6	4,6	4,9	4,9	4,8	4,7	5,0	4,5	4,7	4,1	5,4	5,1	4,6	4,6	
37	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
38	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
39	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
40	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
41	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
42	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
43	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
44	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
45	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
46	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
47	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
48	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
49	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
51	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
52	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
53	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
54	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
55	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
56	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
57	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
58	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
59	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

Beaufort	10 m	2 m
0	< 0,5	< 0,4
1	0,5 - 2,3	0,4 - 1,8
2	2,3 - 4,8	1,8 - 3,8
3	4,8 - 7,8	3,8 - 6,2
4	7,8 - 11,6	6,2 - 9,3
5	11,6 - 15,5	9,3 - 12,4
6	15,5 - 20,0	12,4 - 16,0
7	20,0 - 24,8	16,0 - 19,8
8	24,8 - 30,0	19,8 - 24,0
9	30,0 - 35,5	24,0 - 28,4

Referência para identificação do número de Beaufort para os intervalos de velocidade [m/s] destacados na tabela acima.

Tabela 5: Velocidades do vento sobre três segundos, a dois metros de altura, ensaio M1.CP, adensamento antigo, modelo M1, período de retorno de uma semana.

SONDA / ÂNGULO	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°	
1	6,2	5,8	5,5	5,5	5,3	5,7	5,9	3,1	3,5	4,2	4,4	4,4	4,7	4,2	4,0	3,9	4,4	4,2	4,1	4,2	4,4	4,5	4,6	4,7	
2	4,3	4,3	3,9	3,4	4,4	3,4	4,2	3,3	3,3	3,5	3,4	3,9	3,7	2,9	3,0	3,3	2,8	3,2	3,5	2,6	3,5	3,1	3,1	3,2	
3	4,7	4,1	4,5	4,8	4,4	4,2	4,4	3,7	3,6	3,8	3,7	3,8	4,1	2,9	3,2	2,7	3,4	3,0	3,3	3,8	3,5	3,4	3,3	3,6	
4	2,6	4,7	5,2	4,2	4,3	4,3	4,5	3,7	3,7	3,7	3,8	3,7	3,6	3,9	3,6	3,4	3,6	3,6	3,6	3,9	4,2	4,1	4,1	3,6	
5	2,9	3,2	5,3	5,4	5,5	5,6	4,4	3,5	3,2	2,8	2,9	3,1	3,5	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	3,9	3,5	3,3	2,6	2,8	2,8	
6	4,7	4,3	4,2	4,0	3,7	3,6	3,3	2,9	3,3	3,5	3,6	3,6	3,8	3,9	3,8	3,5	3,2	3,4	3,3	2,2	2,4	3,5	3,8	3,9	
7	4,4	4,3	4,2	5,1	4,9	4,9	5,1	4,5	4,4	4,5	4,3	4,8	4,3	3,2	3,6	3,3	3,9	3,3	3,3	3,4	3,3	3,4	3,4	3,5	
8	5,0	5,3	4,9	5,3	5,2	4,3	4,8	4,4	4,1	2,7	2,2	3,2	3,0	2,7	2,5	3,3	4,2	4,6	4,5	4,3	4,2	3,8	3,3	3,9	
9	5,0	4,0	5,2	4,4	4,5	4,7	4,4	3,8	3,8	3,8	3,6	4,1	4,1	2,9	3,6	3,2	3,8	3,8	3,5	3,5	4,0	3,7	4,1	4,1	
10	3,0	5,5	5,0	4,2	4,4	4,2	4,6	3,8	3,7	3,9	3,8	3,9	3,8	4,1	3,4	3,5	3,5	3,2	3,7	3,7	3,9	3,8	3,8	3,5	
11	4,4	5,4	4,4	4,2	4,3	4,3	4,6	3,8	3,8	3,9	3,8	3,8	3,8	4,2	3,2	3,6	3,6	3,9	4,0	3,9	4,0	4,1	4,0	4,0	
12	4,2	4,3	3,7	3,7	3,7	4,1	4,4	3,9	3,9	4,0	4,1	4,1	4,0	3,5	2,4	1,9	2,0	3,0	4,4	3,7	3,6	3,7	3,7	3,7	
13	4,7	5,2	4,5	4,9	4,9	4,8	4,4	3,8	3,5	3,3	3,7	4,0	4,1	4,4	4,4	4,7	4,2	3,8	3,9	4,2	3,1	2,7	2,7	2,9	
14	5,5	5,4	5,0	4,8	4,6	4,2	5,1	3,1	3,1	3,0	3,2	3,4	3,7	3,9	4,3	4,7	3,9	3,8	3,6	3,0	1,5	2,5	3,4	4,2	
15	5,0	5,4	4,5	4,4	4,5	4,0	4,6	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,7	4,1	3,7	3,9	3,8	3,8	4,2	4,1	4,2	4,1	3,5	2,5	
16	4,3	4,8	4,7	4,8	4,5	4,5	4,1	3,3	3,3	3,2	3,2	3,2	3,4	3,6	3,7	3,8	3,6	3,7	3,5	3,8	3,0	1,9	2,5	3,0	
17	5,1	4,8	4,9	4,8	4,6	4,9	3,9	2,9	3,9	3,6	3,6	3,7	3,8	3,9	3,9	3,9	3,5	4,1	3,8	2,7	3,5	3,7	3,7	3,8	
18	5,0	5,3	5,5	5,4	5,1	4,3	5,3	3,1	2,8	3,4	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5	3,5	3,4	3,9	2,8	3,6	4,0	3,8	3,9	3,9	
19	5,2	4,8	3,4	3,6	2,9	3,7	4,2	3,2	4,1	4,3	3,9	3,8	3,7	3,9	4,1	4,1	4,0	4,1	4,6	4,1	4,0	4,3	4,2	4,2	
20	4,3	3,7	3,7	3,8	4,1	4,3	4,3	3,5	3,7	3,9	3,9	4,0	4,0	4,4	4,5	3,9	2,9	1,4	1,4	2,9	3,4	4,0	4,0	3,8	
21	4,9	4,1	4,4	4,5	4,7	4,9	5,0	4,3	4,4	4,7	4,4	4,4	3,9	4,0	4,6	4,9	5,0	4,7	4,9	4,6	4,4	4,1	3,8	3,6	
22	1,2	0,9	1,2	0,9	1,3	1,5	1,7	0,3	1,3	0,4	0,4	0,1	1,4	1,1	1,4	1,4	0,6	0,2	1,6	0,8	0,4	1,1	0,9	1,0	
23	5,5	4,7	4,5	4,7	4,6	4,9	4,9	3,9	4,1	4,3	4,0	3,8	3,7	3,9	3,6	2,9	2,8	3,5	4,3	3,9	3,8	4,0	4,0	3,9	
24	5,0	4,5	3,9	3,7	3,6	3,6	3,6	2,9	2,9	3,0	3,1	3,4	3,4	3,6	3,4	3,5	3,4	3,9	3,9	3,9	4,0	4,0	4,0	3,5	
25	4,9	4,2	4,0	4,5	4,8	4,8	5,0	4,1	4,1	4,1	4,1	3,8	3,9	4,0	3,8	3,5	2,5	2,3	3,8	3,6	3,1	3,2	3,5	3,6	
26	5,0	4,9	5,0	4,8	5,1	5,1	5,2	4,2	4,4	4,6	4,3	4,4	4,3	4,5	4,5	4,5	3,9	3,7	4,7	4,2	4,1	4,2	4,1	4,3	
27	4,8	4,0	4,9	4,3	4,4	4,6	4,8	3,7	4,0	3,9	4,3	4,0	4,3	4,3	4,5	4,6	4,1	3,8	4,6	4,2	4,1	4,1	3,7	4,1	
28	4,4	4,8	4,2	4,9	5,1	5,3	5,4	4,4	3,8	3,6	3,4	3,7	3,9	4,3	4,0	4,3	4,3	3,8	4,2	3,9	3,8	3,6	3,7	3,6	
29	4,5	4,0	4,3	4,5	4,8	5,1	5,4	4,6	4,7	4,8	4,4	4,2	3,6	3,6	4,4	4,6	5,0	4,4	4,8	4,4	4,1	3,7	3,4	3,2	
30	5,1	4,9	4,6	4,7	3,8	4,4	4,2	2,8	2,7	3,5	3,9	4,1	4,3	4,3	4,2	4,2	4,2	4,2	3,6	3,5	3,2	3,2	3,8	4,2	
Beaufort		10 m		2 m																					
0		< 0,5		< 0,4																					
1		0,5 - 2,3		0,4 - 1,8																					
2		2,3 - 4,8		1,8 - 3,8																					
3		4,8 - 7,8		3,8 - 6,2																					
4		7,8 - 11,6		6,2 - 9,3																					
5		11,6 - 15,5		9,3 - 12,4																					
6		15,5 - 20,0		12,4 - 16,0																					
7		20,0 - 24,8		16,0 - 19,8																					
8		24,8 - 30,0		19,8 - 24,0																					
9		30,0 - 35,5		24,0 - 28,4																					

Referência para identificação do número de Beaufort para os intervalos de velocidade [m/s] destacados na tabela acima.

Continuação:

SONDA / ÂNGULO	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°
31	2,6	2,7	4,6	5,1	5,0	4,4	5,2	3,3	3,4	3,6	3,3	3,1	3,1	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9	3,5	3,5	3,6	3,5	3,1	1,9
32	5,0	4,9	5,1	4,3	3,4	3,7	4,8	3,0	3,3	3,5	3,5	3,8	3,8	4,1	4,0	3,8	4,2	3,8	3,1	2,8	3,9	3,7	3,9	3,0
33	5,1	5,0	4,6	4,6	4,9	4,7	4,0	3,4	3,3	3,1	2,9	3,6	3,6	3,9	3,8	3,9	3,9	3,1	2,8	2,6	2,9	3,1	3,4	3,7
34	4,9	4,6	4,5	4,7	5,0	5,1	4,6	4,3	4,1	5,1	4,5	4,8	5,0	4,3	4,4	4,5	5,1	4,1	4,0	4,5	4,0	4,1	3,9	4,2
35	3,9	4,9	5,1	4,0	5,4	4,7	4,7	3,9	4,2	4,1	4,1	4,4	4,4	4,7	4,8	4,6	4,6	4,7	4,2	4,4	3,6	4,8	4,4	4,6
36	4,6	4,6	4,4	4,7	4,2	4,6	4,6	3,6	3,6	3,5	3,4	3,7	3,7	3,9	3,9	3,8	3,7	4,0	3,6	3,7	3,3	4,3	4,1	3,7
37	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
38	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
39	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
41	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
42	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
43	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
44	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
45	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
46	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
47	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
48	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
49	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
51	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
52	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
53	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
54	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
55	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
56	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
57	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
58	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
59	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Beaufort	10 m	2 m
0	< 0,5	< 0,4
1	0,5 - 2,3	0,4 - 1,8
2	2,3 - 4,8	1,8 - 3,8
3	4,8 - 7,8	3,8 - 6,2
4	7,8 - 11,6	6,2 - 9,3
5	11,6 - 15,5	9,3 - 12,4
6	15,5 - 20,0	12,4 - 16,0
7	20,0 - 24,8	16,0 - 19,8
8	24,8 - 30,0	19,8 - 24,0
9	30,0 - 35,5	24,0 - 28,4

Referência para identificação do número de Beaufort para os intervalos de velocidade [m/s] destacados na tabela acima.

Tabela 6: Velocidades do vento sobre três segundos, a dois metros de altura, ensaio M2.CP, adensamento recente, modelo M2, período de retorno de um ano.

SONDA / ANGULO	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°	
1	17,0	17,7	17,2	16,5	17,9	17,6	14,1	14,5	9,6	4,1	6,3	7,6	9,3	13,1	11,9	14,0	14,8	16,4	16,9	15,9	11,4	4,8	5,8	11,5	
2	5,8	2,2	3,4	4,5	5,9	6,4	8,7	11,7	5,5	2,7	3,6	3,3	2,9	3,7	2,7	2,2	4,0	5,1	6,6	7,6	8,4	6,4	7,8	8,0	
3	4,9	5,1	11,5	12,0	11,6	7,8	9,9	12,0	6,6	3,0	5,1	3,6	3,4	4,2	4,1	4,3	3,0	4,7	7,4	9,2	10,4	8,6	5,5	4,7	
4	11,6	16,5	16,0	15,0	14,0	9,5	7,7	6,4	9,5	5,1	3,0	3,4	4,7	7,4	7,9	9,8	12,8	12,6	7,3	3,0	2,3	3,1	3,9	6,5	
5	7,2	8,6	9,9	11,8	12,2	9,9	6,6	5,1	6,9	6,9	4,8	4,3	6,3	9,2	10,3	9,6	10,8	11,3	11,1	10,4	8,4	5,0	10,2	9,4	
6	6,1	5,8	5,4	7,6	9,9	10,1	10,4	8,4	7,5	5,8	3,2	2,0	2,9	6,2	7,9	5,5	5,0	6,5	5,6	4,9	5,5	4,5	6,3	5,9	
7	7,6	7,3	8,0	10,9	9,2	6,1	8,9	11,1	4,5	6,0	7,0	5,6	5,6	7,3	5,7	6,6	5,5	6,2	8,4	8,6	9,5	9,3	8,7	9,5	
8	8,2	5,0	7,7	10,3	10,3	9,0	11,4	6,3	5,8	4,5	4,1	5,1	5,2	5,8	4,7	6,1	6,7	7,4	8,3	9,7	10,4	10,2	8,2	9,4	
9	5,6	6,8	13,0	12,1	9,3	9,1	13,3	11,0	4,5	6,3	6,7	5,2	5,2	6,6	6,0	5,9	6,6	7,1	8,0	8,7	8,1	7,9	8,0	7,4	
10	14,3	17,3	16,6	14,6	12,5	7,2	7,0	10,7	7,9	4,6	3,5	3,3	4,0	5,7	7,0	7,1	7,7	8,4	9,1	9,7	9,0	4,8	4,3	8,7	
11	15,6	15,2	15,1	12,7	14,1	12,0	9,0	6,9	5,0	4,6	7,2	5,7	5,2	5,2	6,2	4,8	5,0	4,3	4,8	4,3	5,9	5,5	4,7	10,4	
12	11,9	7,5	8,4	10,3	13,1	12,9	13,0	10,2	8,9	7,2	5,0	4,9	5,5	4,3	5,2	4,0	3,2	4,0	5,0	6,0	4,8	4,4	4,9	7,0	
13	8,3	14,7	10,6	6,7	6,4	5,4	5,9	8,1	10,2	10,2	8,8	7,8	7,6	6,7	5,9	8,4	7,1	5,5	6,1	5,8	7,8	6,9	4,6	5,6	
14	4,1	6,2	6,7	5,9	6,1	9,7	9,8	6,5	3,7	4,6	6,1	7,0	6,5	7,1	12,3	12,3	10,8	8,6	7,7	6,2	4,5	3,5	4,3	4,4	
15	15,4	14,8	13,0	13,1	11,2	8,1	10,7	13,4	6,9	4,1	3,0	2,0	4,1	7,0	8,7	8,8	10,2	11,6	12,4	12,8	11,3	3,8	7,4	13,5	
16	7,7	9,1	9,5	11,6	9,6	6,2	6,0	5,3	7,5	7,0	4,5	2,6	3,6	6,4	8,2	6,9	7,3	9,4	9,4	8,9	6,8	4,3	5,9	6,3	
17	6,6	4,5	4,9	6,5	9,1	9,1	9,8	8,6	8,7	8,7	6,0	5,4	1,6	2,7	3,4	4,3	5,2	5,6	6,1	6,9	7,6	7,9	7,7	6,7	
18	7,8	5,4	6,5	6,2	4,5	6,1	7,2	6,7	8,0	9,2	7,1	6,8	3,2	1,9	2,9	3,5	4,7	6,4	7,6	8,9	8,3	9,8	8,8	8,0	
19	9,7	6,6	4,3	4,4	4,6	5,8	8,9	8,7	9,7	9,8	8,6	8,1	4,9	3,0	2,6	3,6	4,2	4,1	4,2	5,8	7,8	9,7	10,3	9,5	
20	10,5	7,9	5,3	3,0	2,9	3,7	5,5	6,5	8,3	9,2	8,1	8,2	5,5	0,7	0,7	2,1	2,4	2,4	1,5	2,0	4,2	7,1	9,3	9,4	
21	9,4	10,5	8,1	6,7	5,7	5,2	5,0	5,3	7,1	8,3	8,4	10,4	12,9	8,2	3,5	4,2	6,1	8,6	6,0	4,9	3,3	3,5	4,2	7,9	
22	6,6	7,7	9,8	7,7	8,1	8,7	8,2	3,9	1,7	4,4	4,8	3,7	3,7	1,2	3,5	4,9	6,3	7,6	4,9	3,6	1,5	3,7	3,7	4,1	
23	9,8	11,9	12,0	13,0	16,9	16,7	16,3	12,2	12,2	11,1	9,2	5,3	4,4	4,0	4,9	4,9	4,5	4,7	6,0	6,5	6,1	5,5	5,7	10,1	
24	14,7	14,7	13,4	11,3	10,9	9,1	3,8	6,3	5,0	5,0	4,5	4,1	4,2	5,1	6,2	6,3	6,0	6,0	5,4	4,5	4,7	3,7	5,8	11,7	
25	7,9	16,9	14,8	15,2	16,6	15,6	14,9	11,0	7,9	6,2	5,2	4,0	4,7	4,2	6,0	4,4	3,2	3,6	4,0	4,6	4,0	3,1	3,2	6,9	
26	9,3	11,4	12,2	14,8	16,1	16,4	16,7	11,5	11,0	10,0	10,3	8,6	5,4	4,8	7,2	9,7	11,3	13,6	13,6	13,1	12,6	9,7	6,4	6,8	
27	11,6	9,1	12,1	12,4	14,7	16,5	15,6	10,4	5,5	3,9	6,5	6,5	7,0	4,9	4,1	8,0	12,1	16,6	15,9	14,7	13,8	9,3	4,0	4,9	
28	7,1	8,9	3,6	7,0	8,1	8,4	8,2	6,5	6,5	5,3	8,2	8,4	9,6	5,0	3,7	5,7	8,7	11,9	11,0	10,7	9,2	7,4	6,9	4,2	
29	8,3	9,1	6,6	5,9	5,4	5,5	5,8	5,8	7,4	8,3	7,4	9,3	12,4	9,7	4,3	4,0	5,5	9,3	8,4	7,9	5,7	3,9	3,4	6,7	
30	12,2	10,7	9,9	7,5	11,9	12,5	12,6	9,1	6,5	7,8	7,5	6,2	6,4	6,3	4,3	6,9	10,3	11,1	10,7	10,7	8,8	6,6	2,7	3,8	
Beaufort	10 m	2 m																							
0	< 0,5	< 0,4																							
1	0,5 - 2,3	0,4 - 1,6																							
2	2,3 - 4,8	1,8 - 3,8																							
3	4,8 - 7,8	3,8 - 6,2																							
4	7,8 - 11,6	6,2 - 9,3																							
5	11,6 - 15,5	9,3 - 12,4																							
6	15,5 - 20,0	12,4 - 16,0																							
7	20,0 - 24,8	16,0 - 19,8																							
8	24,8 - 30,0	19,8 - 24,0																							
9	30,0 - 35,5	24,0 - 28,4																							

Referência para identificação do número de Beaufort para os intervalos de velocidade [m/s] destacados na tabela acima.

Continuação:

SONDA / ÂNGULO	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°
31	3,7	6,8	6,1	8,9	11,5	12,7	14,5	12,0	9,4	8,5	7,9	8,0	6,7	4,3	6,1	8,8	9,8	11,5	11,8	11,9	10,8	8,6	3,9	2,8
32	6,4	9,2	5,1	6,1	8,4	11,0	13,5	11,3	10,4	6,3	4,0	3,6	4,5	4,8	6,2	6,5	5,8	9,4	9,5	10,6	11,1	10,3	6,0	7,2
33	7,4	11,6	6,8	5,2	4,8	3,8	4,0	6,1	7,5	9,7	9,1	7,8	6,2	5,7	6,6	5,2	4,1	6,5	6,5	8,0	9,1	8,1	5,3	7,1
34	12,9	11,3	16,2	13,4	4,5	7,3	4,2	5,5	12,6	7,9	10,8	11,5	11,1	7,5	7,8	7,9	6,6	4,5	6,3	6,8	5,9	5,8	6,3	7,9
35	10,1	11,1	9,3	7,4	10,7	11,0	12,3	8,1	5,3	6,9	9,2	12,1	12,4	9,6	12,8	13,2	9,4	6,5	6,4	10,4	12,4	10,9	8,8	7,4
36	5,8	7,4	6,5	8,1	11,6	11,0	12,5	9,4	6,2	5,3	5,5	5,4	6,7	5,9	10,5	12,9	9,4	6,6	7,6	9,7	10,5	8,9	6,4	5,3
37	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
38	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
39	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
41	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
42	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
43	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
44	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
45	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
46	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
47	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
48	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
49	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
51	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
52	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
53	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
54	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
55	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
56	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
57	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
58	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
59	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Beaufort	10 m	2 m
0	< 0,5	< 0,4
1	0,5 - 2,3	0,4 - 1,8
2	2,3 - 4,8	1,8 - 3,8
3	4,8 - 7,8	3,8 - 6,2
4	7,8 - 11,6	6,2 - 9,3
5	11,6 - 15,5	9,3 - 12,4
6	15,5 - 20,0	12,4 - 16,0
7	20,0 - 24,8	16,0 - 19,8
8	24,8 - 30,0	19,8 - 24,0
9	30,0 - 35,5	24,0 - 28,4

Referência para identificação do número de Beaufort para os intervalos de velocidade [m/s] destacados na tabela acima.

Tabela 7: Velocidades do vento sobre três segundos, a dois metros de altura, ensaio M2.CP, adensamento recente, modelo M2, período de retorno de um mês.

SONDA / ÂNGULO	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°
1	11,5	12,0	11,6	11,2	12,1	11,9	9,5	9,8	6,5	2,8	4,2	5,1	6,3	8,9	8,0	9,5	10,0	11,1	11,4	10,8	7,7	3,3	3,9	7,8
2	3,9	1,5	2,3	3,0	4,0	4,3	5,9	7,9	3,7	1,8	2,5	2,2	2,0	2,5	1,8	1,5	2,7	3,4	4,5	5,1	5,7	4,3	5,3	5,4
3	3,3	3,4	7,8	8,1	7,9	5,2	6,7	8,1	4,5	2,0	3,5	2,4	2,3	2,9	2,8	2,9	2,0	3,2	5,0	6,2	7,1	5,8	3,7	3,2
4	7,9	11,2	10,8	10,2	9,5	6,4	5,2	4,3	6,4	3,5	2,1	2,3	3,2	5,0	5,4	6,6	8,7	8,6	4,9	2,1	1,6	2,1	2,6	4,4
5	4,9	5,8	6,7	8,0	8,3	6,7	4,5	3,4	4,7	4,7	3,2	2,9	4,3	6,2	7,0	6,5	7,3	7,7	7,5	7,0	5,7	3,4	6,9	6,4
6	4,1	4,0	3,7	5,1	6,7	6,9	7,0	5,7	5,1	3,9	2,1	1,4	2,0	4,2	5,4	3,7	3,4	4,4	3,8	3,3	3,7	3,0	4,2	4,0
7	5,1	4,9	5,4	7,4	6,3	4,1	6,0	7,5	3,0	4,1	4,7	3,8	3,8	4,9	3,8	4,4	3,7	4,2	5,7	5,8	6,4	6,3	5,9	6,4
8	5,5	3,4	5,2	7,0	7,0	6,1	7,7	4,3	3,9	3,1	2,8	3,5	3,5	3,9	3,1	4,1	4,6	5,0	5,6	6,6	7,0	6,9	5,5	6,4
9	3,8	4,6	8,8	8,2	6,3	6,1	9,0	7,5	3,0	4,2	4,5	3,5	3,5	4,5	4,1	4,0	4,4	4,8	5,4	5,9	5,5	5,4	5,4	5,0
10	9,7	11,7	11,2	9,9	8,4	4,9	4,8	7,2	5,4	3,1	2,4	2,2	2,7	3,9	4,7	4,8	5,2	5,7	6,2	6,6	6,1	3,3	2,9	5,9
11	10,6	10,3	10,2	8,6	9,6	8,1	6,1	4,7	3,4	3,1	4,9	3,9	3,5	3,5	4,2	3,3	3,4	2,9	3,3	2,9	4,0	3,7	3,2	7,1
12	8,1	5,1	5,7	6,9	8,9	8,7	8,8	6,9	6,0	4,9	3,4	3,3	3,7	2,9	3,6	2,7	2,2	2,7	3,4	4,1	3,2	3,0	3,3	4,7
13	5,6	9,9	7,2	4,6	4,3	3,7	4,0	5,5	6,9	6,9	6,0	5,3	5,2	4,5	4,0	5,7	4,8	3,7	4,1	3,9	5,3	4,7	3,1	3,8
14	2,8	4,2	4,5	4,0	4,2	6,6	6,6	4,4	2,5	3,1	4,1	4,7	4,4	4,8	8,3	8,3	7,3	5,8	5,2	4,2	3,1	2,4	2,9	3,0
15	10,4	10,0	8,8	8,9	7,6	5,5	7,2	9,0	4,7	2,8	2,0	1,3	2,8	4,7	5,9	6,0	6,9	7,9	8,4	8,7	7,6	2,6	5,0	9,1
16	5,2	6,1	6,4	7,8	6,5	4,2	4,1	3,6	5,1	4,8	3,0	1,7	2,4	4,3	5,5	4,7	5,0	6,3	6,4	6,0	4,6	2,9	4,0	4,3
17	4,5	3,0	3,3	4,4	6,2	6,1	6,6	5,8	5,9	5,9	4,1	3,6	1,1	1,8	2,3	2,9	3,5	3,8	4,1	4,7	5,2	5,3	5,2	4,5
18	5,3	3,6	4,4	4,2	3,0	4,1	4,9	4,6	5,4	6,2	4,8	4,6	2,2	1,3	1,9	2,3	3,2	4,4	5,1	6,0	5,6	6,6	6,0	5,4
19	6,6	4,5	2,9	3,0	3,1	4,0	6,0	5,9	6,6	6,6	5,8	5,5	3,3	2,0	1,8	2,4	2,9	2,8	2,9	3,9	5,3	6,6	6,9	6,4
20	7,1	5,3	3,6	2,0	2,0	2,5	3,7	4,4	5,6	6,2	5,5	5,5	3,7	0,5	0,5	1,4	1,6	1,7	1,0	1,4	2,8	4,8	6,3	6,3
21	6,4	7,1	5,5	4,6	3,9	3,6	3,4	3,6	4,8	5,6	5,7	7,0	8,7	5,5	2,4	2,8	4,1	5,8	4,0	3,3	2,2	2,4	2,8	5,4
22	4,4	5,2	6,6	5,2	5,5	5,9	5,6	2,6	1,2	3,0	3,3	2,5	2,5	0,8	2,4	3,3	4,2	5,1	3,3	2,4	1,0	2,5	2,5	2,8
23	6,6	8,0	8,1	8,8	11,5	11,3	10,9	8,3	8,2	7,5	6,2	3,6	3,0	2,7	3,3	3,3	3,1	3,2	4,1	4,4	4,2	3,7	3,8	6,8
24	9,9	9,9	9,1	7,6	7,3	6,2	2,6	4,3	3,4	3,4	3,1	2,8	2,9	3,4	4,2	4,3	4,1	4,1	3,7	3,0	3,2	2,5	3,9	7,9
25	5,4	11,5	10,0	10,3	11,2	10,5	10,1	7,5	5,3	4,2	3,5	2,7	3,2	2,8	4,0	3,0	2,1	2,5	2,7	3,1	2,7	2,1	2,2	4,7
26	6,3	7,7	8,3	10,0	10,9	11,1	11,3	7,8	7,4	6,8	7,0	5,8	3,6	3,2	4,9	6,6	7,6	9,2	9,2	8,9	8,5	6,6	4,3	4,6
27	7,9	6,2	8,2	8,4	10,0	11,2	10,6	7,0	3,7	2,6	4,4	4,4	4,7	3,3	2,8	5,4	8,2	11,2	10,8	10,0	9,3	6,3	2,7	3,3
28	4,8	6,0	2,4	4,7	5,5	5,7	5,6	4,4	4,4	3,6	5,6	5,7	6,5	3,4	2,5	3,9	5,9	8,1	7,4	7,2	6,2	5,0	4,6	2,9
29	5,6	6,2	4,5	4,0	3,6	3,7	3,9	3,9	5,0	5,6	5,0	6,3	8,4	6,6	2,9	2,7	3,8	6,3	5,7	5,3	3,8	2,7	2,3	4,5
30	8,3	7,2	6,7	5,1	8,1	8,4	8,5	6,2	4,4	5,3	5,1	4,2	4,4	4,2	2,9	4,7	7,0	7,5	7,2	7,2	5,9	4,4	1,8	2,6

Beaufort	10 m	2 m
0	< 0,5	< 0,4
1	0,5 - 2,3	0,4 - 1,8
2	2,3 - 4,8	1,8 - 3,8
3	4,8 - 7,8	3,8 - 6,2
4	7,8 - 11,6	6,2 - 9,3
5	11,6 - 15,5	9,3 - 12,4
6	15,5 - 20,0	12,4 - 16,0
7	20,0 - 24,8	16,0 - 19,8
8	24,8 - 30,0	19,8 - 24,0
9	30,0 - 35,5	24,0 - 28,4

Referência para identificação do número de Beaufort para os intervalos de velocidade [m/s] destacados na tabela acima.

