

1 OBJETIVO

Estabelecer os métodos e critérios utilizados para a consistência e validação de dados meteorológicos, com base em um conjunto de boas práticas referenciadas nacional e internacionalmente, com o objetivo de detectar padrões anômalos e inconsistências nos dados registrados pelas estações meteorológicas da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia (RMQAM) do Instituto Estadual do Ambiente (Inea).

2 CAMPO DE APLICAÇÃO E VIGÊNCIA

Este Procedimento Operacional Padrão (POP) aplica-se à Gerência de Qualidade do Ar (Gerar), em especial, ao Serviço de Monitoramento e Avaliação da Qualidade do Ar (Servar) e passa a vigorar a partir da aprovação pela Diretoria de Segurança Hídrica e Qualidade Ambiental (Dirseq). Este procedimento é etapa do tratamento de dados meteorológicos recebidos, contendo a metodologia de análise de consistência e de validação dos mesmos.

3 DEFINIÇÕES

Os termos que possuem definição, no quadro a seguir, aparecem em negrito ao longo do texto do POP.

TERMO / SIGLA	OBJETO
Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS)	Um sistema de alta pressão semipermanente sobre o Oceano Atlântico Sul, centrado entre 20°S e 35°S de latitude.
Constante solar à distância média Terra-Sol (S₀)	Equivale a 1367 W/m² .
Departamento do Espaço Aereo (DECEA)	O DECEA é a agência do Comando da Aeronáutica responsável pela gestão do espaço aéreo brasileiro, garantindo a segurança e eficiência dos voos.
Hectopascal (hPa)	Equivale a 100 Pascal, a unidade padrão de pressão adotada pelo Sistema Internacional de Unidades.
Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)	Órgão do Ministério da Agricultura e Pecuária, cuja função é de promover e coordenar atividades para produção de informações meteorológicas tempestivas e relevantes voltadas à mitigação de riscos e ao desenvolvimento sustentável do setor agropecuário, à conservação do meio ambiente e à segurança da sociedade brasileira.
Milímetro (mm)	Equivale a 0,001 metros, a unidade padrão de comprimento adotada pelo Sistema Internacional de Unidades.
Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia (RMQAM)	É uma rede composta por estações de monitoramento dotadas de equipamentos que coletam e analisam continuamente amostras do ar, processando as informações geradas na forma de médias horárias
Umidade Relativa (UR)	Quantificação do quão saturado de vapor d'água está o ar em um determinado local
Unidade Astronômica (UA)	Por convenção é definida como a distância média Terra-Sol (1 UA = 1,496 x 10 ⁸ km).
Unidade de medida W/m²	Unidade que descreve a quantidade de energia incidente sobre uma superfície durante um intervalo de tempo, por unidade de área desta.

4 REFERÊNCIAS

Código POP-DIRSEQ-GERAR-01	Data de Aprovação	Rubrica do Diretor ou Diretor-Adjunto:	Revisão: 0	Página: 1 / 13
--------------------------------------	-------------------	--	----------------------	--------------------------

Para fins de utilização desta norma, devem ser consultados os documentos relacionados a seguir, suas atualizações e novos documentos que surgirem.

- 4.1 ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711–728, 1 dez. 2013.
- 4.2 CORREIA FILHO, W.L.F. et al. Investigating the Characteristics and Predictability of Measured Wind Speed Data Over Rio de Janeiro, Brazil. Pure Appl. Geophys. 178, 2333–2355 (2021).
- 4.3 EPA. Meteorological Monitoring Guidance for Regulatory Modeling Applications. EPA-454/R-99-005. Office of Air Quality Planning and Standards, Environmental Protection Agency, United States of America. 2000.
- 4.4 HMSO. Handbook of Meteorological Instruments, Part I. Great Britain Meteorological Office, HerMajesty's Stationery Office, London, England. 1956
- 4.5 IQBAL, M. THE SOLAR CONSTANT AND ITS SPECTRAL DISTRIBUTION. Em: An Introduction to Solar Radiation. Elsevier, 1983. p. 43–58.
- 4.6 MARQUES FILHO, E. P. et al. Global, diffuse and direct solar radiation at the surface in the city of Rio de Janeiro: Observational characterization and empirical modeling. Renewable Energy, v. 91, p. 64–74, jun. 2016.
- 4.7 MASON, C. J. and H. MOSES, 1984. Meteorological Instrumentation. In: Atmospheric Science and Power Production, D. Randerson (ed.). DOE/TIC27601. U. S. Department of Energy, Oak Ridge, TN.
- 4.8 OLIVEIRA, F. P.; AMORIM, H. S.; DERECZYNSKI, C. P. Investigando a atmosfera com dados obtidos por radiosondas. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 40, n. 3, 19 fev. 2018.
- 4.9 PRISTO, M. V. de J. et al. Climatologia de Chuvas Intensas no Município do Rio de Janeiro. Revista Brasileira De Meteorologia, 33(4), 615–630, 2018.
- 4.10 REBOITA, M. S. et al. The South Atlantic Subtropical Anticyclone: Present and Future Climate. Frontiers in Earth Science, v. 7, p. 8, 26 fev. 2019.
- 4.11 WMO. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation (8th Edition) WMO No. 8., Secretariat of the World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland. 2023.

