

## ESTAÇÃO METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA DO CDTN: TRATAMENTO DAS INFORMAÇÕES METEOROLÓGICAS PARA RECONHECIMENTO DA QUALIDADE DOS DADOS E APOIO AOS ESTUDOS DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA

**ALINE FABIANE GONÇALVES DE OLIVEIRA**

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear | Brasil  
afgo@cdtn.br

**LEONARDO SOARES DE SOUZA**

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear | Brasil  
leonardo.souza@cdtn.br

**RESUMO:** A Estação Meteorológica (EMET) do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), localizado em Belo Horizonte, Minas Gerais, foi concebida para prover informações meteorológicas locais visando a viabilização de processos de licenciamento ambiental e nuclear das instalações do CDTN. Esta iniciou sua operação de forma automática em setembro de 1996, com investigação de diversos parâmetros meteorológicos. Este trabalho foi realizado com o objetivo de contribuir para a melhoria da qualidade das informações da EMET de forma a contribuir para realização de estudos de dispersão atmosférica no âmbito da área nuclear por meio de um sistema de investigação de dados. Para tanto, elaborou-se uma metodologia de tratamento de dados meteorológicos baseada na experiência adquirida com a operação da estação e em técnicas encontradas na bibliografia existente. Os principais resultados apresentados são: um procedimento para tratamento dos dados visando a identificação de ausências de dados e a eliminação de falhas, a avaliação da qualidade dos dados gerados entre 1996 e 2012 e a identificação dos melhores períodos para implementação em estudos de dispersão atmosférica.

**Palavras-chave:** Tratamento de dados; dispersão atmosférica; meteorologia.

### CDTN AUTOMATIC METEOROLOGICAL STATION: TREATMENT OF WEATHER INFORMATION TO RECOGNIZE DATA QUALITY AND SUPPORT ATMOSPHERIC DISPERSION STUDIES

**ABSTRACT:** The Meteorological Station (EMET) of the Nuclear Technology Development Center (CDTN), located in Belo Horizonte, Minas Gerais, designed was to provide local meteorological information to enable the environmental and nuclear licensing processes of the CDTN facilities. It started its operation automatically in September 1996, with investigation of several meteorological parameters. This work carried was out with the objective of contributing to the improvement of the information quality of EMET in order to contribute to the accomplishment of atmospheric dispersion studies in the nuclear area through a data investigation system. To this end, a methodology of treatment of meteorological data elaborated based was on the experience acquired with the operation of the station and techniques found in the existing bibliography. The main results presented a data treatment procedure aiming at identifying missing data and eliminating faults, assessing the quality of data generated between 1996 and 2012 and identifying the best periods for implementation in atmospheric dispersion studies.

**Keywords:** Data processing; Atmospheric dispersion; Meteorology.

### ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA CDTN: TRATAMIENTO DE LAS INFORMACIONES METEOROLÓGICAS PARA RECONOCER LA CALIDAD DE LOS DATOS Y APOYAR LOS ESTUDIOS DE DISPERSIÓN ATMOSFÉRICA

**RESUMEN:** La Estación Meteorológica (EMET) del Centro de Desarrollo de Tecnología Nuclear (CDTN), ubicada en Belo Horizonte, Minas Gerais, fue diseñada para proporcionar información meteorológica local para permitir los procesos de licenciamiento ambiental y nuclear de las instalaciones de CDTN. Comenzó su operación automáticamente en septiembre de 1996, con la investigación de varios parámetros meteorológicos. Este trabajo se llevó a cabo con el objetivo de contribuir a mejorar la calidad de la información de EMET para contribuir a la realización de estudios de dispersión atmosférica en el área nuclear a través de un sistema de investigación de datos. Con este fin, se elaboró una metodología de tratamiento de datos meteorológicos basada en la experiencia adquirida con el funcionamiento de la estación y en las técnicas encontradas en la bibliografía existente. Los principales resultados presentados son: un procedimiento de procesamiento de datos destinado a identificar datos faltantes y eliminar fallas, evaluar la calidad de los datos generados entre 1996 y 2012 e identificar los mejores períodos para la implementación en estudios de dispersión atmosférica.

