

Banco de Dados de Vento de Longo Prazo – Revisão 01

Elaborado por:



**Miguel Hiroo Hirata
Regina Araújo
Cecilia Araújo
Renata Machado**

Para:

**Agência de Cooperação
Técnica Alemã – GIZ
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH**

Setembro 2011

gíz



Programa Energia
Brasileiro-Alemão



Banco de Dados de Vento de Longo Prazo – Revisão 01

Elaborado por: Eólica Engenharia Ltda.

Autores:
Miguel Hiroo Hirata
Regina Araújo
Cecilia Araújo
Renata Machado

Para: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Programa: Programa Energia Brasileiro-Alemão

No do Programa: 2007.2189.4-001.00

Coordenação: Torsten Schwab (GIZ),
Juarez Lopes (EPE)

Setembro 2011

Informações Legais

1. Todas as indicações, dados e resultados deste estudo foram compilados e cuidadosamente revisados pelo(s) autor (es). No entanto, erros com relação ao conteúdo não podem ser evitados. Consequentemente, nem a GTZ ou o(s) autor (es) podem ser responsabilizados por qualquer reivindicação, perda ou prejuízo direto ou indireto resultante do uso ou confiança depositada sobre as informações contidas neste estudo, ou direta ou indiretamente resultante dos erros, imprecisões ou omissões de informações neste estudo.
2. A duplicação ou reprodução de todo ou partes do estudo (incluindo a transferência de dados para sistemas de armazenamento de mídia) e distribuição para fins não comerciais é permitida, desde que a GTZ seja citada como fonte da informação. Para outros usos comerciais, incluindo duplicação, reprodução ou distribuição de todo ou partes deste estudo, é necessário o consentimento escrito da GTZ.

Conteúdo

Introdução	2
1. Características Desejáveis	4
2. Dados Disponíveis: o que existe e o que estamos coletando	5
2.1 Classes de equipamentos e órgãos responsáveis pela operação	5
2.2 Tipos de registros de dados	8
2.3 Classificação dos dados.....	9
3. Fluxo da informação: da torre meteorológica ao usuário final	10
3.1 Premissa Básica.....	10
3.2 Uma visão geral	10
3.2.1 <i>Arquivo de Dados da Estação Meteorológica</i>	10
3.2.2 <i>Arquivo de Dados Brutos</i>	11
3.2.3 <i>Arquivos de Dados Filtrados</i>	11
3.2.4 <i>Arquivos de Dados Classificados</i>	12
3.2.5 <i>Arquivos de Dados Consolidados</i>	12
3.3 Bancos de dados e seus arquivos específicos	16
3.3.1 <i>Arquivo de Dados de Uma Estação Meteorológica</i>	19
3.3.2 <i>Arquivos de Dados Brutos</i>	22
3.3.3 <i>Arquivos de Dados Filtrados</i>	27
3.3.4 <i>Arquivos de Dados Classificados</i>	30
3.3.5 <i>Arquivos de Dados Consolidados</i>	35
3.4 Implementação do Banco de Dados de Vento	43
3.4.1 <i>Próximos Passos</i>	43
Anexo I: Análise de consistência e homogeneidade dos dados (filtros)	44
I.1 Análise de consistência dos dados anemométricos	44
I.2 Homogeneidade dos dados medidos.....	46
Anexo II: Glossário de abreviaturas e símbolos técnicos	47
Anexo III: Digitalização dos dados	48
III.1 Anemógrafo Mecânico Tipo Universal.....	48
III.1.1 <i>Descrição do Instrumento</i>	48
III.1.2 <i>Rotina de Operação de Anemógrafos no INMET</i>	51
III.1.3 <i>Leitura ou Digitação de Anemograma</i>	52
III.1.4 <i>Estimativa de Tempo para Recuperar Dados de Anemogramas</i>	55
III.2 Cadernetas de Campo e Formulários	56
III.2.1 <i>Digitação de Caderneta e Formulário</i>	59

Introdução

Várias são as razões que justificam a utilização de fontes renováveis de energia em substituição às fontes convencionais, principalmente aquelas que utilizam combustíveis fósseis. Entre estas razões os aspectos ambientais e os aspectos estratégicos, talvez, sejam os mais importantes.

De fato, a utilização indiscriminada dos combustíveis fósseis tem provocado mudanças ambientais que já são detectadas, até pelos leigos, através das mudanças climáticas que provocam fenômenos de grandes intensidades e em períodos antes não observados.

O fato dos combustíveis fósseis nem sempre serem produzidos nos locais de consumo tem provocado conflitos políticos, ideológicos e armados que tem, como consequência, provocado o corte temporário no suprimento e grandes oscilações dos preços destes combustíveis. A interrupção no suprimento dos combustíveis e as oscilações dos preços são responsáveis pela introdução de incertezas e distúrbios na cadeia produtiva. Evidentemente, os custos dos bens produzidos se multiplicam se estes fatores relacionados com as incertezas nos suprimentos forem considerados.

Desta maneira, não é difícil concluir que os custos da energia proveniente dos combustíveis fósseis tornam-se menos competitivos quando comparados com os custos da energia produzida por fontes renováveis, se os fatores acima mencionados forem considerados.

No Brasil, a matriz energética para a geração de eletricidade tem na hidroeletricidade a sua base principal e predominante; esta base, porém, é dependente de fatores climáticos não determinísticos. Este fato faz com que os aspectos energéticos de longo prazo sejam definidores da atratividade econômica das diversas fontes de geração da energia elétrica, uma vez que eles são fundamentais para a confiabilidade do suprimento de energia elétrica em períodos de pouca disponibilidade hidráulica (longos períodos de estiagem).

Assim sendo, a importância das diferentes fontes de energia elétrica é função não apenas de seus custos intrínsecos, mas também da maior ou menor coincidência de sua disponibilidade com a disponibilidade hídrica, ou seja, pelo coeficiente de correlação entre estas duas disponibilidades.

No caso das fontes primárias que, de alguma maneira possam ser consideradas como manifestações da energia solar, como por exemplo, a energia solar (fotovoltaica ou térmica), a energia eólica e a biomassa, essa correlação pode ser avaliada com base em séries históricas suficientemente longas de ocorrências mensais, obtida a partir de medições diretas ou através de métodos de inferência estatística baseada nas observações disponíveis. Particularmente importante é a verificação dessas coincidências no período compreendido entre 1949 e 1956, definido como “período crítico” do sistema brasileiro, que serve para definir de forma determinística, o valor da “energia firme” de cada aproveitamento hidrelétrico.

Adicionam-se a estes argumentos (diretamente relacionados à geração de energia) outros de igual importância; por exemplo:

- os conhecimentos armazenados num banco de dados de vento são de importância primária para outras aplicações como a agricultura (os dados meteorológicos ao longo dos tempos sempre foram coletados pelo Ministério da Agricultura)
- para a previsão do tempo e prevenção de catástrofes;
- para a navegação aérea (civil e militar);

- etc.

Pode-se concluir, portanto, que os conhecimentos armazenados num banco de dados de vento representam uma base de dados estratégicos quer sejam eles para fins econômicos, sociais e, até mesmo, para fins estratégicos de segurança nacional.

Finalmente, nunca é demais lembrar que um País moderno precisa antes de tudo se conhecer e o conhecimento dos fenômenos relacionados com a nossa atmosfera depende muito do que foi medido ao longo dos anos.

Tendo em vista o acima descrito, a presente proposta engloba duas possibilidades presentes no Banco de Dados de Vento: um Banco de Dados Atualizado e um Banco de Dados Históricos.

O Banco de Dados Atualizado, mais apropriado para o dimensionamento de um parque eólico e para análises de suas potencialidades, apresenta um comportamento dinâmico caracterizado pela atualização constante dos parâmetros que definem o regime dos ventos.

O Banco de Dados Históricos é mais apropriado para análises de confiabilidade do suprimento de energia em longos prazos e análises de correlação da geração de energia hídrica e eólica. Os dados recentes contidos neste banco são os mesmos daqueles contidos no Banco de Dados Atualizados; além destes dados, o Banco de Dados Históricos contém informações (mais qualitativas) de longo prazo.

Este relatório está organizado em três capítulos e três anexos. Após esta introdução, o primeiro capítulo discute as características desejáveis em um Banco de Dados. O segundo capítulo faz um apanhado dos dados que alimentarão o Banco de Dados: as principais instituições, os instrumentos medidores e as diferentes formas de registro. O terceiro capítulo trata do Banco de Dados propriamente dito, e detalha, através do fluxo da informação, os diferentes bancos de dados que o compõem. Um detalhamento da análise de consistência e homogeneidade dos dados, ou filtros, encontra-se no Anexo I. O Anexo II traz um glossário de abreviaturas e símbolos técnicos. O Anexo III, finalmente, retoma o assunto do segundo capítulo e aprofunda o tema dos diferentes tipos de registros e o processo de digitalização de cada um deles.

1. Características Desejáveis

Duas são as razões principais para se elaborar um Banco de Dados contendo informações de fenômenos meteorológicos.

A primeira razão está associada à importância de se possuir uma memória das ocorrências; esta razão tem grande importância porque através dela pode-se entender e analisar os fenômenos e, principalmente, inferir o comportamento futuro destes fenômenos com a utilização de ferramental estatístico.

A segunda razão, tão importante quanto a primeira, reside na possibilidade de uma democratização da informação, tornando-a acessível a qualquer pessoa (empresário, engenheiro, pesquisador, estudante, etc.) quando se fizer necessário.

Destas duas principais razões para se elaborar um Banco de Dados de Vento podemos inferir as características principais que este banco deve possuir. Em linhas gerais, as características se resumem em:

- **o Banco de Dados de Vento deve armazenar apenas as informações confiáveis e, tanto quanto possível, associar à informação arquivada o grau de confiabilidade intrínseca.**
- **o Banco de Dados de Vento deve ser o responsável pela perpetuação da memória armazenada; desta maneira, o Banco de Dados de Vento deve operar com ferramentas e arquivos redundantes para se precaver contra qualquer tipo de eventualidade.**
- o Banco de Dados de Vento deve ser mantido atualizado. Esta característica define muitos dos procedimentos utilizados pelo Banco de Dados de Vento para a análise e armazenamento dos dados; em resumo o Banco de Dados de Vento deve possuir uma característica dinâmica que permita a sua constante atualização e disponibilização da informação atualizada em tempo real.
- o Banco de Dados de Vento deve ser montado tendo em vista o usuário final. Assim sendo, uma padronização nos arquivos e procedimentos é fundamental; esta padronização deve ser devidamente documentada tendo em vista futuras alterações e adições.
- Pela mesma razão anterior a consulta aos arquivos do Banco de Dados de Vento deve ser facilitada ao máximo. Deste fato, advém uma característica fundamental: a utilização dos recursos computacionais mais modernos para o processamento dos dados e para permitir uma grande interatividade com o usuário.

2. Dados Disponíveis: o que existe e o que estamos coletando

Para identificar a disponibilidade de dados de direção e velocidade a serem utilizados na montagem do Banco de Dados de Vento, foi feito um inventário da rede anemométrica brasileira considerando os seguintes aspectos:

- órgãos e empresas responsáveis pela operação das estações anemométricas;
- tipos de equipamentos e características de instalação;
- rotinas de operação das estações;
- arquivamento dos dados medidos.

A medição da velocidade e direção do vento com abrangência de todo território brasileiro foi feita, ao longo de grande período do século passado, principalmente pelo:

- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia,
- Ministério da Aeronáutica, através da Diretoria Eletrônica de Proteção ao Voo.
- Ministério da Marinha, através da Diretoria de Hidrografia e Navegação.

Atualmente parte das estações instaladas em aeroportos é operada pala INFRAERO – Infraestrutura Aeroportuária, vinculada à Secretaria de Aviação Civil.

Na década de 90 o INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais iniciou a operação de uma rede com estações localizadas nas várias regiões geopolíticas do Brasil.

Outros órgãos de natureza regional, quase sempre subordinados às secretarias estaduais de agricultura ou empresas do setor elétrico operaram estações anemométricas na sua área geográfica de atuação. Este é o caso do:

- IAPAR – Fundação Instituto Agronômico do Paraná
- IAC – Instituto Agronômico de Campinas
- DAEE – Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo
- CEMIG – Centrais Elétricas de Minas Gerais S/A
- CESP - Centrais Elétricas de São Paulo S/A

No final dos anos 90 começaram a ser instalados por diversas empresas e empreendedores anemômetros com o foco principal voltado para o aproveitamento de energia eólica.

2.1 Classes de equipamentos e órgãos responsáveis pela operação

O presente projeto é parte de um contexto maior que contempla a elaboração e implantação de um Banco de Dados de Vento. Com este foco em mente, a apresentação dos equipamentos será restrita àqueles que medem as características dos ventos; os anemômetros.

No passado, a medição de parâmetros meteorológicos era feita através de instrumentos de leitura direta ou de registradores em diagramas de papel. No instrumento de leitura direta o operador da estação meteorológica lia o valor indicado no instrumento e anotava-o em uma caderneta de campo ou em um formulário apropriado. Os instrumentos registradores, como a própria denominação indica, registravam continuamente em diagramas de papel com escala

apropriada as variações ao longo do tempo do parâmetro focalizado. No caso do vento o diagrama é denominado de anemograma e o instrumento anemógrafo.

Mais recentemente, passou-se a utilizar instrumentos eletrônicos onde o registro contínuo é feito diretamente em meio magnético através de sistemas automáticos de aquisição de dados, no caso do vento os instrumentos são denominados de anemômetros digitais.

A análise dos equipamentos utilizados nas estações meteorológicas mostra que temos basicamente quatro (4) classes de equipamentos:

- Anemômetro Wild – (AW)

É um equipamento rudimentar que foi utilizado nas estações meteorológicas mais antigas, principalmente pelo INMET. Este equipamento consiste basicamente de uma placa que oscila, pela ação do vento, em torno de um eixo horizontal. A medida do ângulo que a placa faz com um plano vertical fornece uma estimativa do valor da velocidade do vento.

- Os valores fornecidos por este equipamento são considerados como qualitativos e devem ser utilizados apenas como um indicador de tendências.
- Em geral foram anotados apenas três (3) valores diários, nos horários sinóticos menos um (um pela manhã, um à tarde e outro a noite).
- Os anemômetros, ou placas, ficavam a 10 metros de altura.

- Anemômetro Totalizador – (AT)

O anemômetro totalizador é constituído por um conjunto de conchas giratórias, normalmente 3, acoplado a um contador mecânico que é acionado pelo movimento das conchas. Esse tipo de equipamento é utilizado para medir a velocidade média num intervalo de tempo, que é obtida pela razão entre o número de giros das conchas e o tempo considerado na medição.

Este tipo de instrumento é utilizado nas estações agropecuárias para determinar a velocidade média do vento que circula 15 cm acima da borda do tanque evaporimétrico, ou seja, a altura do anemômetro totalizador é de aproximadamente 60 cm a 70 cm.

Normalmente a leitura do totalizador é feita uma vez por dia, às 9 horas, tendo-se, portanto, a velocidade média diária do vento. Apesar da instalação desse anemômetro estar próximo ao solo e de fornecer somente a velocidade média diária, as medições podem auxiliar as futuras pesquisas que terão como objetivo quantificar a variação temporal do vento em longo período de tempo.

- Anemômetro Elétrico – (AE)

Nesta classe incluem-se vários tipos de anemômetros. Estes anemômetros foram utilizados pelo INMET, pela Aeronáutica e pela Marinha. Será apresentado aqui apenas um tipo, uma vez que o interesse reside apenas na identificação da qualidade dos dados de vento. O anemômetro elétrico clássico é composto de um pequeno gerador elétrico acoplado ao eixo de um anemômetro que irá medir a velocidade do vento. Conforme a velocidade do vento aumenta, aumenta-se a frequência de rotação do eixo e consequentemente a corrente elétrica produzida pelo gerador elétrico. Esta corrente é medida por um amperímetro cujo mostrador apresenta uma escala que fornece a velocidade do vento. Por estas características o operador anota a velocidade do vento. Há duas maneiras de anotar a velocidade: na primeira o operador simplesmente anota o valor marcado no mostrador (leitura instantânea) e na segunda o operador faz o que se denomina de “média mental” do último minuto (uma leitura mais representativa que a primeira, mas que depende do preparo do operador).

- Os valores fornecidos por este equipamento são considerados como aproveitáveis, podendo ser utilizados para análises estatísticas simples.
- Em geral são anotados apenas três (3) valores diários nos horários sinóticos menos um (manhã, tarde e noite); o fato de serem anotados faz com que a sua utilização seja feita com cautela (erros humanos são inevitáveis).
- Há algumas estações meteorológicas (da Aeronáutica) que anotam 24 valores diários
- Nas estações do INMET os anemômetros ficavam a 10 metros de altura, sendo que nas do Ministério da Aeronáutica as alturas não eram únicas, variando entre 6 e 20 metros.

- Anemômetros Registradores ou Anemógrafos – (AR)

São equipamentos utilizados pelo INMET nas suas estações meteorológicas até o final da década de 90; após este período as estações começaram a sofrer um processo de modernização e passaram a ser equipadas com os anemômetros digitais como descrito abaixo. A grande vantagem dos AR é que eles dispunham de um registrador totalizador gráfico o que permite o cálculo de valores médios da velocidade em períodos de 10 minutos (ou até menos). A grande desvantagem destes equipamentos é que os registros eram feitos em papel o que apresenta três tipos de problemas: alguns se perderam e outros foram danificados; o problema principal, no entanto, reside na leitura e cálculo da velocidade média o que são feitos através de procedimentos relativamente complexos. Para algumas estações o INMET, utilizando estes registros gráficos, montou arquivos com três (3) valores médios (média dos 10 minutos da velocidade) diários. Está disponível, no entanto, uma metodologia semiautomática para se calcular a velocidade média dos últimos 10 minutos, num total de (6*24*30) medidas mensais.

Outros órgãos e empresas que utilizaram anemógrafos foram o IAPAR, o IAC, o DAEE-SP, a CEMIG e a CESP.

- Os valores fornecidos por estes equipamentos são de grande valor uma vez que eles representam os melhores dados (existentes) de longo prazo.
- Os arquivos com três valores diários já são de grande credibilidade
- Ainda que seja um processo trabalhoso e demorado, a leitura dos valores médios registrados nos anemogramas a cada 10 minutos, resultaria em um banco de dados de valor inestimável para o melhor conhecimento do histórico do vento no Brasil. O processo pode ser agilizado com o emprego de um programa computacional específico para leitura de anemograma.
- Os anemômetros dos anemógrafos foram instalados a 10 metros de altura, a menos da CEMIG que instalou-os em diversas alturas, quase sempre maiores que 10 metros.

- Anemômetros Digitais – (AD)

São os equipamentos mais modernos, e atualmente de uso rotineiro no País. Como já mencionado, os anemômetros digitais passaram a fazer parte de algumas das estações meteorológicas do INMET a partir da década de 90. Todas as novas estações são equipadas com este tipo de equipamento. Estes equipamentos fornecem arquivos digitais com valores médios da velocidade. Nas estações do INMET são registradas as médias dos valores que antecedem os últimos 10 minutos da hora cheia. Já nas estações instaladas em aeroportos o tempo de média é de 1 minuto. As estações instaladas com finalidade de levantamento de potencial eólico gravam as médias a cada 10 minutos e, na sua grande maioria, dispõem de equipamentos instalados a duas ou mais alturas.

2.2 Tipos de registros de dados

Do que foi acima descrito podemos classificar os dados de vento disponíveis como:

: Registros em Cadernetas: registros anotados em “cadernetas” contendo dados anotados manualmente; provenientes de anemômetros AW, AE e AR.