5 RESPONSABILIDADES GERAIS

5.1 SERVIÇO DE MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR (SERVAR / GERAR / DIRSEQ)

- Cumprir os requisitos do POP na consistência e validação de dados meteorológicos e propor atualização, sempre que necessário.

6 FLUXO DE VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO DE DADOS METEOROLÓGICOS

- 6.1 O procedimento de verificação e validação dos dados meteorológicos consiste em cinco etapas sequenciais, que progridem de critérios menos rigorosos para critérios mais refinados. A Identificação de registros suspeitos¹ ou inválidos realizados por um sensor meteorológico, tais como variações e tendências atípicas para um determinado parâmetro é feita por meio de:

- I. Critérios físicos: os registros não apresentam um comportamento físico possível para a variável analisada;
- II. Variabilidade de curto prazo: variações horárias/diárias e tendências diurnas atípicas; verificação em busca de “outliers”, magnitude de valores máximos/mínimos e persistência de valores repetidos ou com baixa variabilidade. Os registros são considerados suspeitos quando a sua evolução ou a sua variabilidade em uma curta escala temporal não condizem com o esperado para a variável;

Código POP-DIRSEQ-GERAR-01	Data de Aprovação	Rubrica do Diretor ou Diretor-Adjunto:	Revisão: 0	Página: 2 / 13
--------------------------------------	-------------------	--	----------------------	--------------------------

PROCEDIMENTO PARA OPERACIONALIZAR A VALIDAÇÃO DE DADOS DE METEOROLOGIA DA REDE DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR E METEOROLOGIA (RMQAM) DO INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA)

- III. Variabilidade de longo prazo: Verificação da evolução e variabilidade dos registros em uma escala temporal de semanas a meses. Há a suspeita quando esta evolução não é condizente com o esperado para a variável, ou pela sua própria série histórica de acordo com a sua sazonalidade;
- IV. Comparação entre variáveis: os registros entre os demais parâmetros da estação são comparados, com objetivo de verificar se o comportamento observado é realístico, ou seja, se os dados satisfazem as relações entre as demais variáveis de acordo com as condições

¹ Em primeira instância o dado é apenas considerado suspeito, sendo necessário maior investigação até que o analista tenha certeza sobre a sua invalidação.

meteorológicas atuantes;

- V. Consistência espacial: os registros para um mesmo parâmetro são comparados entre estações vizinhas, ou seja, entre estações próximas ou contidas na mesma bacia aérea. No entanto, nesta avaliação deve ser considerado a confiabilidade dos dados das estações utilizadas para comparação, assim como o grau de correlação entre as variáveis avaliadas.
- 6.2 Ao seguir estas etapas, espera-se que o analista/revisor seja capaz de distinguir entre registros válidos e suspeitos, identificar variações horárias/diárias (etapa II) e sazonais (etapa III) atípicas de uma determinada variável meteorológica e repetitiva dos dados.
- 6.3 Além disso, sempre que houver necessidade recomenda-se a utilização de outras fontes de informações relevantes além da rede de RAMQAr do INEA, como dados de estações meteorológicas de outras redes de monitoramento (e.g. **INMET** e **DECEA**), imagens de satélite e canais de notícias ou telejornais em busca de relatos de fenômenos meteorológicos, como tempestades isoladas, para auxiliar na consistência dos dados.