Continuação:

SONDA / ÂNGULO	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°
31	2,5	4,6	4,1	6,0	7,8	8,6	9,8	8,1	6,4	5,7	5,4	5,4	4,5	2,9	4,1	5,9	6,6	7,8	8,0	8,0	7,3	5,8	2,6	1,9
32	4,4	6,2	3,5	4,1	5,7	7,5	9,2	7,6	7,0	4,3	2,7	2,4	3,0	3,3	4,2	4,4	3,9	6,4	6,4	7,2	7,5	6,9	4,1	4,8
33	5,0	7,9	4,6	3,5	3,2	2,5	2,7	4,1	5,1	6,6	6,1	5,3	4,2	3,8	4,5	3,5	2,8	4,4	4,4	5,4	6,2	5,5	3,6	4,8
34	8,7	7,7	10,9	9,1	3,1	4,9	2,9	3,8	8,6	5,3	7,3	7,8	7,5	5,1	5,3	5,3	4,5	3,0	4,3	4,6	4,0	4,0	4,3	5,3
35	6,9	7,5	6,3	5,0	7,2	7,4	8,3	5,5	3,6	4,7	6,2	8,2	8,4	6,5	8,7	8,9	6,3	4,4	4,3	7,0	8,4	7,4	6,0	5,0
36	3,9	5,0	4,4	5,5	7,8	7,5	8,5	6,3	4,2	3,6	3,8	3,6	4,5	4,0	7,1	8,7	6,4	4,5	5,1	6,6	7,1	6,0	4,3	3,6
37	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
38	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
39	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
41	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
42	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
43	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
44	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
45	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
46	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
47	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
48	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
49	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
51	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
52	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
53	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
54	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
55	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
56	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
57	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
58	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
59	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Beaufort	10 m	2 m
0	< 0,5	< 0,4
1	0,5 - 2,3	0,4 - 1,8
2	2,3 - 4,8	1,8 - 3,8
3	4,8 - 7,8	3,8 - 6,2
4	7,8 - 11,6	6,2 - 9,3
5	11,6 - 15,5	9,3 - 12,4
6	15,5 - 20,0	12,4 - 16,0
7	20,0 - 24,8	16,0 - 19,8
8	24,8 - 30,0	19,8 - 24,0
9	30,0 - 35,5	24,0 - 28,4

Referência para identificação do número de Beaufort para os intervalos de velocidade [m/s] destacados na tabela acima.

Tabela 8: Velocidades do vento sobre três segundos, a dois metros de altura, ensaio M2.CP, adensamento recente, modelo M2, período de retorno de uma semana.

SONDA / ÂNGULO	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°
1	9,2	9,5	9,2	8,9	9,6	9,4	7,6	7,8	5,2	2,2	3,4	4,1	5,0	7,1	6,4	7,6	7,2	8,8	9,1	8,5	6,1	2,6	3,1	6,2
2	3,1	1,2	1,8	2,4	3,2	3,4	4,7	6,3	3,0	1,4	1,9	1,8	1,6	2,0	1,4	1,2	2,2	2,7	3,6	4,1	4,5	3,4	4,2	4,3
3	2,7	2,7	6,2	6,4	6,2	4,2	5,3	6,4	3,6	1,6	2,7	1,9	1,8	2,3	2,2	2,3	1,6	2,5	4,0	5,0	5,6	4,6	2,9	2,5
4	6,3	8,9	8,6	8,1	7,5	5,1	4,1	3,4	5,1	2,7	1,6	1,8	2,5	4,0	4,3	5,3	6,9	6,8	3,9	1,6	1,2	1,7	2,1	3,5
5	3,9	4,6	5,3	6,3	6,6	5,3	3,6	2,7	3,7	3,7	2,6	2,3	3,4	4,9	5,6	5,1	5,8	6,1	6,0	5,6	4,5	2,7	5,5	5,1
6	3,3	3,1	2,9	4,1	5,3	5,5	5,6	4,5	4,1	3,1	1,7	1,1	1,6	3,4	4,3	2,9	2,7	3,5	3,0	2,6	3,0	2,4	3,4	3,1
7	4,1	3,9	4,3	5,8	5,0	3,3	4,8	6,0	2,4	3,2	3,8	3,0	3,0	3,9	3,0	3,5	3,0	3,4	4,5	4,6	5,1	5,0	4,7	5,1
8	4,4	2,7	4,1	5,6	5,5	4,8	6,1	3,4	3,1	2,4	2,2	2,8	2,8	3,1	2,5	3,3	3,6	4,0	4,5	5,2	5,6	5,5	4,4	5,1
9	3,0	3,6	7,0	6,5	5,0	4,9	7,2	5,9	2,4	3,4	3,6	2,8	2,8	3,5	3,2	3,2	3,5	3,8	4,3	4,7	4,4	4,3	4,3	4,0
10	7,7	9,3	8,9	7,8	6,7	3,9	3,8	5,7	4,3	2,5	1,9	1,8	2,2	3,1	3,7	3,8	4,1	4,5	4,9	5,2	4,8	2,6	2,3	4,7
11	8,4	8,2	8,1	6,8	7,6	6,4	4,9	3,7	2,7	2,5	3,9	3,1	2,8	2,8	3,4	2,6	2,7	2,3	2,6	2,3	3,2	3,0	2,5	5,6
12	6,4	4,0	4,5	5,5	7,1	6,9	7,0	5,5	4,8	3,9	2,7	2,6	3,0	2,3	2,8	2,2	1,7	2,2	2,7	3,2	2,6	2,4	2,6	3,8
13	4,5	7,9	5,7	3,6	3,4	2,9	3,2	4,4	5,5	5,5	4,7	4,2	4,1	3,6	3,2	4,5	3,8	3,0	3,3	3,1	4,2	3,7	2,5	3,0
14	2,2	3,3	3,6	3,2	3,3	5,2	5,3	3,5	2,0	2,5	3,3	3,8	3,5	3,8	6,6	6,6	5,8	4,6	4,2	3,3	2,4	1,9	2,3	2,4
15	8,3	7,9	7,0	7,0	6,0	4,3	5,7	7,2	3,7	2,2	1,6	1,1	2,2	3,8	4,7	4,7	5,5	6,3	6,7	6,9	6,1	2,1	4,0	7,3
16	4,1	4,9	5,1	6,2	5,2	3,3	3,2	2,9	4,0	3,8	2,4	1,4	1,9	3,4	4,4	3,7	3,9	5,0	5,1	4,8	3,6	2,3	3,2	3,4
17	3,5	2,4	2,6	3,5	4,9	4,9	5,3	4,6	4,7	4,7	3,2	2,9	0,9	1,4	1,8	2,3	2,8	3,0	3,3	3,7	4,1	4,2	4,1	3,6
18	4,2	2,9	3,5	3,4	2,4	3,3	3,9	3,6	4,3	5,0	3,8	3,6	1,7	1,0	1,5	1,9	2,5	3,5	4,1	4,8	4,4	5,3	4,8	4,3
19	5,2	3,6	2,3	2,3	2,5	3,1	4,8	4,7	5,2	5,3	4,6	4,4	2,6	1,6	1,4	1,9	2,3	2,2	2,3	3,1	4,2	5,2	5,5	5,1
20	5,7	4,2	2,9	1,6	1,6	2,0	2,9	3,5	4,5	5,0	4,4	4,4	3,0	0,4	0,4	1,1	1,3	1,3	0,8	1,1	2,2	3,8	5,0	5,0
21	5,1	5,6	4,3	3,6	3,1	2,8	2,7	2,9	3,8	4,4	4,5	5,6	6,9	4,4	1,9	2,2	3,3	4,6	3,2	2,6	1,8	1,9	2,2	4,3
22	3,5	4,2	5,2	4,2	4,4	4,7	4,4	2,1	0,9	2,4	2,6	2,0	2,0	0,6	1,9	2,6	3,4	4,1	2,7	1,9	0,8	2,0	2,0	2,2
23	5,2	6,4	6,4	7,0	9,1	9,0	8,7	6,6	6,5	6,0	5,0	2,8	2,4	2,1	2,6	2,6	2,4	2,5	3,3	3,5	3,3	2,9	3,1	5,4
24	7,9	7,9	7,2	6,1	5,8	4,9	2,1	3,4	2,7	2,7	2,4	2,2	2,3	2,7	3,3	3,4	3,3	3,2	2,9	2,4	2,5	2,0	3,1	6,3
25	4,3	9,1	7,9	8,2	8,9	8,4	8,0	5,9	4,2	3,3	2,8	2,2	2,5	2,2	3,2	2,4	1,7	2,0	2,2	2,5	2,1	1,6	1,7	3,7
26	5,0	6,1	6,6	8,0	8,7	8,8	9,0	6,2	5,9	5,4	5,6	4,6	2,9	2,6	3,9	5,2	6,1	7,3	7,3	7,1	6,8	5,2	3,4	3,6
27	6,2	4,9	6,5	6,7	7,9	8,9	8,4	5,6	2,9	2,1	3,5	3,5	3,8	2,6	2,2	4,3	6,5	8,9	8,5	7,9	7,4	5,0	2,1	2,6
28	3,8	4,8	1,9	3,7	4,4	4,5	4,4	3,5	3,5	2,8	4,4	4,5	5,1	2,7	2,0	3,1	4,7	6,4	5,9	5,7	4,9	4,0	3,7	2,3
29	4,4	4,9	3,6	3,2	2,9	2,9	3,1	3,1	4,0	4,5	4,0	5,0	6,7	5,2	2,3	2,2	3,0	5,0	4,5	4,2	3,0	2,1	1,8	3,6
30	6,6	5,7	5,3	4,1	6,4	6,7	6,8	4,9	3,5	4,2	4,0	3,3	3,5	3,4	2,3	3,7	5,5	6,0	5,7	5,7	4,7	3,5	1,5	2,0

Beaufort	10 m	2 m
0	< 0,5	< 0,4
1	0,5 - 2,3	0,4 - 1,8
2	2,3 - 4,8	1,8 - 3,8
3	4,8 - 7,8	3,8 - 6,2
4	7,8 - 11,6	6,2 - 9,3
5	11,6 - 15,5	9,3 - 12,4
6	15,5 - 20,0	12,4 - 16,0
7	20,0 - 24,8	16,0 - 19,8
8	24,8 - 30,0	19,8 - 24,0
9	30,0 - 35,5	24,0 - 28,4

Referência para identificação do número de Beaufort para os intervalos de velocidade [m/s] destacados na tabela acima.

Continuação:

SONDA / ÂNGULO	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°
31	2,0	3,6	3,3	4,8	6,2	6,8	7,8	6,4	5,1	4,6	4,3	4,3	3,6	2,3	3,3	4,7	5,3	6,2	6,4	6,4	5,8	4,6	2,1	1,5
32	3,5	4,9	2,8	3,3	4,5	5,9	7,3	6,1	5,6	3,4	2,1	1,9	2,4	2,6	3,4	3,5	3,1	5,1	5,1	5,7	6,0	5,5	3,2	3,8
33	4,0	6,3	3,7	2,8	2,6	2,0	2,2	3,3	4,0	5,2	4,9	4,2	3,3	3,1	3,6	2,8	2,2	3,5	3,5	4,3	4,9	4,4	2,8	3,8
34	6,9	6,1	8,7	7,2	2,4	3,9	2,3	3,0	6,8	4,2	5,8	6,2	6,0	4,0	4,2	4,2	3,6	2,4	3,4	3,7	3,2	3,1	3,4	4,2
35	5,5	6,0	5,0	4,0	5,7	5,9	6,6	4,4	2,9	3,7	4,9	6,5	6,7	5,2	6,9	7,1	5,0	3,5	3,4	5,6	6,7	5,9	4,7	4,0
36	3,1	4,0	3,5	4,3	6,2	5,9	6,7	5,0	3,4	2,8	3,0	2,9	3,6	3,2	5,7	6,9	5,1	3,6	4,1	5,2	5,6	4,8	3,4	2,9
37	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
38	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
39	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
41	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
42	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
43	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
44	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
45	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
46	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
47	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
48	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
49	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
51	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
52	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
53	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
54	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
55	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
56	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
57	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
58	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
59	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Beaufort	10 m	2 m
0	< 0,5	< 0,4
1	0,5 - 2,3	0,4 - 1,8
2	2,3 - 4,8	1,8 - 3,8
3	4,8 - 7,8	3,8 - 6,2
4	7,8 - 11,6	6,2 - 9,3
5	11,6 - 15,5	9,3 - 12,4
6	15,5 - 20,0	12,4 - 16,0
7	20,0 - 24,8	16,0 - 19,8
8	24,8 - 30,0	19,8 - 24,0
9	30,0 - 35,5	24,0 - 28,4

Referência para identificação do número de Beaufort para os intervalos de velocidade [m/s] destacados na tabela acima.

## **APÊNDICE I | GRÁFICOS POLARES PARA VELOCIDADES DO VENTO**

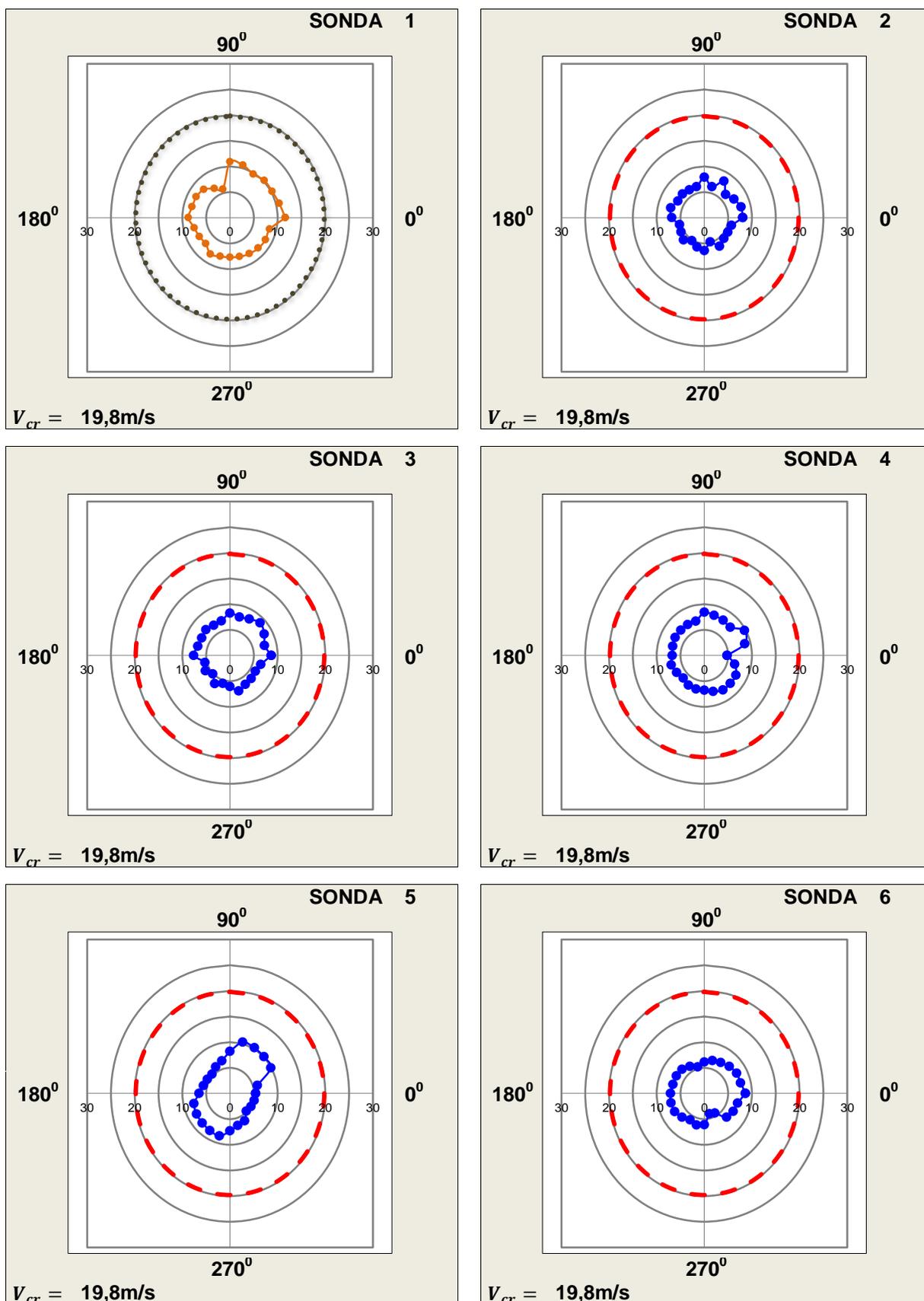


Figura 118: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M1.CP**, **adensamento antigo**, modelo **M1**, período de retorno de **um ano**, sondas 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

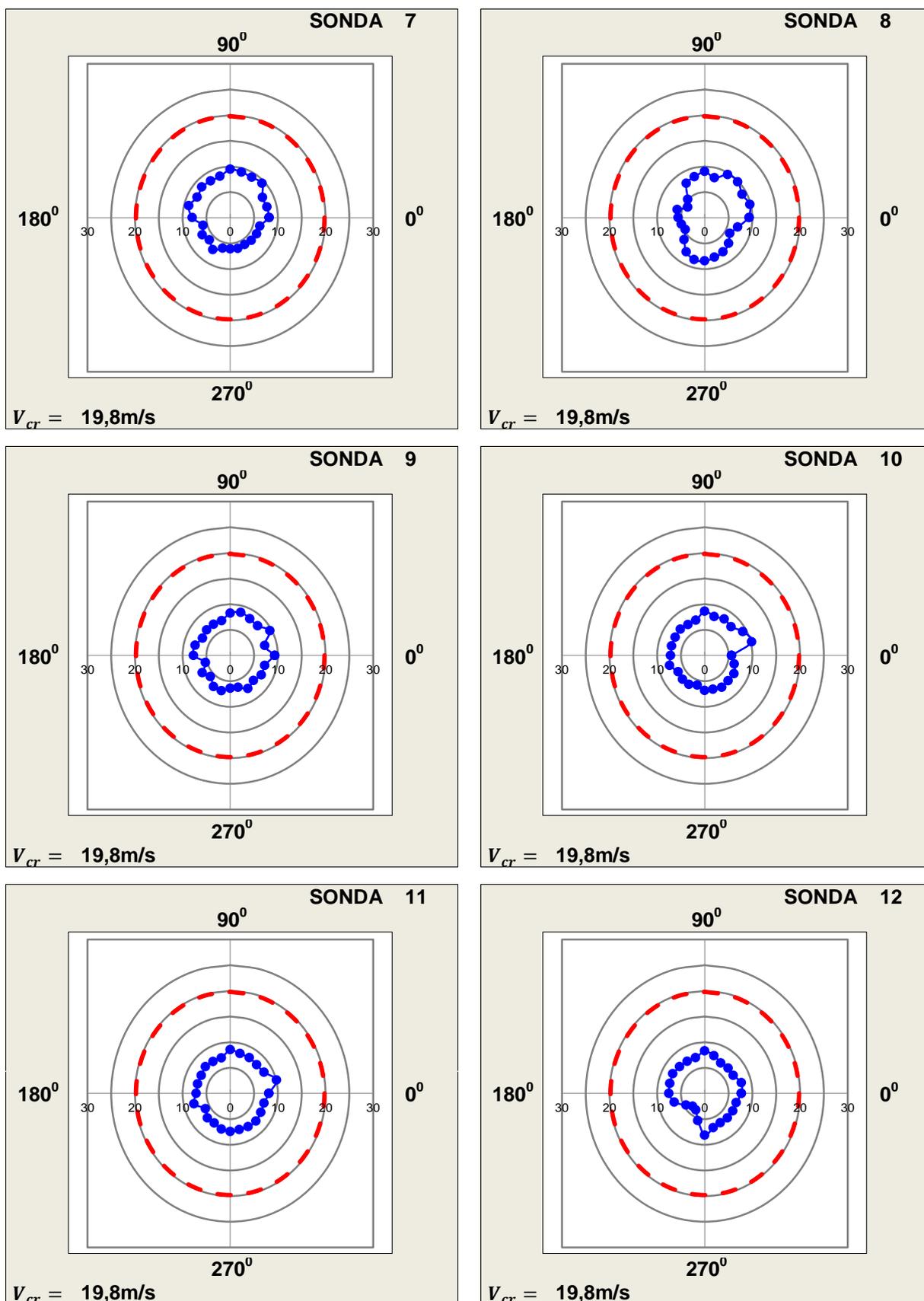


Figura 119: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M1.CP**, **adensamento antigo**, modelo **M1**, período de retorno de um ano, sondas **7**, **8**, **9**, **10**, **11** e **12**.

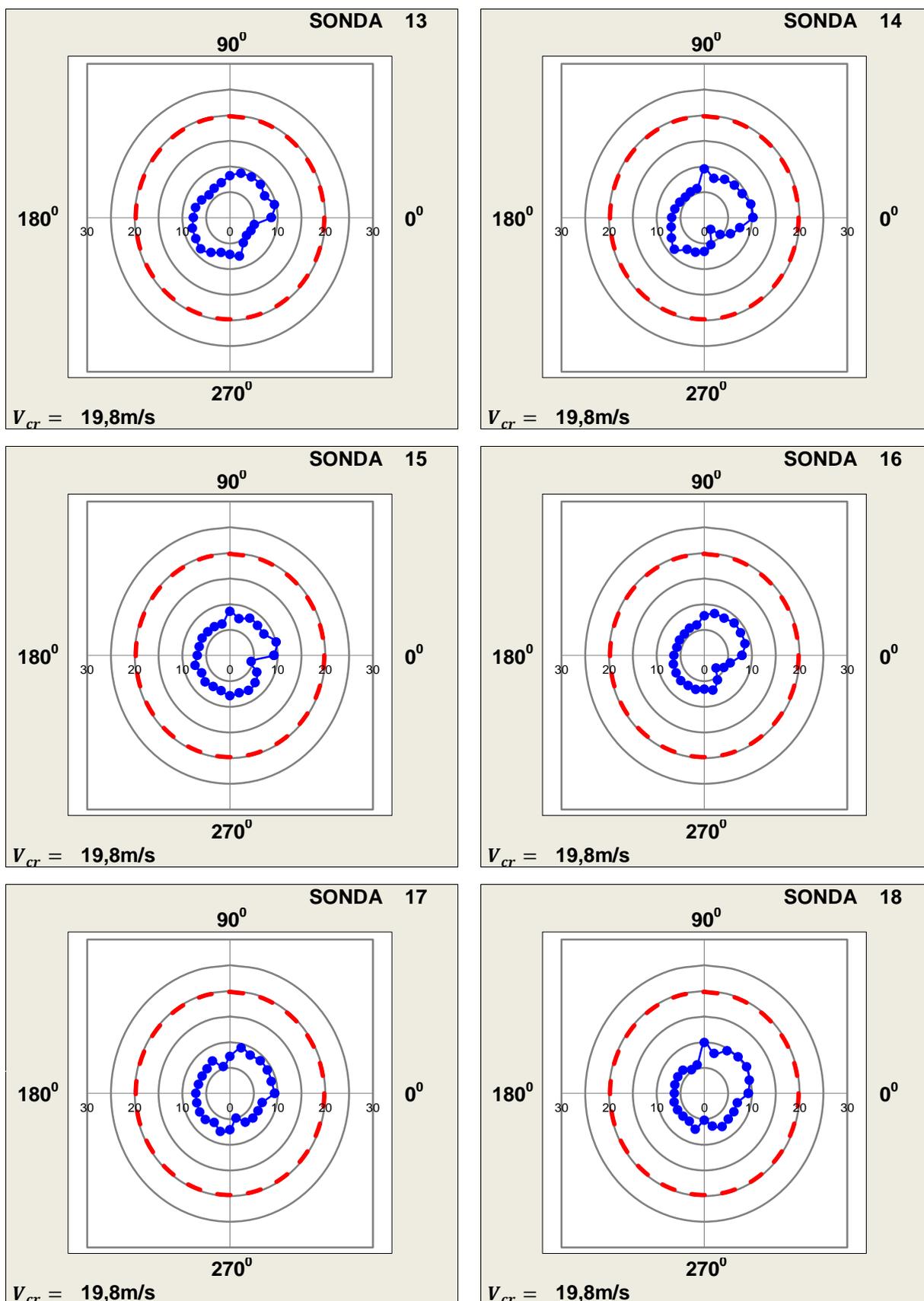


Figura 120: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M1.CP**, **adensamento antigo**, modelo **M1**, período de retorno de **um ano**, sondas **13, 14, 15, 16, 16** e **18**.

