

SÉRIE
RECURSOS ENERGÉTICOS

NOTA TÉCNICA DEA 04/12

Leilões de Energia: Instruções para as medições anemométricas e climatológicas em parques eólicos

Rio de Janeiro
Abril de 2012



Empresa de Pesquisa Energética

Ministério de
Minas e Energia

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso - “*double sided*”)



GOVERNO FEDERAL

Ministério de Minas e Energia

Ministro

Edison Lobão

Secretário Executivo

Márcio Pereira Zimmermann

Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético

Altino Ventura Filho

Série RECURSOS ENERGÉTICOS

NOTA TÉCNICA DEA 04/12

Leilões de Energia: Instruções para as medições anemométricas e climatológicas em parques eólicos



Empresa de Pesquisa Energética

Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

Presidente

Maurício Tiomno Tolmasquim

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Amílcar Guerreiro

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

José Carlos de Miranda Farias

Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustível

Elson Ronaldo Nunes

Diretor de Gestão Corporativa

Ibanês César Cássel

Coordenação Geral

Maurício Tiomno Tolmasquim

Amílcar Guerreiro

Coordenação Executiva

Amílcar Guerreiro

Equipe Técnica

Juarez C. Lopes

Flávio Rosa

Claudia Bento

Torsten Schwab (GIZ)

Roberto Castro (GIZ)

URL: <http://www.epe.gov.br>

Sede

SAN – Quadra 1 – Bloco B – Sala 100-A
70041-903 - Brasília – DF

Escritório Central

Av. Rio Branco, n.º 01 – 11º Andar
20090-003 - Rio de Janeiro – RJ

Rio de Janeiro

Abril de 2012

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso - “*double sided*”)

Leilões de Energia: Instruções para as medições anemométricas e climatológicas em parques eólicos

SUMÁRIO

1	OBJETIVO _____	1
2	SOBRE AS ESTAÇÕES DE MEDIÇÃO _____	2
3	SOBRE OS EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO _____	5
4	CADASTRAMENTO E INTERVENÇÕES _____	7
5	PROTOCOLO DE ENVIO E FORMATO DOS DADOS _____	8

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso - “*double sided*”)

1 OBJETIVO

Esta Nota Técnica apresenta as instruções gerais para o cumprimento das determinações legais e infra-legais estabelecidas pela Portaria MME 29, de 28 de janeiro de 2011, referentes às medições anemométricas e climatológicas para os parques eólicos vencedores dos leilões de energia promovidos pelo Ministério de Minas e Energia a partir de março de 2012.

Tais medições constituirão banco de dados permanente e referencial para estudos sobre a energia eólica e para o desenvolvimento de instrumental técnico voltado ao planejamento, à operação e à integração de parques eólicos ao sistema elétrico nacional.

2 SOBRE AS ESTAÇÕES DE MEDIÇÃO

2.1 Cada parque eólico vencedor do leilão, independentemente da potência instalada ou área ocupada, deverá instalar, dentro da área do parque, uma estação para medição e registro de dados anemométricos e climatológicos que deverão ser enviados à EPE conforme descrito nesta Nota Técnica.

2.2 As medições anemométricas e climatológicas serão permanentes e continuadas durante todo o período de vigência do contrato estabelecido nos leilões de aquisição de energia promovidos pelo Ministério de Minas e Energia.

2.3 As medições anemométricas e climatológicas não são exclusivas da EPE e o proprietário do parque eólico poderá dispor delas livremente para verificação, controle e operação do parque.

2.4 A estação de medição deverá ser instalada em local definitivo e iniciar as medições, registros e envio das informações à EPE no prazo estabelecido pela Portaria MME 29, de 28 de janeiro de 2011.

2.5 Até a data de início das medições a estação de medição deverá ser cadastrada na EPE, através do Sistema AMA, de acordo com o procedimento estabelecido no Capítulo 4 - Cadastramento e Intervenções.