**Palabras clave:** Procesamiento de datos; dispersión atmosférica; Meteorología.

## INTRODUÇÃO

O controle de qualidade de dados meteorológicos necessita de filtros, aplicados na detecção e identificação de erros nos dados brutos coletados pelos sensores das estações meteorológicas. Os filtros não podem excluir registros extremos reais, mas, ao mesmo tempo, devem excluir registros espúrios, que se mantidos na série histórica aumentariam a frequência de casos extremos e distorceriam a estimativa de parâmetros que produzem a função de probabilidade de extremos e os tempos de retorno (MAGINA, 2007).

As discontinuidades em dados meteorológicos podem ser causadas por várias razões, entre elas mudança geográfica da estação, mudança no instrumental, tempo de observação e práticas observacionais utilizadas. Muitos destes problemas requerem testes especializados para serem detectados e corrigidos. Os trabalhos de EISCHEID et al. (1995) e PETERSON et al. (1998) destacam a importância da verificação de falhas ou discontinuidades nas séries temporais e de suas respectivas correções ou preenchimentos.

De acordo com a Organização Meteorológica Mundial (OMM) e as diretrizes sobre procedimentos de controle de qualidade para dados de estações meteorológicas automáticas (2004), os procedimentos básicos de controle da qualidade parte inicialmente das estações onde deve se fazer a verificação automática de validade dos dados, monitorar a qualidade dos dados dos sensores e computação dos valores dos parâmetros climáticos.

É evidente que a sinalização de qualidade dos dados é de maior importância ao usar o dado e deve ser implementado em todos os níveis de controle de qualidade. Sendo assim, ainda de acordo com a OMM, existem dois níveis de controle de qualidade em tempo real dos dados de estações meteorológicas automáticas: (1) controle da qualidade dos dados brutos: verificação de consistência interna, relevante durante a aquisição dos dados, onde se deve eliminar erros de técnicas, dispositivos e medições; (2) controle da qualidade de dados processados: verificação abrangente e consistente, temporal e espacial, relevante durante a redução e conversão dos níveis, avaliação de viés e derivações de longo prazo (dados errôneos ou anômalos).

Um estudo de dispersão fornece como resultados a distribuição espacial e temporal das concentrações dos poluentes avaliados, sejam eles convencionais (material particulado, CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, etc) ou radioativos (18F, 3H). Para tanto, será também necessária a utilização de dados da fonte emissora (tipo de poluentes, temperatura dos gases, vazão mássica, características geométricas da chaminé etc.), informações geográficas (densidade demográfica, topografia, dados de uso e ocupação do terreno, entre outros), informações sobre o regime de operação da instalação (horas de funcionamento, intensidade das atividades etc), além de parâmetros meteorológicos (velocidade e direção do vento, precipitação pluviométrica, temperatura, entre outros) (GODISH, 1997).

Os parâmetros meteorológicos mais importantes para a realização de estudos de dispersão atmosférica por meio de aplicação de métodos matemáticos baseados no modelo indicados em EPA (2000) são: vento, turbulência, inversão térmica, estabilidade atmosférica e precipitação.

O Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear possui diversas instalações convencionais ou radioativas e busca monitorar as mesmas, com estudos de dispersão atmosférica, de forma a garantir que não haja dispersão de quaisquer poluentes. A importância deste monitoramento se encontra intrinsecamente relacionada com as questões de segurança

e licenciamento. Entretanto, os modelos utilizados para simulação numérica dos processos de dispersão atmosférica dependem de dados meteorológicos de qualidade por períodos consecutivos de pelo menos um ano (365 dias) e desejável de cinco anos (1825 dias). Assim, devido aos problemas encontrados com os dados meteorológicos, é importante selecionar e classificar os melhores períodos para implementação destes estudos de dispersão atmosférica.

Embasado pela necessidade de dados confiáveis para inserção em modelos de dispersão atmosférica de radionuclídeos o objetivo principal deste trabalho foi desenvolver uma metodologia para o tratamento dos dados da EMET/CDTN visando a identificação de ausências de dados e a eliminação de falhas eletrônicas caracterizando os diversos anos de informação meteorológica.