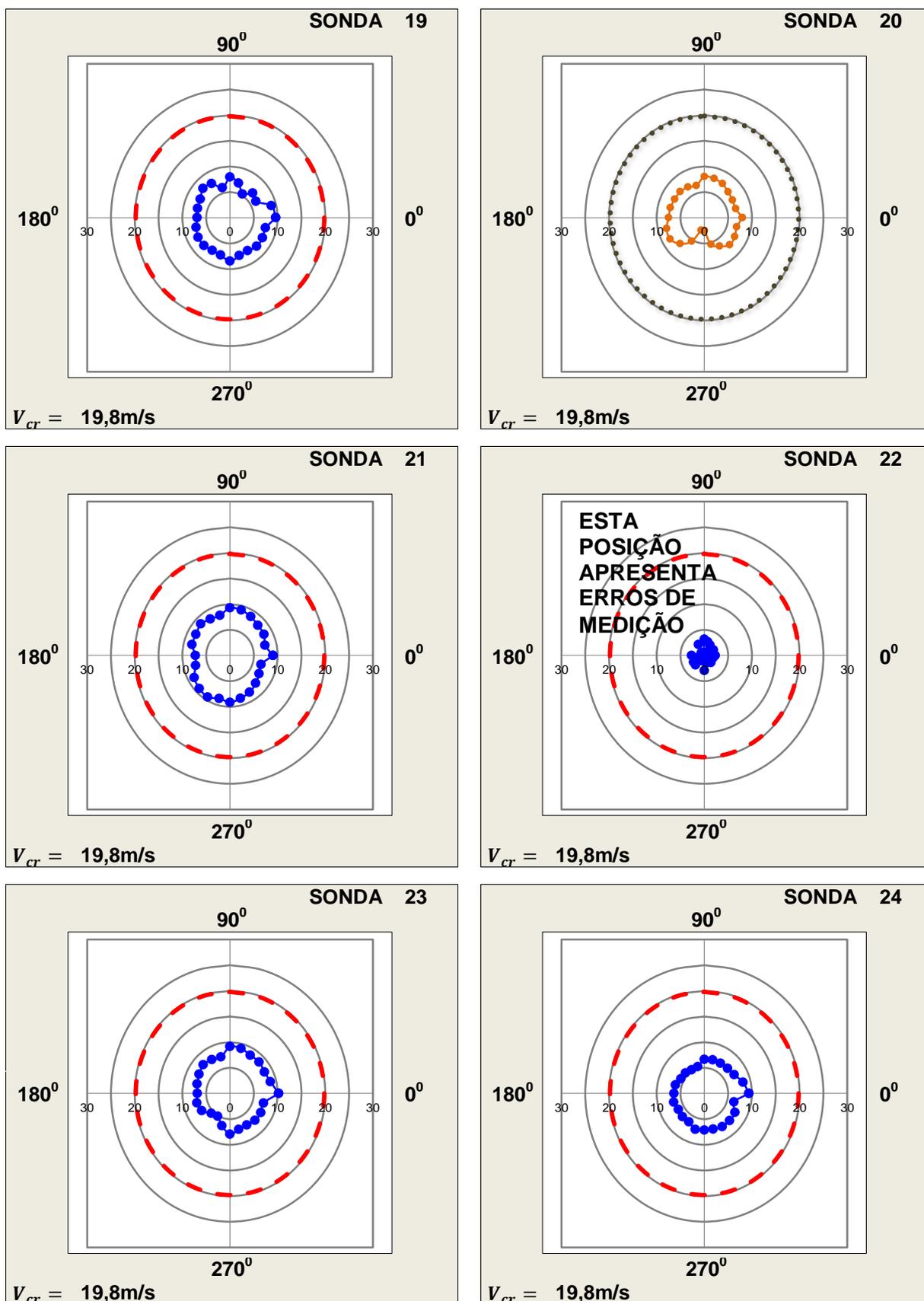


Figura 121: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M1.CP**, **adensamento antigo**, modelo **M1**, período de retorno de **um ano**, sondas **19, 20, 21, 22, 23** e **24**.

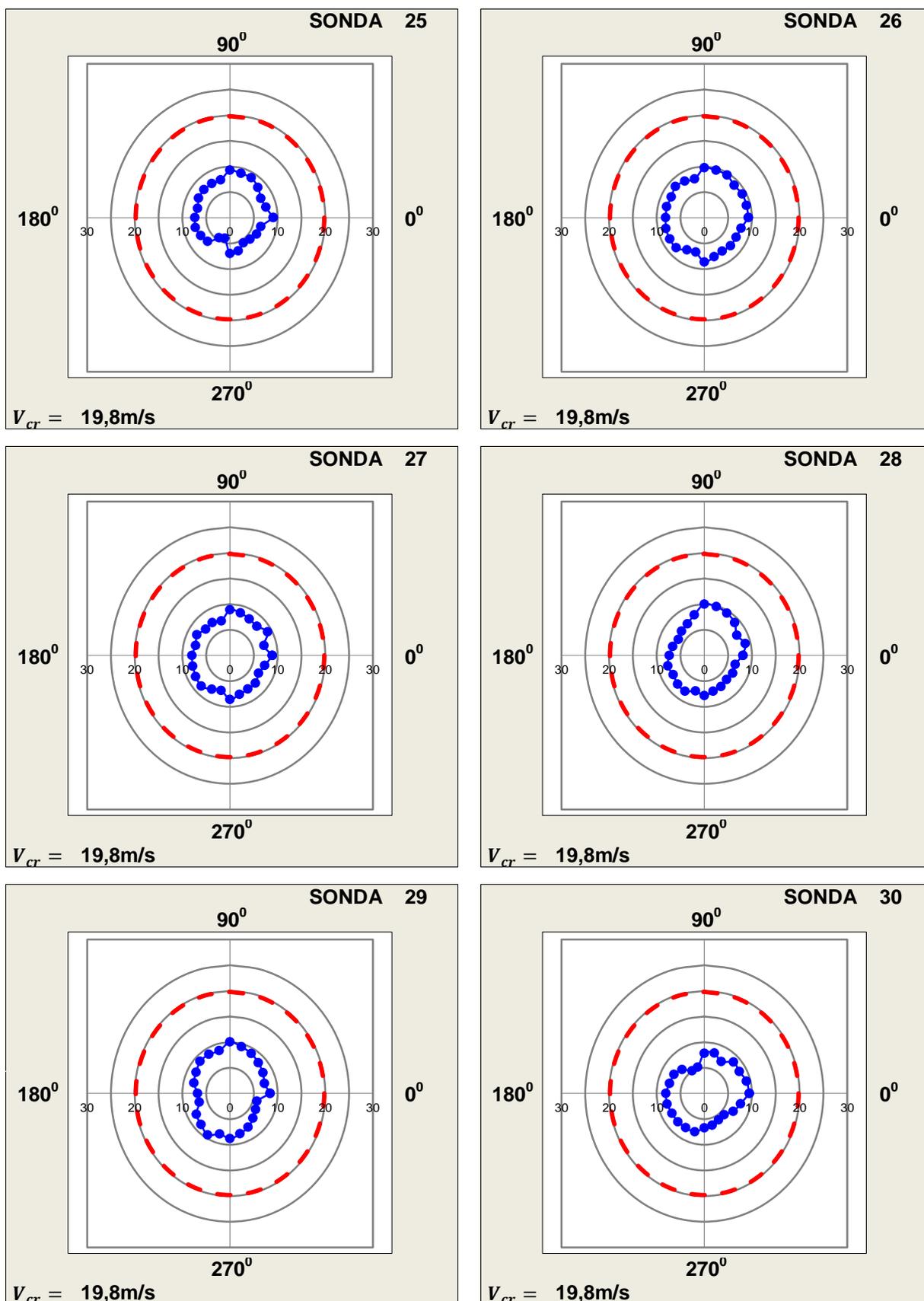


Figura 122: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M1.CP**, **adensamento antigo**, modelo **M1**, período de retorno de **um ano**, sondas **25**, **26**, **27**, **28**, **29** e **30**.

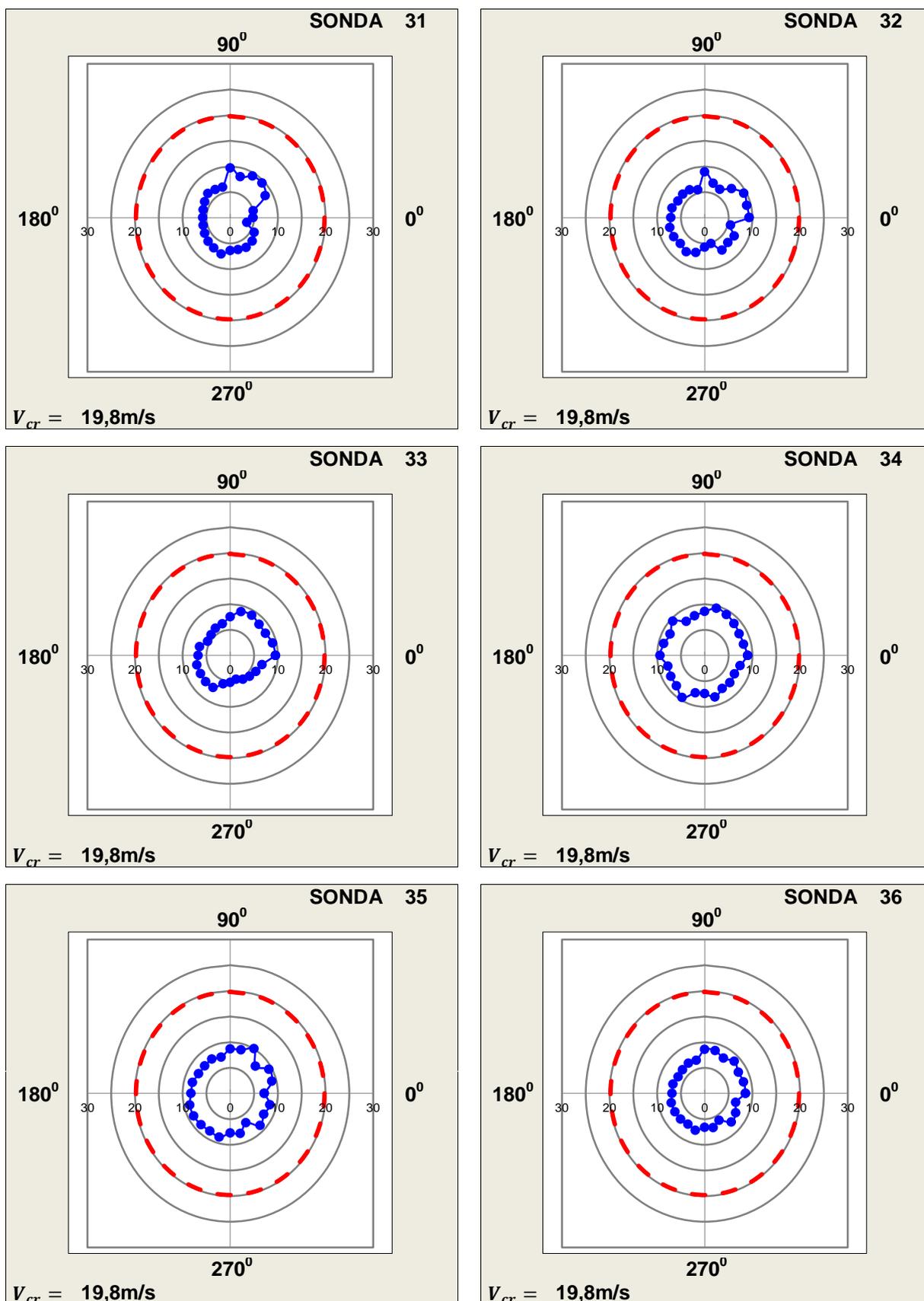


Figura 123: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M1.CP**, **adensamento antigo**, modelo **M1**, período de retorno de **um ano**, sondas **31**, **32**, **33**, **34**, **35** e **36**.

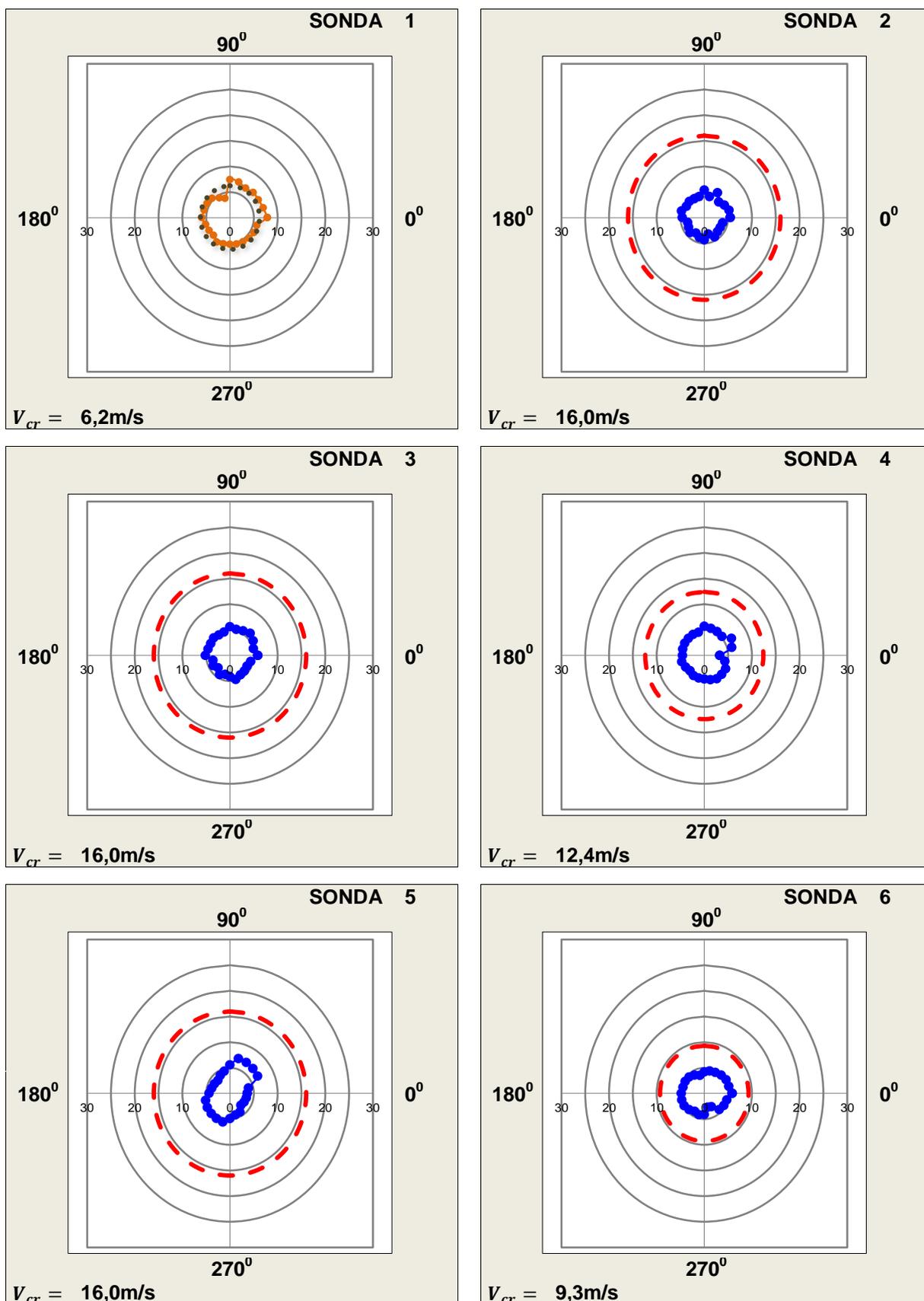


Figura 124: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M1.CP**, **adensamento antigo**, modelo **M1**, período de retorno de **um mês**, sondas **1, 2, 3, 4, 5 e 6**.

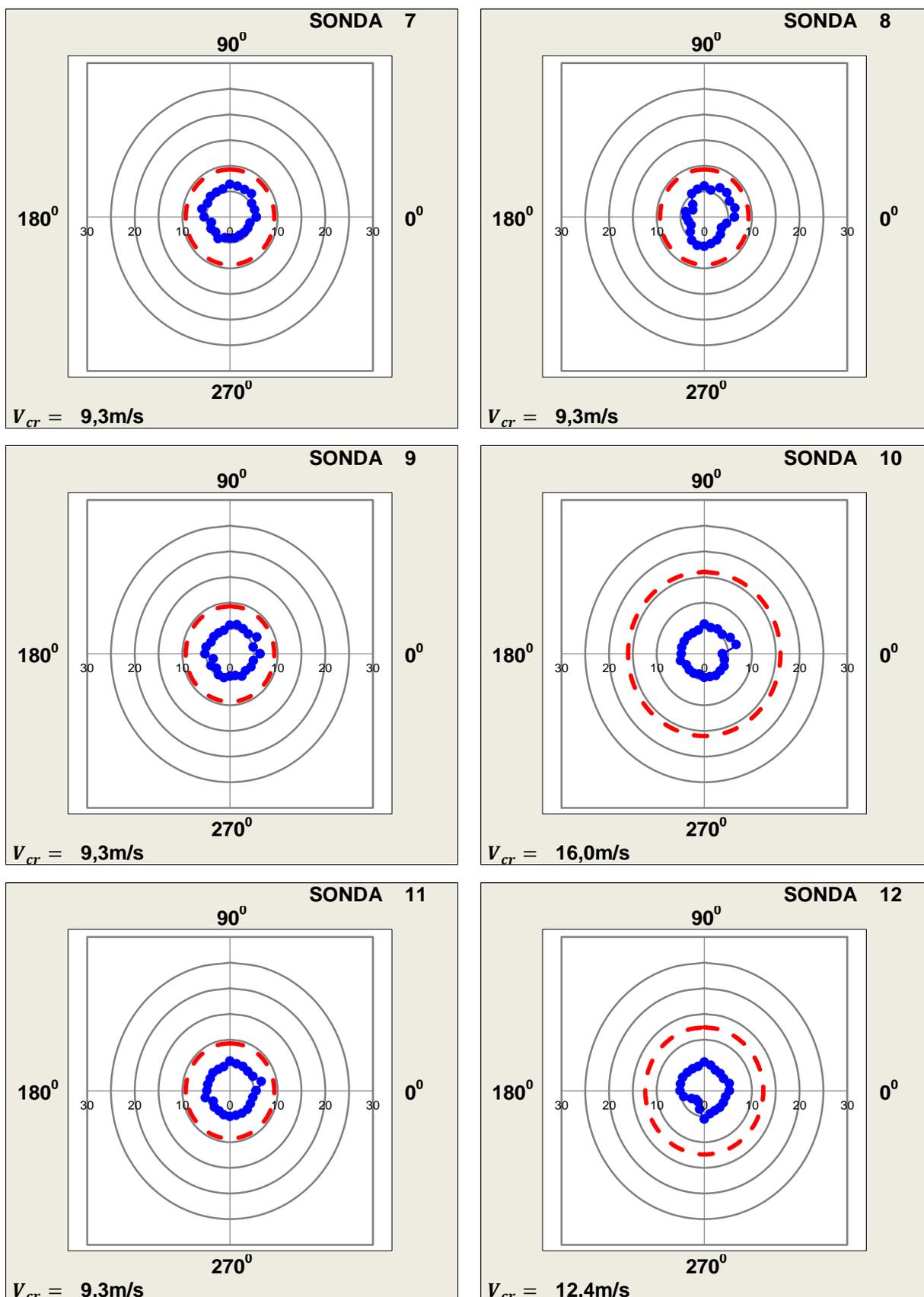


Figura 125: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M1.CP**, **adensamento antigo**, modelo **M1**, período de retorno de **um mês**, sondas **7**, **8**, **9**, **10**, **11** e **12**.

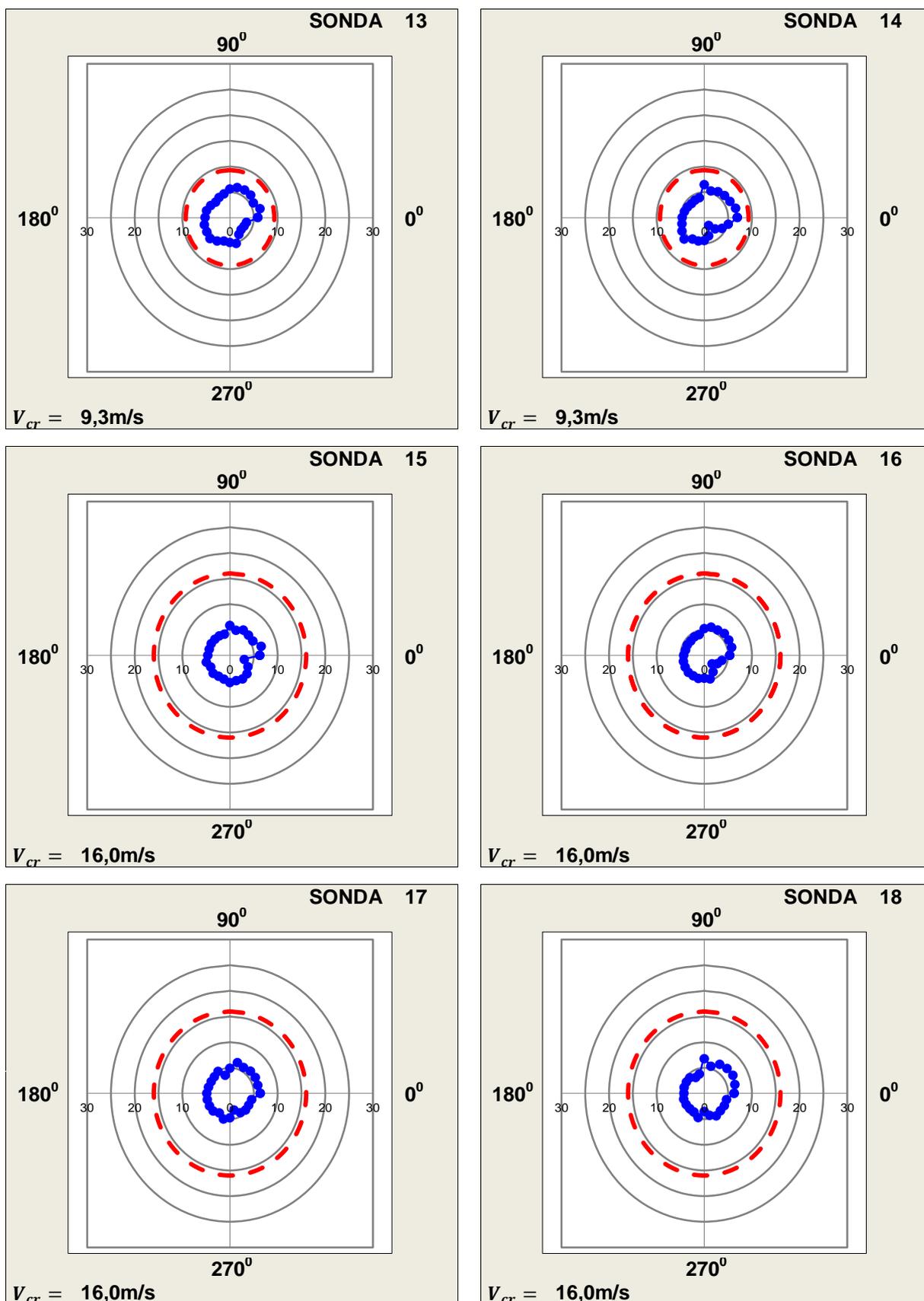


Figura 126: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M1.CP**, **adensamento antigo**, modelo **M1**, período de retorno de **um mês**, sondas **12**, **14**, **15**, **16**, **17** e **18**.