2.6 A estação de medição deve ser posicionada na parte frontal do parque eólico tendo como referência a direção predominante dos ventos, em local representativo do parque e onde a interferência por obstáculos naturais ou turbulência produzida por aerogeradores de parques adjacentes seja mínima.

2.7 Excepcionalmente, em razão de acidentes topográficos na parte frontal do parque, a estação pode ser instalada em local alternativo, buscando-se, sempre, aqueles onde as interferências nas medições sejam mínimas.

2.8 A estação de medição deve receber manutenção preventiva anual, e corretiva sempre que necessário, para garantir a qualidade das medições e não ultrapassar o índice máximo de perda de medições conforme definido no item 3.6.

2.9 A estação de medição deve ter adequada proteção contra descargas atmosféricas e atender às normas relativas à sinalização luminosa para o tráfego aéreo.

2.10 A estação de medição deve conter, além do registrador de medições (*“data logger”*), pelo menos os seguintes medidores:

- 03 (três) anemômetros de concha;
- 02 (dois) medidores de direção dos ventos (*“wind vanes”*);
- 01 (um) medidor de umidade do ar;
- 01 (um) medidor de pressão barométrica; e
- 01 (um) termômetro.

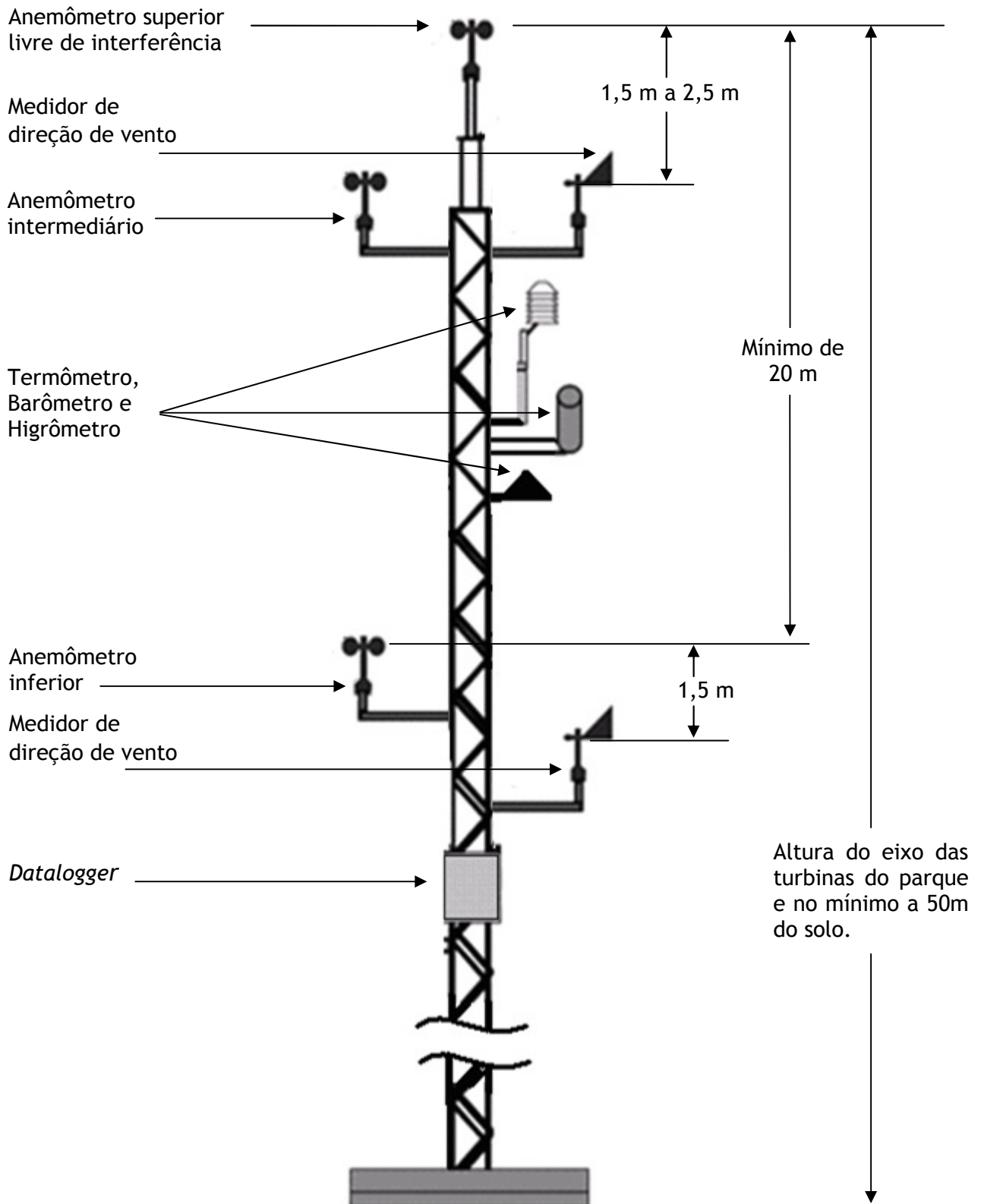
2.11 O posicionamento dos equipamentos de medição deve estar em conformidade com as recomendações das Normas e publicações citadas no item 2.12. Em especial deve-se observar:

- Um anemômetro deverá ser instalado no topo da estação de medição (anemômetro superior), em altura do solo igual à do eixo das turbinas do parque eólico e, no mínimo, a 50 (cinquenta) metros de altura do solo;
- O anemômetro superior deve estar livre de perturbações e interferências causadas por outros instrumentos de medição ou de sinalização;
- O segundo anemômetro (anemômetro intermediário) deve ser instalado à distância de até 2,5 (dois vírgula cinco) metros abaixo do anemômetro superior;
- O terceiro anemômetro (anemômetro inferior) deve ser instalado à distância mínima de 20 (vinte) metros abaixo do anemômetro superior e, preferencialmente, na altura inferior da ponta da pá das turbinas;
- O medidor superior de direção de vento deve ser instalado à distância mínima de 1,5 (um vírgula cinco) metros abaixo do anemômetro superior e máxima de 10% da altura do eixo das turbinas do parque eólico;
- O barômetro, o medidor de umidade relativa do ar e o termômetro devem ser instalados preferencialmente entre 1,5 metros e 10 metros abaixo do topo da estação de medição;
- A estação de medição deve ter sua verticalidade verificada.

2.12 O projeto e a montagem da estação, os equipamentos de medição e as rotinas de medição e manutenção devem atender as seguintes Normas Técnicas e publicações (ou suas versões mais atuais):

- a. IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY: 11. Wind speed measurement and use of cup anemometry; 1. Edition; Glasgow; 1999.
- b. MEASNET: Cup Anemometer Calibration Procedure; Version 1; Sep 1997.
- c. IEC - INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION: Wind turbines - Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines (IEC 61400-12-1:2005); 2005.
- d. MEASNET: Evaluation of site-specific Wind conditions; Version 1, Nov 2009;e
- e. MINISTÉRIO DA DEFESA, Comando da Aeronáutica - Portaria Nº 256/GC5, de 13 de maio de 2011.

2.13 A figura a seguir sugere a distribuição dos instrumentos de medição na torre.



(Figura sem escala)