Sem entrar no mérito da qualidade dos dados, as principais características e cuidados a serem tomados ao se utilizar estes dados são:

- Em geral os registros são restritos a três leituras diárias; há exceções.
- Parte dos dados dos anemômetros AW, AE e AR operados pelo INMET e com medições anotadas em cadernetas de campo já foram digitalizados, assim como os dos anemômetros AE do Ministério da Aeronáutica.
- Em geral os registros representam leituras instantâneas ou “médias mentais”; há exceções, como aquelas dos AR.
- **Os filtros são indispensáveis para excluir (principalmente) os dados errôneos introduzidos por erros humanos do operador.**

: Registros em Tabelas: registros apresentados na forma de tabelas contendo dados anotados por um operador ou resultantes de leituras em anemogramas. Em geral estes registros contêm dados de grande valor. As principais características e cuidados a serem tomados ao se utilizar estes dados são:

- Em geral são registros de 15 a 24 valores diários, com uma leitura por hora. Para poucas estações existem tabelas com dados de anemogramas, de 10 em 10 minutos. Entretanto, o período de leitura é de 2 a 3 anos.
- Os filtros são necessários uma vez que são valores lidos e anotados por um operador (como nas “cadernetas”) o que pode resultar em valores errôneos introduzidos por erros humanos.
- **Os filtros são, também, necessários para aqueles que apresentam valores médios dos últimos 10 minutos porque o seu cálculo ainda envolve uma grande componente humana.**

: Registros em Anemogramas: registros gráficos em diagramas de papel com a evolução contínua da velocidade média e de rajada. São importantes para o levantamento do histórico de dados de vento, pois são os que apresentam maior confiabilidade nas medições realizadas no passado. As principais características e cuidados a serem tomados ao se utilizar estes dados são:

- Permite a formação de um banco de dados com valores a cada 10 minutos, que é o tempo de média utilizado nos atuais anemômetros digitais, tornando uma comparação entre o passado e o presente mais precisa.
- Procedimento trabalhoso e demorado para a leitura dos gráficos registrados no papel, ao se considerar uma frequência de medição a cada 10 minutos ao longo de 10 a 20 anos.
- Para uma digitalização¹ sistemática e intensiva dos gráficos há necessidade de um programa computacional específico.

¹ Para mais informações sobre o processo de digitalização, veja o Anexo III.

- **Os filtros são necessários, pois a colocação dos anemogramas nos instrumentos era um processo manual e dependia da habilidade do operador. Outras possíveis fontes de erro são os defeitos e a calibração dos anemógrafos.**

Para mais detalhes sobre registros em cadernetas, tabelas e anemogramas, além do seu processo de digitalização, veja o Anexo III.

: Registros em Arquivos (digitais): registros contidos em arquivos digitais contendo dados da média de 10 minutos, com a frequência de amostragem variando de 1 a 6 registros por hora. São os registros mais modernos atualmente disponíveis. As principais características e cuidados a serem tomados ao se utilizar estes dados são:

- Em geral são registros dos últimos 10 minutos da hora cheia [(24*30) valores mensais], com exceção das instalações para fins de aproveitamento eólico que realizam medições a cada 10 minutos.
- em geral são registros restritos aos últimos 10 anos quando obtidos com os anemômetros digitais (AD). É possível considerar uma abrangência maior ao considerar os anemômetros registradores (AR) cujos anemogramas podem ser lidos eletronicamente.
- **Erros são minimizados e, na elaboração dos filtros, devemos nos preocupar com dados espúrios que (mesmo sendo realmente medidos) não são estatisticamente representativos.**

2.3 Classificação dos dados

Tendo em vista o que foi acima descrito podemos, para fins de elaboração do Banco de Dados de Vento, classificar os dados disponíveis como:

Dados tipo α: dados obtidos com Anemômetros Digitais (AD) armazenados em Registros em Arquivos (digitais) ou com Anemômetros Registradores (AR) quando os anemogramas são lidos eletronicamente e armazenados em Registros em Arquivos (digitais)

Dados tipo β: dados obtidos com Anemômetros Registradores (AR) e os valores médios de leituras armazenados em Registros em Tabelas

Dados tipo γ: dados obtidos com Anemômetros Elétricos (AE) e os valores instantâneos de leituras armazenados em Registros em Cadernetas

Dados tipo δ: dados obtidos com Anemômetros Wild (AW).

3. Fluxo da informação: da torre meteorológica ao usuário final

3.1 Premissa Básica

O Banco de Dados de Vento deve possuir uma característica dinâmica, isto é, pode ser continuamente atualizado e pode também permitir uma operação interativa com o usuário.

Uma primeira necessidade para que esta característica seja observada consiste no recebimento dos dados das estações meteorológicas e que irão alimentar o Banco de Dados de Vento de maneira contínua (de preferência em tempo real mas, pelo menos inicialmente, pode-se aceitar um recebimento mensal).

3.2 Uma visão geral

Os dados são recebidos da Estação Meteorológica e depois de devidamente manipulados e arquivados no Banco de Dados de Vento são disponibilizados aos usuários, incluindo a EPE.

Uma função importante e, nem sempre observada, é que o operador de um banco de dados deve providenciar, ao usuário, todos os meios possíveis para facilitar o seu acesso às informações disponíveis. Neste sentido não se pode descartar a disponibilização (no Banco de Dados ou no seu “site”) de algum tipo de “software” que o usuário poderia utilizar para ter uma maior eficiência na utilização da informação.



Figura 3.1 Esquema da função do banco de dados

Uma proposta para um Banco de Dados de Vento com as características desejáveis considera este banco de dados composto por um conjunto de cinco (5) bancos de dados específicos como identificados a seguir.

3.2.1 Arquivo de Dados da Estação Meteorológica

Este arquivo de dados é composto por dois tipos de arquivos:

- Arquivos temporários (dados relativos ao regime dos ventos e que são recebidos mensalmente) que são descartáveis após a manipulação.
- Arquivos de dados permanentes (dados referentes à Estação Meteorológica)

O usuário **terá acesso limitado** (acesso apenas através do Operador do Banco de Dados de Vento) aos dados contidos nos arquivos permanentes. (Estes dados são atualizados a cada cinco anos)

O usuário **não terá acesso** aos dados contidos nos arquivos temporários.

OBSERVAÇÃO: O grau de acessibilidade aos arquivos doravante descritos são apenas sugestões a serem avaliadas posteriormente.

3.2.2 Arquivo de Dados Brutos

Este arquivo de dados contém os dados brutos e é um arquivo permanente.

Dados brutos são aqueles que foram recebidos da Estação Meteorológica e, após reformatados, são arquivados no formato padrão (a ser definido) do Banco de Dados de Vento.

A formatação na forma binária é uma sugestão a ser considerada fortemente devido à facilidade e velocidade de acesso, um aspecto importante quando os arquivos são de grande porte.

Outro aspecto interessante é que antecedendo ao processo de formatação haja um “filtro” (não confundir este “filtro” com os filtros de caráter “mais estatísticos” aos quais se refere abaixo) para identificação de falhas na aquisição e no armazenamento dos dados assim como possíveis falhas na operação e funcionamento dos anemômetros. Com estas informações o operador do Banco de Dados de Vento pode interagir imediatamente com o operador da Estação Meteorológica, evitando a perda de informações por um período longo de tempo.

O usuário **não terá acesso** aos Dados Brutos

3.2.3 Arquivos de Dados Filtrados

Estes arquivos são compostos por dois tipos diferentes:

- Os arquivos de dados filtrados contendo as informações sobre o comportamento meteorológico (vento, temperatura, pressão, etc.) e que serão classificados (veja abaixo).
- Os arquivos contendo as informações que identificam o que foi “filtrado”.

Os arquivos que contêm as informações filtradas e que definem o regime meteorológico são arquivos semi-temporários (contém apenas as informações dos últimos três anos). Os dados deste arquivo são formados pelos dados brutos que são submetidos a uma filtragem com dupla finalidade:

- Eliminar os valores que são estatisticamente insignificantes
- Identificar lacunas

Novos dados são adicionados mensalmente e todo o arquivo deve ser atualizado anualmente.

Observe que há necessidade de se realizar a filtragem dos dados em duas etapas: a primeira (chamada Filtro I, na figura 3.2, página 13) feita com os dados mensais e a segunda (Filtro II na mesma figura) realizada anualmente quando se dispõe de uma quantidade de informações suficientes para a realização de análises estatísticas mais confiáveis.

O usuário **terá acesso limitado** (acesso apenas através do Operador do Banco de Dados de Vento) aos dados filtrados. Estes dados podem ser de grande utilidade para análises de correlação, por exemplo.

É importante que sejam mantidos os arquivos que contém as informações sobre o que foi filtrado uma vez que eles identificam o que realmente foi filtrado; observe que os arquivos que contêm os dados filtrados são arquivos semi-temporários; no item seguinte se observa que serão mantidos apenas os dados classificados.

OBSERVAÇÃO: Uma apresentação resumida dos principais processos de filtragem é apresentada em separado no Anexo 1.

3.2.4 Arquivos de Dados Classificados

Este arquivo contém dados que devem ser armazenados permanentemente. Estes dados são necessários para a atualização anual dos dados consolidados, o que é feito todo início de ano; nesta atualização os dados de todos os anos são utilizados (veja o próximo item).

Este arquivo contém dados que, após serem filtrados, são classificados na sequência: altura, classes e setores, como apresentado mais abaixo.

Novos dados são adicionados a cada mês

O usuário **não terá acesso** aos arquivos contendo os dados classificados.

3.2.5 Arquivos de Dados Consolidados

Este arquivo de dados possui apenas dados permanentes.

Os dados classificados durante o ano (anterior) são utilizados para consolidar, no início de cada ano, os arquivos de dados consolidados. Detalhes são apresentados na parte que se segue.

A consolidação dos dados é efetuada de duas maneiras, de acordo com a finalidade desejada; assim sendo teremos:

- Arquivos de Dados Atualizados que contêm as informações referentes aos últimos 20 anos
- Arquivos de Dados Históricos que contêm informações de toda a existência da estação meteorológica.

O usuário **terá acesso total** aos dados consolidados.

É interessante que seja disponibilizado, ao usuário, algum tipo de “software” que torne a utilização destes dados mais eficiente e a prova de erros.

As três páginas seguintes fornecem uma visão gráfica do que foi acima apresentado. Na primeira destas quatro páginas, figura 3.2, temos um diagrama que permite uma visão macro do Banco de Dados de Vento. Na segunda página apresentamos os códigos de cores e letra utilizados na figura 3.2. Na terceira página, figura 3.3, o Arquivo de Dados Consolidados é apresentado com mais detalhes; isto é necessário porque este arquivo consolidado contém dados que foram consolidados de maneira diferentes, de acordo com a utilização que será feita pelo usuário.

Apresentamos, a seguir, uma descrição detalhada de cada um dos arquivos de dados que formam o Banco de Dados de Vento.

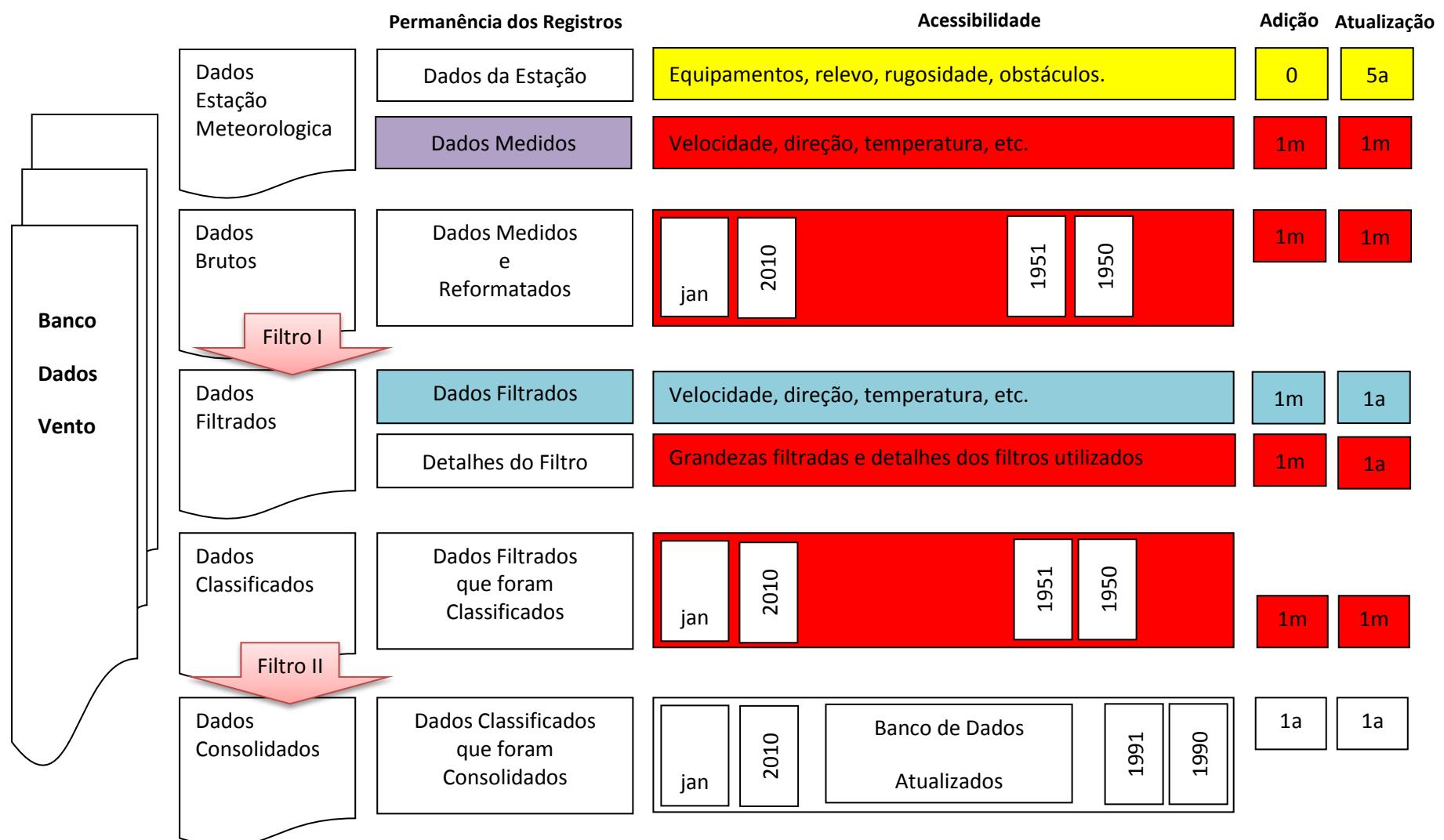


Figura 3.2 Visão geral dos diferentes bancos de dados que compõem o Banco de Dados de Vento

CÓDIGO DE CORES E LETRAS

TERCEIRA COLUNA: Permanência dos Registros

- Registros que são mantidos permanentemente no Banco de Dados de Vento: Dados da estação, Dados reformatados, Dados classificados, Dados consolidados
- Registros mantidos por um tempo estipulado (sugere-se manter apenas os registros referentes aos últimos três anos): Dados filtrados
- Registros descartados após a manipulação

QUARTA COLUNA: Acessibilidade

- Acesso total ao usuário
- Acesso condicionado à aprovação do operador do Banco de Dados de Vento
- Acesso negado ao usuário

QUINTA COLUNA: Adição de Dados

- 0 Não há adição de dados
- 1m Adição mensal de dados
- 1a Adição anual de dados

SEXTA COLUNA: Atualização

- 0 Não há atualização dos registros
- 1m Atualização mensal dos registros
- 5a Atualização dos registros a cada cinco anos

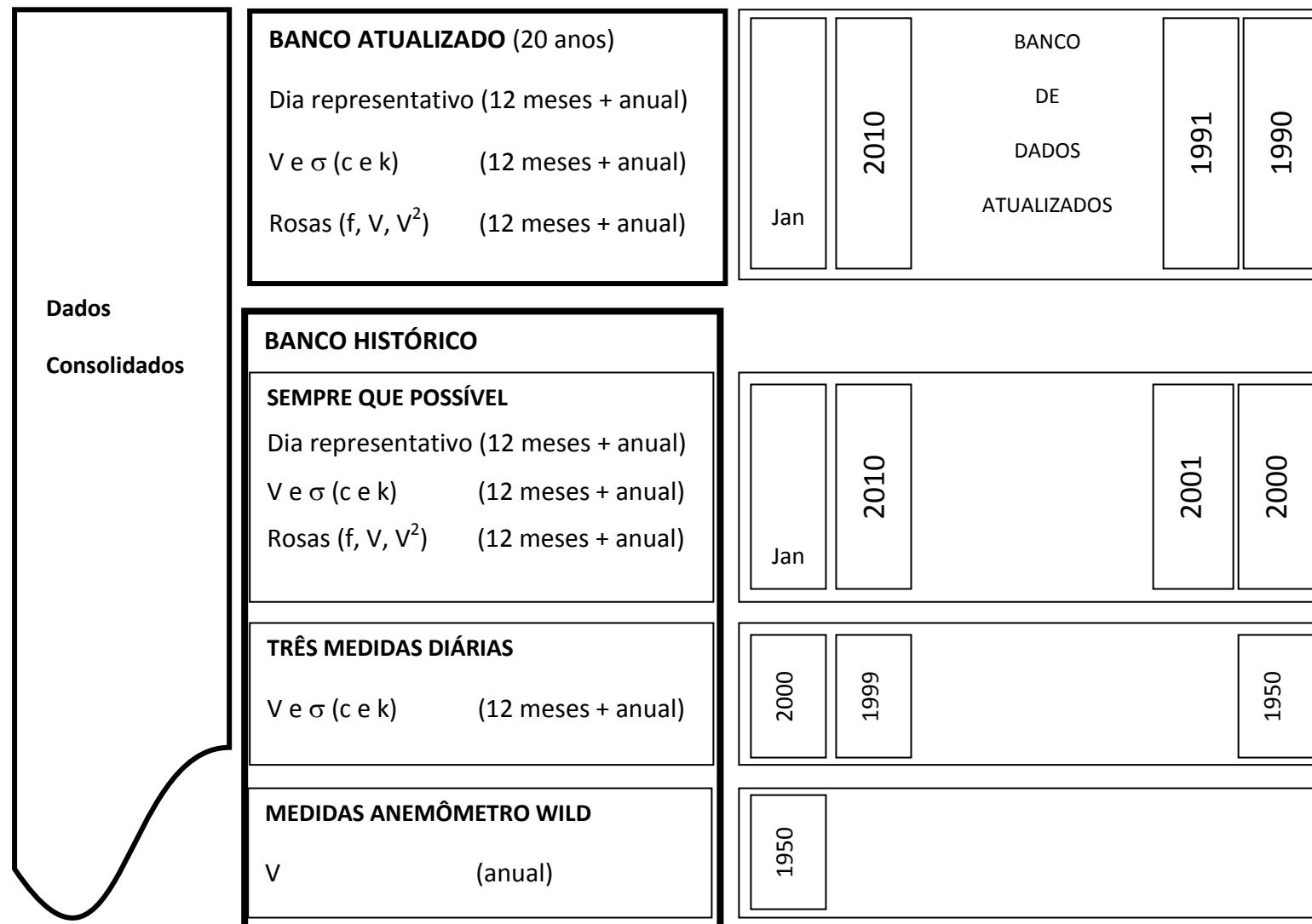


Figura 3.3 Banco de Dados Consolidado

3.3 Bancos de dados e seus arquivos específicos

O Banco de Dados de Vento é formado por tantos bancos de dados quanto forem as estações meteorológicas nele contido.