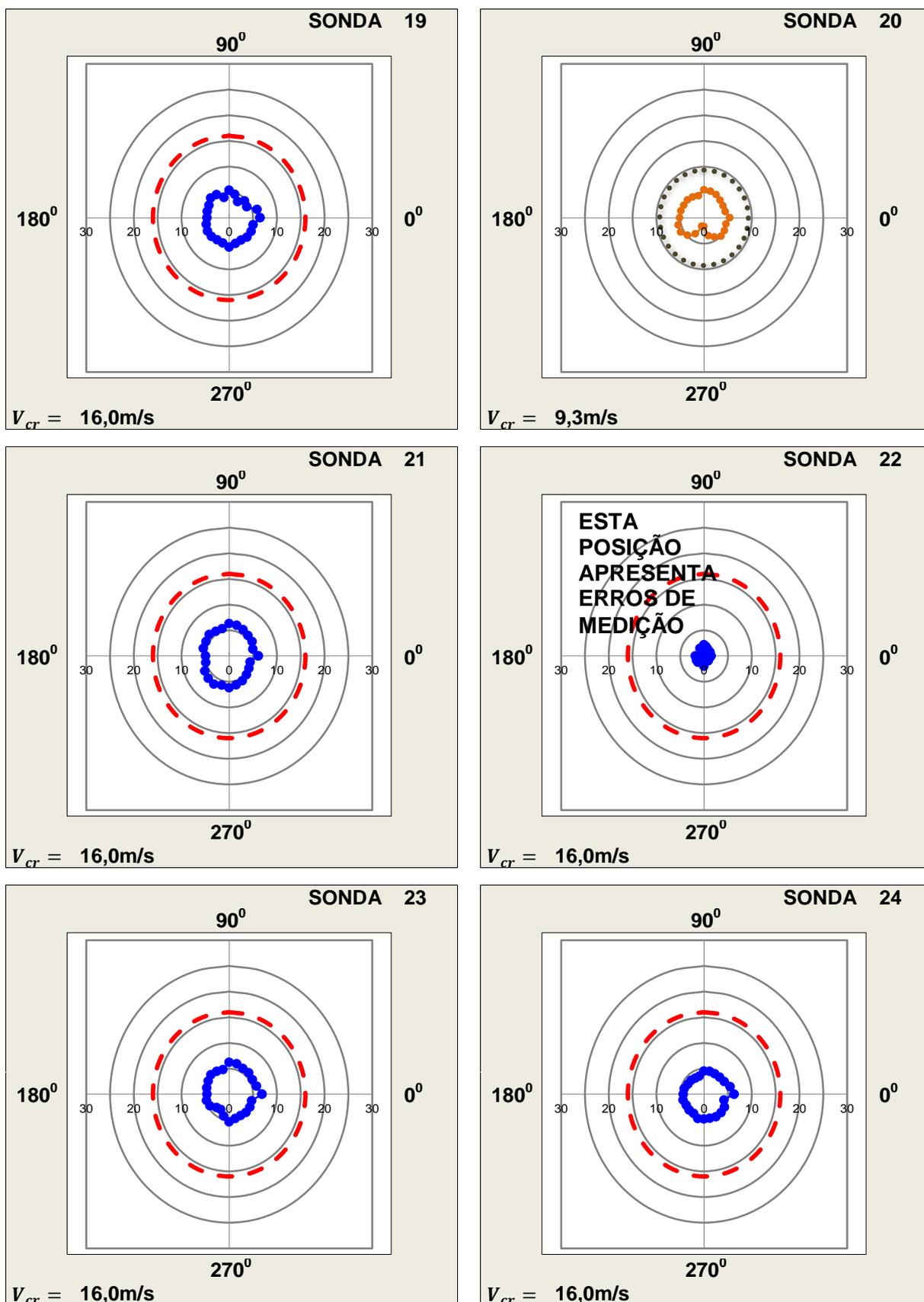


Figura 127: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M1.CP**, **adensamento antigo**, modelo **M1**, período de retorno de **um mês**, sondas **19**, **20**, **21**, **22**, **23** e **24**.

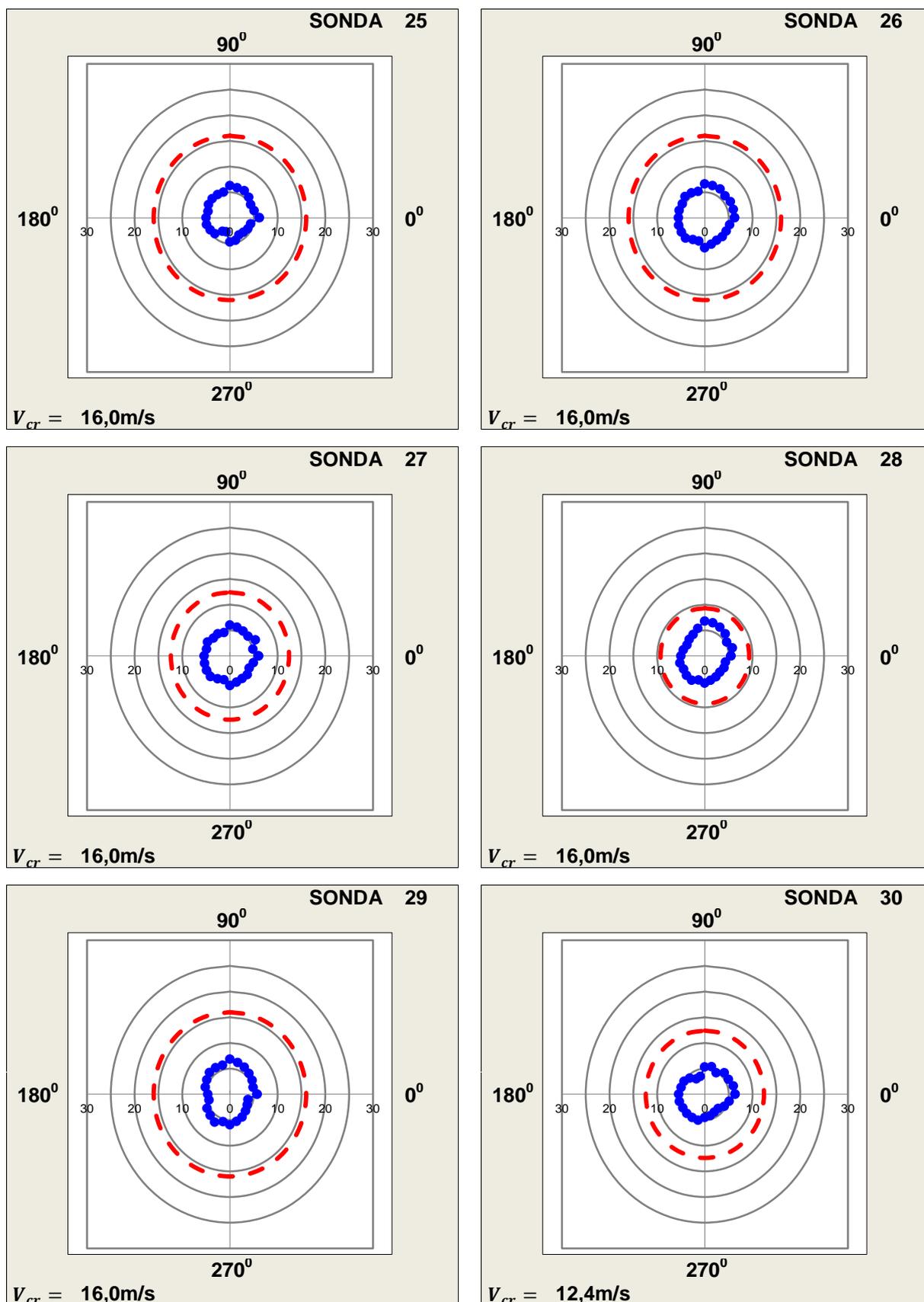


Figura 128: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M1.CP**, **adensamento antigo**, modelo **M1**, período de retorno de **um mês**, sondas **25**, **26**, **27**, **28**, **29** e **30**.

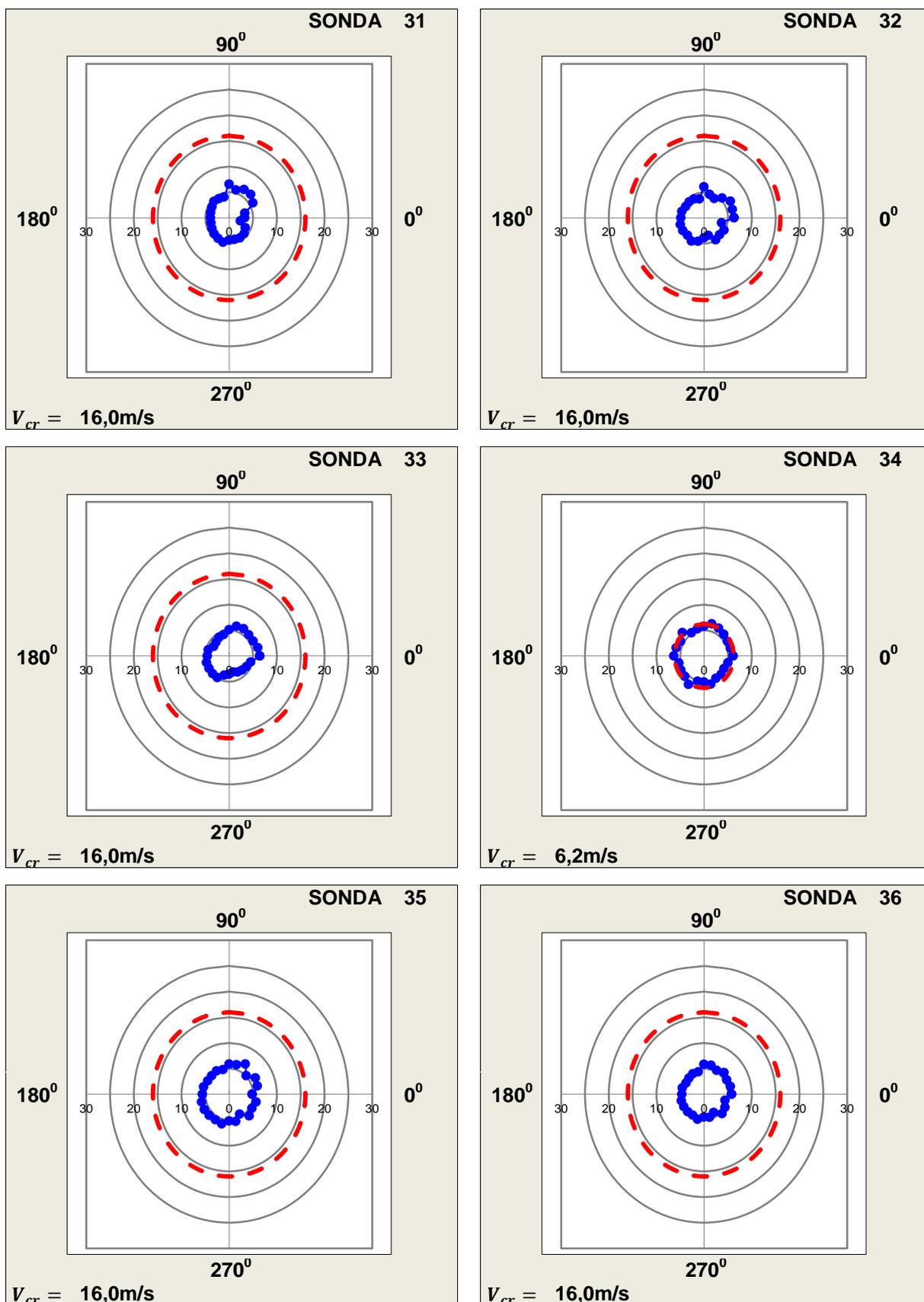


Figura 129: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M1.CP**, **adensamento antigo**, modelo **M1**, período de retorno de um mês, sondas **31**, **32**, **33**, **34**, **35** e **36**.

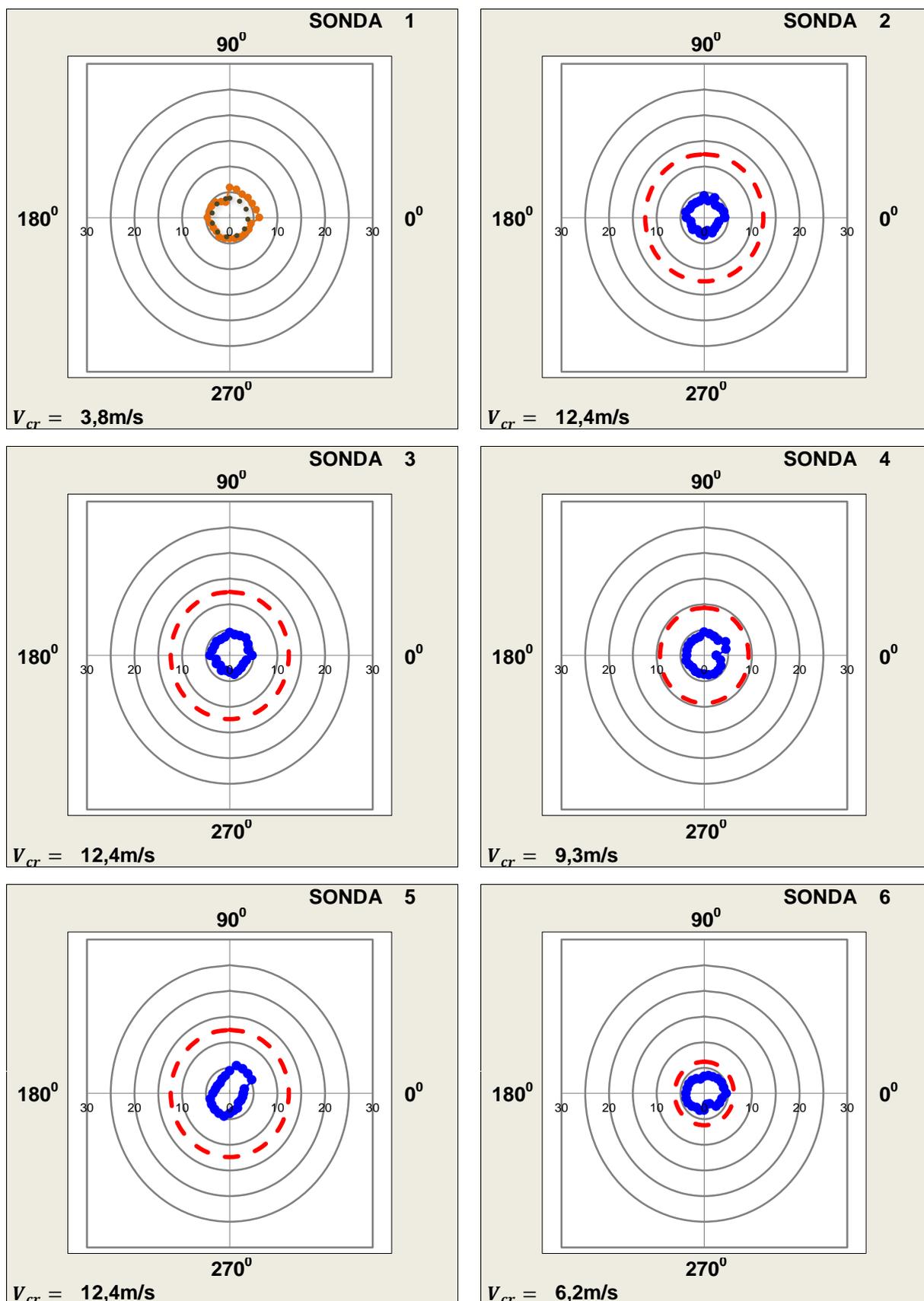


Figura 130: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M1.CP**, **adensamento antigo**, modelo **M1**, período de retorno de uma semana, sondas **1**, **2**, **3**, **4**, **5** e **6**.

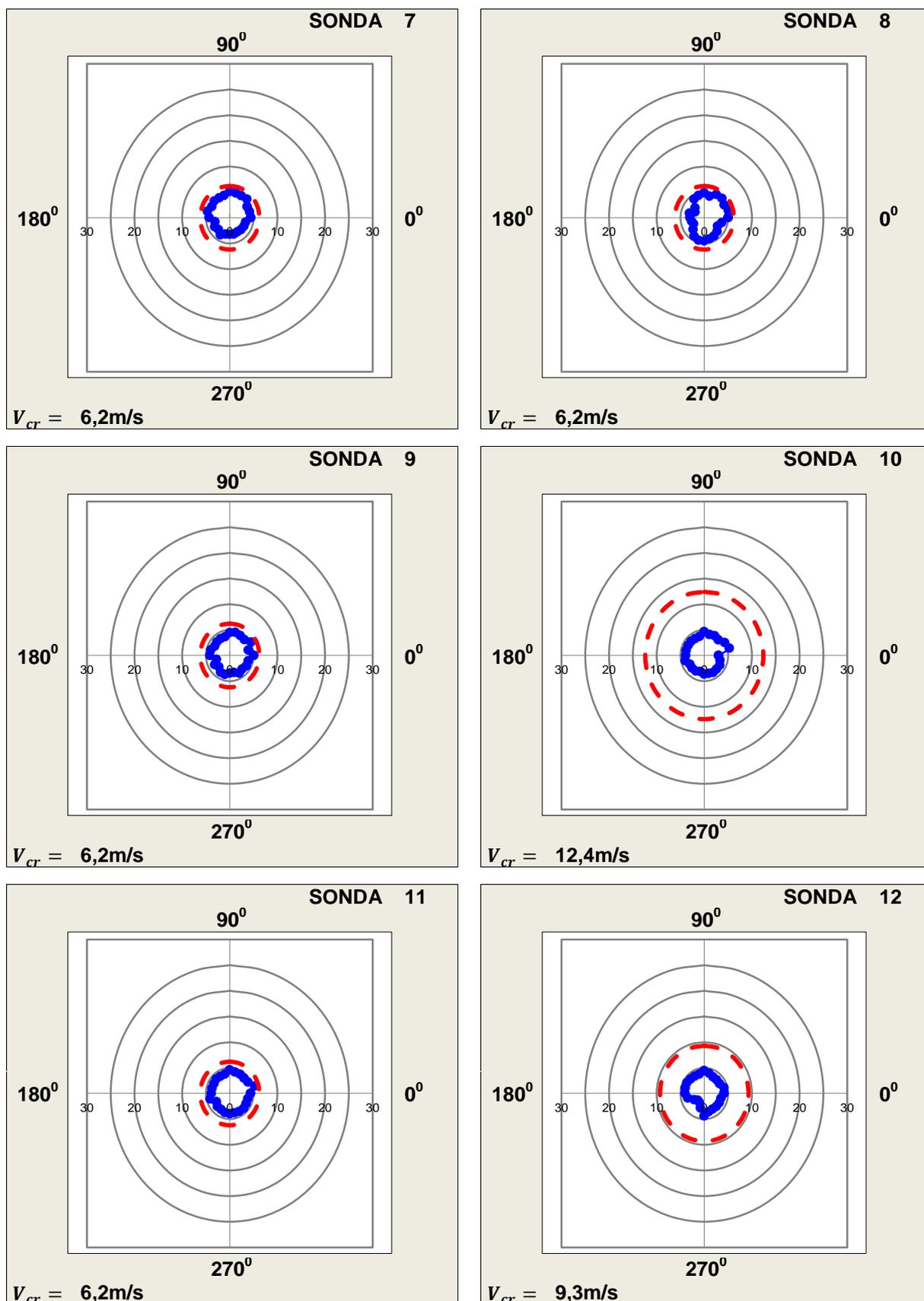


Figura 131: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M1.CP**, **adensamento antigo**, modelo **M1**, período de retorno de **uma semana**, sondas **7, 8, 9, 10, 11 e 12**.

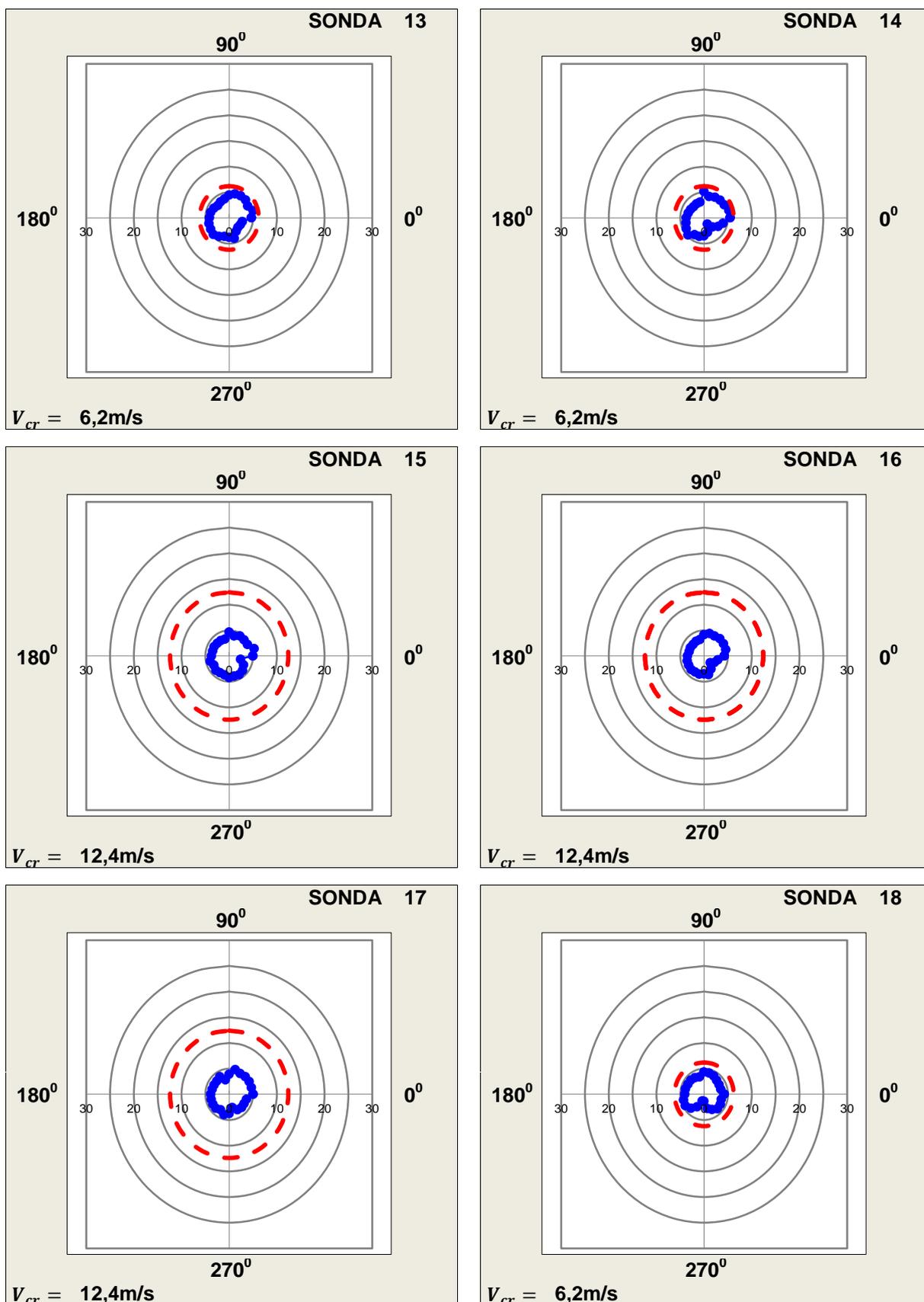


Figura 132: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M1.CP**, **adensamento antigo**, modelo **M1**, período de retorno de **uma semana**, sondas **13**, **14**, **15**, **16**, **17** e **18**.

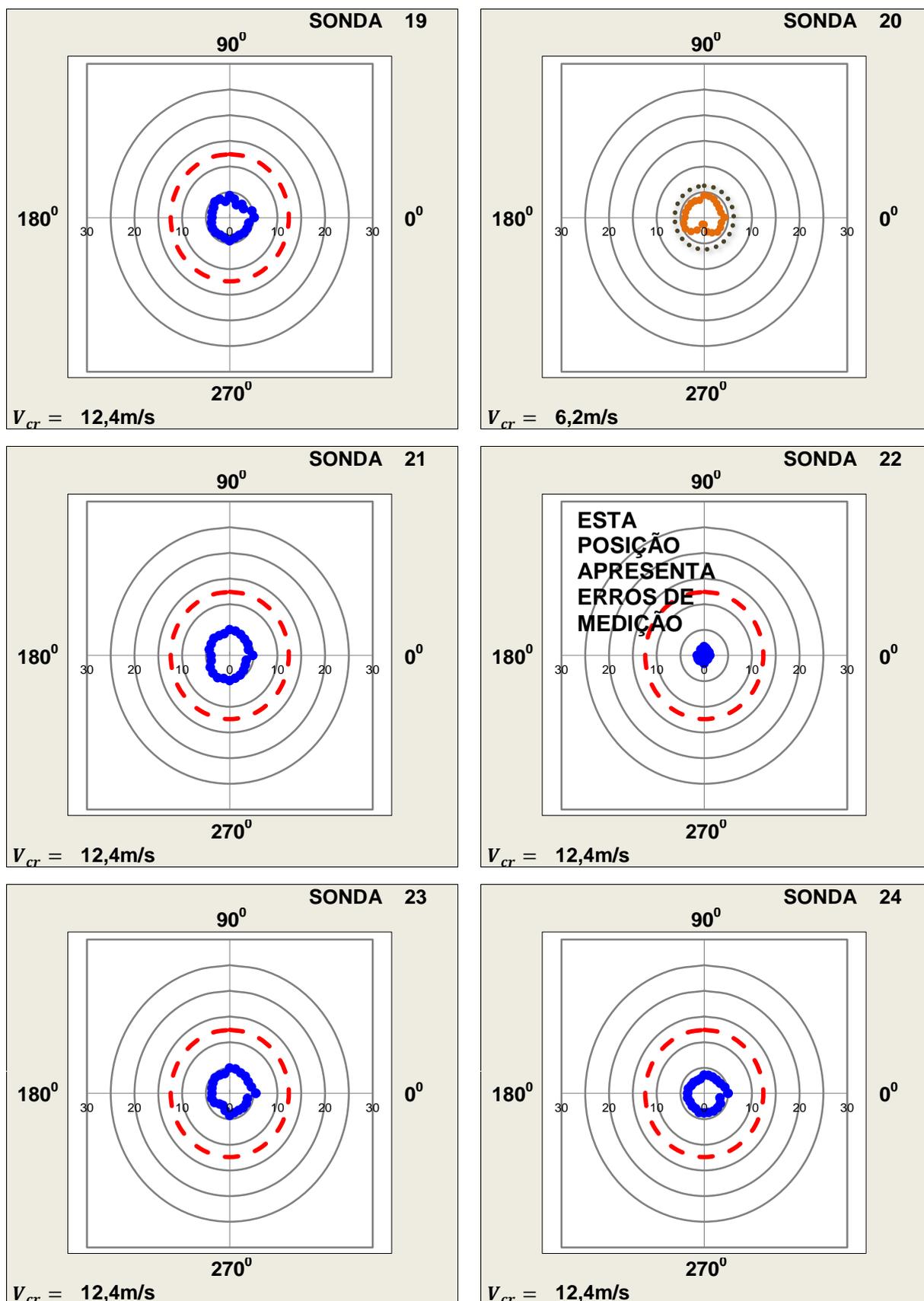


Figura 133: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M1.CP**, **adensamento antigo**, modelo **M1**, período de retorno de uma semana, sondas **19**, **20**, **21**, **22**, **23** e **24**.