3 SOBRE OS EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO

- 3.1 Os anemômetros devem ser do tipo *Class 1* ou melhor, de acordo com a classificação da Norma IEC 61400-12-1 e deverão estar calibrados quando da instalação.
- 3.2 A calibração inicial dos anemômetros deve ser realizada por instituição acreditada MEASNET.
- 3.3 Os medidores de direção dos ventos devem ser de precisão igual ou melhor que 3° (três graus), resolução igual ou menor que 1° (um grau), banda morta (“*dead band*”) não superior a 6° (seis graus) e velocidade de partida (“*starting threshold*”) igual ou menor que 1 m/s (um metro por segundo).
- 3.4 O higrômetro deve ter precisão igual ou melhor que $\pm 2\%$ entre 5% e 95% RH.
- 3.5 O termômetro deve ter precisão igual ou melhor que $\pm 0,5^\circ\text{C}$ entre -15°C e 60°C .
- 3.6 O barômetro deve ter precisão igual ou melhor que ± 5 hPa entre 800 hPa e 1060 hPa.
- 3.7 O “*datalogger*” deve registrar corretamente o “*North Jump*”.
- 3.8 As medições de velocidade e direção dos ventos devem ser realizadas a cada segundo (frequência de 1 Hz) e integralizadas em intervalo de 10 (dez) minutos.
- 3.9 A cada ano calendário (01 de janeiro a 31 de dezembro), os registros das medições não poderão ter índice de perda de dados superior a 10% e o período contínuo máximo de interrupção das medições não poderá ser superior a 15 dias.
- 3.10 O índice de perda de dados será calculado por equipamento de medição, considerados os sensores de pressão, temperatura e umidade como um único equipamento, com base na relação entre o número total de medidas inválidas e o número total de medidas esperadas por ano ($6 \times 144 \times$ número de dias do ano).
- 3.11 A interrupção do registro de medições por período de até 90 (noventa) dias, motivada por atos de vandalismo, necessidade de substituição ou de relocação da torre de medição, desde que comunicada à EPE, não será computada para efeito de cálculo dos índices de perdas de dados.
- 3.12 O atraso no envio dos registros das medições à EPE não poderá exceder 60 (sessenta) dias.
- 3.13 O registrador de medições (“*data logger*”) deve ter os seguintes recursos:
- Canais para registro de, pelo menos, 3 (três) anemômetros;
 - Canais para registro de, pelo menos, 2 (dois) medidores de direção de vento;
 - Frequência de aquisição de 1Hz (1 registro por segundo);
 - Intervalo de integração e registro de 10 minutos;

- Canais para registro das velocidades máxima e mínima do vento no intervalo de integração e da média e do desvio padrão das medições realizadas no intervalo de integração;
- Canais para registro da média e do desvio padrão das medições de direção do vento realizadas no intervalo de integração;
- Canais para registro dos valores médios no intervalo de integração das medições de umidade relativa do ar, pressão barométrica e temperatura ambiente;
- Abastecimento de energia elétrica independente e seguro;
- Memória suficiente para garantir o armazenamento de pelo menos 30 dias de medições, para retirada de dados *in situ* caso haja problema de transmissão dos dados.

3.14 Os anemômetros devem ser recalibrados pelo menos a cada 24 (vinte e quatro) meses de uso por laboratório acreditado de acordo com a norma ISO/IEC 17025. As recalibrações devem obedecer aos procedimentos e recomendações da norma IEC 61400-12-1, anexo F.

3.15 A estação deve continuar operando normalmente durante a recalibração de equipamentos. Anemômetros retirados devem ser substituídos por anemômetros calibrados.

3.16 Os registros das medições devem ser encaminhados à EPE de acordo com os padrões definidos no Capítulo 5 - Protocolo de Envio e Formato dos Dados.

3.17 A inobservância dos prazos contratuais, dos índices de desempenho da estação de medição ou das especificações dos equipamentos de medição será comunicada mensalmente à Câmara de Comercialização de Energia Elétrica - CCEE e à Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, considerado o prazo de rotina estabelecido no item 5.1.

4 CADASTRAMENTO E INTERVENÇÕES

4.1 Antes do início de envio dos registros de medições anemométricas e climatológicas a estação de medição deverá ser cadastrada via Internet no Sistema AMA, da EPE, ocasião em que será fornecido o código numérico de identificação da estação.