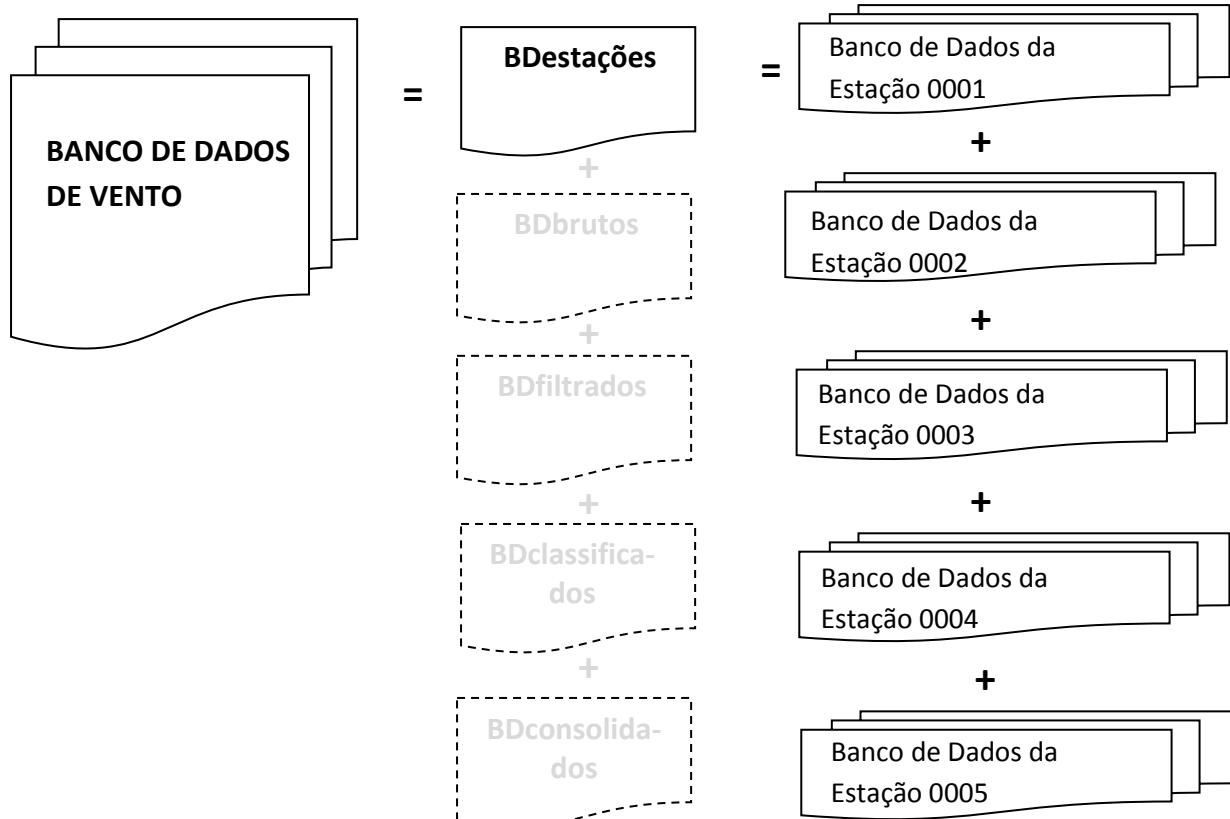


Figura 3.4 BD Estações

O Banco de Dados da Estação XXXX é composto pelos arquivos de dados específicos; por exemplo, o Banco de Dados da Estação 0001 é formado pelos cinco arquivos de dados como ilustrado na figura 3.5 abaixo.

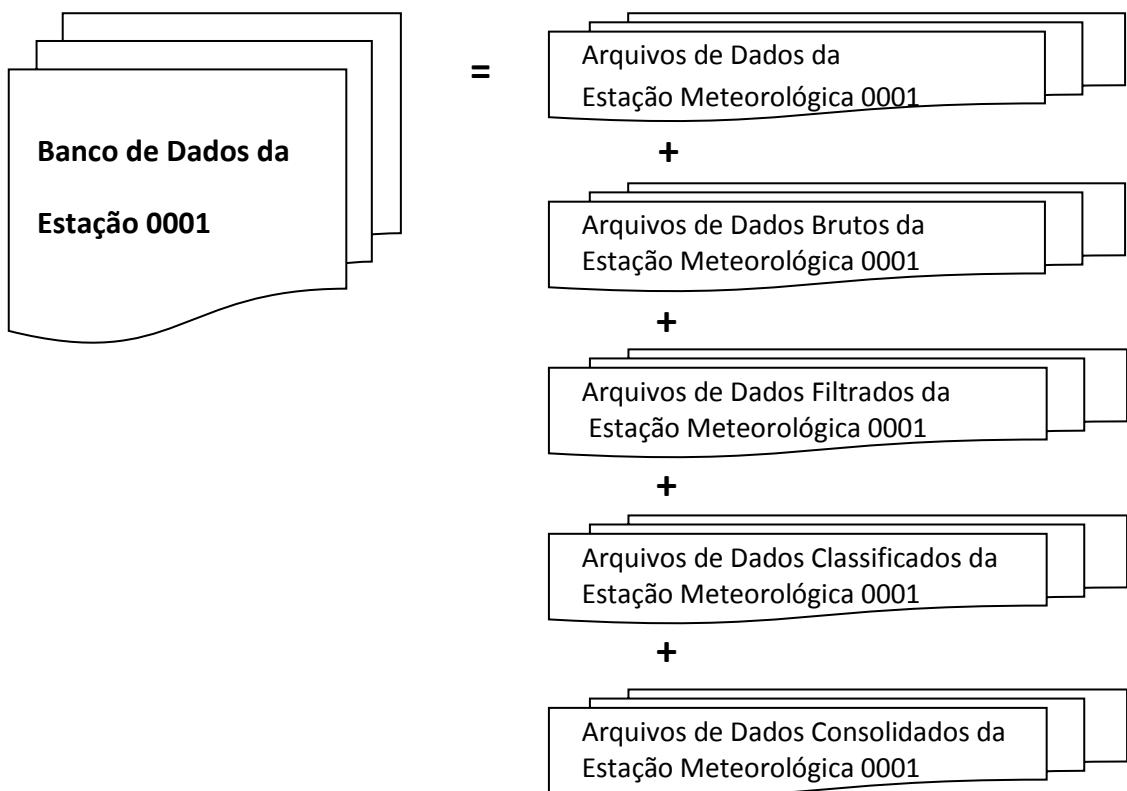


Figura 3.5 Banco de Dados da Estação 0001

A identificação dos arquivos específicos obedece ao seguinte critério:

O arquivo mais básico do Banco de Dados de Vento é o BDestações → Teremos que criar um arquivo que identifica cada estação meteorológica (código da estação) e cada anemômetro da estação (código do anemômetro). Com estes códigos estaremos aptos a identificar todos os dados contidos nos arquivos abaixo descritos e que pertencem a uma estação identificada pelo seu código.

ARQUIVO: BDestações

Código	LatLong	Estado	Nome
0001	09S40L	PE	Petrolina ²
0002	07S35L	PB	Campina Grande

Este arquivo deve possuir três entradas

Entrada 1: fornecendo o código da estação

Entrada 2: fornecendo o nome da estação

Entrada 3: fornecendo os valores da latitude e da longitude da estação

² Todas as tabelas e gráficos ilustrativos foram elaborados com dados disponíveis no site no Inmet para as estações de Petrolina e Campina Grande, para o período de Maio de 2011.

Com estas entradas tem-se acesso ao Banco de Dados da Estação, já que cada estação possui um conjunto de Arquivos de Dados específicos que formam o Banco de Dados da Estação.

O arquivo BDestações mais o conjunto de Bancos de Dados de todas as Estações forma o Banco de Dados de Vento.

3.3.1 Arquivo de Dados de Uma Estação Meteorológica

O Arquivo de Dados da Estação Meteorológica é formado pelo conjunto de dados de cada estação cadastrada no Banco de Dados de Vento.



Figura 3.6 Banco de dados de uma estação meteorológica

Cada conjunto de dados de uma estação meteorológica é formado por dois conjuntos de arquivos: os Arquivos de Dados Permanentes e os Arquivos de Dados Temporários.

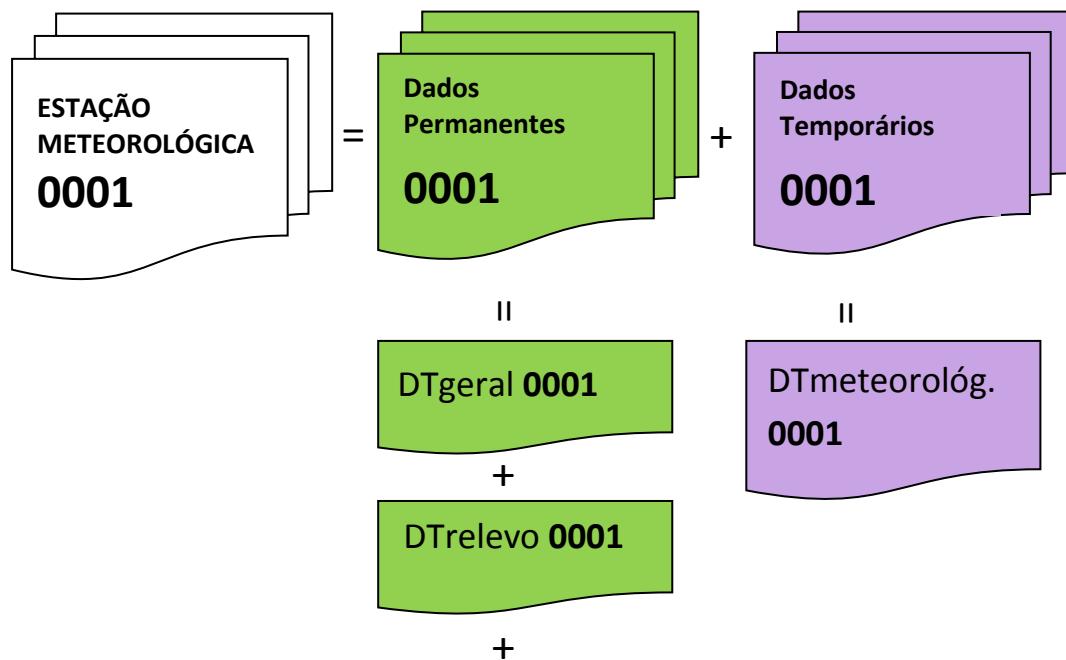
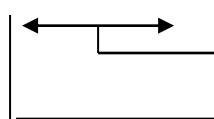


Figura 3.7 Divisão entre dados permanentes e temporários

Os arquivos do Banco de Dados da Estação Meteorológica são identificados como:

DT _____



Identificação específica do arquivo

Identificação de um arquivo do Banco de Dados da Estação

3.3.1.1 Arquivos de Dados Permanentes (Dados de acesso limitado)

Arquivos de Dados Permanentes são arquivos que permanecem guardados permanentemente no Banco de Dados de Vento e devem ser atualizados a cada cinco anos.

- a. **DTgeral:** contém informações gerais como a posição geográfica da torre, número e tipo de anemômetros, altura dos anemômetros, etc. A atualização deste arquivo pode ser feita a cada cinco anos.
- b. **DTrelevo:** contém informações que definem o relevo nas vizinhanças da estação meteorológica. Não há necessidade de atualização
- c. **DTobstáculos:** contém informações que definem os obstáculos nas vizinhanças da estação meteorológica. A atualização deste arquivo pode ser feita a cada cinco anos.
- d. **DTrugosidade:** contém informações que definem a rugosidade nas vizinhanças da estação meteorológica. A atualização deste arquivo pode ser feita a cada cinco anos.
- e. **DTcalibração:** contém informações que definem o plano de calibração observado nos anemômetros. A atualização deste arquivo pode ser feita a cada cinco anos.

3.3.1.2 Arquivos de Dados Temporários (Dados não disponíveis ao usuário)

Arquivos de Dados Temporários são arquivos que após utilizados são descartados (“deletados”) e não mais fazem parte do acervo do Banco de Dados de Vento.

Estes arquivos são transferidos da estação meteorológica para o Banco de Dados de Vento em tempo real ou uma vez ao fim de cada mês (hipótese utilizada na descrição que se segue).

- a. **DTmeteorológicos:** contém todas as informações medidas no mês anterior:
 - dados sobre o vento
 - dados sobre a temperatura
 - dados sobre a umidade
 - dados sobre chuvas
 - etc.

OBSERVAÇÕES:

1. A partir da implantação do Banco de Dados de Vento seria conveniente (porém muito difícil a nosso ver) que os dados fossem fornecidos de acordo com o padrão AMA, mostrado na Tabela 3.1 abaixo.

Estação	Data	Hora	Erro	Pressão média	Temperatura média	Umidade média	Velocidade do vento (anemômetro 1)				Direção do vento	
							média	máxima	mínima	desvio padrão	média	desvio padrão
A313	20110403	000000	0	951,1	23,3	87,0	2,5	6,8	-	-	73	-
A313	20110403	010000	0	951,5	23,0	90,0	2,4	7,4	-	-	67	-
A313	20110403	020000	0	951,6	22,9	91,0	2,8	6,6	-	-	81	-
A313	20110403	030000	0	951,1	22,8	91,5	2,7	6,1	-	-	62	-
A313	20110403	040000	0	950,8	22,9	91,5	1,9	5,7	-	-	70	-

Tabela 3.1 Padrão AMA com apenas um anemômetro e um Wind Vane

Os dados antigos continuarão vindo de acordo com o que estiver disponível.

2. o arquivo **DTmeteorológicos** após usados podem ser descartados uma vez que a Estação Meteorológica deve ter um arquivo próprio e arquivaremos estes dados num formato mais apropriado no Banco de Dados Brutos.

3. Os dados sobre topografia, obstáculos e rugosidade, etc. podem ser úteis para estudos sobre a evolução histórica, uma vez que estes dados possuem influência direta sobre o comportamento do vento. Eles são necessários para a utilização do WASP, por exemplo.

3.3.2 Arquivos de Dados Brutos

OBSERVAÇÃO INICIAL: lembrar que os dados são recebidos mensalmente; nas ilustrações estamos acabando de receber os dados de janeiro de 2011.

O Arquivo de Dados Brutos é formado pelos conjuntos de dados de cada estação cadastrada no Banco de Dados de Vento.

As diferenças entre os arquivos **DTmeteorológicos** e os Arquivos de Dados Brutos são apenas três:

- Os arquivos **DTmeteorológicos** contêm apenas dados fornecidos pela estação meteorológica referentes ao último mês. Na nossa ilustração a estação meteorológica está nos enviando os dados referentes ao mês de janeiro de 2011. Os Arquivos de Dados Brutos, no entanto, contém informações acumuladas desde que a estação foi cadastrada no Banco de Dados de Vento.
- Os arquivos **DTmeteorológicos** contêm os dados no formato utilizado pela própria estação meteorológica ao passo que os Arquivos de Dados Brutos colocam estes mesmos dados no formato apropriado para as operações que serão executadas pelas ferramentas do Banco de Dados de Vento. Veja na descrição geral acima, as observações sobre a formatação e armazenamento em formato binário e sobre os “filtros” para identificação de problemas de armazenamento dos dados, operação com os anemômetros, etc.
- Para o Banco de Dados de Vento, os arquivos **DTmeteorológicos** são arquivos temporários e após a conversão dos formatos eles são descartados. Os dados reformatados passam a fazer parte dos Arquivos de Dados Brutos que são arquivados permanentemente no Banco de Dados de Vento.



Figura 3.8 Composição dos arquivos de dados brutos

Cada conjunto de arquivos de dados de uma estação meteorológica é formado por dois conjuntos de arquivos de dados: os **Arquivos de Dados Acumulados** e os **Arquivos de Dados Recebidos**.

Os Arquivos de Dados Acumulados são formados pelos dados fornecidos pela Estação Meteorológica e que foram reformatados de maneira apropriada para operações do Banco de Dados de Vento. Observe que:

- Os Arquivos Acumulados contêm os dados medidos pela Estação Meteorológica sem que tenham passado por nenhum filtro (estatístico) ou qualquer tratamento, a não ser o processo de reformatação.
- Os arquivos Acumulados possuem as seguintes características:

- 1) foram colocados segundo a formatação do Banco de Dados de Vento

2) são a por mês; assim, por exemplo, uma estação cadastrada a partir de janeiro de 2009 possui: 12 arquivos de 2009 + 12 arquivos de 2010 + 1 arquivo de 2011.

No nosso exemplo, os **Arquivos de Dados Recebidos** contém apenas os dados referentes aos meses deste ano (no nosso exemplo ilustrativo, apenas janeiro).

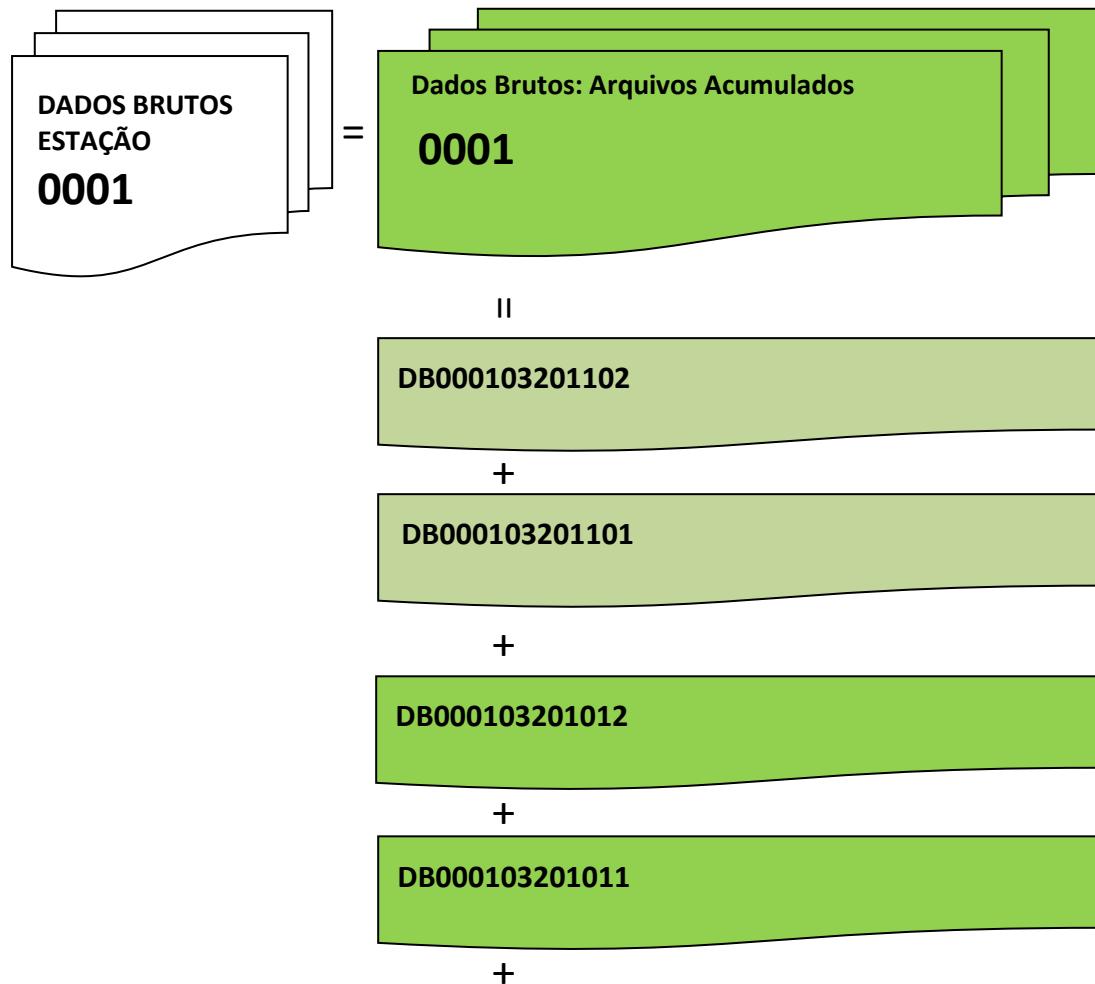
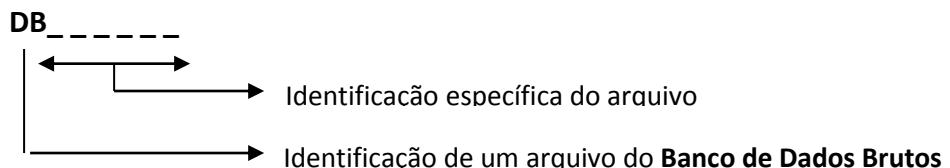


Figura 3.9 Arquivos de Dados Brutos recebidos

Os arquivos do Banco de Dados Brutos são identificados como:



Um conversor de formatação automático deverá ser desenvolvido para colocar os arquivos DTmeteorológicos no formato padrão; estes formarão os arquivos:

DB000103201101 → DB = dados brutos

0001 = código da estação

03 = código do anemômetro da estação

2011 = ano de coleta

01 = mês de coleta

No caso de estações com mais de um anemômetro, há um arquivo para cada um dos anemômetros. Em geral, os Wind Vanes são instalados na mesma altura que os anemômetros, embora nem sempre haja tantos Wind Vanes quanto anemômetros. Portanto, os dados de direção de cada arquivo são os provenientes do Wind Vane da mesma altura do anemômetro em questão. Caso na altura do anemômetro não haja Wind Vane, o valor de direção é zero. Os valores referentes a temperatura, pressão e umidade de uma estação são repetidos em todos os arquivos correspondentes a anemômetros dessa estação.