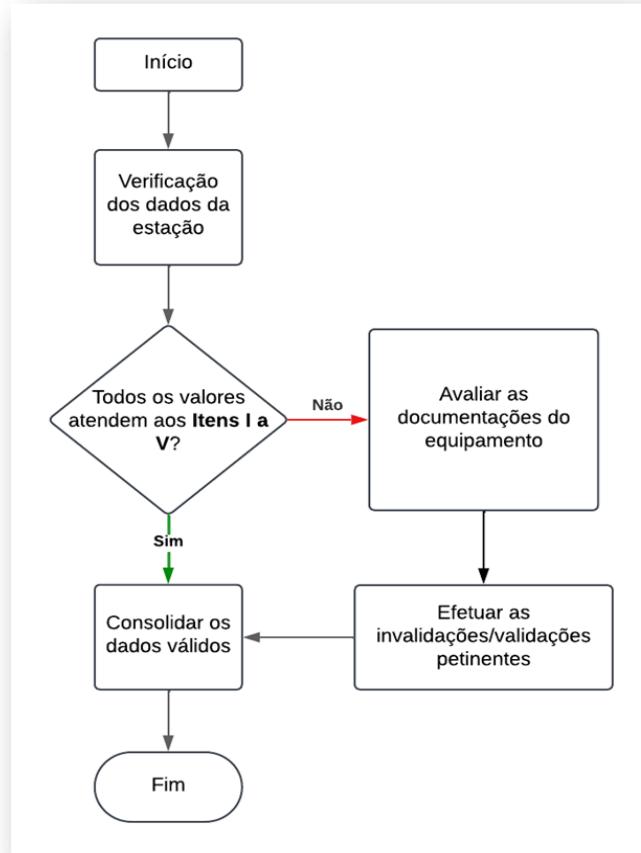


Figura 1: Fluxograma da verificação e validação de dados meteorológicos da RMQAM.

Código POP-DIRSEQ-GERAR-01	Data de Aprovação	Rubrica do Diretor ou Diretor-Adjunto:	Revisão: 0	Página: 3 / 13
--------------------------------------	-------------------	--	----------------------	--------------------------

7 CRITÉRIOS DE VALIDAÇÃO POR PARÂMETRO

7.1 PRESSÃO ATMOSFÉRICA

7.1.1 Critérios Físicos

- 7.1.1.1 A pressão atmosférica é influenciada principalmente pela altitude, assumindo valores em torno de 1010 **hPa** ao nível médio do mar e decrescendo à medida que a altitude aumenta. A pressão atmosférica decresce mais rapidamente nos primeiros metros da atmosfera, podendo atingir valores em torno de 920 **hPa** nos 1000 primeiros metros a partir da superfície (Oliveira et al., 2017).
- 7.1.1.2 O analista também pode se guiar pelas normais climatológicas disponibilizadas pelo **INMET**, referente aos valores mínimos e máximos esperados para a localidade, desde que a estação meteorológica de referência esteja próxima em distância e altitude.

7.1.2 Variabilidade de curto prazo

- 7.1.2.1 Considerando uma escala temporal de horas, são esperadas variações de até 6 **hPa** no período de 3 horas consecutivas (EPA, 2000). Variações acima desta faixa são muita raras, podendo ser causadas por fenômenos meteorológicos como tempestades locais (aumento repentino e temporário de pressão decorrente da “piscina fria” remanescente) ou passagens de frentes frias, associadas a entrada de um ar mais frio e, portanto, denso. Em ambos os casos, o repentino aumento (queda) da pressão pode ser validado através do declínio (elevação) da temperatura do ar.

7.1.3 Variabilidade de longo prazo

- 7.1.3.1 A variação da pressão atmosférica em escalas temporais superiores, como dias ou semanas, é influenciada principalmente pela atuação de sistemas meteorológicos da grande escala predominantes. Por exemplo, sistemas de baixa pressão e alta pressão, zona de convergência, entre outros.
- 7.1.3.2 Em uma escala temporal de meses, na média a pressão atmosférica durante o inverno é maior em relação a estação de verão. Isso ocorre pois durante os meses de inverno a Alta Subtropical do Atlântico Sul (**ASAS**) encontra-se mais intensa e atua sobre uma área mais extensa, de modo que sua seção oeste frequentemente cobre a região Sudeste do Brasil. Em contrapartida, durante o verão a posição climatológica da **ASAS** é mais afastada do continente (Reboita et al., 2019).

7.1.4 Consistência espacial

- 7.1.4.1 A mesma variação de pressão a longo prazo é observada mesmo em estações distantes entre si, independente da sua altitude. Já em relação a variações de curto prazo, a comparação entre a pressão atmosférica de estações vizinhas é válida desde que ambas historicamente tenham uma boa correlação entre seus registros horários.
- 7.1.4.2 De outro modo, diferenças de leituras de pressão atmosférica iguais ou superior a 2 **hPa** são mais comumente observadas a partir de centenas de quilômetros de distância. Se considerarmos duas estações próximas situadas aproximadamente a uma mesma altitude, a causa desta variação pode ser dada por:

- I - Altitude: Ligeiras diferenças de altitude de até dezenas de metros podem resultar em uma leve diferença de pressão atmosférica (e.g. 1, ou 2 **hPa** consistentemente). Visualizada na série temporal como uma diferença na “linha de base”, ou “offset”, entre os registros das estações.
- II - Modelo do sensor: a **RMQAM** do Inea é composta por estações meteorológicas equipadas por sensores de diferentes fabricantes e modelos. Assim, caso haja a suspeita de registros superestimados ou subestimados, tanto a precisão quanto a incerteza dos sensores devem ser levadas em consideração ao avaliar leituras de pressão atmosférica de ambas as estações utilizadas na comparação.