4.2 Por ocasião do cadastramento serão solicitadas as seguintes informações:

- Elementos descritivos da estação de medição;
- Posição geográfica da estação de medição. A posição geográfica da estação deverá ser referenciada à projeção UTM, vinculado ao Sistema Geodésico Brasileiro - SIRGAS 2000, indicando o meridiano central ou zona;
- Nome, endereço para correspondência, telefone e endereço eletrônico do responsável pelas medições;
- Marca, modelo, fabricante e, onde cabível, número de série dos instrumentos de medição e “*data logger*”;
- Desenho da estação de medição mostrando o tipo da estrutura e suas dimensões, assim como a posição e altura em relação ao solo dos instrumentos de medição;
- Registro fotográfico da estação de medição (4 fotografias) à distância superior a 10 metros, mostrando a estação a partir das direções Norte, Sul, Leste e Oeste;
- Registro fotográfico dos arredores da estação (4 fotografias) à partir da estação, em altura próxima de 10 metros, nas direções Norte, Sul, Leste e Oeste;
- Certificados válidos de calibração dos instrumentos de medição anemométrica emitidos por instituição acreditada MEASNET e fatores de calibração;
- “*Off-set*” dos medidores de direção de vento em relação ao norte geográfico.

4.3 Após manutenções preventivas, corretivas ou recalibração de instrumentos de medição o responsável pela estação de medição deverá registrar no Sistema AMA, via internet, Relatório de Intervenção.

4.4 O Relatório de Intervenção conterá as seguintes informações:

- Data e tipo da intervenção;
- Fotografia das bases de ancoragem e esticadores dos estais (apenas nas manutenções preventivas anuais);
- Em caso de substituição de equipamento de medição:
 - Do equipamento retirado: tipo de equipamento, posição na torre de medição, fabricante, número de série e motivo da troca do equipamento;
 - Do equipamento instalado: tipo de equipamento, posição na torre de medição, fabricante, número de série e, se substituídos anemômetros, cópia dos certificados e fatores de calibração.

5 PROTOCOLO DE ENVIO E FORMATO DOS DADOS

5.1 Os registros das medições devem ser transmitidos à EPE a cada 15 (quinze) dias, observada a seguinte rotina:

- as medições registradas a partir da 00:00h do primeiro dia de cada mês até as 23:50h do dia 15 (quinze) do mesmo mês podem ser enviadas à EPE até o dia 21 (vinte e um) do mesmo mês;
- as medições registradas a partir da 00:00h do dia 16 (dezesesseis) de cada mês até as 23:50h do último dia do mesmo mês podem ser enviadas à EPE até o dia 06 (seis) do mês seguinte.

5.2 A plausibilidade das medidas deve ser verificada antes do envio dos registros à EPE e medidas implausíveis podem ser registradas ou substituídas por “-“ (hífen) no arquivo de dados enviado à EPE.

5.3 As medidas implausíveis ou aquelas realizadas por equipamento defeituoso devem ser assinaladas por código de erro no registro das medições enviadas à EPE.

5.4 São consideradas implausíveis as seguintes medidas:

- Pressão atmosférica: $P < 800 \text{ hPa}$ ou $P > 1060 \text{ hPa}$
- Temperatura: $T < -15^\circ \text{C}$ ou $T > 50^\circ \text{C}$
- Umidade do ar: $U < 0\%$ ou $U > 110\%$
- Velocidade média do vento (10 min): $V < 0 \text{ m/s}$ ou $V > 50 \text{ m/s}$
- Velocidade máxima do vento (1 seg): $V < 0 \text{ m/s}$ ou $V > 70 \text{ m/s}$

5.5 O código de erro do intervalo de registro (10 minutos) é formado pela soma dos seguintes códigos individuais de erro:

- Erro em qualquer dos medidores climáticos (Pressão, Temperatura ou Umidade): 1
- Erro no anemômetro superior (qualquer das 4 informações): 2
- Erro no medidor de direção do vento superior (qualquer das 2 informações): 4
- Erro no anemômetro inferior (qualquer das 4 informações): 8
- Erro no medidor de direção do vento inferior (qualquer das 2 informações): 16
- Erro no anemômetro de intermediário (qualquer das 4 informações): 32

5.6 A EPE pode, ocasionalmente, retirar os dados diretamente na estação de medição, desde que comunicado ao responsável pelo parque com antecedência mínima de 15 dias.