Os arquivos provenientes da Estação Meteorológica, DTmeteorológicos possuem uma formatação própria. Por exemplo:

a) As estações antigas do INMET apresentam os dados como:

Estação	Data	Hora	Temperatura (°C)	Umidade (%)	Pressão (hPa)	Vento		Nebulosidade (Décimos)	Dados diários		
						Vel. (m/s)	Dir. (º)		Temp. Max. (°C)	Temp. Min. (°C)	Chuva (mm)
82795	06/04/2011	0	23,6	89	951,6	3,1	9	531,7			
82795	06/04/2011	12	26,5	70	952,6	4,6	14	6	22,3	0,2	
82795	06/04/2011	18	31,4	51	948,7	5,1	14	3			
82795	07/04/2011	0	22,1	96	951,5	3,6	9	331,7			
82795	07/04/2011	12	26,9	67	951,5	6,2	14	6	21,3	0	
82795	07/04/2011	18	31,4	53	948,3	5,1	14	5			
82795	08/04/2011	0	24,5	81	951,5	3,1	14	627,3			
82795	08/04/2011	12	25,2	83	952,7	2,6	14	8	22,3	4,9	

Tabela 3.2 Padrão INMET Estações Convencionais

b) As estações modernizadas do INMET apresentam os dados como:

Estação	Data	Hora	Temperatura			Umidade			Pto. de Orvalho			Pressão			Vento			Radiação	Chuva
			Inst.	Max	Min	Inst.	Max	Min	Inst.	Max	Min	Inst.	Max	Min	Velocidade	Direção	Rajada		
A313	03/04/2011	0	23	23,5	23	89	89	85	21,1	21,1	20,8	951,6	951,6	950,6	2,5	73	6,8	-3,54	0
A313	03/04/2011	1	22,9	23	22,9	91	91	89	21,3	21,3	21,1	951,6	951,6	951,4	2,4	67	7,4	-3,54	0
A313	03/04/2011	2	22,8	22,9	22,8	91	91	91	21,4	21,4	21,3	951,4	951,7	951,4	2,8	81	6,6	-3,53	0
A313	03/04/2011	3	22,8	22,8	22,8	92	92	91	21,4	21,5	21,3	950,8	951,4	950,8	2,7	62	6,1	-3,43	0
A313	03/04/2011	4	22,9	22,9	22,8	91	92	91	21,4	21,5	21,4	950,6	950,9	950,6	1,9	70	5,7	-3,41	0
A313	03/04/2011	5	22,7	23	22,7	90	91	90	21	21,4	21	949,9	950,6	949,9	1,7	58	4,2	-3,48	0
A313	03/04/2011	6	22,4	22,7	22,4	91	91	90	20,8	21,1	20,8	949,9	949,9	949,7	0,9	61	4,2	-3,54	0
A313	03/04/2011	7	22,5	22,6	22,3	91	91	91	21	21	20,7	950	950	949,8	1,1	80	3,2	-3,46	0

Tabela 3.3 Padrão INMET Estações Automáticas

Estes arquivos devem ser reformatados e colocados num formato de trabalho padrão; sugerimos adotar o padrão AMA. Neste formato os dados são arquivados formando o Banco de Dados Brutos

Estação	Data	Hora	Erro	Pressão média	Temperatura média	Umidade média	Velocidade do vento (anemômetro 1)				Direção do vento (Wind Vane 1)	
							média	máxima	mínima	desvio padrão	média	desvio padrão
A313	20110403	000000	0	951,1	23,3	87,0	2,5	6,8	-	-	73	-
A313	20110403	010000	0	951,5	23,0	90,0	2,4	7,4	-	-	67	-
A313	20110403	020000	0	951,6	22,9	91,0	2,8	6,6	-	-	81	-
A313	20110403	030000	0	951,1	22,8	91,5	2,7	6,1	-	-	62	-
A313	20110403	040000	0	950,8	22,9	91,5	1,9	5,7	-	-	70	-
A313	20110403	050000	0	950,3	22,9	90,5	1,7	4,2	-	-	58	-
A313	20110403	060000	0	949,8	22,6	90,5	0,9	4,2	-	-	61	-

Tabela 3.4 Dados INMET convertidos para o padrão AMA

Estes arquivos devem ser armazenados no Banco de Dados da Estação para eventuais utilizações futuras (afinal estes são os dados “puros” como coletados pela estação meteorológica e de inestimável valor).

Entre as possíveis utilizações futuras estão:

- tipos mais aperfeiçoados de tratamento dos dados que possam ser desenvolvidos
- aplicações que não conseguimos prever no momento.
- etc.

3.3.3 Arquivos de Dados Filtrados

OBSERVAÇÃO INICIAL: lembrar que os dados são recebidos mensalmente; nas ilustrações estamos acabando de receber os dados de janeiro de 2011.

Os **Arquivos de Dados Filtrados** são compostos por dados mantidos no Banco de Dados de Vento por um curto período de tempo, sugerimos três anos; são, portanto, dados semi-temporários.

Os **Arquivos de Dados Filtrados** são formados pelos dados que acabam de chegar das estações meteorológicas, passaram pela reformatação (dados brutos) e são submetidos a filtros que eliminam os dados espúrios que distorcem as análises estatísticas, o que chamamos de Filtro I na Figura 3.2, página 13. Veja o Anexo I para um detalhamento dos filtros utilizados.

A diferença entre os Arquivos de Dados Brutos e os Arquivos de Dados Filtrados é apenas uma, mas fundamental: enquanto que os dados brutos podem conter informações que distorcem as análises estatísticas os dados filtrados estão isentos destas informações. Veja na seção 3.2.3 acima as observações sobre a aplicação de filtros aos dados recebidos mensalmente (Filtro I) e depois aos dados referentes a um ano todo (Filtro II). O chamado Filtro I, utilizado nesta fase sobre os dados mensais, utiliza intervalos fixos e mais largos, sendo um filtro mais simples do que o segundo.

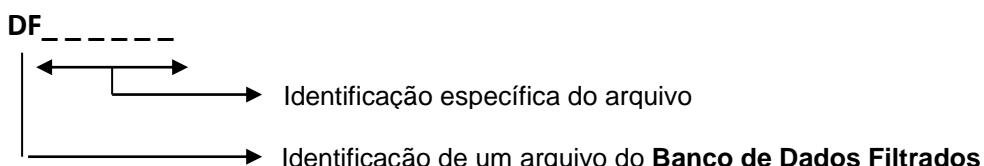
Os dados filtrados são utilizados para a elaboração dos **Arquivos de Dados Classificados** (veja na sequência do fluxo da informação). Além desta utilidade os **Arquivos de Dados Filtrados**, referentes aos últimos três anos, devem ser mantidos por duas razões:

- os dados filtrados estão isentos de informações espúrias que contaminam as análises estatísticas; desta maneira os dados filtrados (como, também, já estão separados por mês) são os mais apropriados para a realização de análises estatísticas de correlação. Havendo necessidade, um usuário pode solicitar os dados da estação nos últimos anos.
- também, por precaução, manteremos os dados filtrados dos últimos três anos porque eles podem ser úteis (juntamente com os dados brutos correspondentes) em possíveis filtros estatísticos que exigem uma amostra grande para sua validade (este é um aspecto que pode ser discutido na implantação do Banco de Dados de Vento).

Por outro lado, observe que apenas os dados referentes ao ano em andamento são utilizados para a elaboração dos arquivos do Banco de Dados Classificados.

Talvez seja oportuno discutir a possibilidade de se manter um único arquivo permanente DF0001032011XX contendo informações sobre as ocorrências esporádicas, que levaram a eliminação de dados que distorcem as análises estatísticas.

Os arquivos do Banco de Dados Filtrados são identificados como:



Como no caso dos dados brutos, tem-se:

DF000103201101

DF	= dados filtrados
0001	= código da estação
03	= código do anemômetro da estação
2011	= ano de coleta
01	= mês de coleta

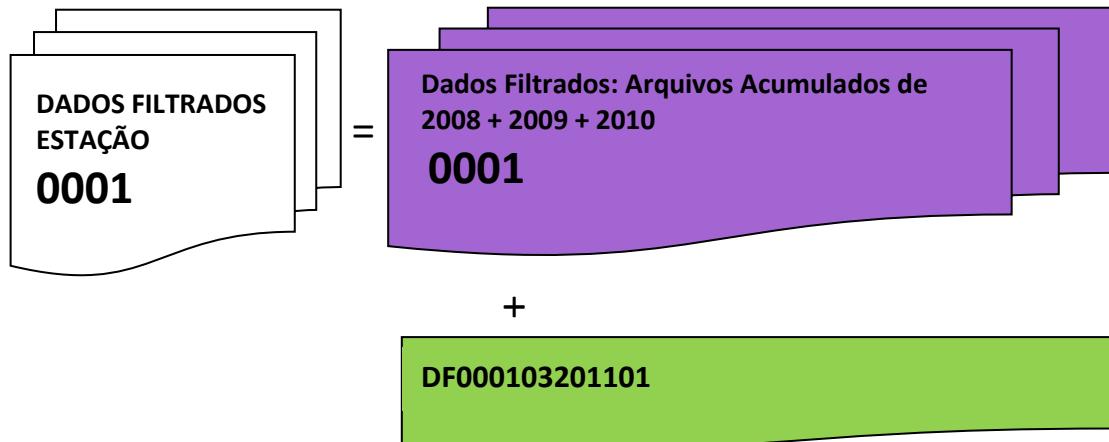


Figura 3.10 Arquivos de Dados Filtrados

As informações provenientes das Estações Meteorológicas podem conter dados irrelevantes e que distorcem as análises estatísticas e devem ser eliminados.

As fontes destes dados estatisticamente irrelevantes são várias:

- dados corrompidos durante a aquisição e transferência.
- dados que resultam de fenômenos naturais que ocorrem esporadicamente como, por exemplo, rajadas de vento que podem ocorrer por períodos curtos (alguns minutos) em determinados meses em que se sabe que o regime dos ventos é bastante estável (ventos de curta duração, com velocidades muito altas, são pouco relevantes para a geração de energia).
- etc.

É importante, no entanto, que a ocorrência de rajadas e outros fenômenos naturais que ocorrem esporadicamente sejam devidamente catalogados e arquivados para estudos futuros visando à operação dos parques eólicos; estes dados são arquivados em: DF0001032011XX.

Além destes dados estatisticamente irrelevantes, os filtros devem identificar e classificar as lacunas. De acordo com o tamanho e a frequência das lacunas existentes nos registros de um mês (ou um ano) os arquivos de dados (mensais ou anuais) podem ser considerados como não apropriados para as análises estatísticas e devem ser descartados.

Critérios empíricos e critérios estatísticos são recomendados (nesta ordem) para a elaboração dos filtros.

Os critérios empíricos são aplicáveis para amostras pequenas (registros mensais) e podem ser utilizados automaticamente pelo “software” gerenciador do Banco de Dados de Vento.

Os critérios estatísticos talvez exijam amostras maiores (registros anuais, por exemplo) e, por esta razão, devem ser aplicados ao final de cada ano e só com a anuência do operador do Banco de Dados de Vento.

3.3.4 Arquivos de Dados Classificados

OBSERVAÇÃO INICIAL: lembrar que os dados são recebidos mensalmente; nas ilustrações estamos acabando de receber os dados de janeiro de 2011.

Os Arquivos de Dados Classificados são arquivados permanentemente no Banco de Dados de Vento. De fato, todos os arquivos dos últimos 20 anos irão compor o Banco de Dados Atualizados e todos os arquivos (desde o início de operação da estação meteorológica) irão compor o Banco de Dados Históricos. A cada início de ano os Dados Classificados do ano anterior são agregados aos Dados Consolidados – que incluem Banco de Dados Atualizados e Banco de Dados Históricos. Os **Arquivos de Dados Classificados** contém dados que já sofreram algum tipo de tratamento estatístico; este tratamento, no entanto, é feito sobre os dados mensais e não consideram a “história” anterior do regime dos ventos.

Uma possibilidade (bastante tentadora) consiste em se utilizar ferramentas do tipo WASP para criar um novo arquivo de dados “limpos”. A viabilidade desta possibilidade deve ser considerada.

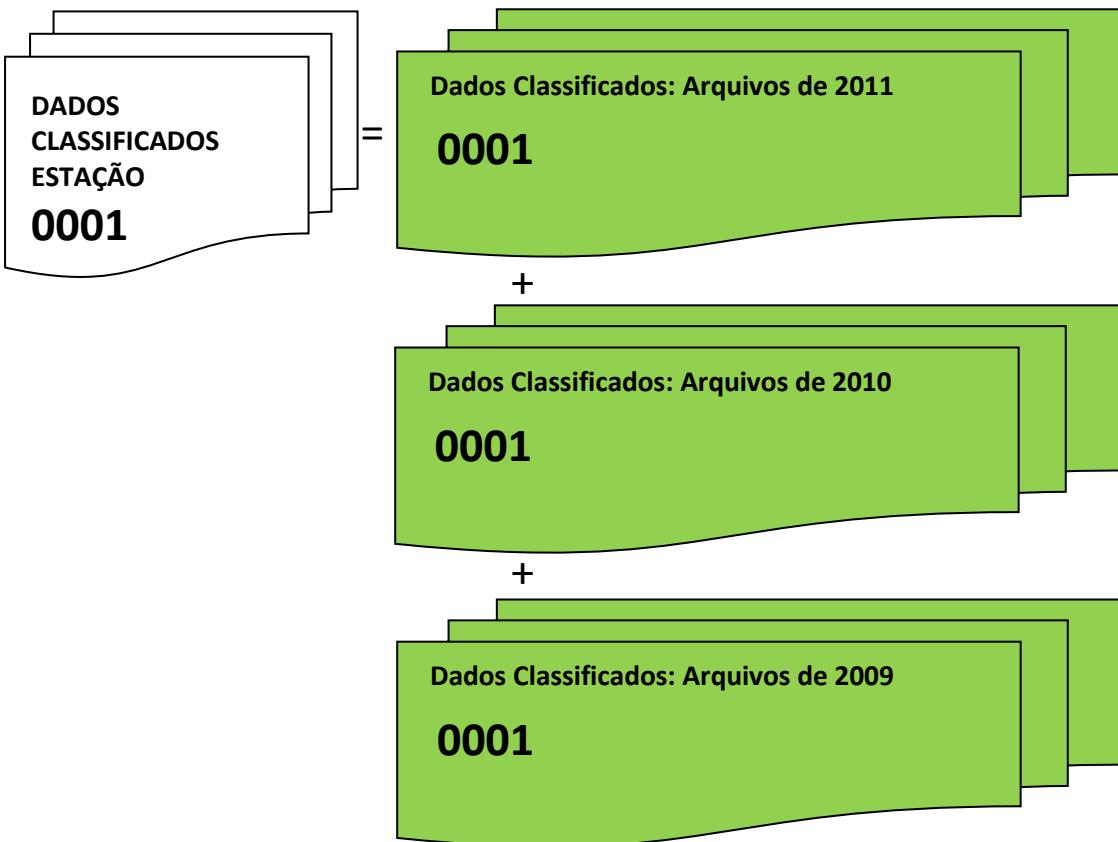


Figura 3.11 Arquivos de Dados Classificados

O primeiro critério de separação dos dados leva em consideração o anemômetro. Assim sendo, uma estação com três (3) anemômetros terá três conjuntos de arquivos, um para cada anemômetro.

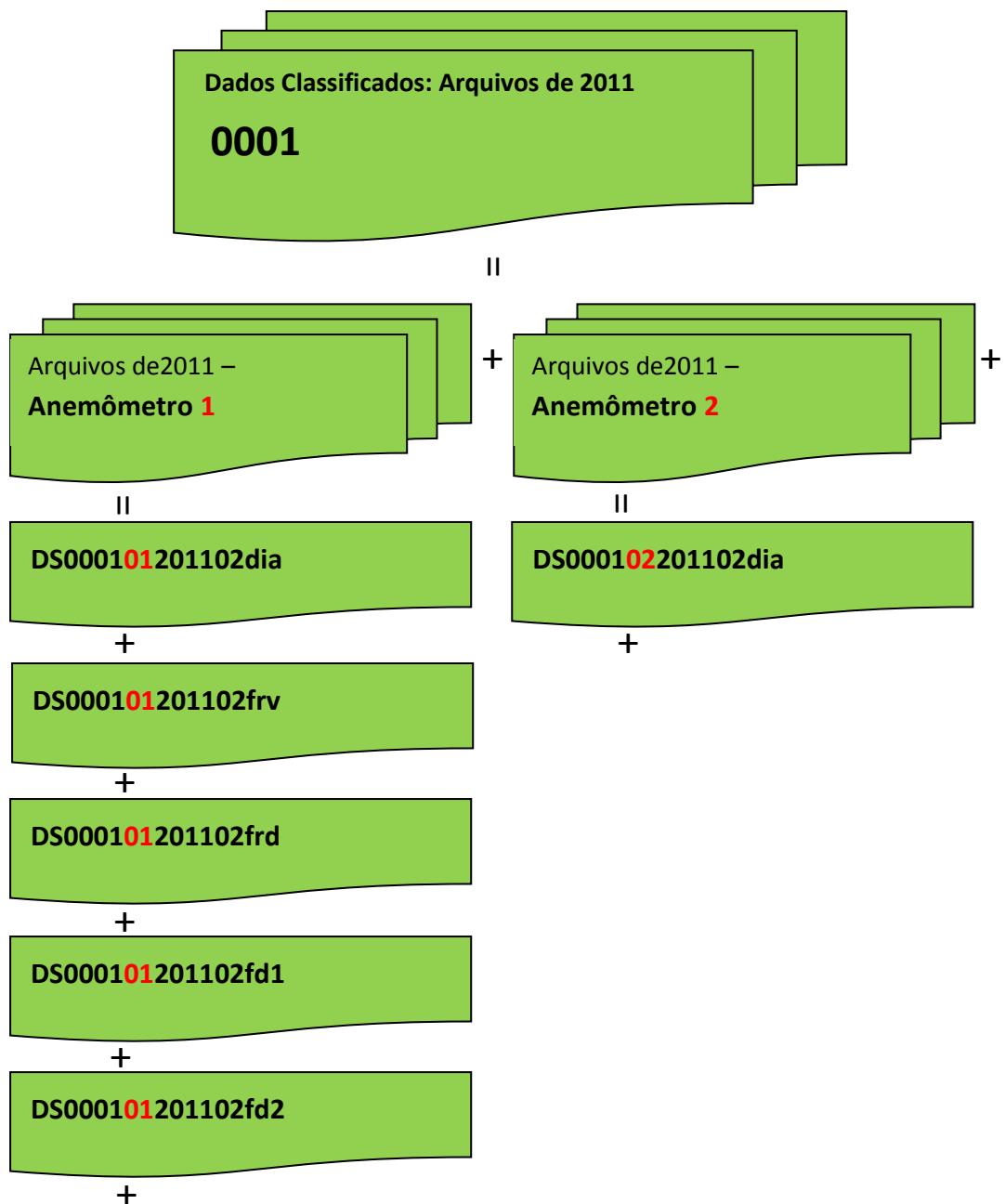
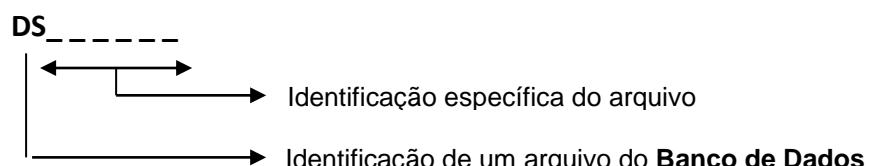


Figura 3.12 Arquivos de Dados Classificados por anemômetro

Os arquivos do Banco de Dados Classificados são identificados como:



Como no caso dos dados brutos, tem-se:

DS000103201101xxx → DS = dados Classificados

0001 = código da estação

03 = código do anemômetro da estação

2011 = ano de coleta

01 = mês de coleta

XXX = identificação do arquivo

Arquivos de Dados Permanentes (Acesso não permitido ao usuário)

- a. **DS000103201101dia**: arquivo pequeno contendo a distribuição da velocidade média, temperatura, umidade, etc. em função da hora do dia; valores referentes ao mês em consideração. Permite o traçado do dia representativo do mês.