## METODOLOGIA

A EMET/CDTN, vem operando em modalidade automática por meio de equipamentos desde setembro de 1996. Este sistema está a 857 m de altitude em relação ao nível do mar, ponto de maior altimetria do terreno ocupado pelo Centro de pesquisa, que está localizado nas coordenadas UTM23S, 608.050 e 7.802.451 metros, Datum WGS-84 (figura 1)

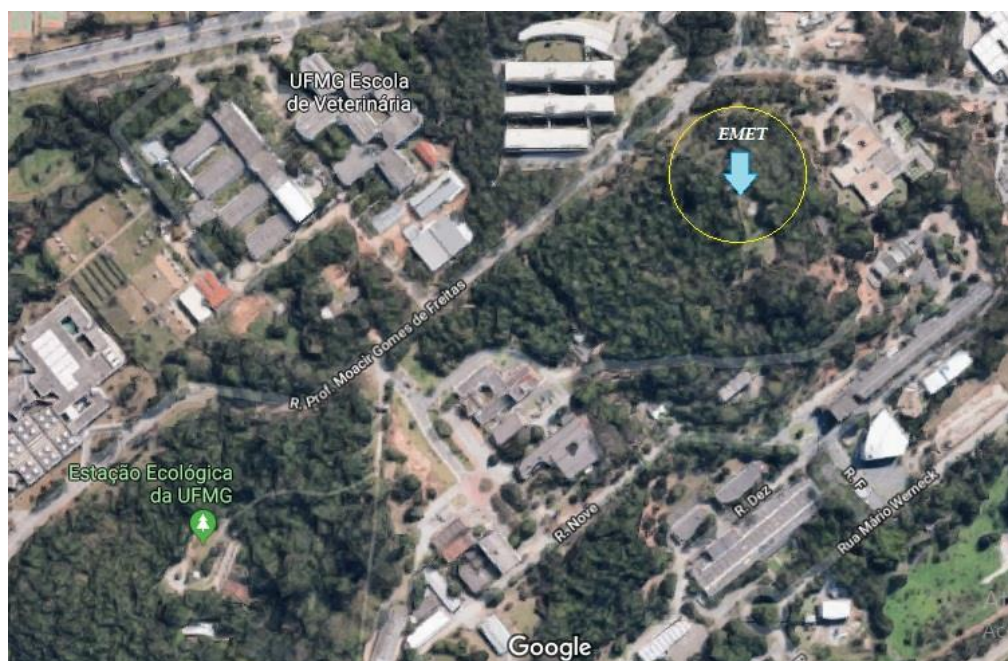


Figura 1: localização da EMET/CDTN ; Fonte google earth 2018.

Os dados “brutos” da EMET/CDTN são inicialmente armazenados em um arquivo de texto (TXT figura 2, este formato tem a vantagem de ser compacto possibilitando o armazenamento de um grande número de informações em pouco espaço de memória (Megabytes). Esta característica é de grande valia também em operações de transferência de informações (envio/recebimento). Entretanto, é praticamente impossível a análise e interpretação direta das informações nele armazenadas. Assim, neste trabalho, optou-se pela utilização do recurso de planilhas eletrônicas para o desenvolvimento do processo de limpeza do banco de dados.