5.7 Os registros das medições devem ser enviados à EPE em forma de arquivo digital do tipo texto (extensão “.txt”), através do Sistema AMA (“*up-load*”).

5.8 O arquivo digital conterá um cabeçalho (“*header*”) com o código numérico de identificação da estação de medição e descritores dos dados informados e os registros de medição propriamente ditos, conforme exemplo mostrado no item 5.15.

5.9 O nome do arquivo é composto do código numérico de identificação da estação, da data do início do registro de dados e da data do fim do registro de dados (datas no formato AAAAMMDD).

5.10 Os registros de medição deverão conter, pelo menos, as seguintes informações e na sequência abaixo descrita:

1. Dia do início do intervalo (de 10 minutos) de medição - formato [AAAAMMDD]
2. Horário do início do intervalo (de 10 minutos) de medição - formato [hhmmss]
3. Código de erro do intervalo, com “0” indicando medição sem erro - formato [xxx]
4. Pressão do ar [hPa]: média do intervalo de integração de 10 minutos (800 ... 1060 hPa; ± 5 hPa) - formato [xxxx]
5. Temperatura do ar [$^{\circ}$ C]: média do intervalo de integração de 10 minutos (-15° C ... $+50^{\circ}$ C; $\pm 0,5^{\circ}$ C) - formato [sxx,x]
6. Umidade relativa do ar [%rel]: média do intervalo de integração de 10 minutos (0 % ... 110 %; $\pm 2\%$) - formato [xxx,x]
7. Velocidades do vento medidas pelo anemômetro superior [m/s] (0 m/s ... 70 m/s; $\pm 0,01$ m/s) - formato [xx,xx]:
 - a. Média do intervalo de integração de 10 minutos;
 - b. Máxima instantânea (1 seg) registrada no intervalo de integração;
 - c. Mínima instantânea (1 seg) registrada no intervalo de integração;
 - d. Desvio padrão no intervalo de integração.
8. Direção do vento do medidor superior de direção do vento (0° ... 360° ; $\pm 1^{\circ}$) - formato [xxx]:
 - a. Média do intervalo de integração de 10 minutos;
 - b. Desvio padrão no intervalo de integração.
9. Velocidades do vento medidas pelo anemômetro inferior (0 m/s ... 70 m/s; $\pm 0,01$ m/s) - formato [xx,xx]:
 - a. Média do intervalo de integração de 10 minutos;
 - b. Máxima instantânea (1 seg) registrada no intervalo de integração;
 - c. Mínima instantânea (1 seg) registrada no intervalo de integração;
 - d. Desvio padrão no intervalo de integração.

10. Direção do vento do medidor de direção do vento inferior ($0^\circ \dots 360^\circ$; $\pm 1^\circ$) - formato [xxx]:

- a. Média do intervalo de integração de 10 minutos;
- b. Desvio padrão no intervalo de integração.

11. Velocidades do vento medidas pelo anemômetro intermediário (0 m/s ... 70 m/s; $\pm 0,01$ m/s) - formato [xx,xx]:

- e. Média do intervalo de integração de 10 minutos;
- f. Máxima instantânea (1 seg) registrada no intervalo de integração;
- g. Mínima instantânea (1 seg) registrada no intervalo de integração;
- h. Desvio padrão no intervalo de integração.

5.11 O registro de horário das medições deverá estar referenciado à “UTC - 3” (“Coordinated Universal Time” menos três horas) e não acompanhará o horário de verão.