Hora	Velocidade	Direção	Temperatura	Umidade
000000	3,5	134,9	25,9	60,2
010000	3,3	134,2	25,3	63,1
020000	3,5	131,9	24,8	65,7
030000	3,5	130,7	24,3	68,0
040000	3,3	131,2	23,8	70,6
180000	4,0	127,2	30,0	44,7
190000	4,1	125,8	29,9	44,7
200000	3,9	128,2	29,3	46,5
210000	3,3	128,3	28,3	49,7
220000	3,3	138,0	27,4	53,4
230000	3,2	145,7	26,5	57,0

Tabela 3.5 Dia representativo do mês

Gráfico 3.1 Dia representativo - Velocidade

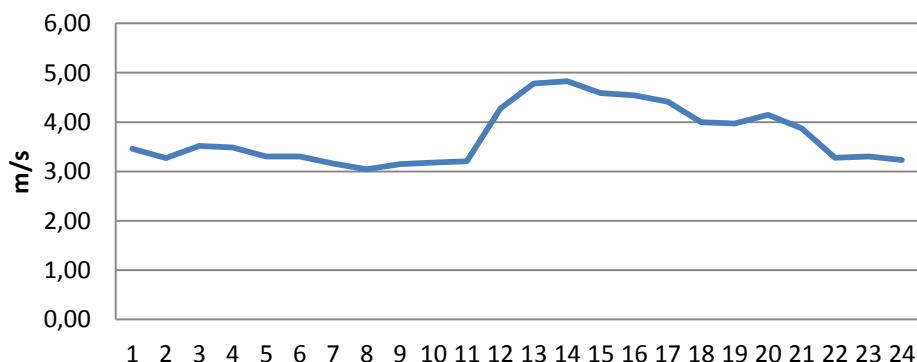
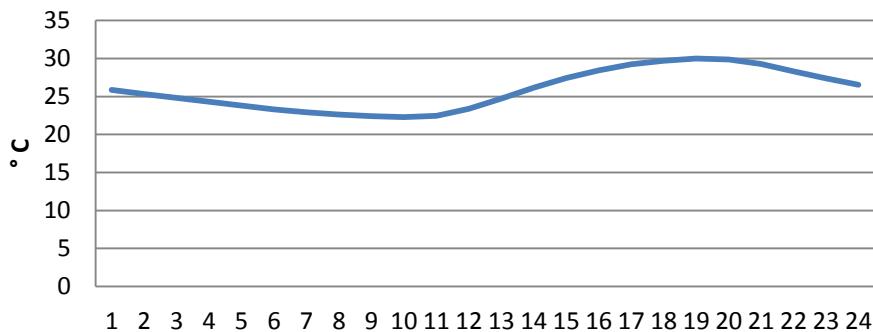
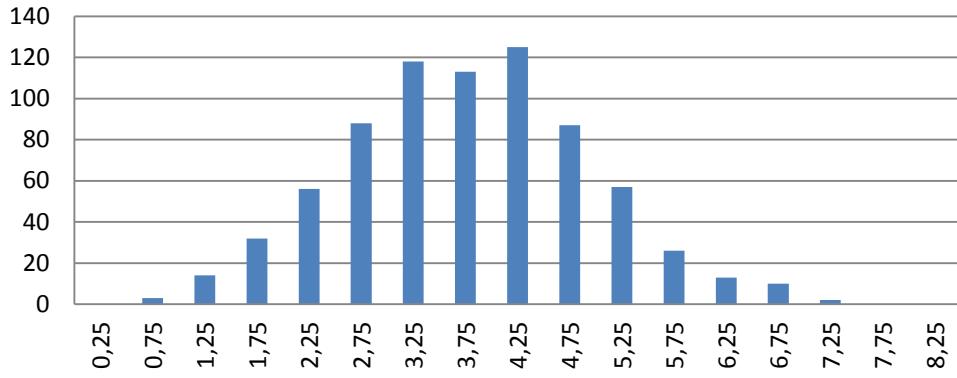


Gráfico 3.2 Dia Representativo - Temperatura

b. **DS000103201101frv:** arquivo pequeno contendo a frequência relativa de ocorrência de cada classe de velocidade; valores referentes ao mês em consideração. Permite o traçado do histograma e o cálculo de V (c) e σ (k)

Classe	0,0-0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-2,5	2,5-3	3-3,5	3,5-4	4-4,5	4,5-5	5-5,5	5,5-6	6-6,5	6,5-7	7-7,5	7,5-8	8-8,5
f	0	3	14	32	56	88	118	113	125	87	57	26	13	10	2	0	0
fr	0,000	0,004	0,019	0,043	0,075	0,118	0,159	0,152	0,168	0,117	0,077	0,035	0,017	0,013	0,003	0,000	0,000

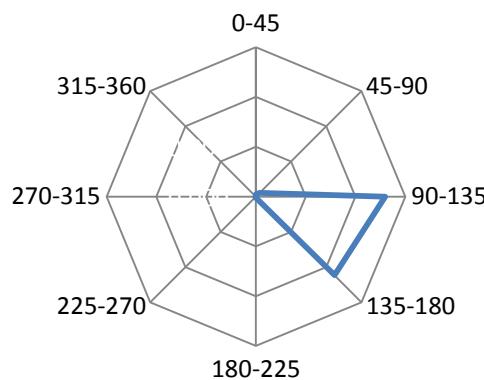
Tabela 3.6 Frequência relativa das classes de velocidade

Gráfico 3.3 Histograma

c. **DS000103201101frd:** arquivo pequeno contendo a frequência relativa de ocorrência de cada classe de direção; valores referentes ao mês em consideração. Permite o traçado da rosa dos ventos de frequência.

Classe	0-45	45-90	90-135	135-180	180-225	225-270	270-315	315-360
f	6,0	16,0	386,0	332,0	3,0	0,0	1,0	0,0
fr	0,008	0,022	0,519	0,446	0,004	0,000	0,001	0,000

Tabela 3.7 Frequência relativa das classes de direção

Gráfico 3.4 Rosa dos Ventos por Classe

d. **DS000103201101fd1:** arquivo pequeno contendo a frequência relativa de ocorrência de cada classe de velocidade para o setor 1; valores referentes ao mês em consideração. Permite o cálculo de V (c) e σ (k) para o setor 1.

classe 1	0,0-0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-2,5	2,5-3	3-3,5	3,5-4	4-4,5	4,5-5	5-5,5	5,5-6	6-6,5	6,5-7	7-7,5	7,5-8	8-8,5
f	0	0	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
fr	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Tabela 3.8 Frequência relativa de velocidades do setor de direção 1

e. **DS000103201101fd2:** arquivo pequeno contendo a frequência relativa de ocorrência de cada classe de velocidade para o setor 2; valores referentes ao mês em consideração. Permite o cálculo de V (c) e σ (k) para o setor 2.

classe 2	0,0-0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-2,5	2,5-3	3-3,5	3,5-4	4-4,5	4,5-5	5-5,5	5,5-6	6-6,5	6,5-7	7-7,5	7,5-8	8-8,5
f	0	0	5	2	5	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
fr	0,00	0,00	0,31	0,13	0,31	0,19	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Tabela 3.9 Frequência relativa de velocidades do setor de direção 2

f. **DS000103201101fd3:** arquivo pequeno contendo a frequência relativa de ocorrência de cada classe de velocidade para o setor 3; valores referentes ao mês em consideração. Permite o cálculo de V (c) e σ (k) para o setor 3.

classe 3	0,0-0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-2,5	2,5-3	3-3,5	3,5-4	4-4,5	4,5-5	5-5,5	5,5-6	6-6,5	6,5-7	7-7,5	7,5-8	8-8,5
f	0	0	3	15	27	39	69	62	65	50	30	15	5	6	0	0	
fr	0,00	0,00	0,01	0,04	0,07	0,10	0,18	0,16	0,17	0,13	0,08	0,04	0,01	0,02	0,00	0,00	

Tabela 3.10 Frequência relativa de velocidades do setor de direção 3

g. Etc.

3.3.5 Arquivos de Dados Consolidados

Os **Arquivos de Dados Consolidados** contém dois conjuntos de arquivos de dados permanentes.

O primeiro conjunto de arquivos contém os dados necessários para a definição do **Regime Atualizado dos Ventos** que são mantidos no **Banco de Dados Atualizados** e o segundo conjunto de arquivos contém os dados necessários para a definição do **Regime Histórico dos Ventos** que são mantidos no **Banco de Dados Históricos**.

A consolidação dos dados é feita no início de cada ano, quando os arquivos do ano anterior são anexados aos dados dos anos passados para a consolidação das grandezas estatísticas que definem o regime dos ventos. Nesta etapa os dados consolidados de um ano passam pela segunda etapa do processo de filtragem (Filtro II na figura 3.2 da página 13). O fato de já haver dados do ano inteiro possibilita uma análise estatística e a aplicação de um filtro mais sofisticado do que o primeiro, aplicado a dados mensais. Para mais detalhes sobre os filtros, veja o Anexo I.



Figura 3.13 Dados Consolidados

O **Regime Histórico dos Ventos** é definido utilizando os dados de todos os anos, desde a inauguração da Estação Meteorológica ao passo que o **Regime Atualizado dos Ventos** é definido utilizando apenas os dados dos últimos (vamos dizer) 20 anos.

Enquanto que o Regime Histórico dos Ventos é de grande utilidade para análises de complementação de fontes de geração de energia, por exemplo hidráulica e eólica, o Regime Atualizado dos Ventos reflete com mais atualidade o atual comportamento dos ventos e, portanto, mais apropriado para análises de geração de energia de um parque eólico, por exemplo.

Assim sendo todos os arquivos que são utilizados na definição do Regime Histórico possuem o seu equivalente na definição do Regime Atualizado; a diferença vai além da abrangência temporal dos arquivos.

O **Banco de Dados Históricos** é composto por três grupos de dados:

- Dados medidos com o anemômetro Wild e elétricos (dados classificados como δ e γ): com os valores instantâneos medidos e anotados nas “cadernetas” as médias mensais são calculadas

ao longo dos anos de coleta de dados. Estes dados permitem o traçado de gráficos (um para cada ano) da distribuição da velocidade média mensal, além da evolução anual da velocidade média. Em geral, assume-se que estes dados referem-se aos anos anteriores a 1950.

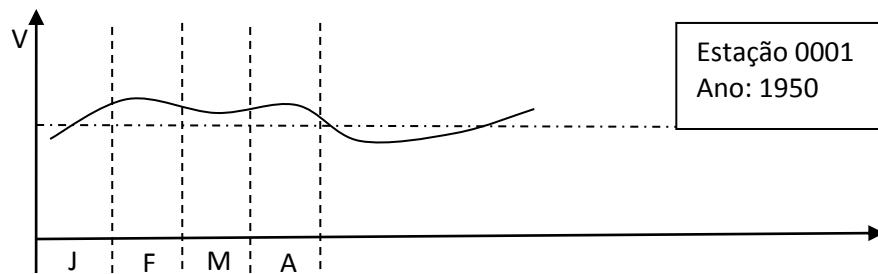


Gráfico 3.5 Distribuição da velocidade média mensal

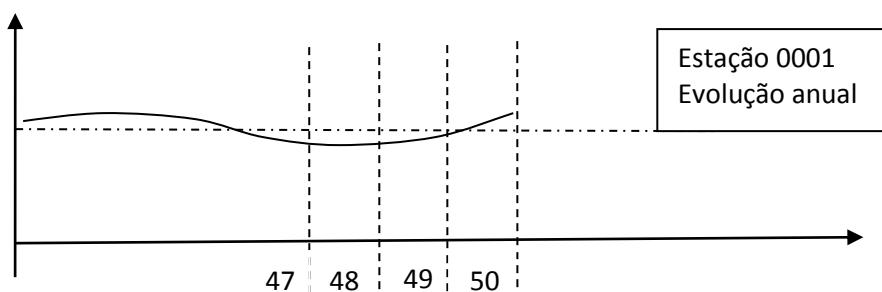


Gráfico 3.6 Evolução das médias anuais

- Dados obtidos com Anemômetros Registradores, mas com apenas três valores médios calculados (a partir dos anemogramas) por dia (dados classificados como β) e anotados nas “cadernetas”; com os três valores diários a velocidade e o desvio padrão são calculados, obtendo 13 arquivos por ano (12 meses + anual), além da evolução anual da velocidade média. Há estudos parciais mostrando que o valor da velocidade média diária, calculada com base nestes três valores é, em geral, superestimada. Há procedimentos que permitem corrigir parcialmente este fato.

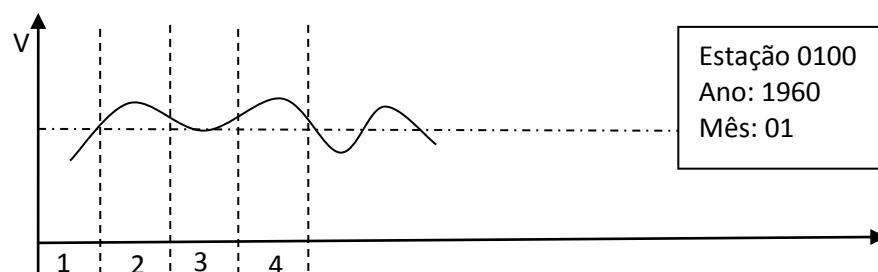


Gráfico 3.7 Valores diários

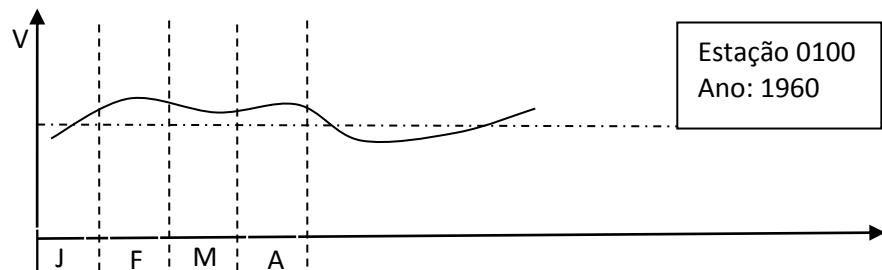


Gráfico 3.8 Evolução anual das médias

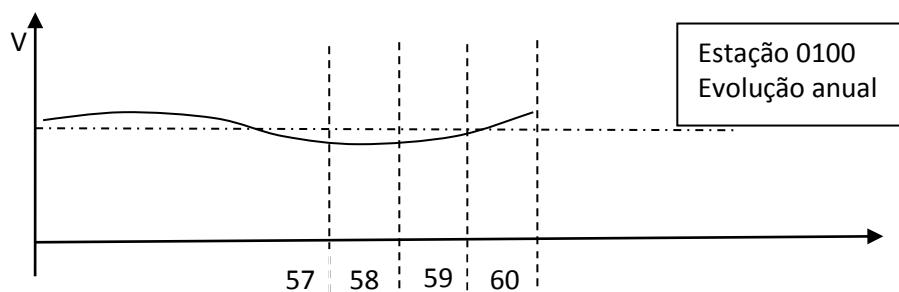
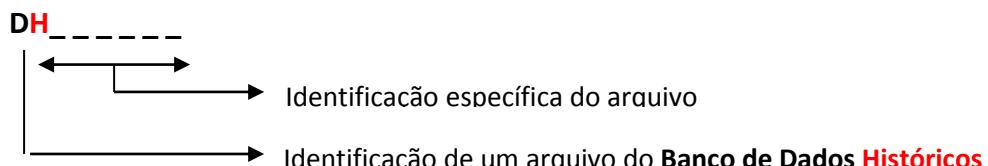


Gráfico 3.9 Evolução das médias anuais

Em geral estes valores referem-se ao período de 1950 a 2000. A partir de 2000, as estações meteorológicas passaram a ser modernizadas com a instalação de “data logger” digital. Antes do processo de modernização as informações eram registradas em papel (anemogramas); assim sendo, pode-se recuperar os dados vislumbrando-se a possibilidade de se reclassificar os dados da classe β para a classe α. Um aspecto importante a ser analisado refere-se ao fato de se utilizar aparelhos diferentes na concepção, no método de medida e de leitura; assim sendo, é de se esperar que os valores médios das velocidades (anuais, por exemplo) apresentem valores discrepantes.

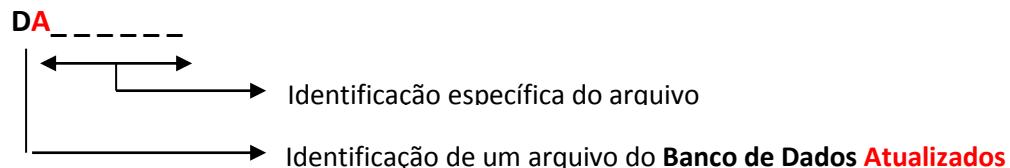
- Dados obtidos com Anemômetros Eletrônicos ou Anemômetros Registradores com 24 valores diários calculados (dados classificados como α): os mesmos procedimentos descritos abaixo para o Banco de Dados Atualizados; a diferença fica por conta da abrangência temporal dos registros.

Os arquivos do Banco de Dados Consolidados são identificados como:



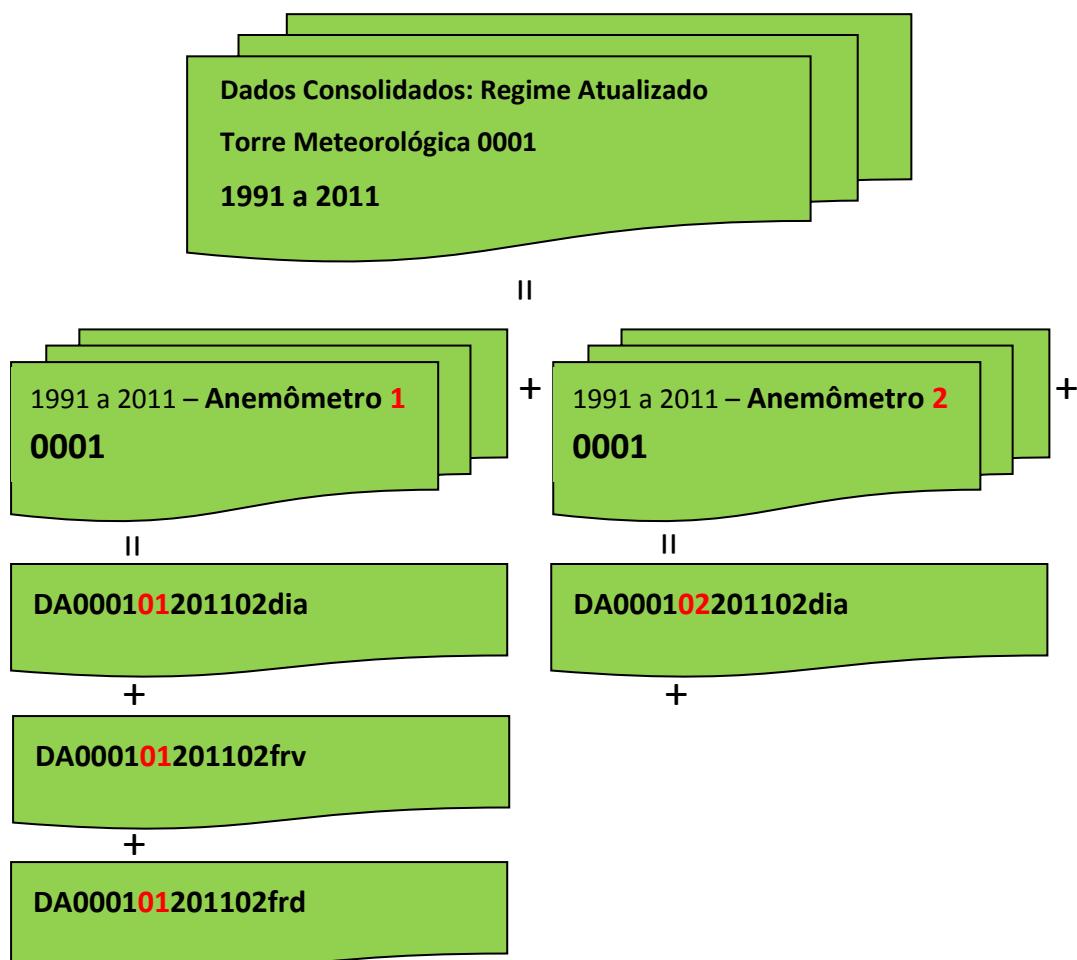
Como no caso dos dados brutos, tem-se:

DH000103201101xxx → DH = dados **históricos** consolidados
 0001 = código da estação
 03 = código do anemômetro da estação
 2011 = ano de coleta
 01 = mês de coleta
 XXX = identificação do arquivo



Como no caso dos dados brutos, tem-se:

DA000103201101xxx → DH = dados **atualizados** consolidados
 0001 = código da estação
 03 = código do anemômetro da estação
 2011 = ano de coleta
 01 = mês de coleta
 XXX = identificação do arquivo



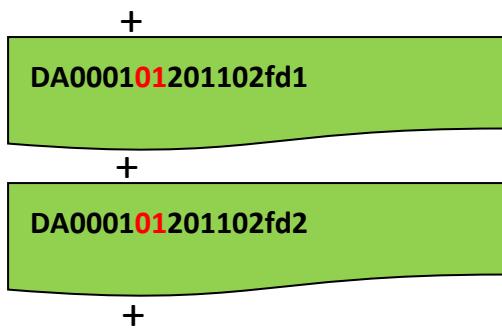


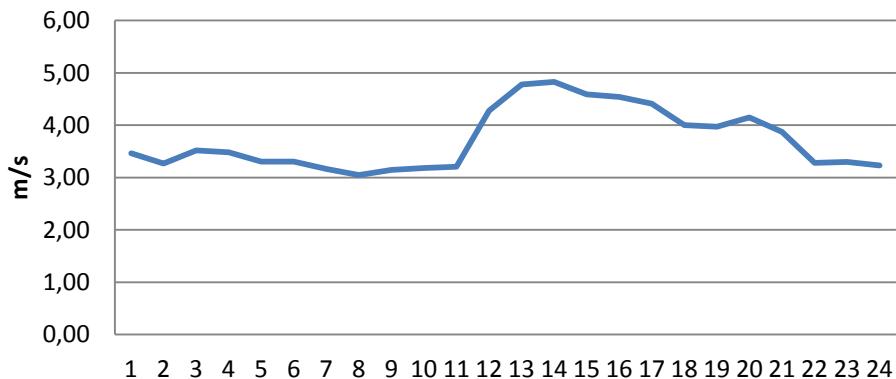
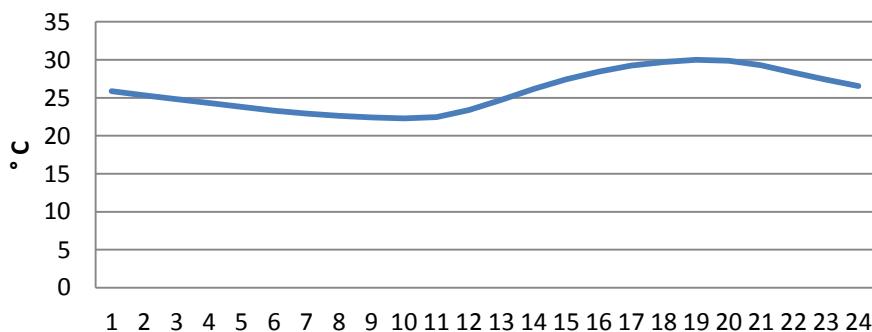
Figura 3.14 Dados Consolidados: Regime Atualizado

Arquivos de Dados Permanentes (Dados de acesso total ao usuário)

- a. **DA000103201101dia:** arquivo pequeno contendo a distribuição da velocidade média, temperatura, umidade, etc. em função da hora do dia; valores referentes ao período em consideração. Permite o traçado do dia representativo anual e o dia representativo de cada mês do ano.

Hora	Velocidade	Direção	Temperatura	Umidade
000000	3,5	134,9	25,9	60,2
010000	3,3	134,2	25,3	63,1
020000	3,5	131,9	24,8	65,7
030000	3,5	130,7	24,3	68,0
040000	3,3	131,2	23,8	70,6
050000	3,3	134,2	23,3	72,8
060000	3,2	131,7	22,9	74,3
180000	4,0	127,2	30,0	44,7
190000	4,1	125,8	29,9	44,7
200000	3,9	128,2	29,3	46,5
210000	3,3	128,3	28,3	49,7
220000	3,3	138,0	27,4	53,4
230000	3,2	145,7	26,5	57,0

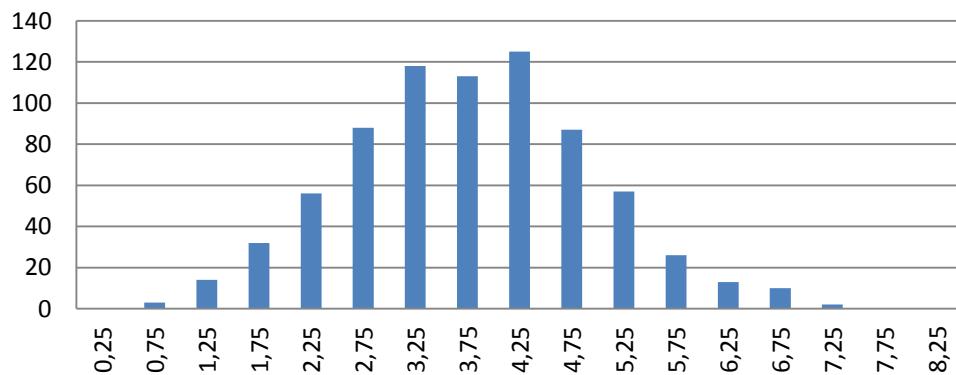
Tabela 3.11 Dia representativo do ano

Gráfico 3.10 Dia representativo - Velocidade**Gráfico 3.11 Dia Representativo - Temperatura**

b. **DA000103201101frv:** arquivo pequeno contendo a frequência de ocorrência de cada classe de velocidade; valores referentes ao período em consideração. Permite o traçado do histograma e o cálculo de V (c) e σ (k) anual e de cada mês do ano. Esta é a grande vantagem de se trabalhar com classes de velocidade

Classe	0,0-0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-2,5	2,5-3	3-3,5	3,5-4	4-4,5	4,5-5	5-5,5	5,5-6	6-6,5	6,5-7	7-7,5	7,5-8	8-8,5
f	0	3	14	32	56	88	118	113	125	87	57	26	13	10	2	0	0
fr	0,000	0,004	0,019	0,043	0,075	0,118	0,159	0,152	0,168	0,117	0,077	0,035	0,017	0,013	0,003	0,000	0,000

Tabela 3.12 Frequência relativa das classes de velocidade

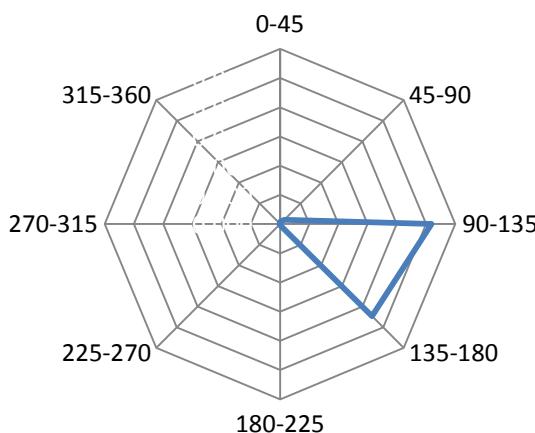
Gráfico 3.12 Histograma

c. **DA000103201101frd:** arquivo pequeno contendo a frequência de ocorrência de cada classe de direção; valores referentes ao período em consideração. Permite o traçado da rosa dos ventos de frequência anual e de cada mês do ano. Esta é a grande vantagem de se trabalhar com classes de direção.

Classe	0-45	45-90	90-135	135-180	180-225	225-270	270-315	315-360
f	6,0	16,0	386,0	332,0	3,0	0,0	1,0	0,0
fr	0,008	0,022	0,519	0,446	0,004	0,000	0,001	0,000

Tabela 3.13 Frequência das classes de direção

Gráfico 3.13 Rosa dos Ventos por Classe



d. **DA000103201101fd1:** arquivo pequeno contendo a frequência de ocorrência de cada classe de velocidade para o setor 1; valores referentes ao período em consideração. Permite o cálculo de V (c) e σ (k) para o setor 1.

classe 1	0,0-0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-2,5	2,5-3	3-3,5	3,5-4	4-4,5	4,5-5	5-5,5	5,5-6	6-6,5	6,5-7	7-7,5	7,5-8	8-8,5
f	0	0	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
fr	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela 3.14 Frequência de velocidade para o setor de direção 1

e. **DA000103201101fd2:** arquivo pequeno contendo a frequência de ocorrência de cada classe de velocidade para o setor 2; valores referentes ao período em consideração. Permite o cálculo de V (c) e σ (k) para o setor 2.

classe 2	0,0-0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-2,5	2,5-3	3-3,5	3,5-4	4-4,5	4,5-5	5-5,5	5,5-6	6-6,5	6,5-7	7-7,5	7,5-8	8-8,5
f	0	0	5	2	5	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
fr	0,00	0,00	0,31	0,13	0,31	0,19	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela 3.14 Frequência de velocidade para o setor de direção 2

f. **DA000103201101fd3:** arquivo pequeno contendo a frequência de ocorrência de cada classe de velocidade para o setor 3; valores referentes ao período em consideração. Permite o cálculo de V (c) e σ (k) para o setor 3.

classe 3	0,0-0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-2,5	2,5-3	3-3,5	3,5-4	4-4,5	4,5-5	5-5,5	5,5-6	6-6,5	6,5-7	7-7,5	7,5-8	8-8,5
f	0	0	3	15	27	39	69	62	65	50	30	15	5	6	0	0	
fr	0,00	0,00	0,01	0,04	0,07	0,10	0,18	0,16	0,17	0,13	0,08	0,04	0,01	0,02	0,00	0,00	

Tabela 3.14 Frequência de velocidade para o setor de direção 3

3.4 Implementação do Banco de Dados de Vento

A implementação do Banco de Dados de Vento constitui-se numa tarefa bastante trabalhosa e a sugestão é que seja feita em etapas.

Uma vez decidida a implementação, os procedimentos devem ser testados, modificados, e ampliados conforme a experiência adquirida.

As linhas de atuação que nos parecem razoáveis são listadas a seguir.

A primeira refere-se às estações com dados classificados como α . Para estas os dados recebidos mensalmente devem ser incorporados ao Banco de Dados Atualizados e num processo inverso no tempo os dados coletados nos anos anteriores seriam incorporados aos arquivos do banco.

Para as estações com dados classificados como β , uma metodologia para a recuperação dos dados deve ser desenvolvida. Os dados recuperados, também num processo inverso no tempo, seriam incorporados aos arquivos do banco. Uma nota classificatória para cada estação seria utilizada para priorizar as estações.

Para as estações com dados classificados como γ e δ recomenda-se a escolha de algumas poucas estações por região geográfica do País.

Na implementação do Banco de Dados de Vento é primordial uma decisão sobre a disponibilização dos dados ao usuário.

De igual importância é a decisão dos locais a serem guardadas as informações, isto é, do local que abriga o Banco de Dados de Vento e de pelo menos dois outros locais nos quais as informações são duplicadamente armazenadas.

3.4.1 Próximos Passos

O início da implementação do banco de dados foi discutido em reuniões dos autores com o Inmet e a EPE. As conclusões se resumem nos seguintes pontos:

- A implementação deve começar com um projeto piloto, onde se analisarão dados de apenas duas estações do Inmet. Como a mesma estação muitas vezes possui dados tipo α , β , δ e γ dependendo do período, é possível testar os diferentes procedimentos necessários para tratar cada tipo de dado com poucas estações.
- Deverá ser proposto um acordo de cooperação técnica entre EPE e Inmet para essa fase piloto. Este acordo deve incluir o acesso aos dados e a cooperação entre as equipes.
- Além dos dados de superfície de que trata este trabalho, pretende-se também utilizar dados de reanálise meteorológica.
- Deverão ser definidos quais dados de reanálise meteorológica serão utilizados.
- Será definida uma área geográfica para utilização dos dados de reanálise baseado na qualidade desses dados.
- A partir daí devem-se definir duas estações do Inmet, que serão estudadas nessa fase piloto e correlacionadas com dados de reanálise.

Anexo I: Análise de consistência e homogeneidade dos dados (filtros)

Do inventário realizado para identificar a rede brasileira de coleta de dados de vento, verificou-se que os registros e anotações dos valores medidos foram realizados de três formas em função do tipo do anemômetro utilizado:

- anotação manual em cadernetas de campo ou formulários apropriados,
- registro em papel, denominados de anemogramas, na forma de gráfico,
- registro direto em meio magnético.

Em função do tipo e da rotina de operação do anemômetro os dados medidos foram aqui classificados como **tipo α, β, γ e δ**. Para montar um banco com dados digitais (informatizado), com medições realizadas ao longo de 70 anos, ou mais, será necessário lançar mão desses quatro tipos de dados.

A qualidade do banco informatizado vai depender de vários fatores, tais como, tipo e manutenção do anemômetro, habilidade do operador da estação, arquivamento dos registros, transcrição dos dados em papel para meio magnético etc. Nos itens que descrevem os procedimentos para a classificação dos dados e elaboração dos arquivos da estação foi citada a necessidade de identificar através de filtros possíveis erros nos dados medidos e digitalizados.

Para assegurar a qualidade do banco é necessária a realização de robustas análises de consistência e de homogeneidade dos dados.

Os critérios para a análise de consistência vão depender das etapas realizadas até que os dados estejam disponíveis no meio magnético na forma digital. A homogeneidade deve considerar o fato de que ao longo dos anos os dados foram medidos por diferentes tipos de equipamentos e com rotinas de medição específicas para o órgão ou empresa responsável pela medição.

I.1 Análise de consistência dos dados anemométricos

Aqui o objetivo é verificar se houve erros na medição do dado, que podem ter origem em defeito do anemômetro ou nas etapas que se seguiram, até que os dados ficasse disponíveis na forma digital.

Em qualquer tipo de anemômetro é factível ocorrerem erros oriundos de defeito do equipamento ou da falta de calibração dos anemômetros. Contudo, existem erros de outras naturezas que dependem do tipo e da rotina de operação do anemômetro.

Nos anemômetros de leitura direta (cata-vento de Wild, anemômetros elétricos etc.), as etapas possíveis de erros são: a habilidade do operador na leitura do instrumento, a desatenção ao escrever os valores na caderneta de campo e a digitação na transcrição dos dados para meio magnético.

Nos anemógrafos, podem ocorrer erros na colocação do papel registrador no instrumento, na leitura dos dados no gráfico e na digitação dos dados para meio magnético. Vale lembrar que, apesar dos anemogramas registrarem continuamente a velocidade e direção do vento, os dados são lidos e anotados em formulários em alguns poucos horários ao longo do dia. Para

que os dados sejam “lidos” a cada 10 minutos faz-se necessário o uso de programa computacional específico onde pode ser feita uma pré-análise de consistência das leituras.

Nos anemômetros com sistema automático de aquisição de dados (“data logger”) podem ocorrer erros na transmissão remota dos dados, ou na gravação no próprio instrumento.

Portanto, todas as séries de dados devem passar por uma análise de consistência que conte em no mínimo:

- verificação de erros grosseiros, identificando valores fora dos limites esperados para a região da estação,
- confronto com as estatísticas do histórico da série. Para isto, a série histórica é dividida em períodos sazonais, para quais são calculados as médias e os desvios padrão e verificado se o dado em análise está dentro de um intervalo onde os valores máximos e mínimos são obtido pela média e mais ou menos um certo número de desvios padrão,
- visualização em gráfico da evolução temporal da série de dados.

Para as estações anemométricas que, além da velocidade média, registram outros parâmetros do vento, tais como: velocidade de rajada e desvio padrão da velocidade, e para aquelas que medem o vento em mais de uma altura é possível considerar outros filtros mais sofisticados através das correlações cruzadas entre os dados.

Para os dados medidos em uma mesma altura os filtros devem considerar se:

- a velocidade instantânea é menor que a velocidade média de 10 minutos,
- a relação entre as velocidades máxima instantânea e a média de 10 minutos está fora do intervalo especificado,
- a velocidade máxima instantânea é maior que a velocidade média de 10 minutos acrescida de um certo número de desvios padrão. O número de desvios é dado em função da rugosidade do terreno,
- o desvio padrão da velocidade do vento é nulo durante longo tempo contínuo. O fato é forte indicação de defeito no anemômetro de velocidade,
- o desvio padrão da direção do vento é nulo durante longo tempo contínuo. O fato é forte indicação de defeito no anemômetro de direção.

Para os dados medidos em alturas diferentes, os filtros devem levar em conta que a velocidade média do vento aumenta com a altura e o seu desvio padrão diminui, já que o atrito com obstáculos que provocam as variações decresce na sua intensidade. Nestes casos, os filtros devem considerar se:

- a relação entre as velocidades médias nos diferentes níveis está fora de um intervalo especificado,
- a relação entre as velocidades máximas nos diferentes níveis está fora de um intervalo especificado,
- a defasagem entre as direções nos diferentes níveis está fora de um intervalo especificado.

Como cita a seção 3.2.3, os filtros neste Banco de Dados são aplicados em duas etapas, chamadas Filtro I e Filtro II. A diferença entre elas está na natureza dos intervalos usados em cada critério de consistência. O Filtro I é aplicado a dados mensais, portanto utiliza intervalos mais amplos e fixos, realiza uma análise de consistência mais simples. O Filtro II é aplicado anualmente quando se dispõe de uma quantidade de informações suficientes para a realização de análises estatísticas mais sofisticadas.

I.2 Homogeneidade dos dados medidos

Para estudar o comportamento, ou variação, temporal da velocidade do vento, considerando um longo período de tempo (70 anos), deve-se ter em conta que os dados foram medidos por instrumentos e rotinas de operação diferentes ao longo desse tempo.

Portanto, esses dados devem ser “corrigidos” para que se tenham as mesmas referências de altura de medição, número de medições ao longo do dia e tempo de integração da velocidade média.

Para a altura de medição existem na literatura equações e fatores que corrigem os dados para uma mesma referência, através de equações logarítmicas ou de potências. Os fatores de correção da altura são especificados em função da rugosidade do terreno. Da mesma forma, na literatura podem-se encontrar fatores multiplicativos que relacionam as velocidades em função de seus tempos de integração da média, que são dados em função da rugosidade do terreno. Atualmente as referências utilizadas para fins de climatologia são a altura de 10 metros e o tempo de média de 10 minutos.

Conforme foi verificado no levantamento junto às empresas responsáveis pelas estações anemométricas, as estações mais antigas não realizaram medições nas 24 horas do dia. Não existe um procedimento para analisar os dados com diferentes horários de medição ao longo do dia, o que vai exigir estudos específicos para homogeneizar os dados, no que diz respeito a essa característica. Como ideias iniciais têm-se a comparação dos dados medidos em um mesmo horário, ou o desenvolvimento de uma metodologia para calcular a média diária em função do número de medidas ao longo do dia.

Uma vez que os dados estejam com referências iguais, o passo seguinte consiste em verificar o comportamento no tempo desses dados, não se esquecendo de considerar o fato de que as medições foram feitas por diferentes tipos de anemômetros.

Nesta verificação os dados de um mesmo tipo de anemômetro devem ser divididos em períodos sazonais ou anuais, comparando-se em seguida esses períodos entre si. Caso haja uma mudança no comportamento dos dados, deverá ser buscada a causa que pode ter origem na mudança das características de rugosidade ou dos obstáculos no entorno do anemômetro, ou a alguma anormalidade das condições climáticas. Se for devido a alguma anormalidade o ideal é verificar se a mesma ocorreu em outras estações instaladas nas proximidades ou na mesma região climática da estação.

Após ter sido analisada a homogeneidade da série de dados de um mesmo tipo de anemômetro, a etapa seguinte é comparar a homogeneidade da série total seguindo o mesmo procedimento, ou seja, a divisão em períodos sazonais ou anuais e a comparação desses períodos entre si.