200412 - Bloco de notas										
Arquivo	Editar	Formatar	Exibir	Ajuda						
101,2004,336,15,99,19,21,2.288,104,7,13.65,18.89,2.752,97.2,9.96,-19.21,0,0,19.39,919										
101,2004,336,30,99,3,19,14,2.741,107,14.05,18.86,3.375,95.2,10.19,-20.87,0,0,19.37,919										
101,2004,336,45,99,2,19,15,1.994,123,4,11.76,18.84,2.235,115.1,9.41,-19.3,0,0,19.29,919										
101,2004,336,100,98,9,19,12,2.267,115.6,11.84,18.86,2.369,106.2,8.6,-22.54,0,0,19.3,919										
201,2004,336,99,6,27,98,4,59,19,24,5,19.08,51,4.038,23,-6999,0,-6999,0,5.214,25										
101,2004,336,115,98,4,19,06,1.684,107,2,11.14,18.8,1.657,97.8,8.82,-22.29,0,0,19.27,919										
101,2004,336,130,98,2,19,1.142,118.1,16.73,18.8,812,107,7,11.17,-15.38,0,0,19.15,918										
101,2004,336,145,98,1,18,98,653,92,5,23.92,18.81,052,118,3,2.034,-13.18,0,0,19.1,918										
101,2004,336,200,97,9,18,98,964,39,44,20,85,18,72,005,49,9,735,-13.26,0,0,19,08,919										
201,2004,336,98,8,100,97,6,152,19,13,100,18,88,158,2,646,109,-6999,100,-6999,100,2,96,102										
101,2004,336,215,98,5,18,75,1.383,32,49,26,88,18,42,759,50,35,2,772,-12,92,0,0,19,03,918										
101,2004,336,230,99,1,18,59,1,919,73,5,14,35,18,23,2,254,61,09,9,32,-13,42,0,0,19,01,919										
101,2004,336,245,99,18,54,2,15,82,7,15,14,18,19,2,504,73,7,7,96,-8,69,0,0,18,98,919										
101,2004,336,300,98,8,18,54,2,299,97,17,1,18,18,2,544,81,4,10,41,-8,57,0,0,19,01,919										
201,2004,336,99,4,221,97,9,201,18,92,200,18,51,236,4,449,247,-6999,200,-6999,200,4,371,245										
101,2004,336,315,98,6,18,55,2,572,100,7,12,82,18,19,2,946,85,9,6,515,-8,33,0,0,19,01,919										
101,2004,336,330,98,6,18,55,2,466,106,7,15,73,18,19,2,739,93,2,10,88,-9,1,0,0,19,05,919										
101,2004,336,345,97,8,18,58,3,08,117,9,15,21,18,31,3,762,112,9,62,-9,79,0,0,19,08,919										
101,2004,336,400,97,2,18,61,2,342,130,4,12,34,18,3,3,09,117,2,8,18,-10,93,0,0,19,13,919										
201,2004,336,99,301,96,8,348,18,66,349,18,51,330,5,174,330,-6999,300,-6999,300,5,723,327										
101,2004,336,415,97,18,62,2,11,126,8,12,38,18,36,2,369,115,6,9,22,-12,18,0,0,19,06,919										
101,2004,336,430,96,8,18,67,1,761,115,9,10,61,18,4,1,392,104,12,18,-9,52,0,0,19,05,919										
101,2004,336,445,96,4,18,74,1,588,125,9,13,31,18,45,1,458,116,1,8,09,-8,34,0,0,19,05,920										
101,2004,336,500,96,1,18,8,1,75,117,12,45,18,5,1,202,105,1,10,-7,92,0,0,19,07,919										
201,2004,336,97,5,400,95,7,457,18,86,458,18,57,401,3,724,404,-6999,400,-6999,400,3,724,406										

Figura 2: Trecho dos registros gerados pela EMET/CDTN (2004). Fonte Adaptado pelo autor, Arquivo: 2004.txt.

O aplicativo escolhido foi Microsoft Excel, recurso disponível no CDTN na maioria dos computadores. Destaca-se também a utilização da representação gráfica dos parâmetros meteorológicos durante o processo de investigação de erros. Após importar os dados no formato TXT para tabela Excel, os dados importados para a planilha com códigos ID (101/201) foram separados em duas planilhas independentes: uma contendo os dados de 15 min (ID = 101) e outra contendo os dados de 60 min (ID = 201).

A planilha com os dados foi gradualmente trabalhada de forma a inserir testes lógicos que pudessem contribuir para a investigação automática e semiautomática (ou assistida) dos problemas (ausências, repetições, valores equívocos etc.) de cada conjunto de dados meteorológicos produzidos pela EMET/CDTN figura 3.