5.12 A referência (zero grau) para as medidas de direção de ventos deve ser o norte geográfico.

5.13 As colunas dos registros das medições devem ser separadas pelo símbolo “|” (*pipe*). O símbolo “,” (vírgula) deve ser usado como separador de decimais. Cada linha de dados deve ser terminada com o símbolo “|” (*pipe*).

5.14 Os registros de medições devem ser iniciados com uma linha contendo a palavra “*dados*” e finalizados com uma linha contendo a palavra “*fimdados*”, ambas iniciadas na primeira coluna e sem o símbolo “|” (*pipe*).

5.15 Exemplo: arquivo “000002_20101215_20101216.TXT” (a seguir).

Estação 000001

Início 20120216000000

Fim 20120229235000

CH01 Dia do início do intervalo (de 10 minutos) de medição [AAAAMMDD]

CH02 Horário do início do intervalo (de 10 minutos) de medição [hhmmss]

CH03 Código de erro do intervalo, com "0" indicando medição sem erro

CH04 Pressão do ar [hPa]: média do intervalo

CH05 Temperatura do ar [°C] : média do intervalo

CH06 Umidade relativa do ar [%rel]: média do intervalo

CH07 Anemômetro superior (80m), velocidade do vento [m/s]: média do intervalo

CH08 Anemômetro superior (80m), velocidade do vento [m/s]: máximo do intervalo

CH09 Anemômetro superior (80m), velocidade do vento [m/s]: mínimo do intervalo

CH10 Anemômetro superior (80m), velocidade do vento [m/s]: desvio padrão do intervalo

CH11 Wind Vane superior (78,5m), direção de vento [°]: média do intervalo.

CH12 Wind Vane superior (78,5m), direção de vento [°]: desvio padrão do intervalo

CH13 Anemômetro 2 (50m), velocidade do vento [m/s]: média do intervalo

CH14 Anemômetro 2 (50m), velocidade do vento [m/s]: máximo do intervalo

CH15 Anemômetro 2 (50m), velocidade do vento [m/s]: mínimo do intervalo

CH16 Anemômetro 2 (50m), velocidade do vento [m/s]: desvio padrão do intervalo

CH17 Wind Vane 2 (48,5m), direção de vento [°]: média do intervalo

CH18 Wind Vane 2 (48,5m), direção de vento [°]: desvio padrão do intervalo

CH19 Anemômetro 3 (77m), velocidade do vento [m/s]: média do intervalo

CH20 Anemômetro 3 (77m), velocidade do vento [m/s]: máximo do intervalo

CH21 Anemômetro 3 (77m), velocidade do vento [m/s]: mínimo do intervalo

CH22 Anemômetro 3 (77m), velocidade do vento [m/s]: desvio padrão do intervalo

CH01|CH02|CH03|CH04|CH05|CH06|CH07|CH08|CH09|CH10|CH11|CH12|CH13|CH14|CH15|CH16|CH17|CH18|CH19|CH20|CH21|CH22|
dados

20120216|000000|000|0906|20,1|97,0|11,36|14,04|08,50|01,07|106|006|10,17|13,31|07,53|01,09|105|005|11,29|14,09|08,51|01,05|

20120216|001000|000|0906|20,1|97,0|11,02|15,10|08,18|01,35|106|006|09,89|13,95|06,57|01,49|105|006|10,98|15,33|08,23|01,37|

20120216|002000|000|0906|20,1|96,0|10,93|13,95|08,27|01,01|105|005|09,81|12,81|06,43|01,34|104|005|10,89|13,64|07,86|01,05|

20120216|003000|000|0906|20,1|96,0|11,98|16,33|08,36|01,31|105|006|10,43|13,63|07,48|01,33|104|005|11,98|16,48|09,06|01,34|

20120216|004000|000|0906|19,9|97,0|11,82|15,97|07,91|01,45|102|005|10,60|14,37|06,20|01,58|101|005|11,79|15,88|07,82|01,46|

fimdados