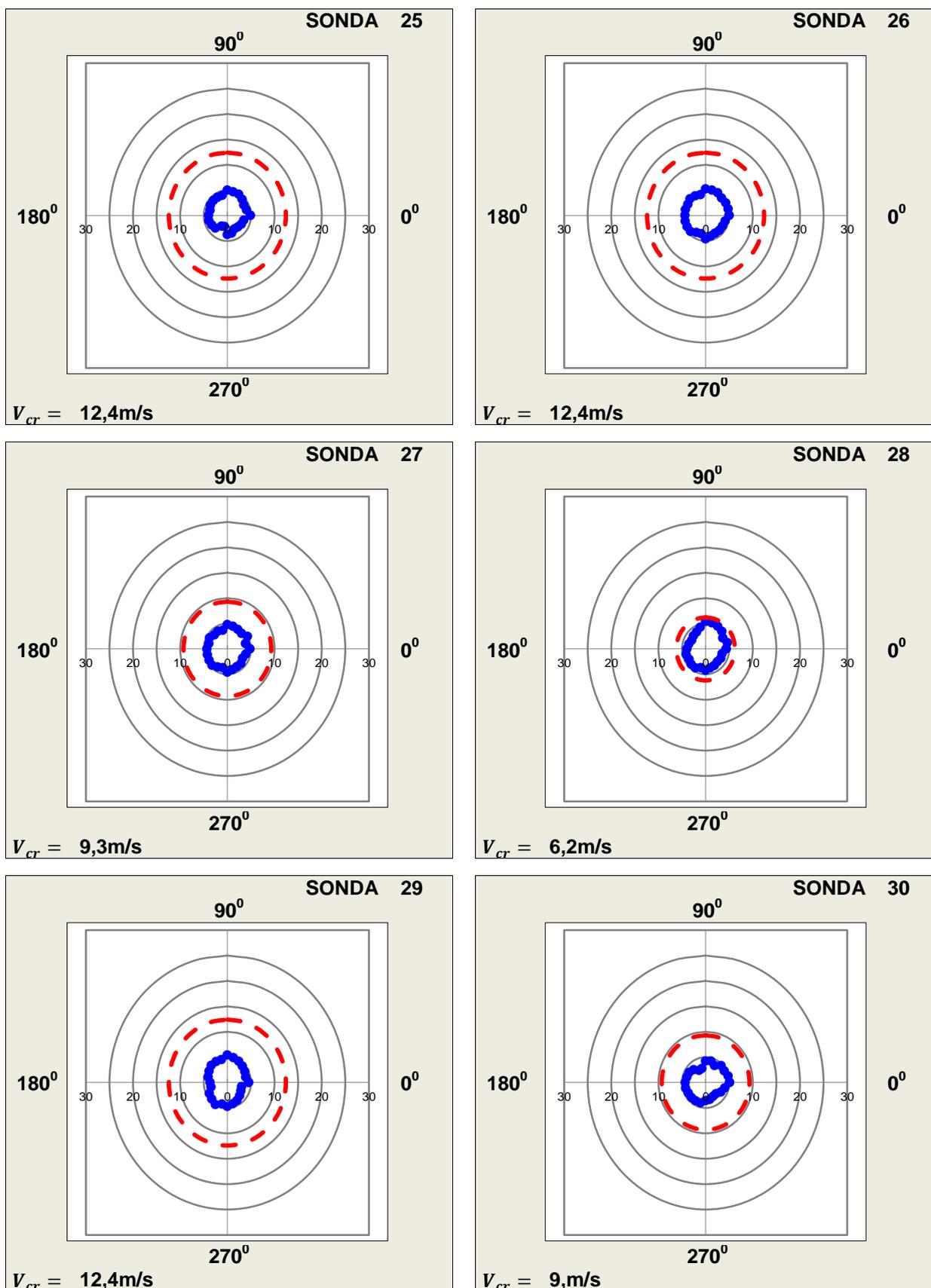


Figura 134: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M1.CP**, **adensamento antigo**, modelo **M1**, período de retorno de **uma semana**, sondas **25**, **26**, **27**, **28**, **29** e **30**.

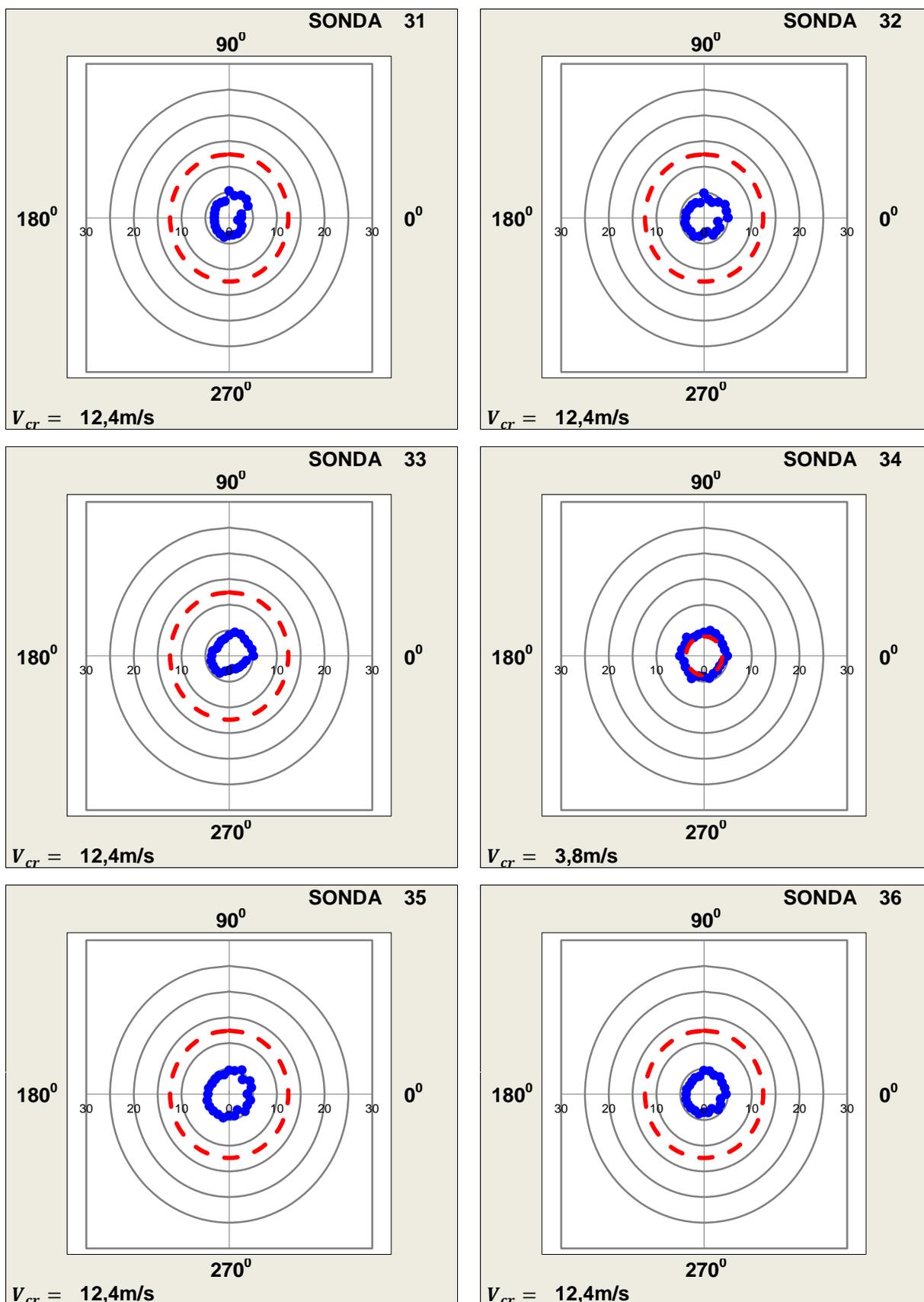


Figura 135: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M1.CP**, **adensamento antigo**, modelo **M1**, período de retorno de **uma semana**, sondas **31**, **32**, **33**, **34**, **35** e **36**.

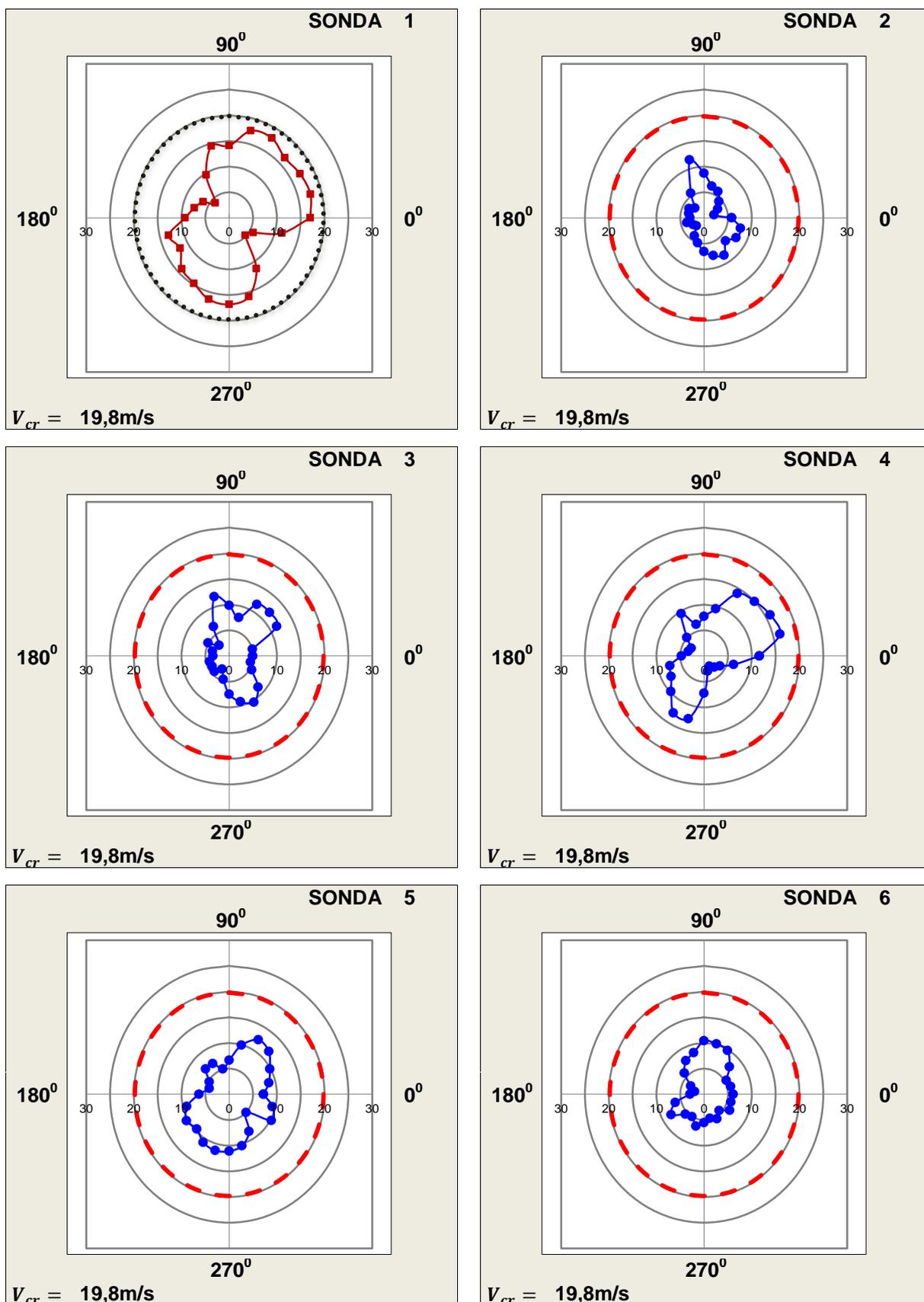


Figura 136: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M2.CP**, **adensamento recente**, modelo **M2**, período de retorno de **um ano**, sondas **1, 2, 3, 4, 5 e 6**.

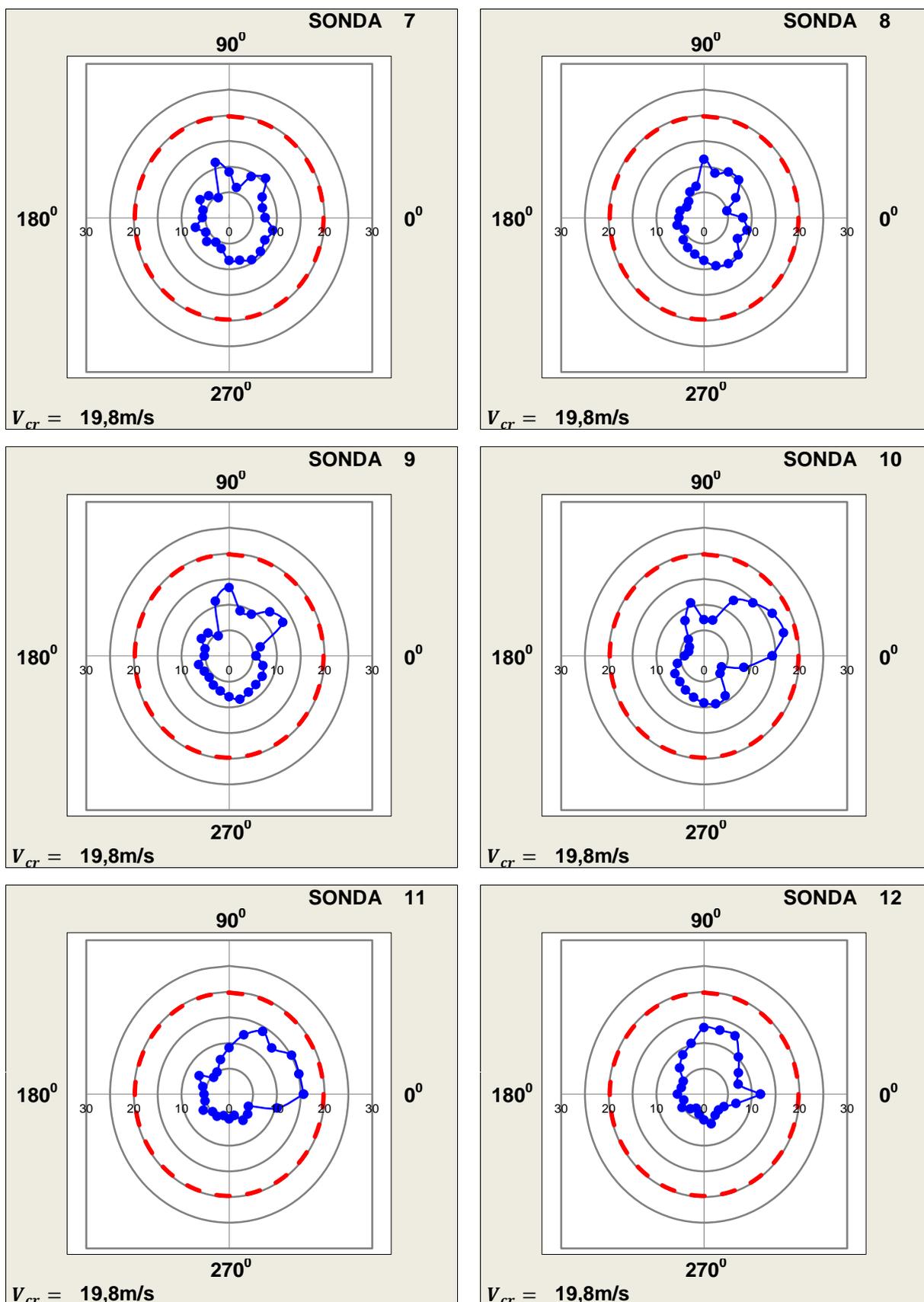


Figura 137: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M2.CP**, **adensamento recente**, modelo **M2**, período de retorno de **um ano**, sondas **7, 8, 9, 10, 11 e 12**.

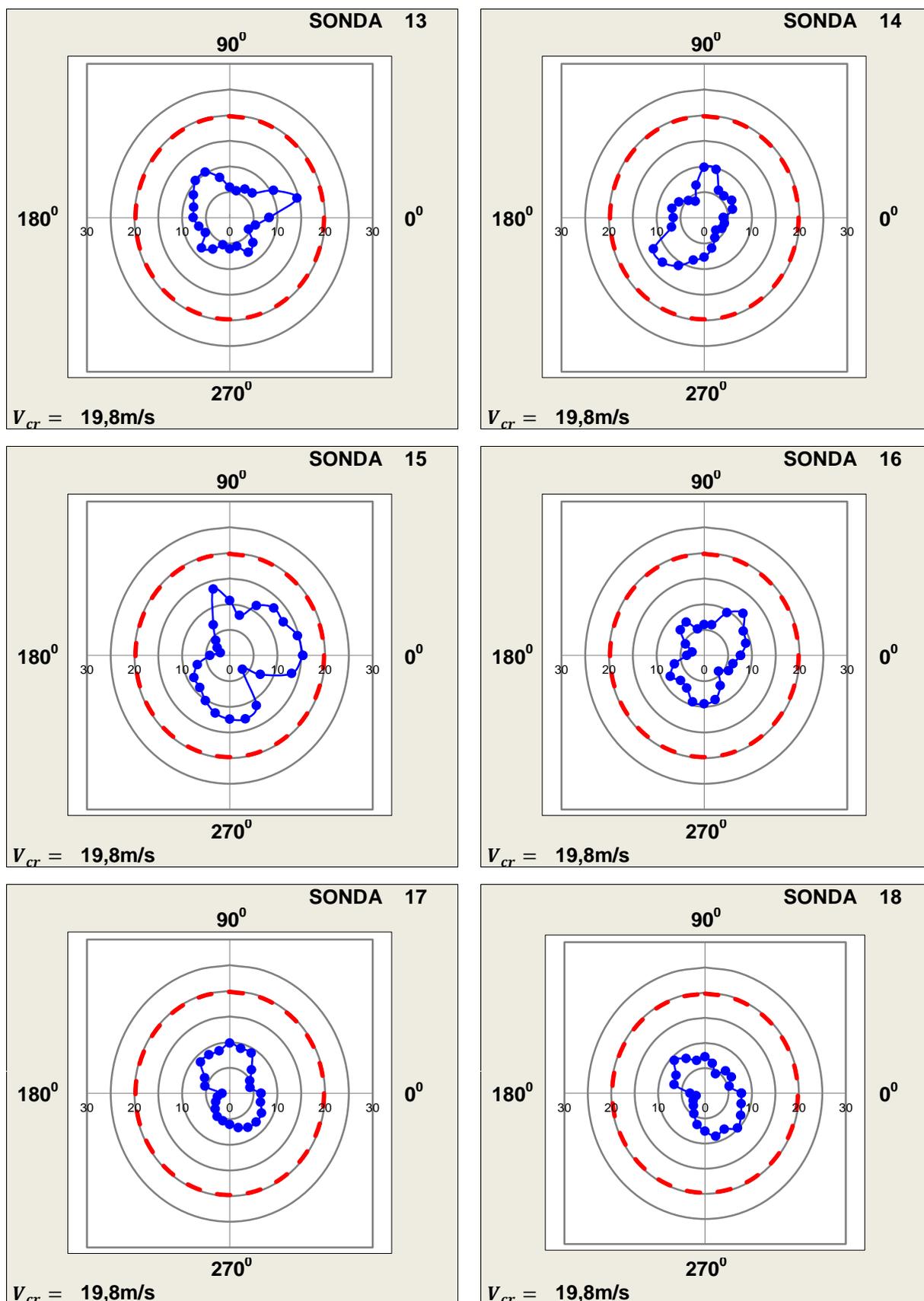


Figura 138: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M2.CP**, **adensamento recente**, modelo **M2**, período de retorno de **um ano**, sondas **13, 14, 15, 16, 17** e **18**.

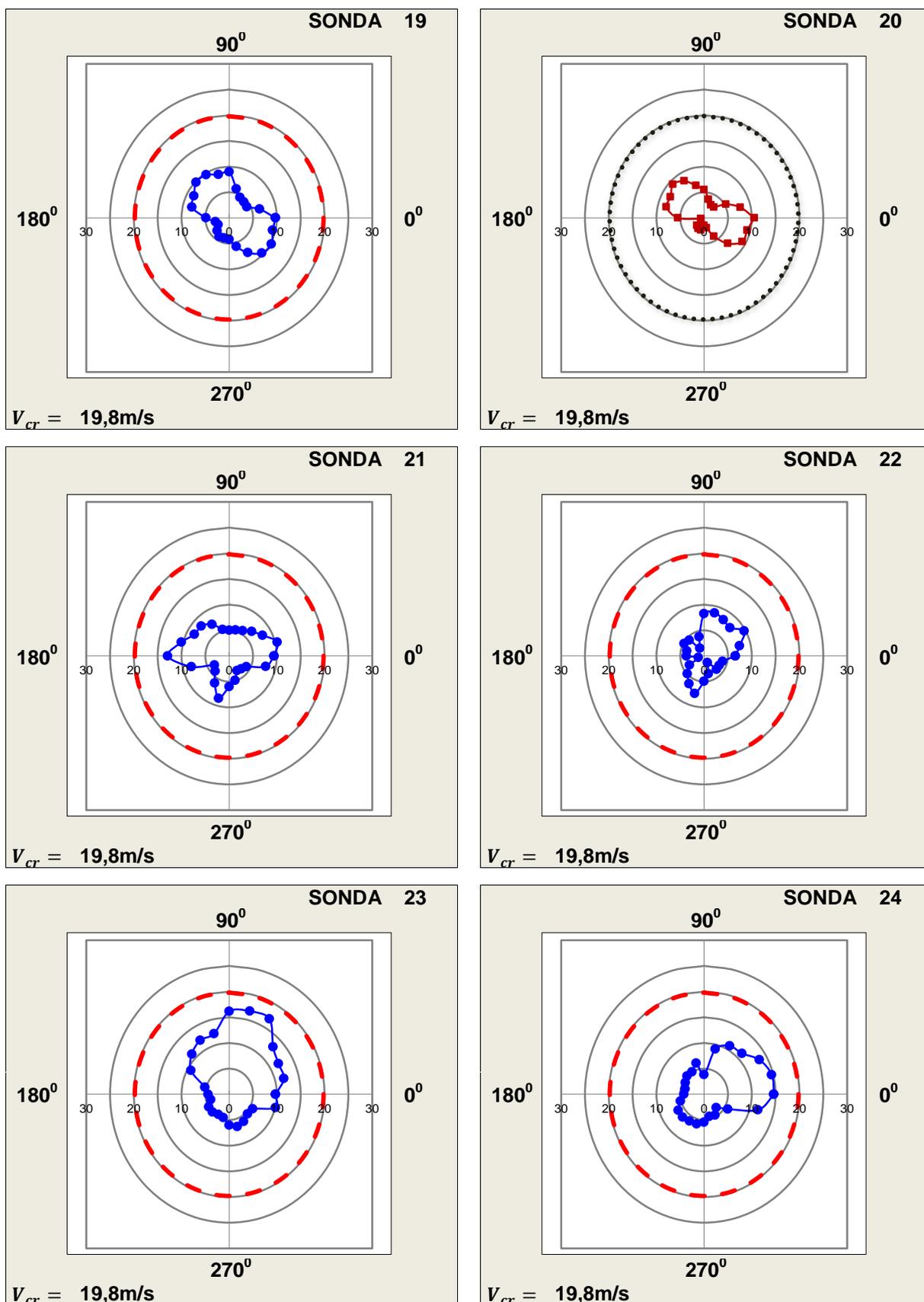


Figura 139: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M2.CP**, **adensamento recente**, modelo **M2**, período de retorno de **um ano**, sondas **19, 20, 21, 22, 23** e **24**.

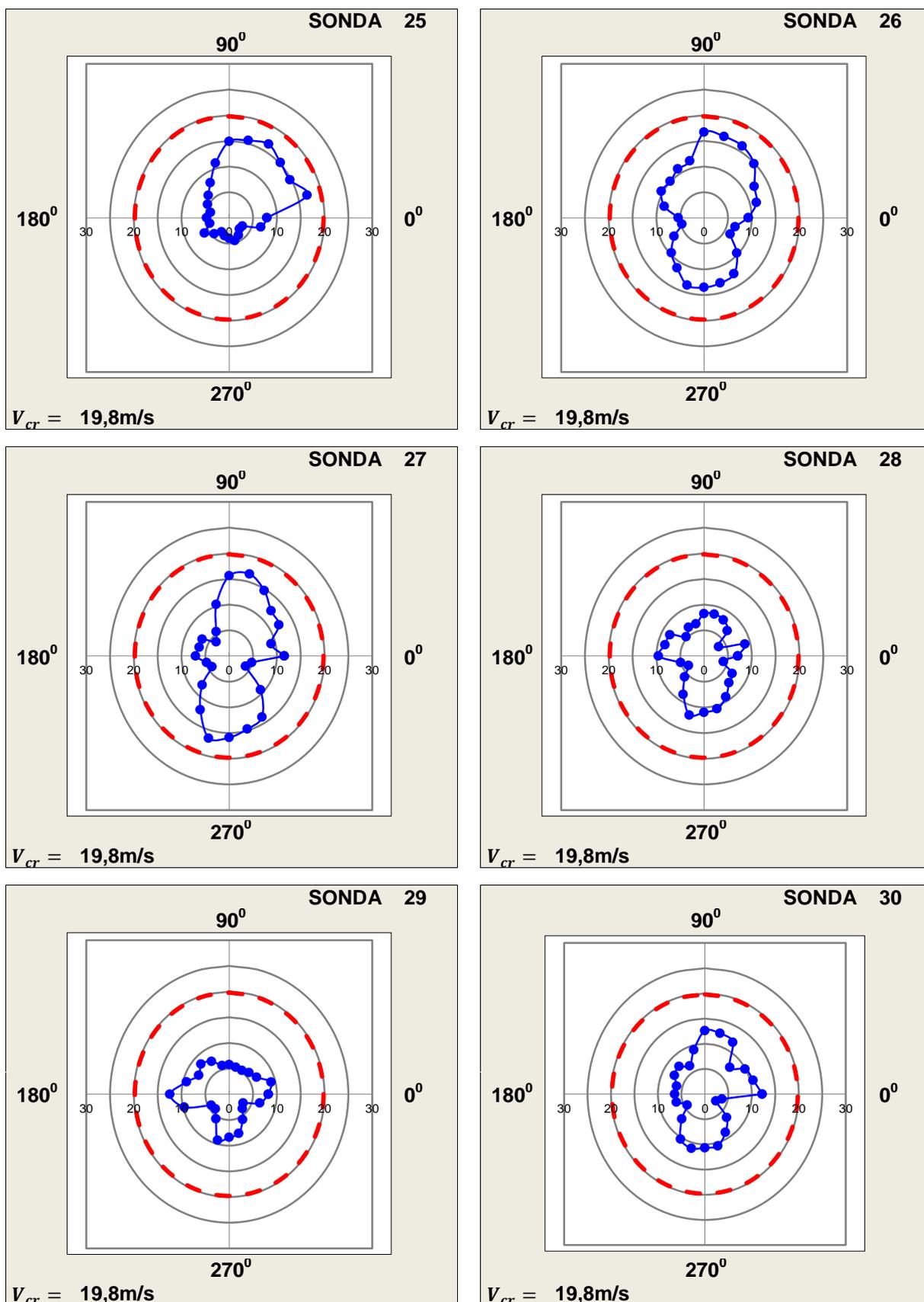


Figura 140: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M2.CP**, **adensamento recente**, modelo **M2**, período de retorno de **um ano**, sondas **24**, **25**, **26**, **27**, **28** e **29**.