7.2 UMIDADE RELATIVA

Código POP-DIRSEQ-GERAR-01	Data de Aprovação	Rubrica do Diretor ou Diretor-Adjunto:	Revisão: 0	Página: 4 / 13
--------------------------------------	-------------------	--	----------------------	--------------------------

7.2.1 Critérios Físicos

- 7.2.1.1 A umidade relativa (**UR**) descreve o nível de saturação do ar úmido em um determinado local, variando entre 0% (totalmente seco) e 100% (saturado de vapor d'água). A variação da **UR** é inversamente proporcional à temperatura, ou seja, quando a temperatura do ar aumenta ao longo de uma hora ou mais, é esperada uma redução da umidade relativa e vice-versa. Isto ocorre porque o ar úmido expande ao ser aquecido e por consequência pode comportar mais vapor d'água dentro de si.
- 7.2.1.2 Em relação aos valores mínimos e máximos esperados para a localidade, o revisor de dados pode se guiar pelas normas climatológicas disponibilizadas pelo **INMET**, desde que a estação meteorológica de referência esteja próxima em distância e altitude, e o seu microclima seja semelhante (urbano, rural, litorâneo, etc.). Por exemplo, em locais muito próximos a grandes corpos d'água como um lago, baía ou o próprio oceano, é comum observar valores mais elevados de umidade relativa ao longo de todo o dia e frequentemente próximos de 100% durante a noite e madrugada em comparação a locais mais afastados. Isso ocorre tanto pelo transporte de umidade quanto pela manutenção de temperaturas mais baixas devido à brisa marítima.

7.2.2 Variabilidade de curto prazo

- 7.2.2.1 Em uma escala temporal de horas a dias, o revisor de dados deve estar atento aos seguintes comportamentos:

- I Ciclo diurno: espera-se que a umidade relativa decresça durante o dia e aumente durante a noite e madrugada. Exceções podem ocorrer em dias chuvosos;
- II Registros nulos: valores muito baixos são possíveis apenas se precedidos por dias secos com **UR** mínima diária em declínio, mas nunca zero.
- III Registros persistentes: valores repetidos ou com pouca variação horária em um período superior a 3 horas consecutivas são considerados suspeitos. A exceção ocorre em dias chuvosos, quando a **UR** pode se manter próxima a 100% por várias horas, ou em estações que historicamente apresentem registros equivalentes a 100% durante a noite e madrugada, devido ao fenômeno popularmente conhecido como “sereno”;
- IV Dados espúrios: registros com aumento ou redução repentina da **UR** em um intervalo de uma hora.

7.2.3 Variabilidade de longo prazo

- 7.2.3.1 Em uma escala temporal de dias a semanas, sistemas meteorológicos de grande escala representam o principal fator de influência na variabilidade da **UR**. Por exemplo, espera-se que durante a atuação de sistemas de alta pressão, a **UR** alcance um mínimo significativo durante o dia, devido a subsidência de ar seco vindo das camadas mais altas da troposfera e ao aumento na temperatura do ar. Já em dias chuvosos, são esperados registros elevados de **UR** ao longo de todo o dia.
- 7.2.3.2 Em uma escala de temporal de meses, espera-se uma frequência maior de dias úmidos durante o final da primavera e o verão, e uma frequência maior de dias secos durante o ápice do inverno sobre o estado do Rio de Janeiro, conforme as classificações climáticas de Köppen-Geiger ao longo do estado (Alvares et al., 2013).

7.2.4 Consistência espacial

- 7.2.4.1 Em relação à variabilidade de longo prazo (semanas a meses), mesmo estações distantes entre si tendem a apresentar um padrão de variação semelhante da **UR**. No entanto, para fins de comparação espacial, usando como referência variações mais curtas em uma escala temporal de horas a dias, é recomendado que o analista utilize como referência estações tão próximas quanto possível e que apresentam o mesmo tipo de microclima local, tais como área mais vegetada, urbanizada, próxima ou mais afastada do litoral, ou de maior altitude.

7.3 VELOCIDADE DO VENTO

7.3.1 Critérios Físicos

- 7.3.1.1 Para a velocidade do vento, fisicamente o mínimo esperado para qualquer local é zero, no entanto,

Código POP-DIRSEQ-GERAR-01	Data de Aprovação	Rubrica do Diretor ou Diretor-Adjunto:	Revisão: 0	Página: 5 / 13
--------------------------------------	-------------------	--	----------------------	--------------------------

sensores de diferentes modelos e fabricantes estabelecem um valor mínimo como limite inferior, tipicamente de 0,3 m/s ou 0,4 m/s, a partir do qual assegura-se que o instrumento possui sensibilidade para medir. Esta informação pode ser encontrada no manual de cada equipamento.

- 7.3.1.2 A fim de se familiarizar com os termos “vento fraco”, “vento moderado” e “vento forte”, bem como seus intervalos de intensidade e o que é fisicamente possível, o revisor/analista pode se guiar pelas Tabelas 5.1 e 5.2 do Guia para Instrumentos e Métodos de Observação (WMO, 2023).