#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	
1	ANO	DIA	Hor	Hor	Nivel 1	UR	Grad	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	UR	UR	UR	UR	UR	UR	UR	UR	UR	V10	Grad	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 6	
2	4 digitos	0-366	15-15 min	15-15 min	Ausência	%	%	0	10	0	%	%	Celsius	Celsius	m/s	m/s	0	0,05	0,0005			0	0,05	0,0005	4	
3								103	100	30												100	20			
35009 2009 365 15 1515 97,6 0,2																										
35010 2009 365 15 1530 97,3 0,3																										
35011 2009 365 15 1545 97,2 0,1																										
35012 2009 365 16 1600 96,3 0,9																										
35013 2009 365 16 1615 93,8 2,5																										
35014 2009 365 16 1630 95,4 1,6																										
35015 2009 365 16 1645 96,6 1,2																										
35016 2009 365 17 1700 97 0,4																										
35017 2009 365 17 1715 97,1 0,1																										
35018 2009 365 17 1730 97,2 0,1																										
35019 2009 365 17 1745 97,5 0,3																										
35020 2009 365 18 1800 97,6 0,1																										
35021 2009 365 18 1815 97,5 0,1																										
35022 2009 365 18 1830 97,6 0,1																										
35023 2009 365 18 1845 97,8 0,2																										
35024 2009 365 19 1900 97,9 0,1																										
35025 2009 365 19 1915 98 0,1																										
35026 2009 365 19 1930 98 0																										
35027 2009 365 19 1945 98,1 0,1																										
35028 2009 365 20 2000 98,1 0																										
35029 2009 365 20 2015 98,1 0																										
35030 2009 365 20 2030 98,1 0																										
35031 2009 365 20 2045 96,5 1,6																										
35032 2009 365 21 2100 95,4 1,1																										
35033 2009 365 21 2115 96,6 1,2																										
35034 2009 365 21 2130 97 0,4																										
35035 2009 365 21 2145 97,3 0,3																										
35036 2009 365 22 2200 97,4 0,1																										
35037 2009 365 22 2215 97,7 0,3																										
35038 2009 365 22 2230 97,8 0,1																										
35039 2009 365 22 2245 97,9 0,1																										
35040 2009 365 23 2300 97,9 0																										
35041 2009 365 23 2315 98 0,1																										
35042 2009 365 23 2330 98 0																										
35043 2009 365 23 2345 98 0																										
35044 2009 365 23 2400																										
35045																										
35046																										
35047																										
35048																										
35049																										
35050																										
35051																										
					0	-92,6	0	1	1	1	0,117	19,09	6,005	11,71	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
					0	99,2	87,58	1	1	1	99,2	99,2	43,07	32,91	8,66	5,815	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
					0			559	583	4			1599	1629	1689	15751	1040									
					Inconsistência (365)	1040							95,4%	95,4%	95,2%	55,0%	97,0%									
					% dados (365)	97,0%																				

Figura 3: Planilha para avaliação de falhas em um banco de dados meteorológicos

O primeiro teste a ser realizado, denominado por teste de “Nível 1”, objetivou a identificação de ausências de linhas completas de dados ou de repetições linha de dados. Os próximos passos foram relacionados aos parâmetros meteorológicos investigados e, para tanto, definiu-se um teste de correção automática (nível 2) e outros de correção assistida (nível 3, 4, 5 e 6) dependendo de qual parâmetro era investigado. O teste automático de nível 2 foi elaborado em função dos limites de investigação de cada sensor, ou seja, só eram válidos valores que estivessem dentro da faixa (domínio de investigação) definida pelo fabricante. Os testes de correção assistida foram elaborados de forma a sinalizar (alertar) os valores de dados “equivocos”, ou seja, valores que poderiam representar um dado incorreto.

Para decidir se determinado valor sinalizado era ou não inválido, houve a necessidade de uma investigação detalhada pelo analista dos dados, daí o termo “assistida”. Entre os recursos utilizados para o desenvolvimento dessa investigação pode-se mencionar: (a) comportamento dos dados nos horários anteriores e posteriores; (b) Gradientes ou variação entre o valor equivocadamente e seus vizinhos imediatos; (c) comportamento dos dados de parâmetros correlacionados (chuva, umidade, temperatura; temperatura etc).

Após realizado o processo automático e assistido de limpeza dos dados, o banco de dados resultante, daqui em diante definido por “dados limpos”, foi caracterizado utilizando as ferramentas de estatística descritiva.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho investigou-se o banco de dados gerado durante o período de funcionamento da EMET/CDTN entre 1996 e 2012. Entre os principais problemas identificados e suas possíveis causas avaliadas, destacam-se:

Ocorrências de linhas inteiras de dados repetidas ou ausentes. Esse problema pode ser provocado por falta de energia por períodos além da capacidade da bateria auxiliar e por falhas no processo de aquisição e armazenamento da informação.

Registro de “flags” ou falhas eletrônicas nos sensores e/ou datalogger são representadas por valores numéricos que indicam alterações anormais no equipamento que podem ser causadas por problemas na tensão (fora da faixa de trabalho), nas conexões, nos sensores etc. (CAMPBELL, 2003).

Ocorrência de valores fora do campo de investigação (faixa operacional) para o qual o sensor foi projetado e calibrado. As principais causas para este tipo de problema incluem a alteração na tensão de alimentação do datalogger e, conseqüentemente, dos sensores, e a falta de manutenção ou de calibração periódica dos equipamentos utilizados na EMET/CDTN.

Ocorrência de valores repetidos continuamente. Este tipo de falha foi verificado principalmente devido ao travamento mecânico/eletrônico do sensor, manifestando-se com maior frequência no sensor de vento (velocidade e direção).