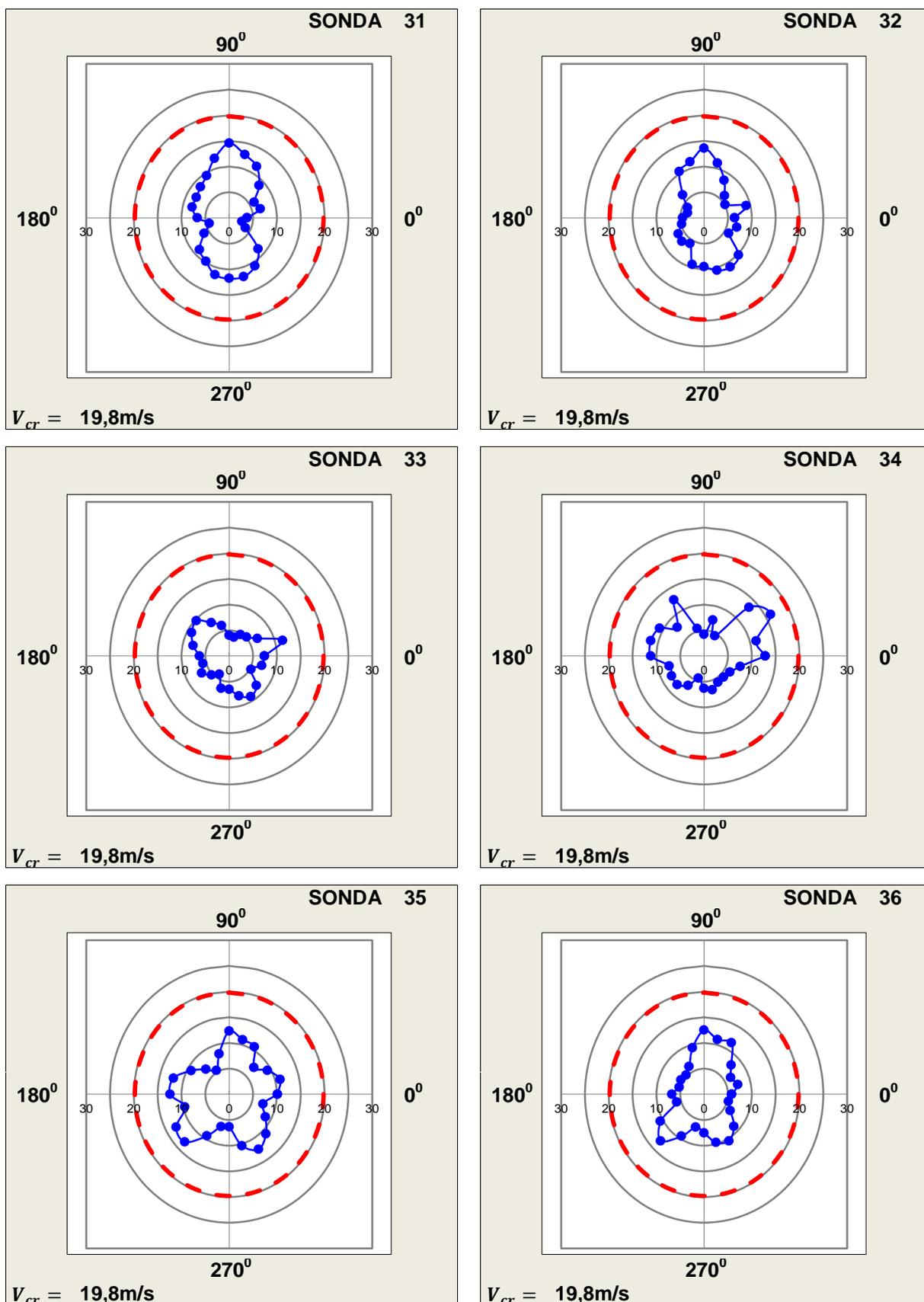


Figura 141: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M2.CP**, **adensamento recente**, modelo **M2**, período de retorno de **um ano**, sondas **31**, **32**, **33**, **34**, **35** e **36**.

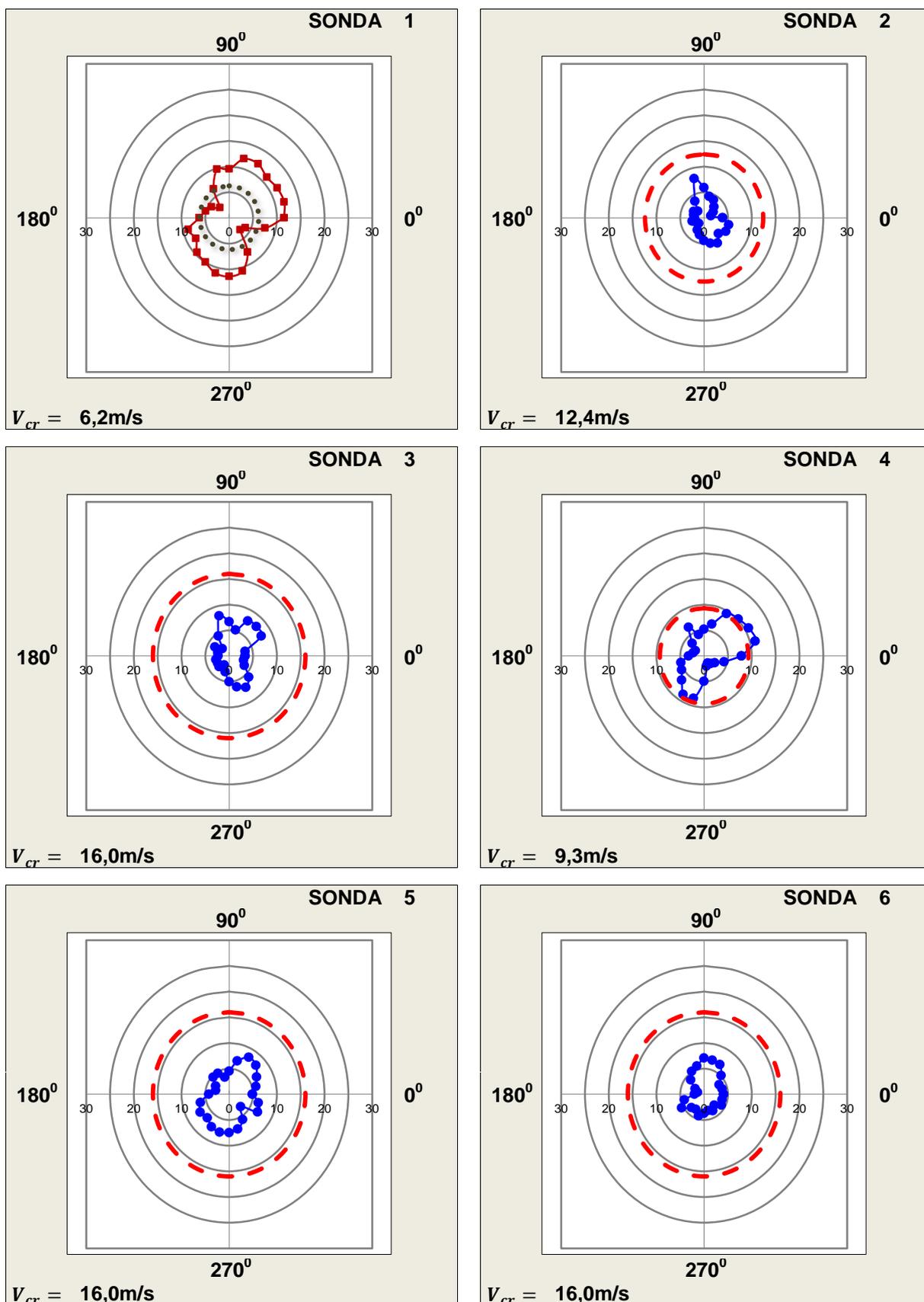


Figura 142: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M2.CP**, **adensamento recente**, modelo **M2**, período de retorno de **um mês**, sondas 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

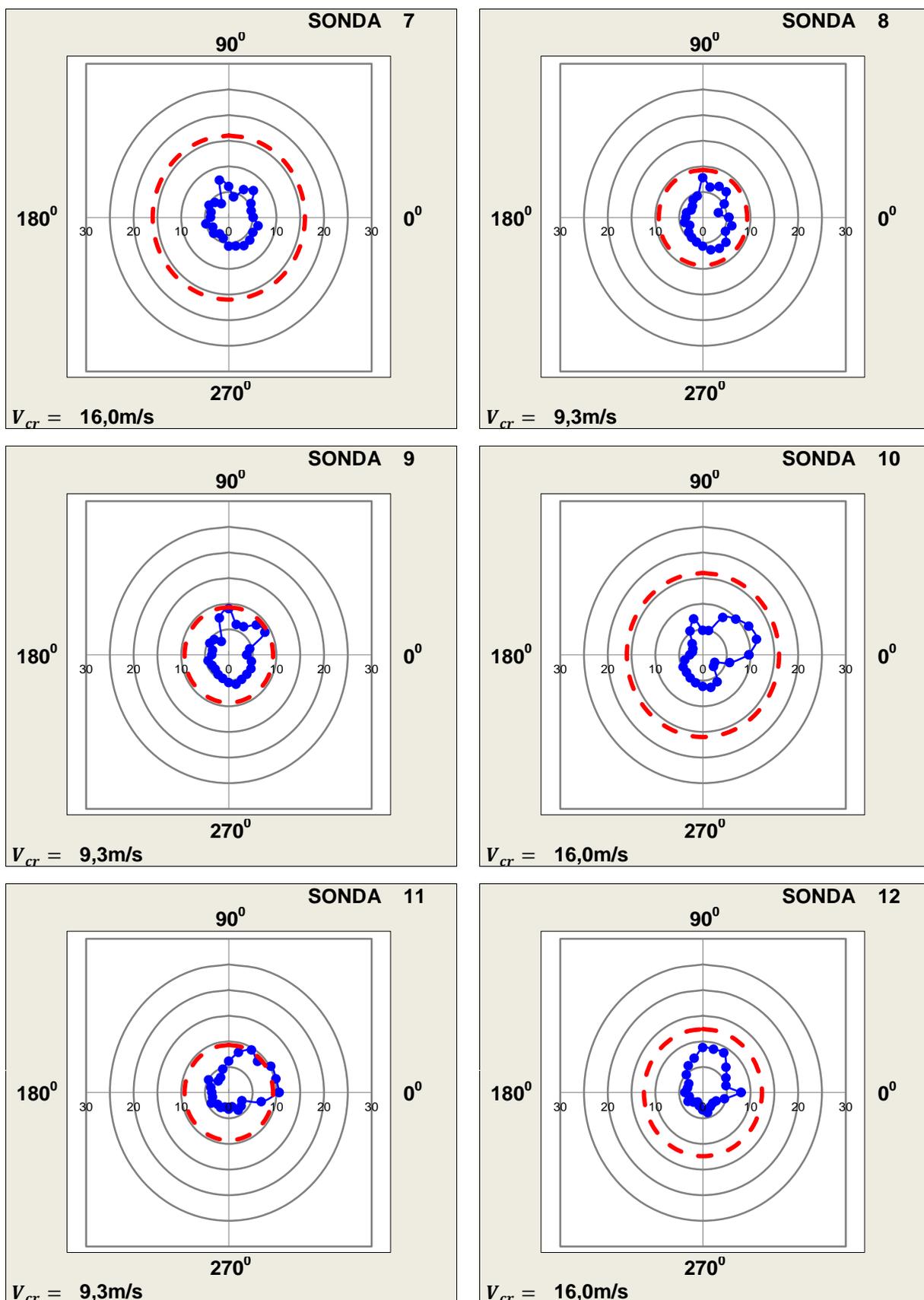


Figura 143: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M2.CP**, **adensamento recente**, modelo **M2**, período de retorno de **um mês**, sondas **7, 8, 9, 10, 11 e 12**.

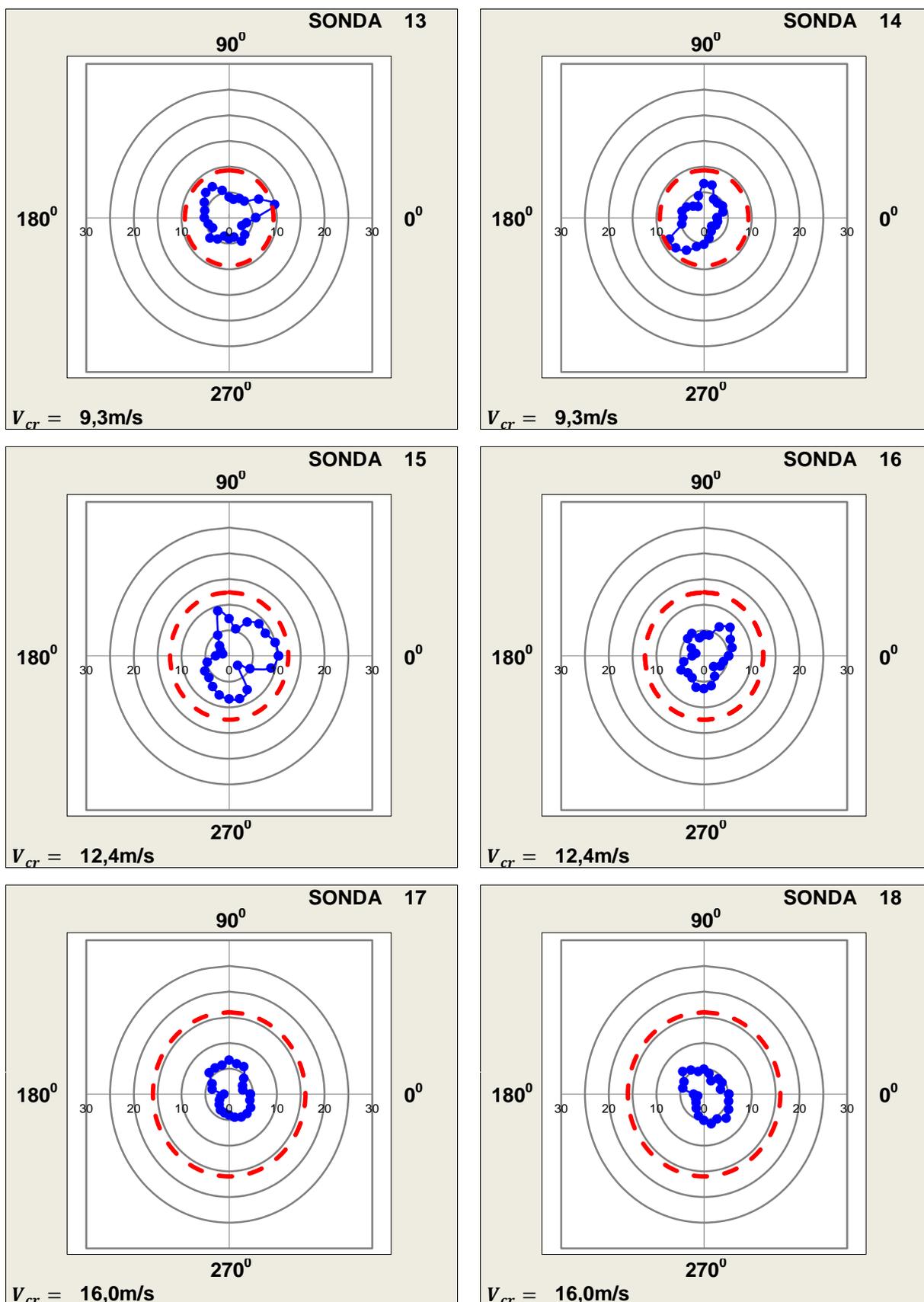


Figura 144: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M2.CP**, **adensamento recente**, modelo **M2**, período de retorno de **um mês**, sondas **13**, **14**, **15**, **16**, **17** e **18**.

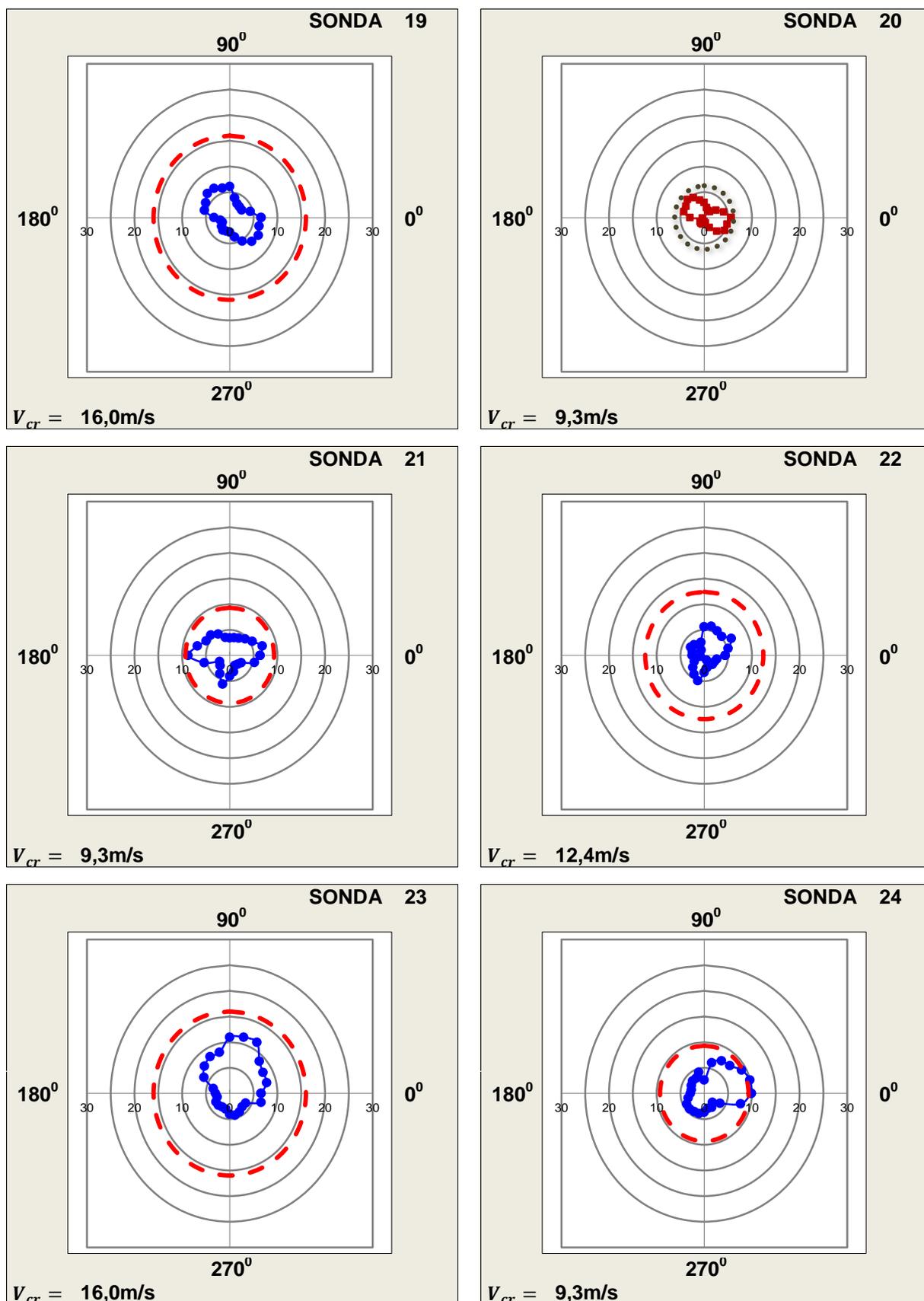


Figura 145: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M2.CP**, **adensamento recente**, modelo **M2**, período de retorno de **um mês**, sondas **19**, **20**, **21**, **22**, **23** e **24**.

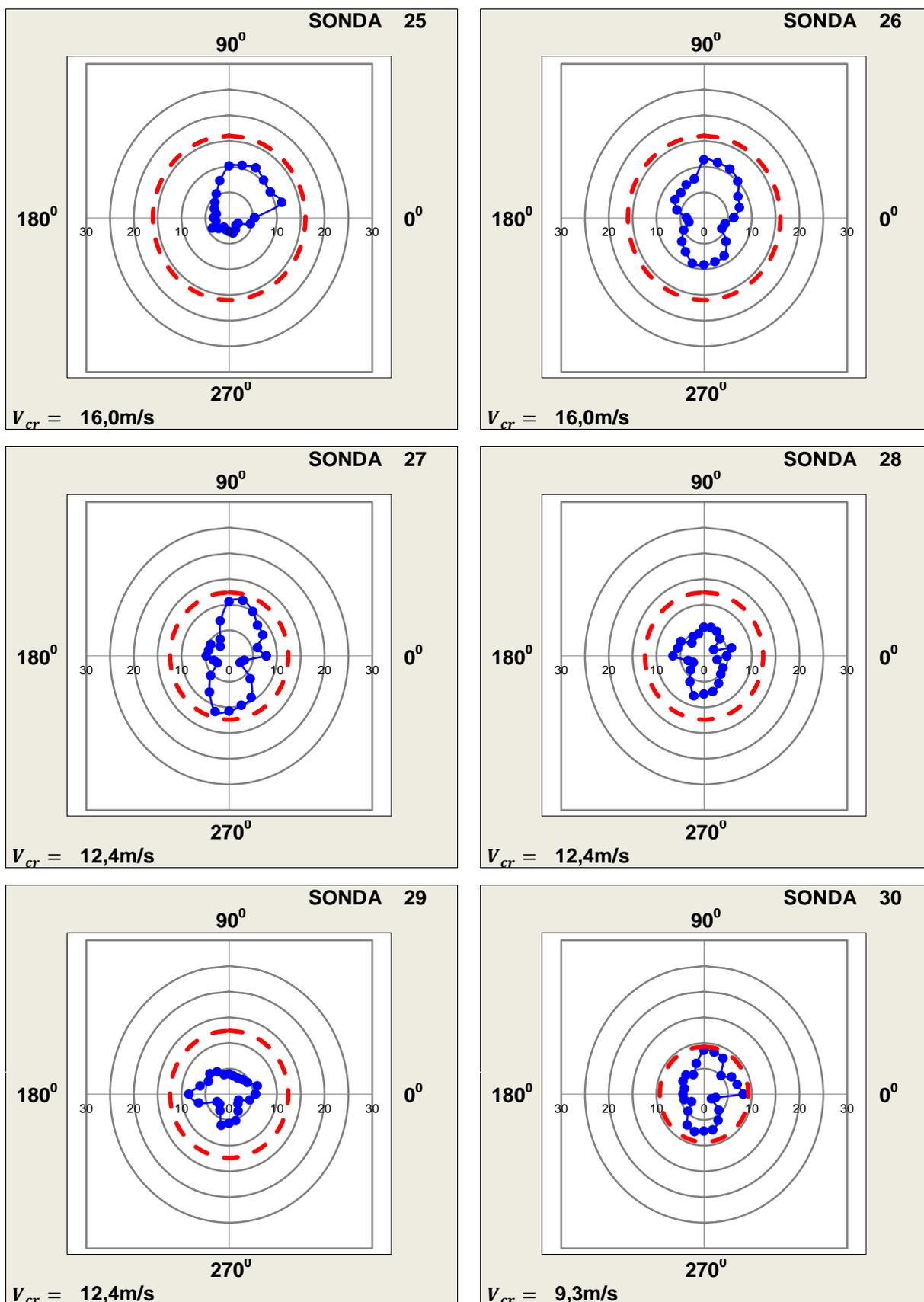


Figura 146: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M2.CP**, **adensamento recente**, modelo **M2**, período de retorno de **um mês**, sondas **25**, **26**, **27**, **28**, **29** e **30**.

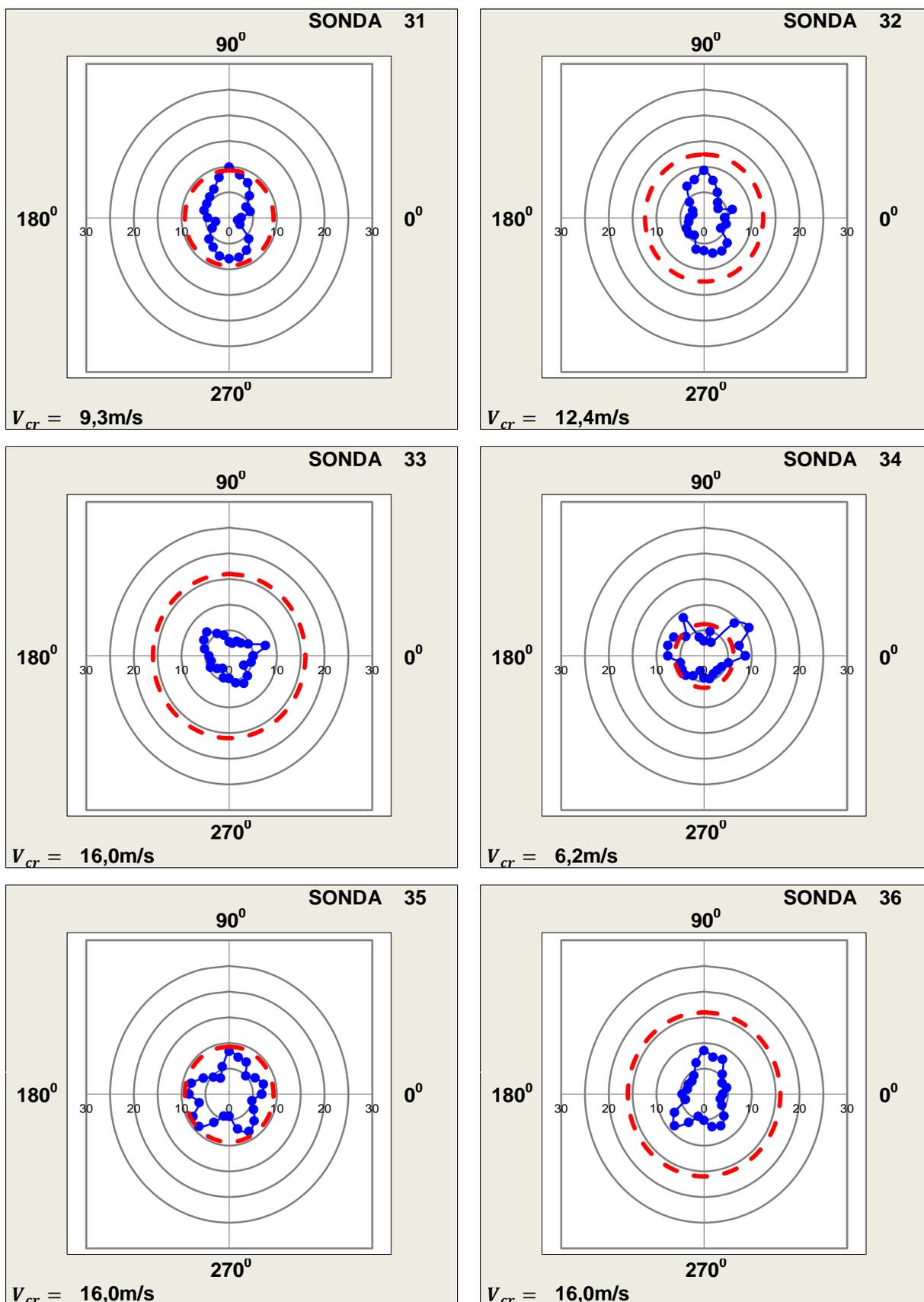


Figura 147: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M2.CP**, **adensamento recente**, modelo **M2**, período de retorno de **um mês**, sondas **31**, **32**, **33**, **34**, **35** e **36**.