7.3.2 Variabilidade de curto prazo

- 7.3.2.1 Em relação a variabilidade temporal da escala de horas ou dias, o revisor deve estar atento à (EPA, 2000):

- I Mudanças no comportamento: caracterizada por alterações no comportamento quando uma estação registra tipicamente ventos menos intensos, e ao decorrer de semanas a frequência de valores elevados aumenta significativamente;
- II Dados constantes ou com baixa variabilidade: Consideram-se suspeitos registros que não variem por mais de 0,1 m/s em um período de 3 horas consecutivas, ou 0,5 m/s em um período de 12 horas consecutivas²;
- III Valores negativos;
- IV Leituras elevadas: valores muito elevados que se destacam em meio aos demais, como acima de 25 m/s, são consideradas suspeitas necessitando maior investigação. Rajadas de vento causadas por tempestades mais intensas podem ocasionar picos nos valores de intensidade do vento, principalmente em eventos mais raros, como os associados a ocorrência do fenômeno meteorológico denominado “downburst”.

- 7.3.2.2 No caso de baixa variabilidade ou valores constantes nas leituras que não são gerados devido ao funcionamento inadequado do sensor de vento, deve ser considerado também a localização da estação de monitoramento em busca de barreiras físicas que possam impedir ou atenuar a circulação do vento, como a presença de árvores de médio e grande porte, prédios, colinas, encostas ou outras construções. Enquanto no caso de leituras elevadas, a comparação com registros de estações próximas pode ser útil na investigação.

7.3.3 Variabilidade de longo prazo

- 7.3.3.1 Na escala temporal de meses a anos, baseando-se na climatologia das estações automáticas do INMET distribuídas ao longo do estado do Rio de Janeiro ([Correia-Filho et al., 2021](#)), o período com ventos menos intensos normalmente ocorre entre fevereiro e julho, enquanto as maiores intensidades do vento são observadas com frequência em dois períodos do ano:

- I Entre agosto e outubro, resultante da quantidade expressiva de frentes frias nesta época do ano; e
- II Ao longo do verão, resultante da maior frequência de tempestades isoladas originadas por processos convectivos.

- 7.3.3.2 Mesmo em anos atípicos, onde o padrão mencionado acima não é identificado, a variabilidade mensal da estação pode ser validada através da “Consistência espacial”, descrita a seguir.

7.3.4 Consistência espacial

- 7.3.4.1 Em geral, é possível verificar a qualidade dos dados de velocidade do vento através da comparação de resultados obtidos em diferentes estações de monitoramento, desde que tais estações apresentem historicamente uma boa correlação em suas medições horárias. No entanto, deve também ser levado em consideração as particularidades relacionadas à localização de cada estação, à presença de barreiras físicas e ao microclima de cada região.

- 7.3.4.2 Por exemplo, devido à circulação de brisa marítima são esperadas velocidades superiores nas estações próximas ao litoral em comparação a uma mais afastada. No entanto, se ambas estão relativamente próximas uma da outra, espera-se que a evolução temporal nas duas localidades seja parecida. Por exemplo:

Código POP-DIRSEQ-GERAR-01	Data de Aprovação	Rubrica do Diretor ou Diretor-Adjunto:	Revisão: 0	Página: 6 / 13
--------------------------------------	-------------------	--	----------------------	--------------------------

- I Em períodos de velocidade do vento reduzida em A, o mesmo será verificado em B;
- II O registro de uma rajada de vento forte em A possivelmente será acompanhado por registros elevados também em B;

7.3.4.3 As observações acima poderão ser exceção apenas em casos específicos, nos quais o sensor de vento de uma determinada estação sofre influência significativa das condições em seu entorno, como a presença de topografia acentuada ou a ocorrência de eventos meteorológicos localizados.

7.4 DIREÇÃO DO VENTO

7.4.1 Critérios Físicos

7.4.1.1 A direção do vento é estimada em unidades de graus ($^{\circ}$), variando entre 0° e 360° . Na meteorologia, a

² Esses valores fornecem exemplos aplicáveis que orientam e servem como referência para o revisor de dados e, portanto, pequenas variações em torno das faixas mencionadas também devem ser consideradas.

direção do vento é expressa sempre da direção de onde ele vem, e não para onde vai. Por exemplo, um vento de direção norte é medido como $0^{\circ}/360^{\circ}$, enquanto um vento de quadrante sul é lido como em torno de 180° .