Para o teste de nível 1 perdas devido a “Linhas Faltantes” os anos de 1999 e 2002 foram os únicos em que não houve perda de linhas completas. Logo, o índice de perda foi igual a 0%, sendo, portanto, os melhores anos em relação ao critério de Nível 1. Os anos de 2012 (115), 2003 (133), 2008 (173) e 2010 (202) formam o segundo grupo em termos de qualidade, com no máximo 0,6% de perda. Os anos de 2007 (2117), 2005 (5579) e 2006 (8037) formam um quinto grupo com cerca de 25% de perda.

Considerando-se que de agosto de 2004 a maio de 2005 houve profundas mudanças na estação, o excesso de falhas ocorridas em 2005/2006 pode significar dificuldades no ajuste

da nova configuração implantada. Este resultado chama a atenção para necessidade de cuidados extras durante períodos posteriores a grandes modificações (figura 2 e 3).

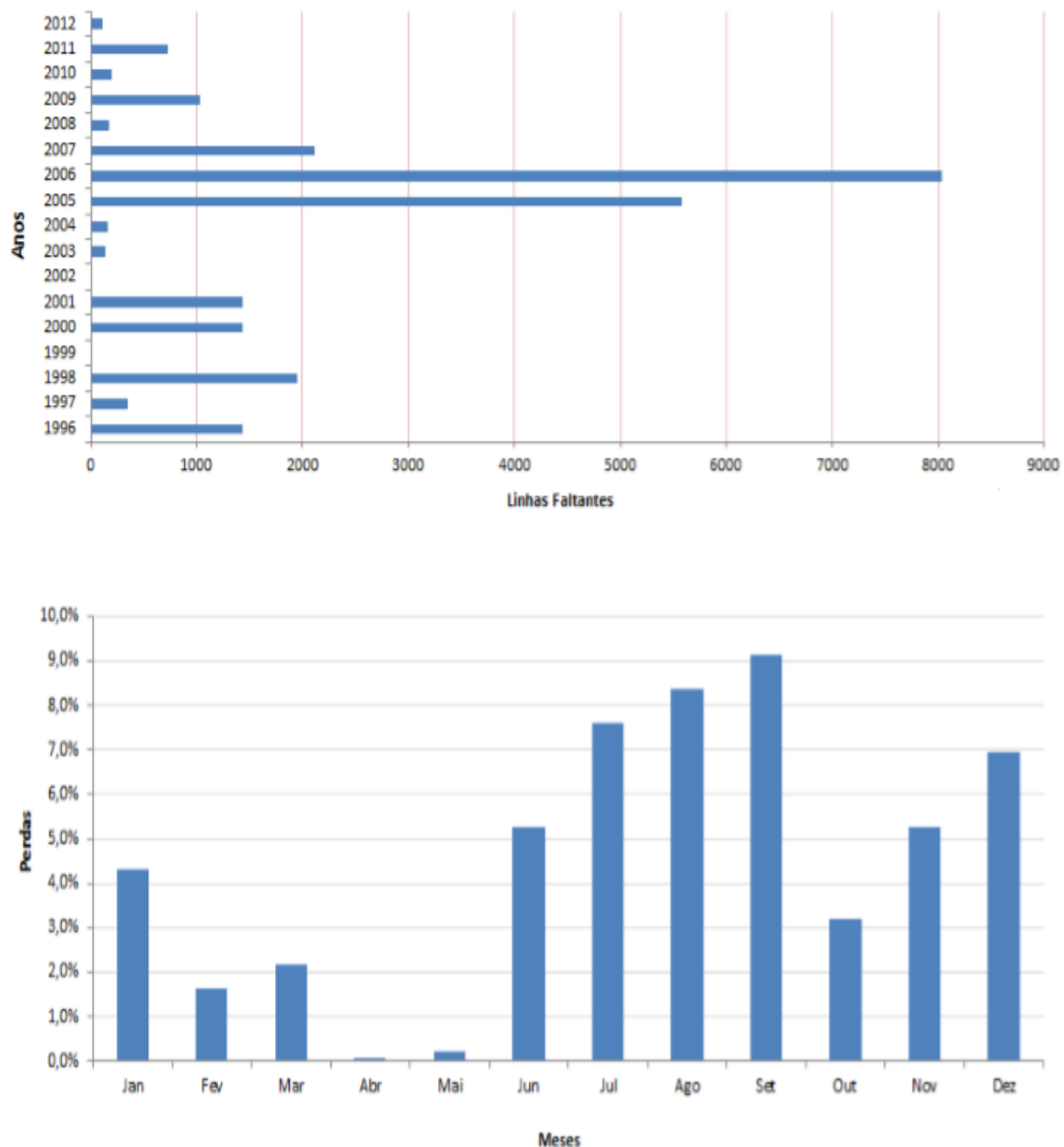


Figura 2 e 3: Distribuição anual e mensal das perdas por Linhas Faltantes

Os testes de nível 2 a 6 complementaram a investigação dos possíveis problemas existentes nos dados tais como valores espúrios. Foram falhas devidas somente aos problemas relativos ao comportamento do sistema que compõe o sensor (equipamento, cabos e conexões) e investigação do responsável. Estes foram separados por parâmetros investigado (umidade, temperatura, velocidade e direção do vento, radiação global, pressão atmosférica e precipitação). Em relação a distribuição anual de problemas relacionados com o sensor observa-se que houve grande concentração de problemas nos anos de 2004, 2005 e 2008.

A descrição estatística dos dados coletados no período de 1996 a 2012 foram caracterizados baseando-se nas técnicas de estatística descritiva onde os dados referentes ao

período de 1996 a 2012 apresentaram coerência com informações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em suas normais climatológicas (INMET, 2010). As informações obtidas no tratamento estatístico serve para avaliar a coerência entre os dados da EMET/CDTN e os dados oficiais do INMET. Esta comparação representou um índice da eficiência da metodologia de limpeza aplicada aos dados do CDTN.

Algumas variáveis têm maior importância na composição do arquivo meteorológico usado para alimentar os modelos de dispersão, outras são complementares podendo ser suprimidas sem comprometer severamente a qualidade dos resultados. Entretanto, o ideal é a disponibilidade de todos os parâmetros. A partir daí foi elaborado para cada parâmetro meteorológico investigado um diagrama que resume a disponibilidade da informação para inserção em modelos figura 4.