Anexo II: Glossário de abreviaturas e símbolos técnicos

c	Parâmetro de escala da distribuição de Weibull
k	Parâmetro de forma da distribuição de Weibull
f	Frequência
fr	Frequência relativa
V	Velocidade
V2	Velocidade ao quadrado
α	dados obtidos com Anemômetros Digitais (AD) armazenados em Registros em Arquivos (digitais) ou com Anemômetros Registradores (AR) quando os anemogramas são lidos eletronicamente e armazenados em Registros em Arquivos (digitais)
β	dados obtidos com Anemômetros Registradores (AR) e os valores médios de leituras armazenados em Registros em Tabelas
γ	dados obtidos com Anemômetros Elétricos (AE) e os valores instantâneos de leituras armazenados em Registros em Cadernetas
δ	dados obtidos com Anemômetros Wild (AW)

Anexo III: Digitalização dos dados

Segundo informação do INMET, os dados dessa instituição anteriores a 1961 encontram-se ainda em meio físico, seja sob a forma de anemogramas³ ou de cadernetas de campo. Este anexo descreve esses meios de registro, seus respectivos instrumentos e o processo de digitalização que possibilita a inclusão desses dados no banco de dados histórico, objeto deste relatório. O anexo se divide em duas sessões: III.1 Anemógrafo Mecânico Tipo Universal e III.2 Cadernetas de Campo e Formulários.

III.1 Anemógrafo Mecânico Tipo Universal

Pela importância do anemógrafo mecânico na recuperação do histórico da atividade eólica no país, com uma amostragem a cada 10 minutos, esta seção descreve as características desse instrumento de medição, a rotina de operação nas estações e um procedimento que facilita as leituras ou digitalização dos dados registrados em seus anemogramas.

III.1.1 Descrição do Instrumento

O anemógrafo mecânico do tipo universal mede e registra, continuamente, em um gráfico de papel a velocidade instantânea, a velocidade acumulada e a direção instantânea do vento. O sistema de registro é composto de um mecanismo de relojoaria acoplado a um cilindro que gira no entorno de um eixo com velocidade constante, onde é colocado um papel com escalas apropriadas, chamado de anemograma, sobre o qual um conjunto de 4 penas registra os dados de vento.

A velocidade acumulada representa a distância “fictícia” total percorrida por uma partícula de ar se a mesma se deslocasse com a velocidade do vento; como a velocidade de giro do cilindro é constante no tempo, é possível determinar a velocidade média do vento num dado intervalo de tempo.

As medidas são feitas por três sensores, que funcionam independentes entre si, instalados a 10 metros de altura:

- sensor de direção, constituído por uma grimpa móvel, com formato de um leme, que aponta sempre para o setor do horizonte do qual sopra o vento;
- sensor de velocidade instantânea (ou de rajada), representado por um sistema de pressão-sucção, cujos orifícios se abrem na extremidade da grimpa e junto ao eixo do instrumento, respectivamente;
- sensor da distância percorrida, formado por três conchas simetricamente dispostas em relação ao eixo vertical do instrumento.

Na Figura III.1 está apresentado um esquema das partes do anemógrafo mecânico tipo universal.

³ Os anemogramas posteriores a 1961 tiveram apenas 3 medidas diárias passadas para meio digital. Uma nova digitalização como a descrita neste anexo poderia recuperar uma frequência diária de 144 medidas.

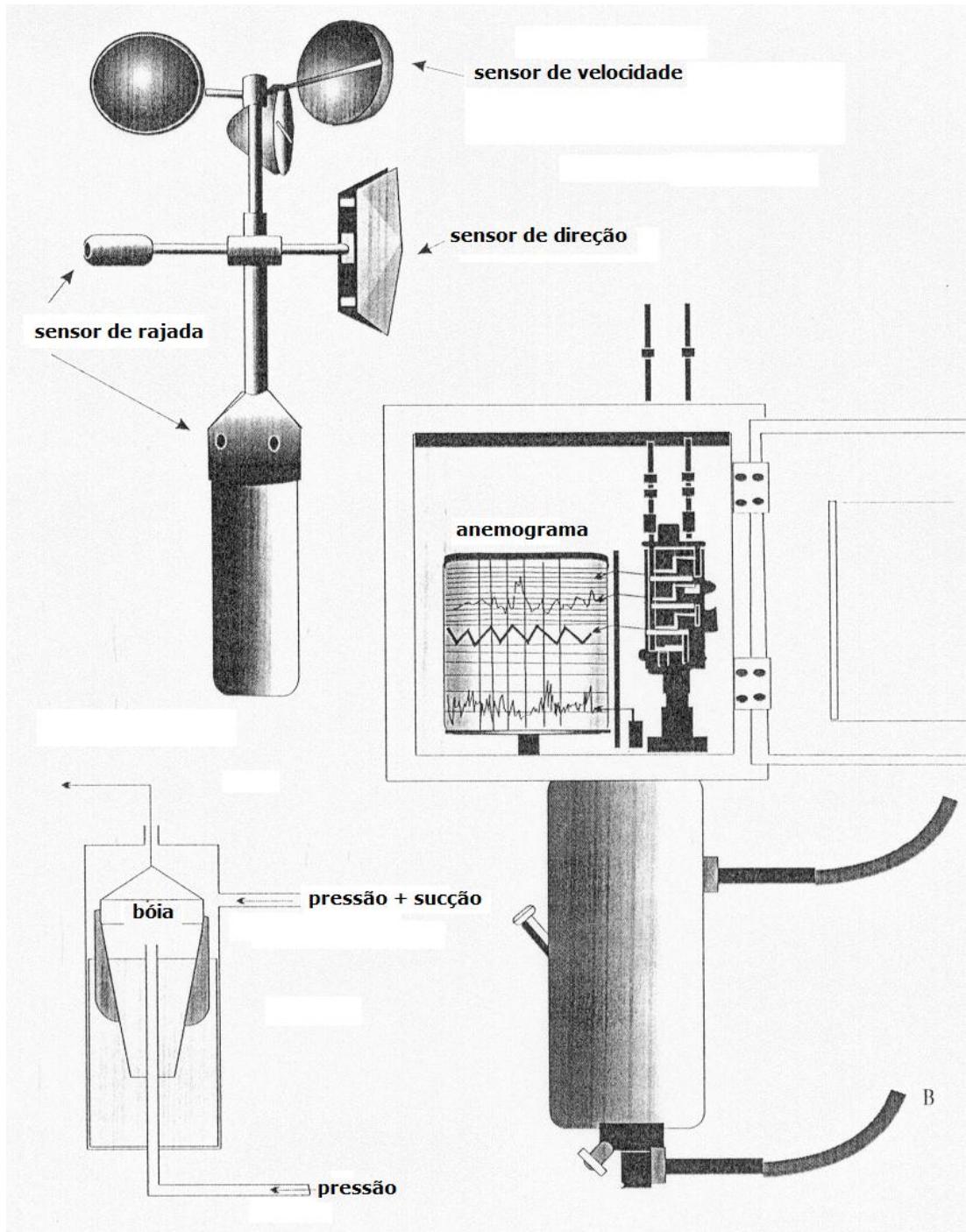


Figura III.1 - Anemógrafo mecânico do tipo universal

Existem dois tipos de anemogramas diferenciados em função do tempo de autonomia de registro. O mais usual tem uma autonomia de 24 horas e na escala do tempo (eixo das abscissas) 1 hora equivale a 22,5 mm do diagrama, sendo este o tipo de anemograma utilizado nas estações do INMET. O outro tipo tem uma autonomia mensal com a velocidade de descolamento de 20,0 mm/ hora, de uso comum nas estações do IAPAR. As escalas de tempo dos dois tipos de anemogramas são apropriadas para leituras com intervalo de tempo de 10 minutos.

Em relação ao eixo das ordenadas, o anemograma é dividido em três partes.

- Na parte superior é registrada a direção instantânea do vento, dividida em dois setores. No setor mais acima são registradas as direções entre 0 e 180 graus, e no outro as direções entre 180 e 360 graus, medidas em relação à direção norte.
- Na parte central é registrada a distância “fictícia” percorrida pela massa de ar. A derivada da distância registrada, em relação à escala de tempo, fornece a velocidade média do vento no intervalo considerado na leitura. É daí que são obtidas as velocidades médias de 10 minutos, por exemplo. Quanto mais inclinada for a rampa da curva, maior será a velocidade média.
- Na parte inferior são registradas as velocidades instantâneas ou de rajadas, que devido à inércia do sensor é considerada como sendo a média de 2 a 3 segundos, sendo que a escala do gráfico varia entre de 0 a 40m/s.

Na Figura III.2 está apresentado um pedaço de anemograma com a indicação dos parâmetros medidos.

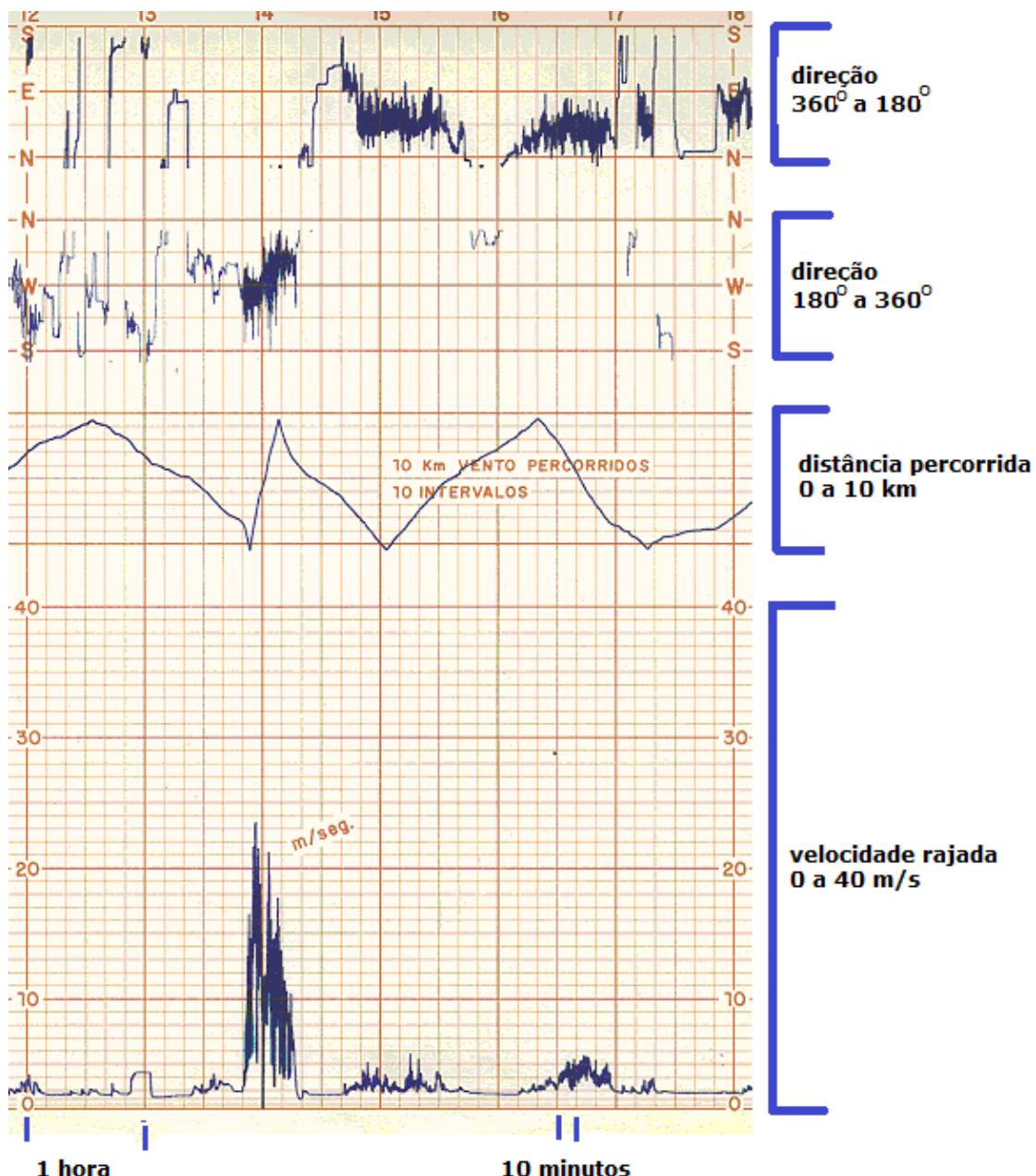


Figura III.2 - Descrição do anemograma do tipo universal

III.1.2 Rotina de Operação de Anemógrafos no INMET

Nas estações do INMET os anemogramas são substituídos diariamente às 08hs30min. Não é realizada a leitura dos valores registrados durante as 24 horas do dia, mas apenas em alguns poucos horários são lidas as velocidade médias de 10 minutos, a velocidade de rajada e da direção instantânea, sendo que estas leituras são anotadas nas cadernetas de campo ou formulários apropriados.

Na colocação do anemograma o operador deve ser bastante cuidadoso, pois se for mal colocado as escalas de medidas ficarão deslocadas em relação às penas do registrador resultando em valores falseados. Outro cuidado a ser tomado é no preenchimento das penas com tinta, pois se a pena estiver seca (até mesmo com pouca tinta) não será traçado o respectivo gráfico. Por outro lado, caso haja excesso de tinta, a pena pode borrar o gráfico.

Os operadores das estações enviam os anemogramas para o Distrito de Meteorologia ao qual a estação está subordinada. Durante muitos anos esses anemogramas ficaram armazenados nos respectivos distritos, mas grande parte desses anemogramas foi enviada para a sede do INMET em Brasília, onde permanecem arquivados. Nos contatos com o INMET identificou-se que a princípio qualquer manipulação desses anemogramas por terceiros deve ser realizada nas dependências da sede do INMET em Brasília, pois esse é um acervo precioso que contém o histórico do clima no Brasil, e não pode ser extraviado.

III.1.3 Leitura ou Digitação de Anemograma

Apesar da leitura dos dados de anemogramas ser uma tarefa possível de ser realizada por um técnico treinado, quando se pensa numa leitura sistemática, a cada 10 minutos, de vários anos, esta tarefa praticamente se torna inviável de ser realizada, pois demandaria um esforço humano gigantesco e um tempo bastante longo.

Uma forma para “ler” um grande número de anemogramas, discretizados em intervalos de cada 10 minutos, seria com auxílio de um programa digital. Entretanto, não existe um programa comercial com esta função, mas é factível de ser desenvolvido. Sendo desenvolvido especialmente para este Banco de Dados, o programa pode gerar dados digitais no formato desejado (Padrão AMA). Esse programa pode, por exemplo, seguir a sequência:

- 1) Criar uma imagem colorida do anemograma em um arquivo com auxílio de um “scanner”. Como as dimensões de um anemograma diário são de 22 cm de altura por 66 cm de largura, tem-se aqui duas alternativas. Uma usar um “scanner” profissional, com área de leitura maior que a normalmente utilizada em escritórios, onde será feita a leitura de todo o diagrama em um arquivo único. Na outra, a operação seria feita com um “scanner” de mesa de uso rotineiro lendo o anemograma em dois pedaços, isto é, em dois arquivos de imagens. Logicamente que do ponto de vista de programação computacional a melhor alternativa é a primeira, pois seria evitada a inclusão de uma tarefa para unir os dois arquivos da segunda alternativa. A imagem dever ser colorida para diferenciar o diagrama, que tem a cor âmbar ou verde, do registro gráfico, que tem a cor azul ou preta. A Figura III.3 exemplifica esta tarefa.

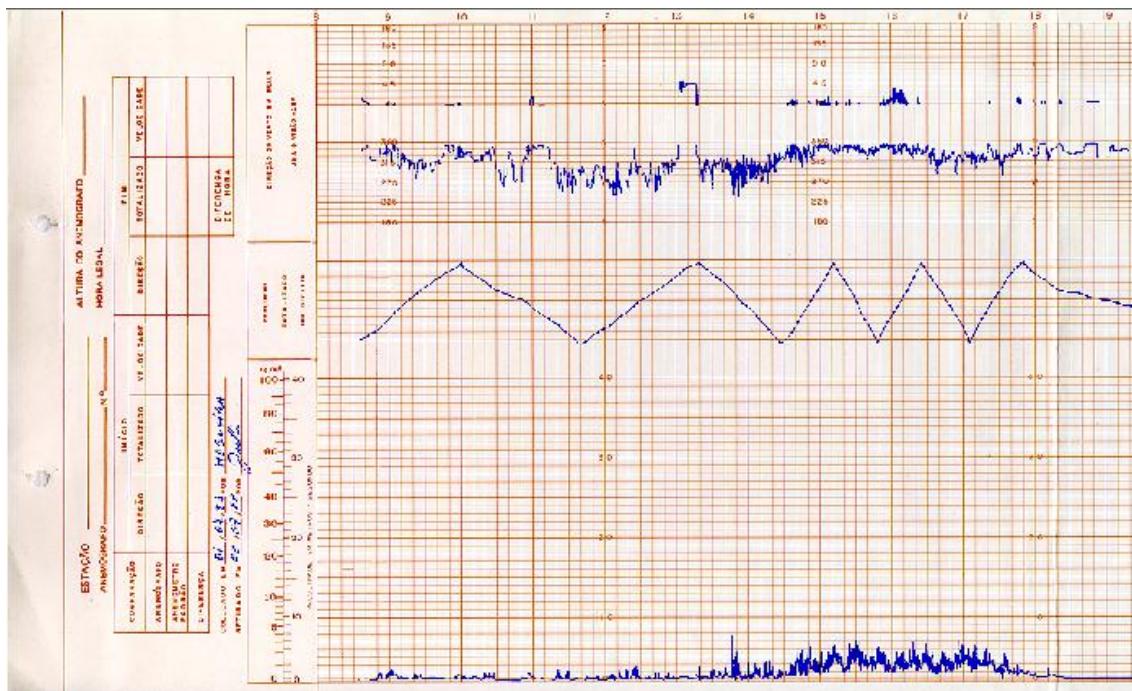


Figura III.3 – Imagem de anemograma “copiada” pelo “scanner”

- 2) Identificar e separar os desenhos das escalas do diagrama e dos gráficos. Esta tarefa pode ser feita através do reconhecimento pelo programa das cores de cada um dos desenhos. Na operação de criar a imagem deve-se ter o cuidado de manter os anemogramas em uma mesma posição na área de leitura do “scanner”, pois facilita esta etapa de identificar e separar os gráficos. As Figuras III.4 e III.5 exemplificam como ficaria essa tarefa.