- 7.4.1.2 Os sistemas de brisas, fenômenos meteorológicos de escala local, possuem um papel importante na modulação da circulação de vento ao longo do estado do Rio de Janeiro. Brisas marítimas e terrestres atuam de forma significativa nas regiões litorâneas do estado e em áreas próximas a grandes corpos d'água. Durante o dia, o maior aquecimento no continente induz uma brisa marítima em direção ao seu interior, enquanto a noite o sentido da brisa se inverte, indo da terra para o mar.
- 7.4.1.3 Já nas áreas de serra do estado, como na cidade de Petrópolis, Teresópolis e na Região Serrana, os efeitos das brisas de vale e montanha são mais relevantes. O maior aquecimento das regiões de vale durante o dia promove um efeito de ascensão do ar, subindo a montanha, enquanto durante a noite a circulação se inverte, pois, o ar mais frio e denso sobre a montanha descende até as áreas de vale.
- 7.4.1.4 Além disso, assim como para a intensidade do vento, também há de se considerar a localização da estação de monitoramento em busca de barreiras físicas que possam impedir ou atenuar a circulação do vento em uma determinada direção.

7.4.2 Variabilidade de curto prazo

7.4.2.1 Para a variabilidade temporal na escala de horas, deve-se observar à repetição ou a baixa variabilidade dos valores registrados em determinados períodos. De modo geral, considera-se suspeita uma variação (EPA, 2000):

- I - Igual ou Inferior a 1° em um período de 3 horas consecutivas;
- II - Inferior a 10° em um período de 18 horas consecutivas.

7.4.2.2 Em uma escala temporal de dias, eventos como passagens de frentes frias alteram a direção predominante do vento sobre o estado do Rio de Janeiro. No dia anterior à passagem de uma frente, espera-se o predomínio de ventos de norte e nordeste, enquanto nos dias seguintes, predominam ventos de sul e sudoeste. A passagem de uma frente fria pode ser confirmada através dos registros de temperatura, umidade relativa do ar e pressão atmosférica, onde são esperados elevação nos valores registrados de pressão e umidade relativa e declínio dos valores registrados de temperatura mínima diária.

7.4.3 Variabilidade de longo prazo

7.4.3.1 Em um período de semanas a meses, espera-se que a direção do vento da estação meteorológica esteja consistente com toda a sua série histórica. Isto pode ser verificado pela análise de mudanças na evolução ou variabilidade da direção do vento em uma série temporal de um ano ou mais, ou pela comparação entre as rosas dos ventos do período avaliado e do período histórico de referência. De modo geral, desvios de 30° ou superior nas leituras do sensor ficam evidentes tanto na série temporal quanto na rosa dos ventos (rotação da rosa do vento climatológica).

Código POP-DIRSEQ-GERAR-01	Data de Aprovação	Rubrica do Diretor ou Diretor-Adjunto:	Revisão: 0	Página: 7 / 13
--------------------------------------	-------------------	--	----------------------	--------------------------

7.4.3.2 Para um período mais longo na escala de anos, deve-se considerar também as mudanças na vizinhança da estação, oriundas do desenvolvimento urbano ou do crescimento de árvores em seu entorno. Tais casos podem impactar a circulação local dos ventos e promover alterações nas leituras do sensor de direção do vento.

7.4.4 Consistência espacial

7.4.4.1 Estações meteorológicas próximas entre si em geral apresentam rosas dos ventos semelhantes e variações parecidas ao longo de horas. No entanto, deve ser levado em consideração as particularidades quanto à localização de cada estação, presença de barreiras físicas, topografia e o microclima local (possível efeito de brisas).

7.5 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

7.5.1 Critérios Físicos

7.5.1.1 Expressa em **mm**, a precipitação pluviométrica denota a altura da camada d'água que se formaria dada a deposição de um determinado volume em litros em uma área equivalente a um (1) metro quadrado ao longo de um intervalo de tempo. Podem ser utilizadas as normas climatológicas disponibilizadas pelo **INMET** a fim de se estimar o acumulado máximo já registrado para uma determinada localidade, desde que a estação meteorológica de referência esteja próxima em distância e altitude. Além disso, em dias chuvosos geralmente são verificados registros de umidade relativa elevada, próximos de 100%.

7.5.1.2 Diversos centros de monitoramento definem a intensidade da chuva com base em acumulados de 1 hora (**mm/hr**). Por exemplo, de acordo com o Sistema de Alerta de Cheias, criado e operado pelo INEA, um episódio de chuva recebe a classificação ‘Fraca’ quando o seu acumulado pluviométrico é inferior à 5.0 **mm/h**, ‘Moderada’ quando está entre 5 **mm/h** e 25 **mm/h**, ‘Forte’ quando está entre 25 **mm/h** e 50 **mm/h** e ‘Muito forte’ quando é superior à 50 **mm/h**.

7.5.2 Variabilidade de curto prazo

7.5.2.1 Em um período de horas a dias, deve-se ficar atento a valores:

- I constantes: registros constantes em um período superior a 3 horas são considerados suspeitos. À exceção de registros nulos, uma vez que é comum observar dias sem chuva;
- II fisicamente impossíveis: registros negativos;
- III Improváveis: acumulados muito elevados em um curto período que não foram observados em estações vizinhas (pode ser validado por comparação espacial). Por exemplo, uma leitura igual ou superior a 50 **mm/hr** indica chuva muito forte no município do Rio de Janeiro, e por se tratar de um extremo de precipitação também é considerado um evento raro (Pristo et al., 2018), necessitando de maior investigação a fim de validá-la quando ocorre de forma isolada (jornal, notícias, etc.).