Figura 4: Exemplo de diagrama para visualização da disponibilidade de informações meteorológicas da EMET/CDTN. Fonte: Souza, 2013

Segundo a regulamentação estabelecida em US-NRC (2007) os sistemas de monitoramento meteorológicos devem garantir a aquisição/recuperação de pelo menos 90% dos dados no período de um ano. A fim de obter um mínimo de 90% dos dados válidos, há para a EMET/CDTN uma rotina de coleta e armazenamento redundante destes dados em discos rígidos.

A partir do diagrama apresentado na figura 5, somado a necessidade de avaliar quais os anos apresentaram melhores resultados, tendo em vista os parâmetros monitorados, do ponto de vista de utilização em modelos de dispersão atmosférica foi elaborado um “ranking” dos anos onde podemos observar que os 5 melhores anos de dados meteorológicos da EMET/CDTN para uso em estudos de dispersão atmosférica foram, em ordem decrescente, 2010, 1999, 2002, 2012, 2011 e 2008 com mesmo total.

ANO	UR	T10	V10	D10	DP10	T40	V40	D40	DP40	RGB	RLQ	PATM	CHV	T1 5	TOTAL
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	-	0	-	0
1997	4	4	4	1	1	4	4	4	4	-	4	-	4	-	38
1998	3	3	3	2	2	3	3	3	3	-	2	-	3	-	30
1999	5	5	5	5	5	5	5	5	5	-	5	-	5	-	55
2000	2	2	2	2	2	2	2	2	2	-	2	-	3	-	23
2001	4	4	4	3	3	3	3	3	3	-	4	-	2	-	36
2002	5	5	5	5	5	1	5	5	5	-	5	-	5	-	51
2003	5	5	2	1	1	2	5	5	5	-	5	-	5	-	41
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	-	0	-	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
2006	1	1	0	0	0	1	1	1	1	2	1	0	1	-	10
2007	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	-	27
2008	5	5	3	1	1	5	3	2	2	4	5	1	5	-	42
2009	3	0	4	1	1	1	0	0	0	4	4	1	4	-	23
2010	5	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5	0	62
2011	3	4	2	4	4	3	1	1	1	4	4	4	4	3	42
2012	5	0	5	5	5	0	5	0	0	5	5	3	5	5	48
TOTAL	52	45	46	37	37	37	43	37	37	27	53	16	53	8	

Figura 5: Desempenho do ponto de vista de utilização em estudos de dispersão atmosférica.  
 Fonte: Souza, 2013.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia de tratamento dos dados da EMET/CDTN, desenvolvida neste trabalho e aplicada ao banco de dados referente ao período de 1996 a 2012, representa um significativo avanço para o aprimoramento da qualidade das informações geradas e, conseqüentemente, dos diversos estudos de impacto ambientais e científicos desenvolvidos com base nestes dados.