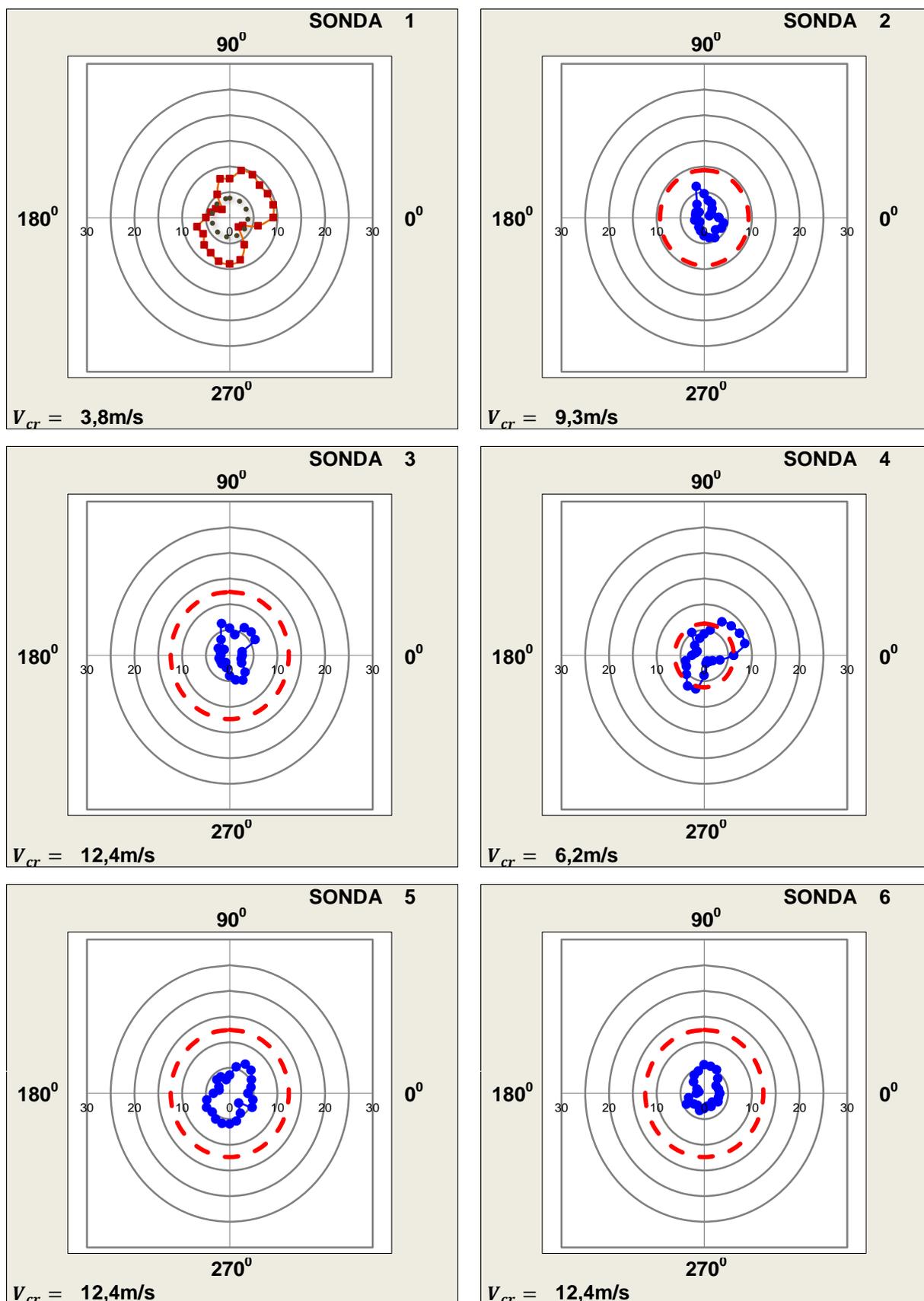


Figura 148: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M2.CP**, **adensamento recente**, modelo **M2**, período de retorno de **uma semana**, sondas **1, 2, 3, 4, 5** e **6**.

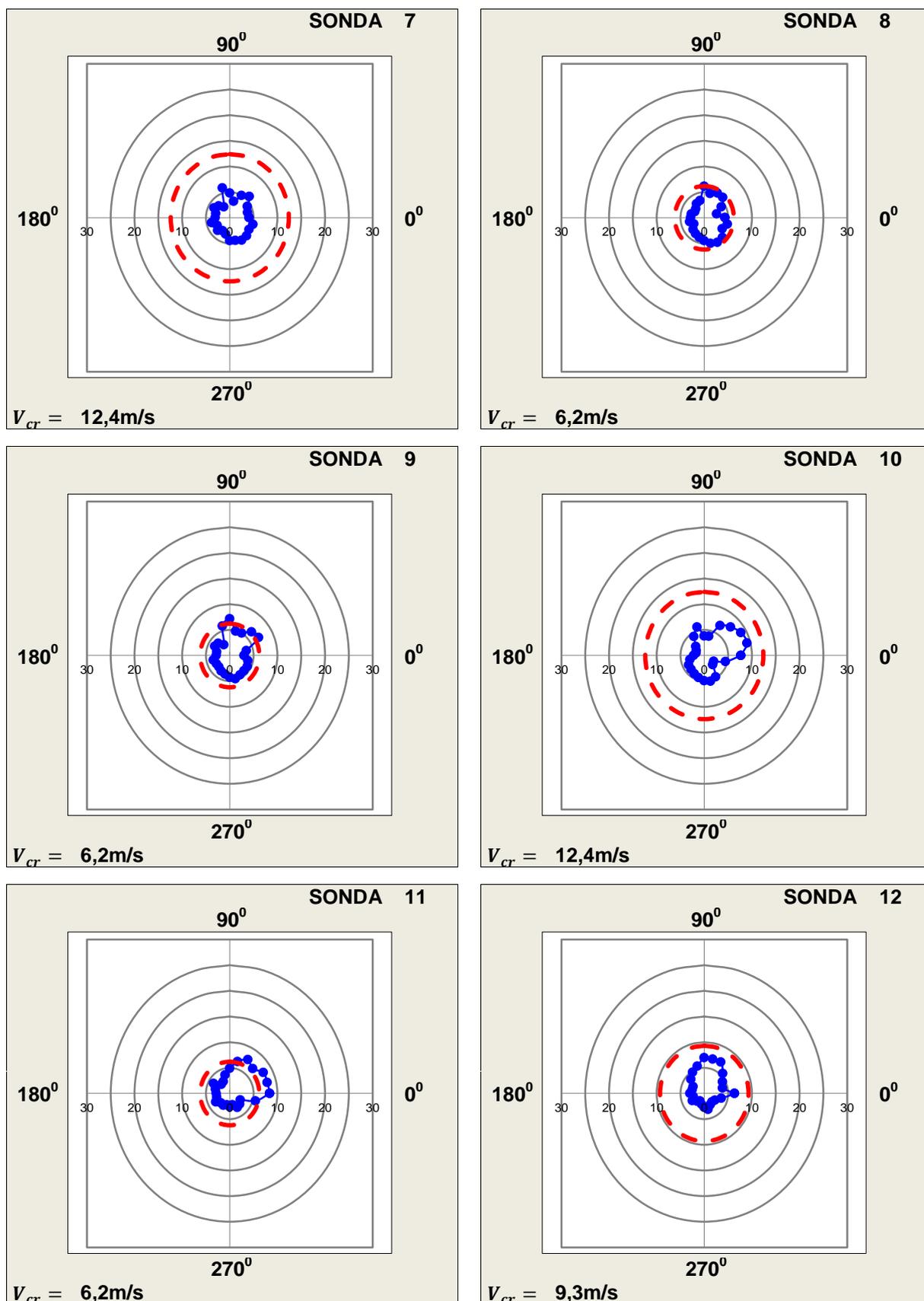


Figura 149: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M2.CP**, **adensamento recente**, modelo **M2**, período de retorno de **uma semana**, sondas **7, 8, 9, 10, 11 e 12**.

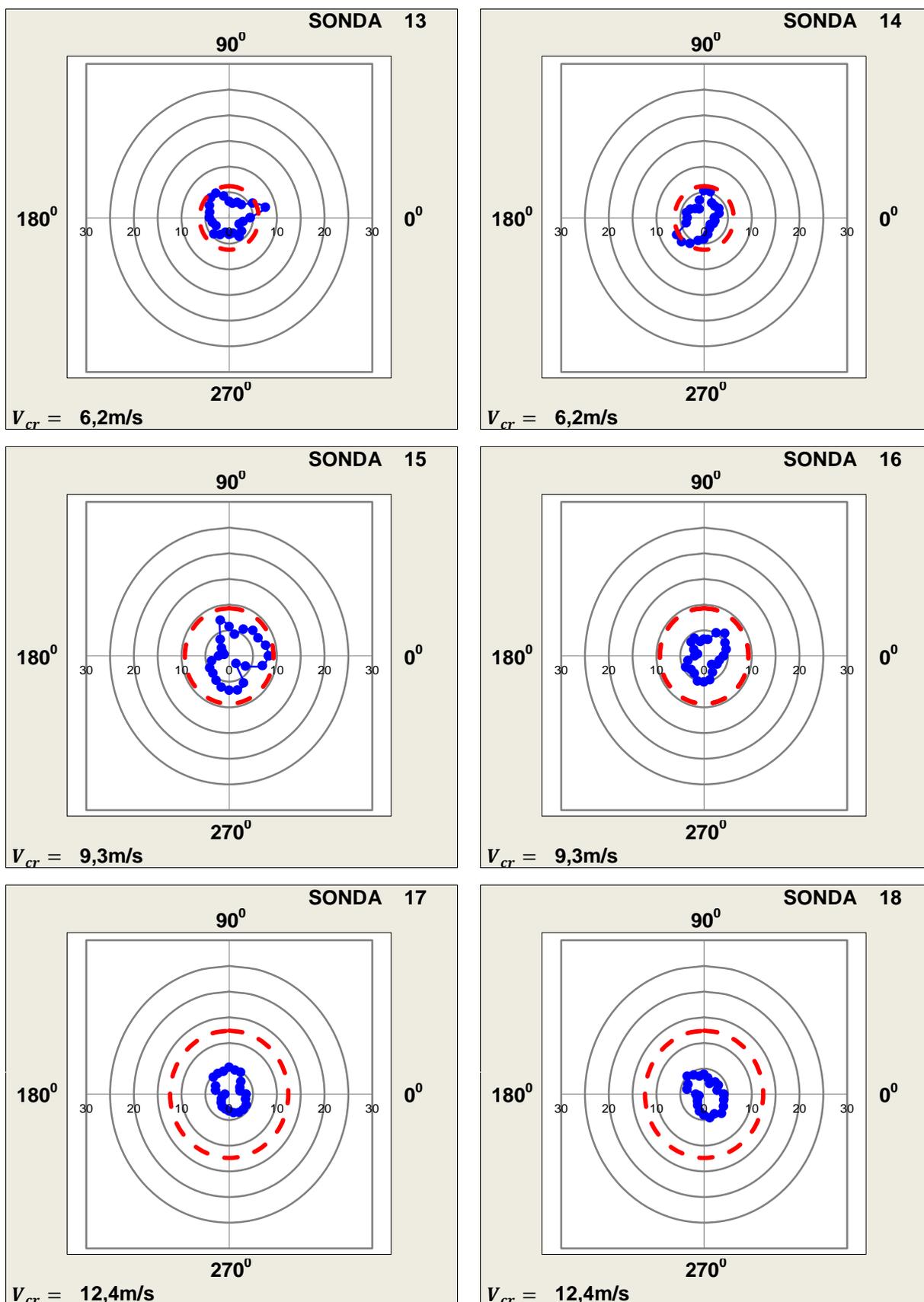


Figura 150: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M2.CP**, **adensamento recente**, modelo **M2**, período de retorno de **uma semana**, sondas **13, 14, 15, 16, 17 e 18**.

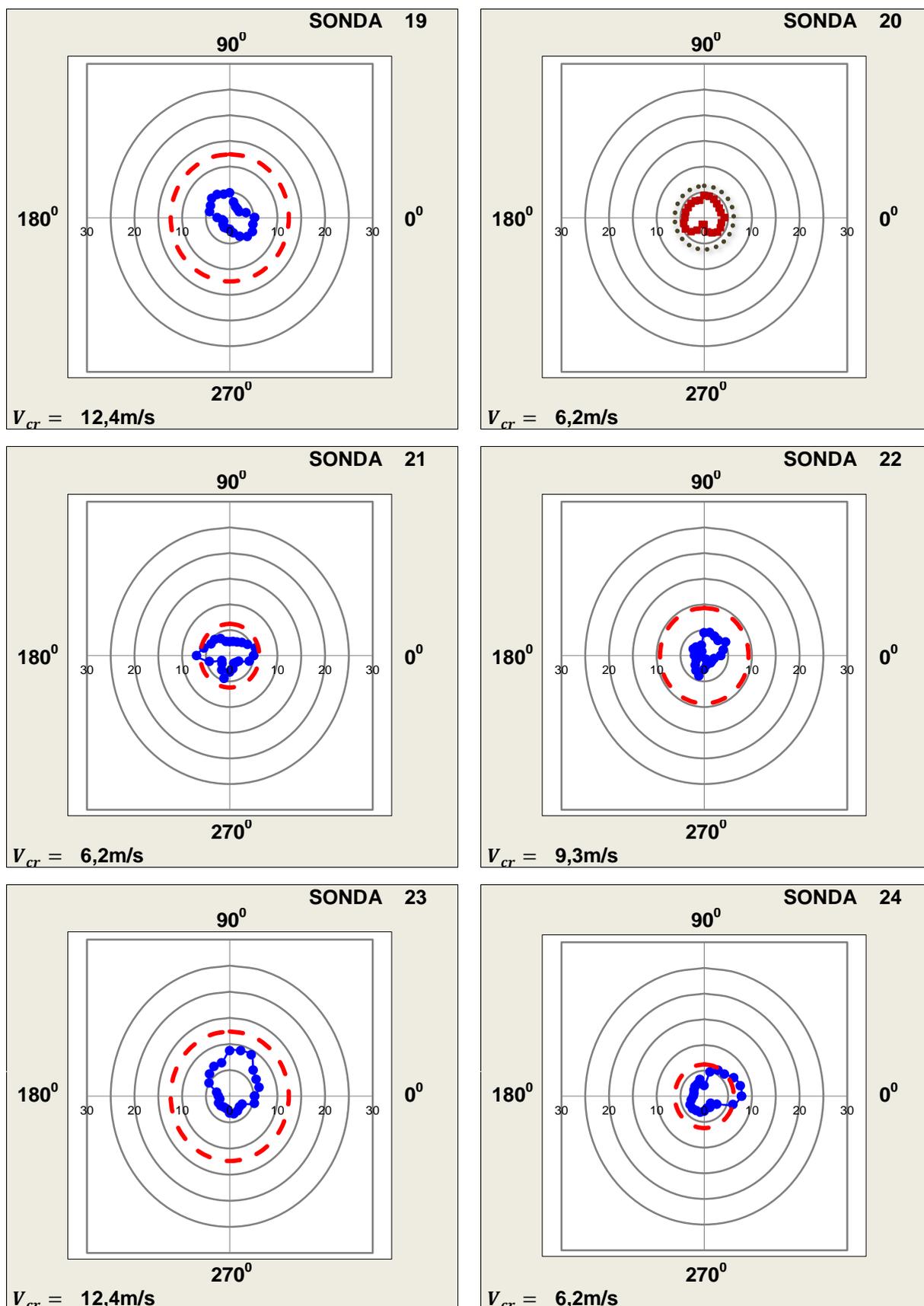


Figura 151: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M2.CP**, **adensamento recente**, modelo **M2**, período de retorno de **uma semana**, sondas **19**, **20**, **21**, **22**, **23** e **24**.

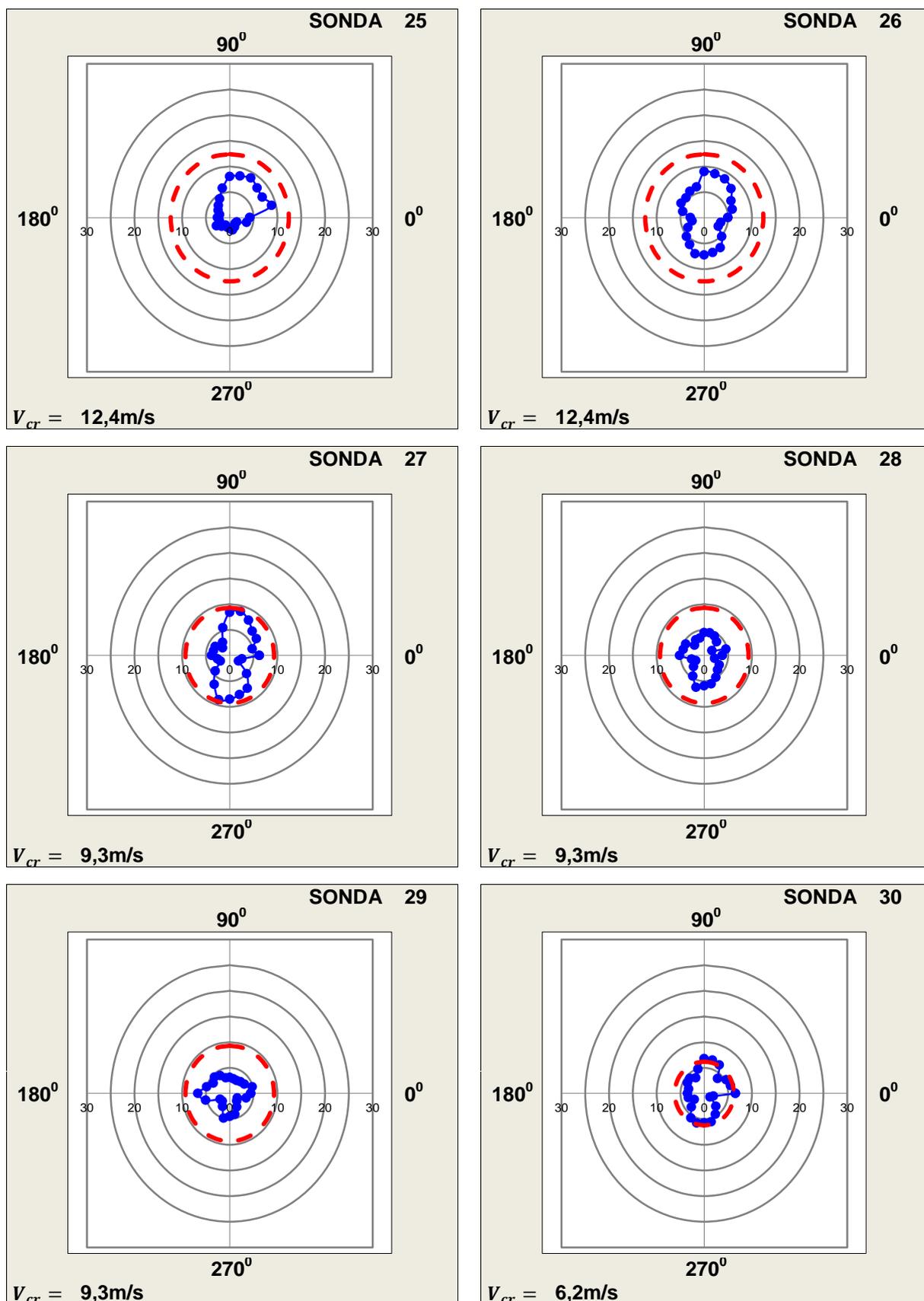


Figura 152: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M2.CP**, **adensamento recente**, modelo **M2**, período de retorno de **uma semana**, sondas **25**, **26**, **27**, **28**, **29** e **30**.

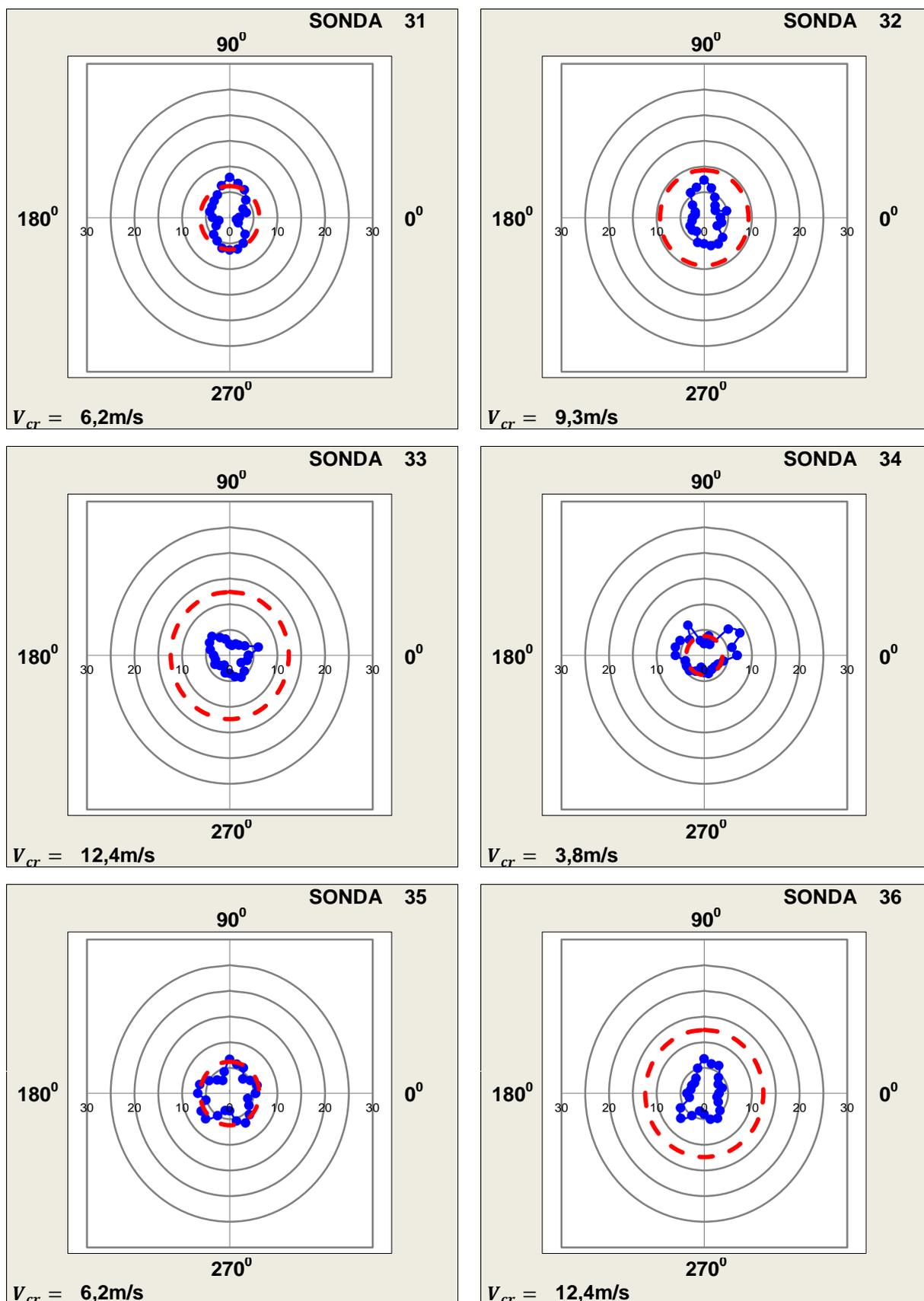


Figura 153: Distribuição das velocidades em função do ângulo de incidência do vento, experimento **M2.CP**, **adensamento recente**, modelo **M2**, período de retorno de **uma semana**, sondas **31, 32, 33, 34, 35 e 36**.

## ANEXO A | ISOPLETAS DA VELOCIDADE BÁSICA DO VENTO

A Figura 154, mostra a representação das isopletas da velocidade básica no Brasil, com intervalos de 5m/s, de acordo com a NBR 6.123/1988 da ABNT (1988, p. 6), no desenho considerou-se a localização da cidade de João Pessoa-PB.