7.5.3 Variabilidade de longo prazo

7.5.3.1 Na escala temporal de meses a anos, espera-se que os acumulados pluviométricos mensais de uma determinada estação sobre boa parte do estado do Rio de Janeiro apresentem uma sazonalidade marcada por maiores acumulados de chuva durante o verão e a primavera, no entanto, em algumas regiões do estado, como o município do Rio de Janeiro, os maiores acumulados de chuva são observados durante o verão e o outono (Pristo et al., 2018). Em contrapartida, espera-se que os menores acumulados pluviométricos mensais sejam observados durante o inverno (estação seca). Deve-se suspeitar de acumulados mensais muito abaixo ou muito acima dos observados nos mesmos meses de anos anteriores ou em relação a estações próximas.

7.5.4 Consistência espacial

7.5.4.1 É possível comparar os acumulados pluviométricos de estações próximas em busca de:

- I Leituras subestimadas ou superestimadas consistentemente em um longo período de tempo, superior a um mês. Destacamos a avaliação de um longo período de dados nestes casos a fim de

Código POP-DIRSEQ-GERAR-01	Data de Aprovação	Rubrica do Diretor ou Diretor-Adjunto:	Revisão: 0	Página: 8 / 13
--------------------------------------	-------------------	--	----------------------	--------------------------

incluir diversos episódios de chuva ao invés de apenas um, uma vez que pancadas de chuva isoladas ocorrem com frequência no estado, especialmente durante a estação úmida

- II Improváveis zeros: uma estação não registrou precipitação em um período no qual há confirmação da ocorrência de chuva, com base nos registros de pelo menos duas estações vizinhas, ou outras fontes de informação como jornais ou reportagens;
- III Chuva improvável: a estação foi a única entre as demais na vizinhança a registrar precipitação, ou a registrá-la em um dia de céu claro (pode ser confirmado a partir das leituras de radiação solar no mesmo local ou imagens de satélite). Normalmente isso ocorre devido a testes de calibração no pluviômetro.

7.6 TEMPERATURA DO AR

7.6.1 Critérios Físicos

- 7.6.1.1 A temperatura do ar varia de forma inversamente proporcional à umidade relativa (vide item 7.2.2) e à altitude, de modo que o ar nas cidades localizadas em maiores altitudes, em geral, apresenta temperaturas mais amenas. Isso ocorre porque, à medida que a pressão atmosférica é reduzida, o ar necessita perder energia térmica para se expandir.
- 7.6.1.2 Os valores mínimos e máximos esperados variam de local a local, porém o analista pode se guiar pelas normas climatológicas disponibilizadas pelo **INMET**, em busca do máximo e mínimo absoluto já registrados, desde que a estação meteorológica de referência esteja próxima em distância e altitude.

7.6.2 Variabilidade de curto prazo

- 7.6.2.1 Considerando escalas temporais de horas a dias, o revisor de dados deve estar atento as seguintes situações (Beele et al., 2022):

- I Ciclo diurno: espera-se que a variação da temperatura do ar ao longo do dia siga um padrão de redução durante a noite, alcançando seu mínimo por volta da 6 da manhã, e elevação durante o dia alcançando o seu máximo por volta das 15h da tarde;
- II Valores constantes ou com baixa variabilidade: repetição por três horas ou mais consecutivas são consideradas suspeitas, assim como uma T_{ar} com variação inferior a 0.5°C ao longo de 12 horas consecutivas. Uma baixa variabilidade horária é possível apenas em dias encobertos, quando as nuvens dificultam a entrada de radiação solar e consequentemente o aquecimento da superfície, bem como mantém as temperaturas estáveis à noite ao dificultarem a “fuga” da radiação de onda longa que é emitida pela superfície em direção ao espaço;
- III Variação brusca: uma redução ou aumento da temperatura do ar superior a 5°C em uma hora é considerada suspeita;
- IV Comportamento atípicos: temperaturas máximas (mínimas) excepcionalmente elevadas (reduzidas) em relação aos dias anteriores.

- 7.6.2.2 Outros fenômenos meteorológicos que podem causar uma redução repentina de temperatura do ar são o avanço de frentes frias e as tempestades de verão.

7.6.3 Variabilidade de longo prazo

- 7.6.3.1 Em uma escala temporal de meses a anos, o revisor de dados deve estar atento aos seguintes comportamentos:

- I Sazonalidade: Espera-se que a temperatura do ar apresente um ciclo sazonal marcado por valores mais elevados durante o verão e menores durante o inverno;
- II Máximos subestimados ou superestimados: ao comparar a série histórica, os dados são considerados suspeitos se as temperaturas máximas e mínimas diárias apresentam valores muito elevados ou reduzidos em relação ao esperado para aquele mês.