Em relação ao processo de tratamento dos dados meteorológicos, destaca-se como grande dilema a etapa da decisão de descartar ou não um dado equivocado. Esta decisão dependerá de particularidades de cada situação e de cada parâmetro investigado e do critério utilizado pelo analista.

As informações obtidas nos tratamentos estatísticos foram coerentes com os dados históricos apresentados pelo INMET (2010). Esta situação é um indicativo de que a metodologia de limpeza dos dados aplicados à EMET/CDTN apresentou resultado satisfatório.

Em relação aos motivos que geraram perda de dados na EMET/CDTN, destaca-se que as falhas associadas ao teste de Nível 1 (Linhas Faltantes) foram as principais causas de perdas para todos os parâmetros. A análise dos resultados que relatam o percentual de perdas de cada parâmetro monitorado na EMET/CDTN demonstra que, apesar da qualidade dos equipamentos que compõe este sistema, é fundamental a existência de uma equipe técnica qualificada de apoio que garanta o atendimento aos problemas identificados pelo operador da Estação.

Os indicadores de qualidade de dados meteorológicos contribuíram diretamente para os estudos de dispersão no CDTN. E essa metodologia vem sendo aplicada gerando uma base de conhecimento confiável e disponível para futuros estudos relacionados a meteorologia.



## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo apoio dado ao trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPBELL SCIENTIFIC, CR10X Measurement and Control Module Operator's Manual: Revision 02/03, 2003. Disponível em: [www.campbellsci.com/documents/us/manual](http://www.campbellsci.com/documents/us/manual) . Acesso em julho de 2012.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (CNEN). CNEN-NE-1.22 – Programas de Meteorologia de Apoio de Usinas Nucleoelétricas. Brasil. agosto de 1989. Disponível em: [www.cnen.gov.br/seguranca/normas](http://www.cnen.gov.br/seguranca/normas) . Acesso em novembro de 2012.

EISCHEID, J.K.; BAKER, C.B.; KARL, T.R.; DIAZ, H.F. The quality control of long-term climatological data using objective data analysis. *J. Appl. Meteorol.*, 34:27872795. Dezembro, 1995

GODISH, T. *Air Quality*. 3 ed. New York: Lewis Publishers, 1997. 448p.

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990. ISBN: 978-85-62817-01-4. Brasília, DF, 2009. Acesso em 10 set. 2018a.

\_\_\_\_\_. Rede de Estações Meteorológicas Automáticas do INMET. Nota Técnica: No 001/2011. Brasília, DF, 2011. Acesso em 10 set. 2018b.

\_\_\_\_\_. Previsão do tempo por Estado: Minas Gerais. Acesso em 10 set. 2018c.

\_\_\_\_\_. Censo Demográfico 2010. Acesso em 10 set. 2018d.

SOUZA, L. S de Estação meteorológica do CDTN: caracterização do sistema de aquisição de dados e tratamento das informações geradas entre 1996 e 2012 visando a viabilização de estudos de eventos extremos e de dispersão atmosférica. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Minerais e Meio Ambiente, Centro de desenvolvimento da tecnologia nuclear, 2013.

MAGINA, F. de C. Aquisição Automática e Tratamento de Dados Meteorológicos Aplicáveis ao Projeto e Operação de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica. Dissertação de mestrado em Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Itajubá, 2007

PETERSON, T.C. et al. Global Historical Climatology Network (GHCN) quality control of monthly temperature data. *International Journal of Climatology*, Volume 18, Issue 11, Pag.s 1169-1179, 1998

UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION (US-NRC). Meteorological Monitoring Programs for Nuclear Power Plants, Regulatory Guide 1.23 (Rev. 1). Março, 2007.

**Recebido em:** 06/06/2019

**Aprovado para publicação em:** 26/07/2019