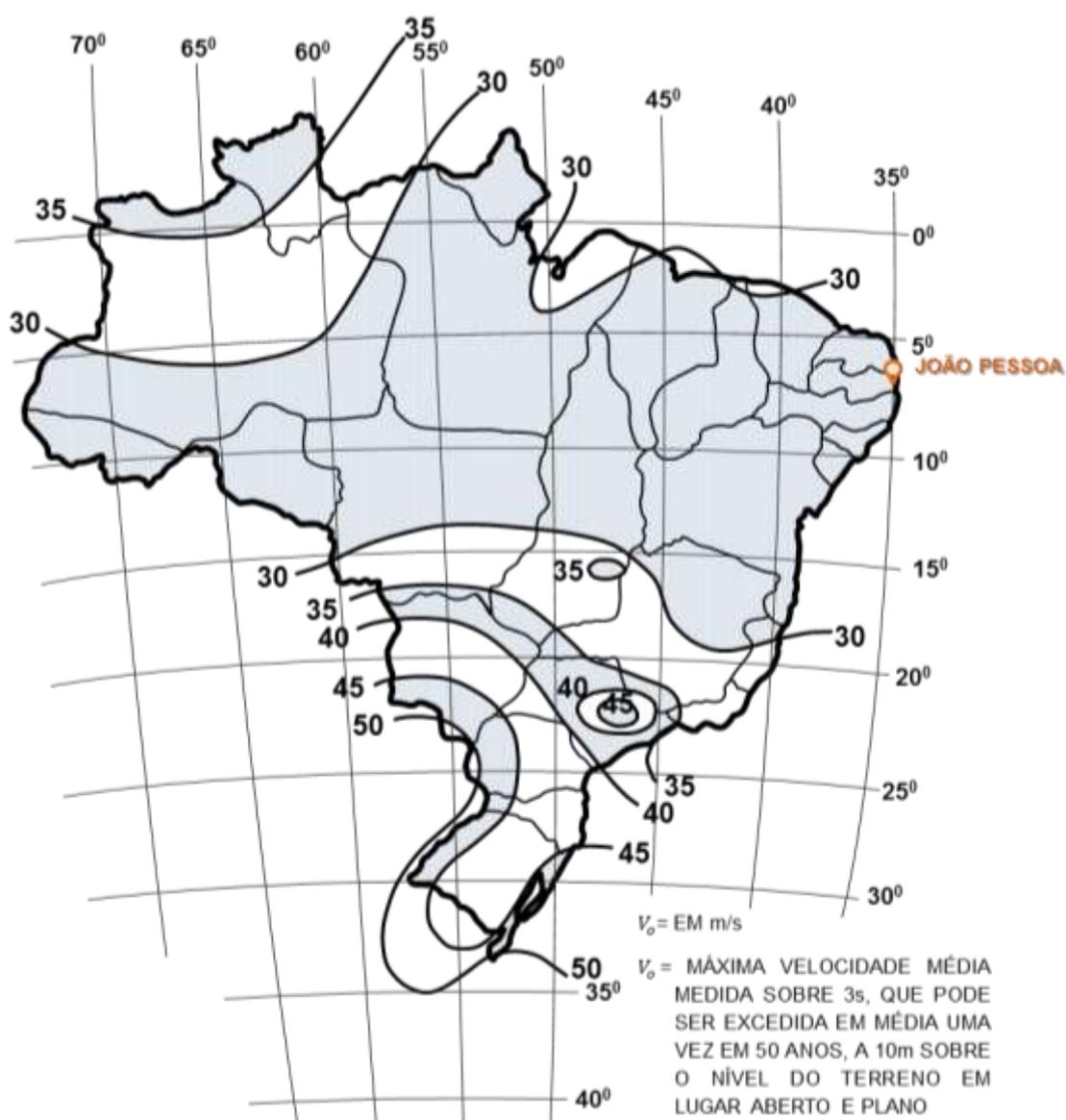


Figura 154: Isopletas da velocidade básica do vento  $V_0$  [m/s], indicação da localização da cidade de João Pessoa-PB. Baseado em: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988, p. 6).

## ANEXO B | DETERMINAÇÃO DO FATOR ESTATÍSTICO $S_3$

A NBR 6.123/1988 indica através da Tabela 3 os valores mínimos do fator  $S_3$  (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988, p. 10), nesta pesquisa representada no Quadro 46, o valor em destaque, grupo 2, corresponde a probabilidade 0,63 e vida útil de 50 anos.

GRUPO	DESCRIÇÃO	$S_3$
1	Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, centrais de comunicação, etc)	1,10
<b>2</b>	<b>Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação</b>	<b>1,00</b>
3	Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc.)	0,95
4	Vedações (telhas, vidros, painéis de vedação, etc.)	0,88
5	Edificações temporárias. Estruturas dos grupos 1 e 3 durante a construção	0,83

Quadro 46: Valores mínimos do fator estatístico  $S_3$ .

A mesma norma, também identifica o modo para determinação do fator  $S_3$  para outros níveis de probabilidade e para outros períodos de exposição. Na NBR 6.123/1988 estão colocados no “Anexo B – Fator estatístico  $S_3$  para a probabilidade  $P_m$  e vida útil de edificação de  $m$  anos”, disposto nesta pesquisa no presente anexo, conteúdo na íntegra (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988, p. 45):

### ANEXO B – Fator estatístico $S_3$ para a probabilidade e vida útil de edificações de $m$ anos

Seja  $V_o^+$  a velocidade do vento que tem uma probabilidade  $P_m$  de ser excedida, no local em consideração, pelo menos uma vez em um período de  $m$  anos. Esta velocidade corresponde a rajadas de 3s de duração, nas condições da categoria de rugosidade II (ver

5.3.1), na altura de 10m acima do terreno. A relação entre  $V_o^+$  e a velocidade básica definida em 5.1 é a seguinte:

$$V_o^+ = S_3 V_o$$

Na falta de uma norma específica sobre segurança nas edificações, ou de indicações correspondentes na norma estrutural em uso, cabe ao projetista fixar a probabilidade  $P_m$  e a vida útil  $m$  de acordo com as características da edificação.

A Tabela 23 [nesta pesquisa indicada no Quadro 47] apresenta valores típicos do fator  $S_3$ , cuja expressão matemática é:

$$S_3 = 0,54 \left[ -\frac{\ln(1 - P_m)}{m} \right]^{-0,157}$$

$m$	VALORES DE $S_3$ PARA $P_m$					
	0,10	0,20	0,50	0,63	0,75	0,90
2	0,86	0,76	0,64	0,60	0,57	0,53
10	1,10	0,98	0,82	0,78	0,74	0,68
25	1,27	1,13	0,95	0,90	0,85	0,79
50	1,42	1,26	1,06	1,00	0,95	0,88
100	1,58	1,41	1,18	1,11	1,06	0,98
200	1,77	1,57	1,31	1,24	1,18	1,09

Em nenhum caso pode ser adotado um fator  $S_3$  menor que o indicado na Tabela 3.

Quadro 47: Fator estatístico  $S_3$ .  
Adaptado de: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988, p. 45).

## ANEXO C | ESCALA BEAUFORT

Mostra-se a Escala Beaufort, que é descrita por Blessmann (2001, p. 123) “Ela refere-se a terreno de Categoria II da norma brasileira, sendo dez minutos o intervalo de tempo usado para o cálculo da velocidade média, a 10 metros acima do terreno. Além disso, entre parênteses estão dadas as velocidades de rajadas de três segundos.”. Apresentada nesta pesquisa através do Quadro 48.

NÚMERO DE BEAUFORT	DESIGNAÇÃO	$\bar{V}_{10min}(10m)^{(1)}$		EFEITOS EM:	
		km/h	m/s	NATUREZA E CONSTRUÇÕES	PESSOAS
0	CALMARIA	< 1 (<1,5)	< 0,3 (<0,5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fumaça eleva-se verticalmente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>O vento não é notado.</li> </ul>
1	ARAGEM	1 – 6 (1,5 – 8,7)	0,3 – 1,6 (0,5 – 2,3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fumaça inclina-se, indicando direção e sentido do vento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>O vento não é notado.</li> </ul>
2	BRISA	6 – 12 (8,7 – 17,4)	1,6 – 3,3 (2,3 – 4,8)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Folhas agitam-se suavemente (farfalham).</li> <li>Cata-ventos indicam a direção do vento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>O vento é sentido na face.</li> </ul>
3	VENTO SUAVE	12 – 20 (17,4 – 29)	3,3 – 5,4 (4,8 – 7,8)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Folhas, ramos finos e arbustos pequenos em movimento constante.</li> <li>Bandeiras leves e pequenas são inteiramente desfraldadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>O cabelo é parcialmente despenteado.</li> <li>Roupas folgadas agitam-se.</li> <li>Dificuldade para ler jornais.</li> </ul>
4	VENTO MODERADO	20 – 29 (29 – 42)	5,4 – 8,0 (7,8 – 11,6)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Folhas, ramos finos e arbustos pequenos em movimento agitado.</li> <li>Bandeiras maiores são inteiramente desfraldadas.</li> <li>Poeira e papéis soltos são levantados e carregados pelo vento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>O cabelo é completamente despenteado.</li> </ul>
5	VENTO REGULAR	29 – 39 (42 – 56)	8,0 – 10,7 (11,6 – 15,5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ramos maiores e árvores pequenas oscilam.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A força do vento é sentida no corpo.</li> <li>Perturbação leve ao caminhar.</li> <li>Perigo de tropeçar ao entrar em zona com rajadas fortes (por exemplo, próximo a edifícios altos).</li> </ul>

<sup>(1)</sup> Entre parênteses: velocidade de rajada máxima sobre 3 segundos.

Continuação:

NÚMERO DE BEAUFORT	DESIGNAÇÃO	$\bar{V}_{10min}(10m)^{(1)}$		EFEITOS EM:	
		km/h	m/s	NATUREZA E CONSTRUÇÕES	PESSOAS
6	VENTO FORTE	39 – 50 (56 – 72)	10,7 – 13,8 (15,5 – 20,0)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Galhos e arbustos grandes em movimento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dificuldade para caminhar firmemente e usar guarda-chuva.</li> <li>Ruído do vento nos ouvidos é desagradável.</li> <li>Ouve-se o assobio de fios telegráficos e telefônicos.</li> </ul>
7	VENTANIA FRACA	50 – 62 (72 – 89)	13,8 – 17,1 (20,0 – 24,8)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Árvores inteiras em movimento.</li> <li>Galhos fortes são flexionados.</li> <li>Danos a coberturas mal construídas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Difícil caminhar contra o vento.</li> <li>O vento é ouvido em edifícios.</li> <li>Ouve-se suave gemido do vento.</li> </ul>
8	VENTANIA MODERADA	62 – 75 (89 – 108)	17,1 – 20,7 (24,8 – 30,0)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Galhos finos e árvores fracas quebram-se.</li> <li>Troncos de árvores esbeltas oscilam.</li> <li>Coberturas leves são danificadas, principalmente na cumeeira e beirais.</li> <li>Desabamento de muros muito altos (2,5 – 3m) e de tapumes comuns.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geralmente é impossível caminhar.</li> <li>Difícil equilibrar-se com rajadas fortes.</li> <li>Aumenta o gemido do vento.</li> </ul>
9	VENTANIA FORTE	75 – 88 (108 – 128)	20,7 – 24,5 (30,0 – 35,5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Galhos grossos e arbustos quebram-se.</li> <li>Árvores esbeltas podem ser derrubadas.</li> <li>Telhas e telhados leves arrancados; topos de chaminés de alvenaria danificados; coberturas isoladas (postos de serviços, abrigos de ônibus, etc.) ou com poucas paredes na periferia sofrem danos que podem chegar ao tombamento, inclusive com seus suportes; ruptura de vidraças; arrancamento de esquadrias; casa simples (de madeira ou alvenaria pobre) são destruídas.</li> <li>Desabamento de muros altos (2 – 2,5m).</li> <li>Painéis de propaganda e de sinalização são danificados.</li> <li>Objetos leves são deslocados.</li> <li>Telhas leves, depois de arrancadas, são lançadas a distância.</li> <li>Caminhões-baús vazios podem tombar.</li> <li>Queda de torres de rádio e torres repetidoras de televisão.</li> <li>Torres de linhas de transmissão podem ser danificadas.</li> <li>Postes de iluminação e de telefonia celular são inclinados ou tombados.</li> <li>Antenas parabólicas são danificadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pessoas podem ser lançadas ao solo pelas rajadas.</li> </ul>

<sup>(1)</sup> Entre parênteses: velocidade de rajada máxima sobre 3 segundos.

Continuação:

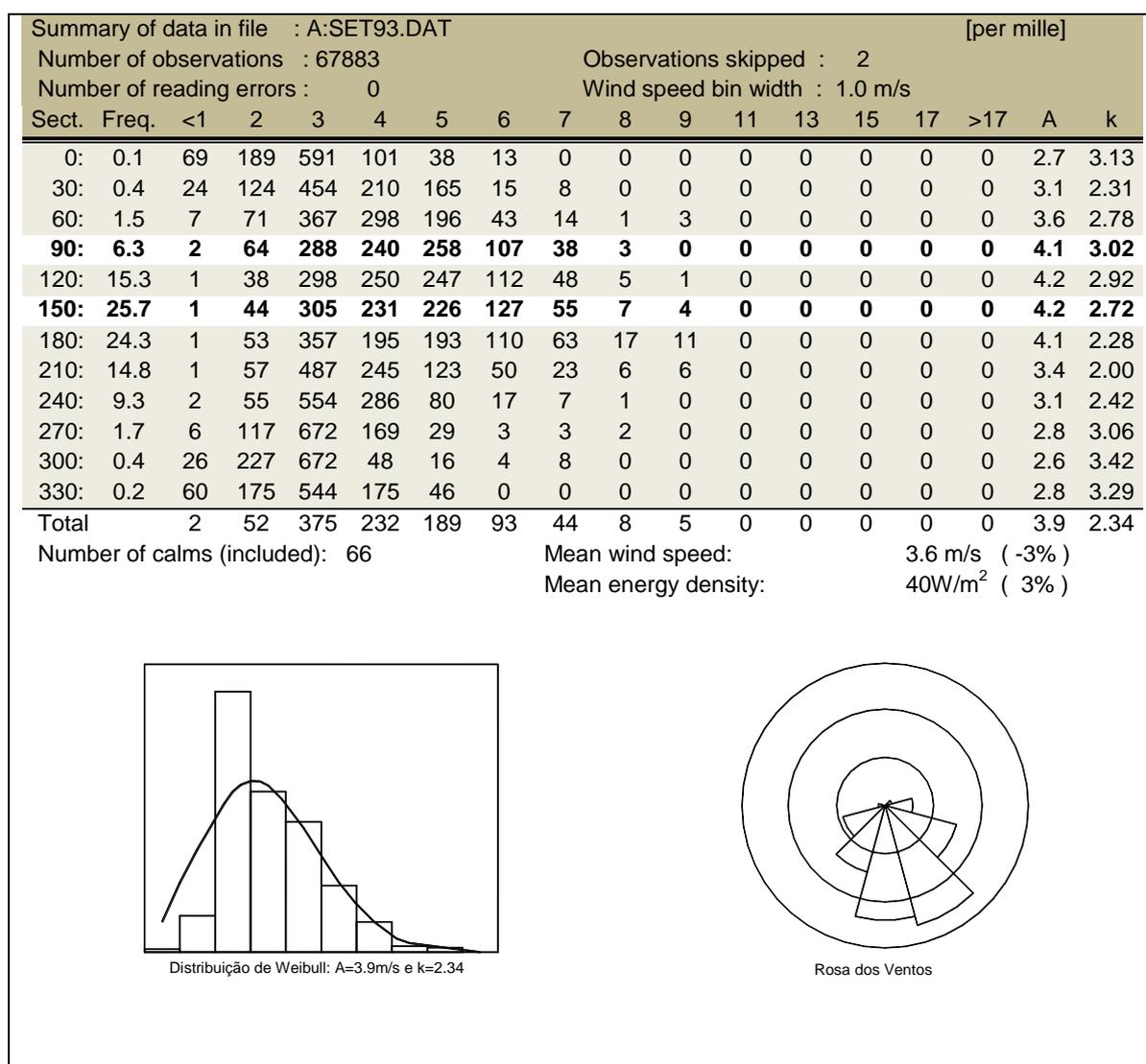
NÚMERO DE BEAUFORT	DESIGNAÇÃO	$\bar{V}_{10min}(10m)^{(1)}$		EFEITOS EM:	
		km/h	m/s	NATUREZA E CONSTRUÇÕES	PESSOAS
10	VENDAVAL	88 – 102 (128 – 148)	24,5 – 28,4 (35,5 – 41,2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Árvores são quebradas ou arrancadas em grande número. Danos a plantações e bosques.</li> <li>• Danos estruturais consideráveis: forros, telhas e telhados pesados são arrancados; danos a paredes de alvenaria; casas de alvenaria podem ser parcial ou totalmente destruídas; hangares são destelhados e mesmo arrancados de suas bases; tombamento de silos metálicos; aviões pequenos são deslocados e virados.</li> <li>• Destruição ou arrancamento de revestimentos de fachadas, esquadrias e vidraças.</li> <li>• Tombamento de jamantas com carga leve.</li> <li>• Tombamento de vagões e locomotivas em linhas de 1m.</li> <li>• Desabamento de muros comuns (1,8m).</li> <li>• Torres de linhas de transmissão danificadas ou arrancadas de suas bases.</li> <li>• Postes tombados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pessoas podem ser lançadas ao solo pelas rajadas.</li> </ul>
11	TEMPESTADE	102 – 120 (148 – 174)	28,4 – 33,3 (41,2 – 48,3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Danos generalizados e severos, tanto em estruturas como em plantações e bosques, que sofrem grandes devastações.</li> <li>• Construções de alvenaria podem ser totalmente destruídas, bem como pavilhões industriais e afins.</li> <li>• Mesmo construções com boa estrutura em concreto armado ou aço sofrem danos consideráveis em paredes e telhados.</li> </ul>	-
12	FURACÃO, TUFÃO	> 120 (> 174)	> 33,3 (> 48,3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extremamente violento e devastados, com danos ainda mais importantes que os ocasionados por uma tempestade.</li> </ul>	-

<sup>(1)</sup> Entre parênteses: velocidade de rajada máxima sobre 3 segundos.

Quadro 48: Escala Beaufort.  
Baseado em: (BLESSMANN, 2001, p. 127-129).

## ANEXO D | ATLAS DE VENTO DO AEROPORTO CASTRO PINTO

Atlas de vento do Aeroporto Castro Pinto (284600 ; 9209600) – 85.01-94.08 (SILVA, 1999, p. 21), resultante da aplicação do  $WA^SP$ , correspondente a dez anos de dados medidos na estação meteorológica do aeroporto de João Pessoa-PB.



Quadro 49: Atlas de vento do Aeroporto Castro Pinto (284600 ; 9209600) – 85.01-94.08.  
Baseado em: (SILVA, 1999, p. 21).

## ANEXO E | CLASSIFICAÇÃO DOS USOS E ATIVIDADES

Classificação dos usos e atividades para a cidade de João Pessoa, definida no decreto N<sup>o</sup> 5363/2005, de 28 de junho de 2005, no Anexo II (PMJP, 2005):

### CLASSIFICAÇÃO DOS USOS E ATIVIDADES

TIPO	CÓDIGO
<b>USO RESIDENCIAL</b>	
• Habitação Unifamiliar isolada.	H1
• Habitação Unifamiliar em condomínio.	H2
• Habitação Bifamiliar ou Multifamiliar geminada até 2 pavimentos.	H3
• Habitação Multifamiliar isolada até 5 pavimentos. (inclusive cobertura)	H4
• Habitação Multifamiliar em condomínio, até 5 pavimentos. (inclusive cobertura)	H5
• Habitação Multifamiliar isolada - acima de 5 pavimentos.	H6
• Habitação Multifamiliar em condomínio - acima de 5 pavimentos.	H7
<b>ASSISTÊNCIA SOCIAL</b>	
• Instituições beneficentes.	AS1
• Creches, berçários, maternais.	AS2
<b>ASSOCIATIVISMO</b>	
• Entidades de classe como: associações, sindicatos, conselhos, federações e similares.	ASS1
<b>CULTURA</b>	
• Biblioteca e centro cultural de bairro e similar.	C1
• Biblioteca central, associações culturais, centro de cultura e similares.	C2
<b>DIVERSÕES</b>	
• Campo de esportes, parque de recreação, clubes esportivos pequenos.	DV1
• Cinema, teatro, clubes noturnos, boates, locais de danças, casas de recepção.	DV2
• Clubes recreativos, jogos de salão, jogos eletrônicos.	DV3
<b>EDUCAÇÃO</b>	
• Pré-escolar, jardim de infância e 1 <sup>o</sup> grau.	E1
• Ensino do 2 <sup>o</sup> Grau e escolas profissionalizantes em geral.	E2
• Escolas especializadas (inglês, datilografia, música, balé e ensino não seriado (cursinhos)).	E3
<b>SERVIÇO DE HOTELARIA</b>	
• Hotel, Hotel de Lazer, Resort.	HT1
• Hotel Residencial, "Flat", Motel.	HT2
• Pousada, Hospedaria, Pensão e Albergue.	HT3
<b>TEMPLO RELIGIOSO</b>	
• Templos religiosos, capelas, casa de oração ou culto, igrejas.	TR1
• Convento, seminário, mosteiro.	TR2

Continuação:

### CLASSIFICAÇÃO DOS USOS E ATIVIDADES

TIPO	CÓDIGO
<b>COMÉRCIO VAREJISTA</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comércio varejista de pequeno porte como: mercearias, açougues, padarias, armazéns, lanchonetes, restaurantes, frios, laticínios e ovos, sorveteria, quitandas, bar, farmácia, drogaria, mercadinho e similares, com no máximo 250m<sup>2</sup> de área construída.</li> </ul>	<b>CV1</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pequeno comércio de tecidos e artefatos de tecidos, artigos do vestuário, livraria, papelaria, artigos, para escritório, artigos para o lar, utilidades domésticas e eletro-doméstico, lojas de brinquedos, materiais esportivos e religiosos, louças e ferragens, materiais elétricos, artigos para jardinagem e similares.</li> </ul>	<b>CV2</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Joalheria, relojoaria, óptica, cine-foto-som, antiquários, artigos de decoração e presentes, objetos de arte, galerias e similares.</li> </ul>	<b>CV3</b>

Quadro 50: Classificação dos usos e atividades, Decreto N<sup>o</sup> 5363/2005, Anexo II.  
Baseado em: (PMJP, 2005).

## **ANEXO F | BAIRRO ALTIPLANO CABO BRANCO**

Mapa do bairro Altiplano Cabo Branco, sistema de logradouros (PMJP, 2013).



## **ANEXO G | BAIRRO CABO BRANCO**

Mapa do bairro Cabo Branco – FAIXA 1, sistema de logradouros (PMJP, 2013).



OCEANO ATLÂNTICO



**Legenda**

- IGREJAS
- Aldeia
- Parcelas
- Solo

Tipos	Trabalho	Nome
01	Aldeia	Aldeia Baixa
02	Aldeia	Aldeia Alta
03	Aldeia	Aldeia Central
04	Aldeia	Aldeia Leste
05	Aldeia	Aldeia Oeste
06	Aldeia	Aldeia Sul
07	Aldeia	Aldeia Norte
08	Aldeia	Aldeia Centro
09	Aldeia	Aldeia Periferia
10	Aldeia	Aldeia Industrial
11	Aldeia	Aldeia Comercial
12	Aldeia	Aldeia Residencial
13	Aldeia	Aldeia Turística
14	Aldeia	Aldeia Religiosa
15	Aldeia	Aldeia Escolar
16	Aldeia	Aldeia Hospitalar
17	Aldeia	Aldeia Militar
18	Aldeia	Aldeia Policial
19	Aldeia	Aldeia Judiciária
20	Aldeia	Aldeia Legislativa
21	Aldeia	Aldeia Executiva
22	Aldeia	Aldeia Judiciária
23	Aldeia	Aldeia Legislativa
24	Aldeia	Aldeia Executiva
25	Aldeia	Aldeia Judiciária
26	Aldeia	Aldeia Legislativa
27	Aldeia	Aldeia Executiva
28	Aldeia	Aldeia Judiciária
29	Aldeia	Aldeia Legislativa
30	Aldeia	Aldeia Executiva
31	Aldeia	Aldeia Judiciária
32	Aldeia	Aldeia Legislativa
33	Aldeia	Aldeia Executiva
34	Aldeia	Aldeia Judiciária
35	Aldeia	Aldeia Legislativa
36	Aldeia	Aldeia Executiva
37	Aldeia	Aldeia Judiciária
38	Aldeia	Aldeia Legislativa
39	Aldeia	Aldeia Executiva
40	Aldeia	Aldeia Judiciária
41	Aldeia	Aldeia Legislativa
42	Aldeia	Aldeia Executiva
43	Aldeia	Aldeia Judiciária
44	Aldeia	Aldeia Legislativa
45	Aldeia	Aldeia Executiva
46	Aldeia	Aldeia Judiciária
47	Aldeia	Aldeia Legislativa
48	Aldeia	Aldeia Executiva
49	Aldeia	Aldeia Judiciária
50	Aldeia	Aldeia Legislativa

**ATENÇÃO:** IMAGEM APENAS ILUSTRATIVA, QUALIDADE NÃO ESTÁ COMPATÍVEL COM A CORRESPONDENTE NO VOLUME ESCRITO.

**SISTEMA DE LOGRADOUROS**

013 - Baixo Cabo Branco - Faixa 1

Escala: 1:7.500

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO

Departamento de Desapropriação e Cadastro Urbano

JANEIRO/06

## ANEXO H | RUGOSIDADE DO TERRENO

Descrição e exemplos das categorias de rugosidade do terreno, definidas na NBR 6.123/1988, ABNT (1988, p. 8); relacionando para cada categoria, Categoria I, Categoria II, Categoria III, Categoria IV e Categoria V, os valores correspondentes do expoente  $p$  (sobre 1 hora) em lei de potência contidos na Tabela 21, do ANEXO A da NBR 6.123/1988, ABNT (1988, p. 42). Em destaque as **Categorias I, Categoria III e Categoria IV**.

CATEGORIA	DESCRIÇÃO	EXEMPLOS	EXPOENTE $p$
I	<b>Superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5km de extensão, medida na direção e sentido do vento incidente.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mar calmo;</li> <li>• lagos e rios;</li> <li>• pântanos sem vegetação.</li> </ul>	<b>0,10</b>
II	Terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada inferior ou igual a 1,0m.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zonas costeiras planas;</li> <li>• pântanos com vegetação rala;</li> <li>• campos de aviação;</li> <li>• pradarias e charnecas;</li> <li>• fazendas com sebes ou muros.</li> </ul>	0,16
III	<b>Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas.</b> A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 3,0m.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• granjas e casas de campo, com exceção das partes com matos;</li> <li>• fazendas com sebes e/ou muros;</li> <li>• subúrbios a considerável distância do centro, com casas baixas e esparsas.</li> </ul>	<b>0,20</b>
IV	<b>Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, zona florestal, industrial ou urbanizada.</b> A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 10,0m. <b>Esta categoria também inclui zonas com obstáculos maiores e que ainda não possam ser consideradas na Categoria V.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zonas de parques e bosques com muitas árvores;</li> <li>• cidades pequenas e seus arredores;</li> <li>• subúrbios densamente construídos de grandes cidades;</li> <li>• áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas.</li> </ul>	<b>0,25</b>
V	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos, grandes, altos e pouco espaçados. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual ou superior a 25,0m.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• florestas com árvores altas de copas isoladas;</li> <li>• centros de grandes cidades;</li> <li>• complexos industriais bem desenvolvidos.</li> </ul>	0,35

Quadro 51: Descrição e exemplos das categorias de rugosidade do terreno, e valores correspondentes do expoente  $p$  (sobre 1 hora) em lei de potência.

Baseado em: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988, p. 8 e 42).