7.6.4 Consistência espacial

Código POP-DIRSEQ-GERAR-01	Data de Aprovação	Rubrica do Diretor ou Diretor-Adjunto:	Revisão: 0	Página: 9 / 13
--------------------------------------	-------------------	--	----------------------	--------------------------

7.6.4.1 É possível comparar as observações de temperatura do ar de uma determinada estação com as de estações próximas, desde que elas tenham uma boa correlação entre seus registros horários e não possuam uma diferença significativa de altitude. É importante destacar que estações muito próximas, em torno de 3 km, em geral representam o mesmo microclima e, por isso, devem registrar temperaturas semelhantes. Quando diferenças são observadas, deve-se considerar a incerteza e a precisão inerentes a cada sensor meteorológico. No entanto, mesmo estações mais distantes localizadas em regiões com microclimas distintos tendem a apresentar um padrão de evolução semelhante em suas leituras de temperatura.

7.7 RADIAÇÃO SOLAR

7.7.1 Critérios Físicos

7.7.1.1 Expressa em unidade de **W/m²**, o valor mínimo fisicamente possível para radiação solar é zero, enquanto o valor máximo esperado para este parâmetro depende da distância Terra-Sol, época do ano e da localização da estação. Considerando a distância média Terra-Sol ($1,496 \times 10^8$ km = 1 **UA**), no topo da atmosfera a radiação solar global medida equivale a **1367 W/m²** (constante solar **S₀**) sem a atenuação da atmosfera terrestre (Iqbal, 1983).

7.7.1.2 Para o estado do Rio de Janeiro, o máximo teórico no topo da atmosfera equivale a, em média, **1380 W/m²** durante o verão enquanto o máximo teórico equivale a, em média, **963 W/m²** durante o inverno. Na superfície, são esperados valores menores em torno de 60% dos mencionados devido a atenuação da radiação solar pelos gases presentes na atmosfera terrestre (Marques Filho et al., 2016). É importante ressaltar que todos estes valores se referem aos máximos diários esperados para o verão e o inverno em condições de céu claro.

7.7.1.3 A radiação solar global observada também varia ligeiramente com a altitude, uma vez que em locais mais elevados, o menor caminho percorrido pela radiação solar até a superfície, desde o topo da atmosfera, resulta em uma menor atenuação pelos gases na atmosfera. Porém essas diferenças são pequenas em relação ao observado no nível médio do mar.

7.7.2 Variabilidade de curto prazo

7.7.2.1 Em uma escala temporal de horas a dias, o revisor de dados deve estar atento aos seguintes comportamentos:

- I Valores noturnos: espera-se que a radiação solar seja zero à noite e madrugada, quando o Sol não está visível no horizonte;
- II Ciclo diurno: espera-se que a radiação solar apresente um ciclo diário caracterizado por um aumento gradual a partir do nascer do Sol, alcançando seu máximo entre 11h30 e 12h30 e decrescendo até o pôr do Sol.
- III Atenuação do ciclo diurno: A presença de nuvens pode reduzir a radiação solar observada durante o dia, porém nunca a valores iguais ou muito próximos de zero. Caso haja suspeita do padrão observado, recomenda-se utilizar imagens de satélite para confirmar o comportamento identificado;
- IV Persistência de dados: com exceção de registros nulos durante a noite e madrugada, registros repetidos ou com baixa variabilidade horária acima de 3 horas consecutivas, devem ser considerados suspeitos;
- V Dados espúrios: são considerados suspeitos quando há um aumento ou uma redução repentina da radiação solar no intervalo de uma hora.

7.7.3 Variabilidade de longo prazo

7.7.3.1 Em uma escala temporal de meses a anos, o revisor de dados deve estar atento aos seguintes comportamentos:

- I Sazonalidade: Espera-se que a radiação solar apresente um ciclo sazonal marcado por valores mais elevados durante o verão e menores durante o inverno;

Código POP-DIRSEQ-GERAR-01	Data de Aprovação	Rubrica do Diretor ou Diretor-Adjunto:	Revisão: 0	Página: 10 / 13
--------------------------------------	-------------------	--	----------------------	---------------------------

- II Máximos subestimados ou superestimados: ao avaliar a série histórica, os dados são considerados suspeitos se a radiação solar máxima diária estiver muito elevada ou muito reduzida em relação ao esperado para o mês analisado.

7.7.4 Consistência espacial

7.7.4.1 É possível comparar as observações de radiação solar realizadas em diferentes estações de monitoramento próximas entre si, a fim de investigar possíveis comportamento suspeitos. Essa análise deve considerar a ausência de grandes diferenças de altitude, bem como a possibilidade de diferentes campos de nebulosidade entre as estações comparadas.