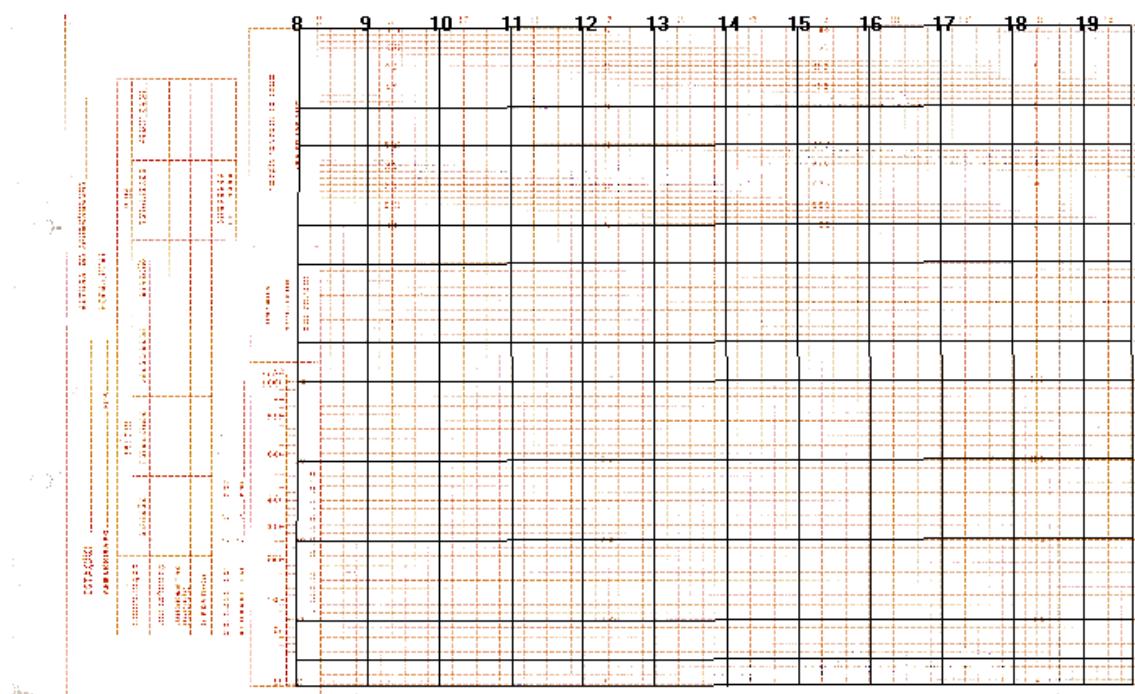


Figura III.4 – Reconhecimento das escalas no anemograma

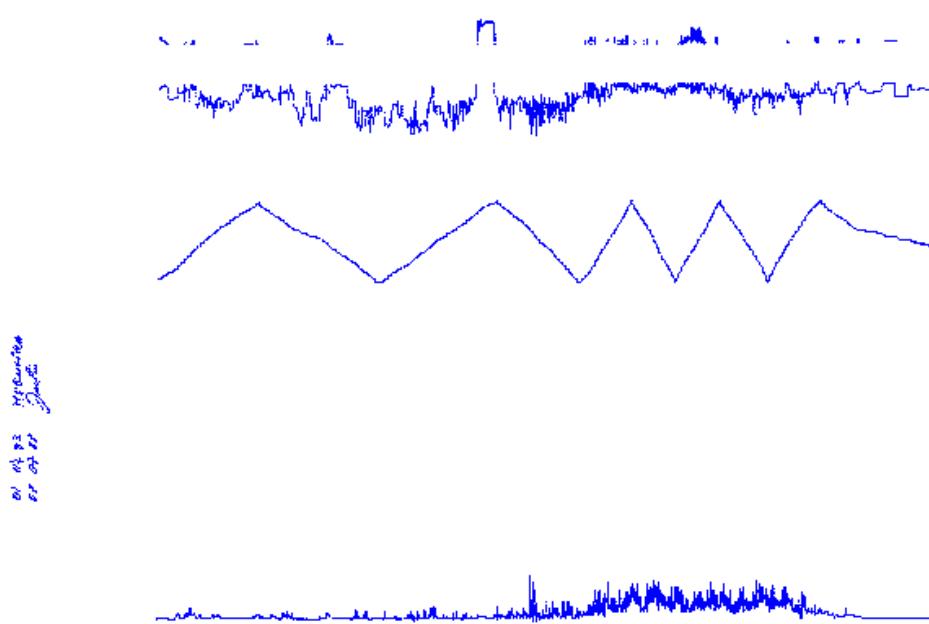


Figura III.5 – Reconhecimento dos gráficos com os dados

- 3) Posicionar corretamente os gráficos dos dados nas escalas dos diagramas. Isto é necessário, pois como já foi dito nem sempre o anemograma é colocado de forma correta pelo operador, todavia, pela posição dos gráficos em relação as escala é possível acertar a posição. Na Figura III.6 tem-se um exemplo de anemograma mal posicionado no instrumento, e na Figura III.7 o resultado final da tarefa de posicionar corretamente os gráficos nas escalas.

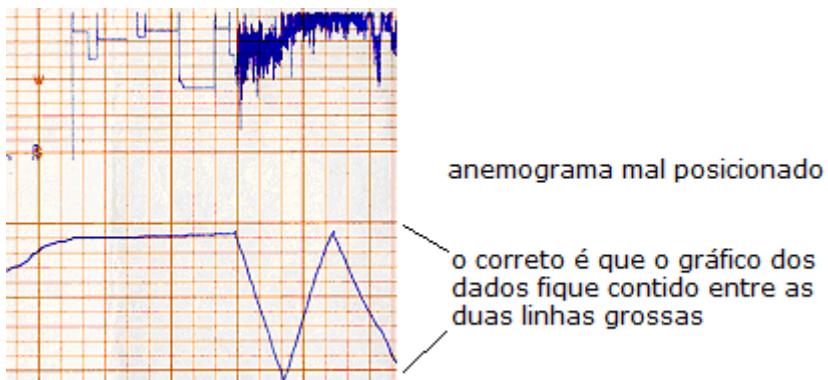


Figura III.6 – Anemograma mal posicionado

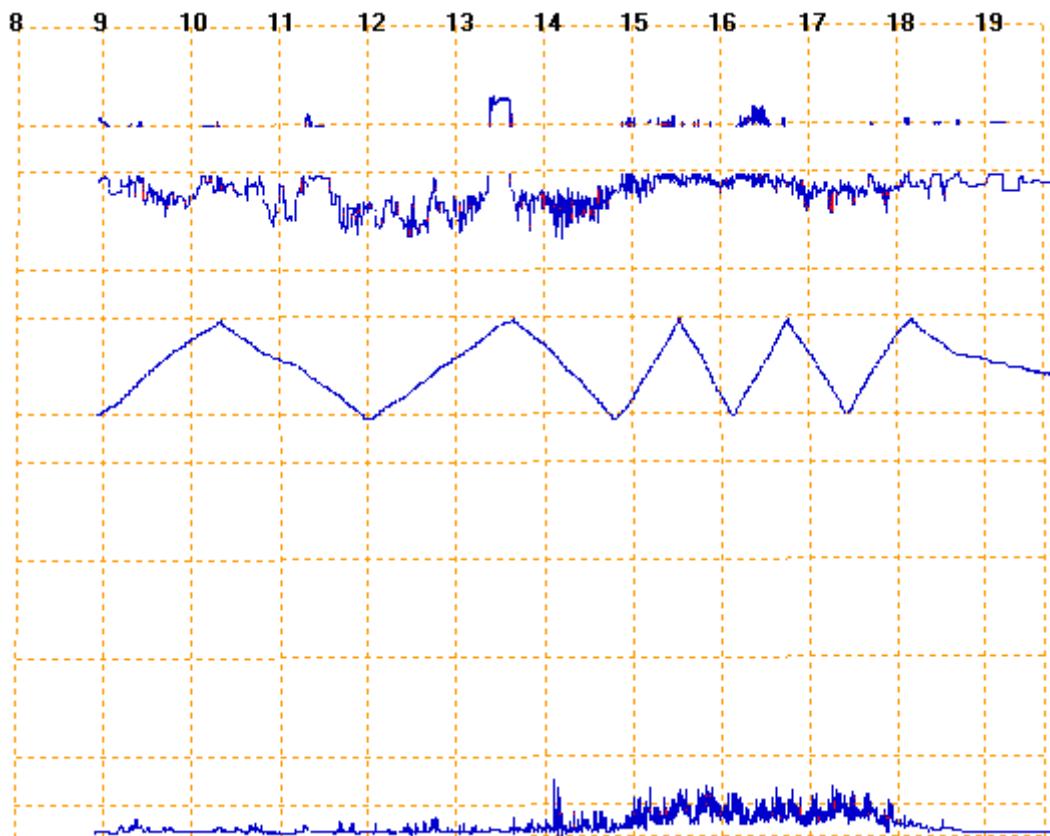


Figura III.7 – Resultado final da identificação dos gráficos e posicionamento nas escalas

- 4) Digitalizar automaticamente o diagrama, tarefa que se torna possível uma vez que todo o anemograma está reconhecido na forma digital, ou seja, sabe-se as coordenadas de cada ponto da imagem. Os dados digitados podem ser salvos em um arquivo com o formato a ser especificado.

Como o procedimento descrito não permite identificar as anotações manuscritas no anemograma, tais como, local da estação, dia, mês e ano; quando da criação da imagem no “scanner” estas informações devem fazer parte do nome a ser dado no arquivo com a imagem. Por exemplo “83746_23_02_1996.BMP”, onde 83746 seria o código de identificação da estação e 23_02_1996 o calendário do anemograma. Vale lembrar que cada estação do INMET já possui um código de identificação que poderia ser usado para a finalidade aqui descrita.

Outra facilidade que deve ser prevista no programa é de identificar possíveis causas de erros, por exemplo, borrões de tinta, anemogramas danificados etc.

III.1.4 Estimativa de Tempo para Recuperar Dados de Anemogramas

O tempo gasto na digitação dos anemogramas das estações do INMET está atrelado a alguns condicionantes:

- O local em que os anemogramas estão arquivados. A grande maioria encontra-se em Brasília, mas pode ser que algumas das estações selecionadas ainda mantenham parte de seus anemogramas nas sedes dos Distritos de Meteorologia. Se este for o caso o ideal é que eles sejam transferidos para Brasília, que é uma ação bem aceita pelo INMET. Os distritos (DISME), num total de 10, estão localizados nas cidades de: Manaus, Recife, Salvador, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, São Paulo, Porto Alegre, Cuiabá e Goiânia.
- A forma em que os anemogramas estão arquivados. Na sede do INMET os anemogramas já estão separados por períodos e dispostos de uma forma bastante fácil e prática para consulta, pode ser que nos distritos não estejam da mesma forma. Era comum nos distritos os arquivos estarem arquivados em pacotes fechados, amarrados com barbantes, e nestes casos tem-se um tempo adicional de preparação, que antecede o início da leitura no “scanner”.
- O tipo de “scanner” a ser utilizado. Se for possível a leitura de todo o anemograma de uma única vez o tempo de geração de imagem fica reduzido para metade, sendo que neste caso tem-se somente duas operações: posicionar adequadamente o anemograma no “scanner” e salvar o arquivo com um nome específico. Se for um “scanner” com área de leitura menor, esta operação terá que ser repetida duas vezes.

Considerando o tempo de manipulação do arquivo e a operação do scanner é razoável a geração das imagens de 1 mês de anemogramas no prazo de 60 minutos.

Como o procedimento de leitura no “scanner” é independente do processamento do programa de digitalização, esta tarefa pode ser feita por uma pessoa e a digitalização propriamente dita, através do programa computacional, por outra.

Para o processamento do programa, **que deve ser feita por uma pessoa treinada** não só para a operação do programa como para reconhecer dados em anemogramas, o tempo estimado para o processamento de 1 mês é inferior a 30 minutos.

Na situação ideal, anemogramas arquivados na sede do INMET em Brasília, scanner que faça leitura de todo anemograma e pessoa treinada para uso do programa computacional, estima-se que 1 ano de anemogramas seja processado em dois dias.

Quanto à quantidade de anemogramas a serem digitalizados, nossa pesquisa selecionou 46 estações meteorológicas, das quais 33 possuem anemógrafos atualmente. Não foi possível obter informação sobre a data de instalação dos anemógrafos em cada estação. Sabe-se que a tecnologia começou a ser difundida no Brasil e utilizada pelo Inmet em maior escala a partir da década de 70. Podemos supor então uma data média de início em 1975 e de fim em 2005. A partir daí se continuou o uso dos anemógrafos, mas a maioria das estações passou a operar também anemômetros digitais. Isto resulta numa estimativa de 361.597 anemogramas a serem digitalizados, ou **10.957 anemogramas (30 anos) por estação.**

III.2 Cadernetas de Campo e Formulários

A rotina de operação das estações meteorológicas convencionais consiste na leitura pelo observador meteorológico, em horários preestabelecidos, dos valores indicados nos instrumentos de medição e no registro manual desses valores em cadernetas de campo ou em formulários apropriados. Nas estações automáticas as medições são armazenadas diretamente nas memórias de sistemas automáticos de aquisição de dados, ou tele transmitidas para um banco de dados.

O número de variáveis medidas e a frequência de leitura dos instrumentos das estações convencionais não são padronizados, mas definidos pelo órgão responsável pela operação da estação. Mesmo em um órgão específico o número e a frequência variaram ao longo dos anos de operação das estações.

A título de exemplo, está apresentada na Figura III.8 uma cópia de caderneta de campo em forma de livro da estação de Antonina operada pelo INMET, para o mês de junho de 1884. São leituras de barômetro, termômetro e higrômetro, além de observações visuais tais como: nebulosidade, chuva etc. Ao longo dos anos as cadernetas de campo foram substituídas por outros tipos de cadernetas e formulários, estando um dos formulários apresentado na Figura III.9a. Os campos do formulário onde são anotados os valores da velocidade e direção do vento estão apresentados na Figura III.9b.

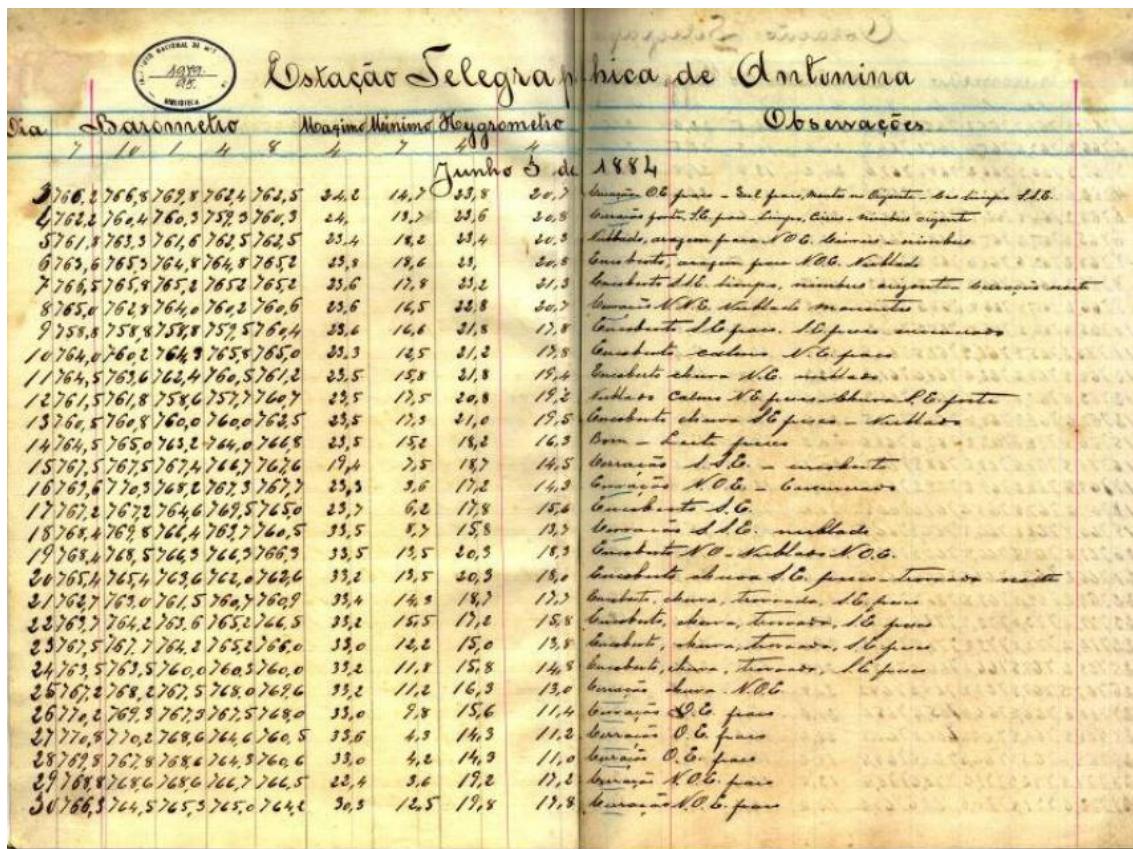


Figura III.8 - Livro de registro de medições meteorológicas do INMET – Antonina 1884

Figura III.9a – Formulário utilizado pelo INMET para anotar os dados meteorológicos

VENTO		V I S	6 - APARELHOS REGISTRADORES			
DIR. 00/36	VELOC. m/s		APARELHOS	12 UTC	18 UTC	24 UTC
			BARÓGRAFO - mb (Hpa)			
			HIGRÓGRAFO - %			
			TERMÓGRAFO -°C			
			PLUVIÓGRAFO -mm			
			ANEMÓGRAFO	DIR. (º)		
				VEL. (Km/10 min)		

Figura III.9b – Campos relativos ao vento do formulário utilizado pelo INMET

Na Figura III.10a pode ser visto um dos tipos de formulários utilizados pelo Ministério da Aeronáutica, que no caso corresponde ao ano de 1986. Na Figura III.10b tem-se uma parte ampliada do formulário mostrando as colunas onde foram registradas as velocidades e direções dos ventos. Entre as variáveis registradas a cada hora nas estações do Ministério da Aeronáutica estão a velocidade e direção do vento, as temperatura dos bulbos seco e úmido e a pressão atmosférica, variáveis usada nos estudos de aproveitamento eólico. A temperatura do ar é a do bulbo seco. A umidade relativa não é medida diretamente, mas pode ser calculada através das temperaturas dos bulbos secos e úmidos e da pressão atmosférica.

Figura III.10a – Formulário de observações meteorológicas do Ministério da Aeronáutica.

MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA DIRETORIA DE ELETRÔNICA E PROTEÇÃO DIVISÃO DE METEOROLOGIA												
OBSERVAÇÃO METEOROLÓGICA												
TIPO	HORA	LOCAL	VENTO		VISIBILIDADE METEOROLÓGICA	COND. G./TEMPO	QUANTIDADE	TIPO	ALTURA	QUANTIDADE	TIPO	ALTURA
			DIREÇÃO	VELOCIDADE								
H	00 00	00000	2000	0								
H	01 00	00000	2000	0								
H	02 00	00000	2000	0								
H	03 00	00000	2000	0								
H	04 00	00000	2000	0								
H	05 00	00000	2000	0	73240							

Figura III.10b –Colunas de dados do vento no formulário do Ministério da Aeronáutica

III.2.1 Digitação de Caderneta e Formulário

A transcrição dos dados anotados manualmente nas cadernetas e formulários é feita através de digitação. No passado a digitação era feita com a perfuração de cartões seguida de posterior leitura em um computador. Atualmente a digitação é feita diretamente em um microcomputador. Para verificar a qualidade dos dados digitados foram utilizados dois procedimentos, que foram a dupla perfuração de cartões por diferentes digitadores e a verificação por amostragem.

A princípio os dados de interesse para a EPE foram os registrados nas cadernetas de campo e formulários do INMET e do Ministério da Aeronáutica. Parcela significativa das informações de interesse para os estudos de longo prazo, que vão se restringir a algumas estações, já foi digitada por estes órgãos. Os dois órgãos mantêm programas de digitação de seus dados registrados em papel, tendo-se verificado nos contatos estabelecidos com esses órgãos que qualquer digitação deve preferencialmente ser feita com as equipes desses programas, ou seja, já existe uma logística nestes órgãos que pode ser aproveitada.

Do contato com o Ministério da Aeronáutica foi informado que a maior parte dos dados de formulários já está digitada. O que resta está sendo digitada nos Centros Integrados de Defesa Aérea e Controle Tráfego Aéreo (CINDACTA), no Serviço Regional de Proteção ao Voo (SRPV) de São Paulo e no Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA).

As informações do INMET indicam que todas as cadernetas e formulários posteriores ao ano de 1961 já foram transcritas para meio digital. Todo acervo de registros em papel encontra-se em uma sala organizada e climatizada e existe um programa em andamento, SIM (Sistema de Informações Meteorológicas), onde uma equipe de digitadores faz a transcrição dos dados para um banco de dados digital.

Quanto à quantidade de dados em cadernetas e formulários a serem digitalizados, vamos considerar, entre as 46 estações selecionadas pela pesquisa, as 34 estações pertencentes ao Inmet. Apesar de termos a data de fundação de cada estação, não nos foi confirmado se elas já possuíam instrumentos de medição de vento desde o início, por isso não estimamos a quantidade de dados a ser digitalizada para recuperar toda a história das estações. Restringindo o período para a partir de 1940 (é razoável supor que a partir daí todas possuíam algum tipo de anemômetro), que comprehende o período crítico do sistema brasileiro, temos um

total de 665⁴ anos ou 242.891 dias de dados de cadernetas e formulários a serem digitalizados, ou **7.305 dias de dados para uma estação típica**. Um dia de dados corresponde neste caso a três valores medidos nos horários sinóticos, para os dados de vento. No entanto, é provável que se digitem também as outras informações presentes em cada formulário na mesma oportunidade, o que deve ser levado em conta para estimar o tempo necessário.

⁴ Considerando 20 anos para 32 estações e duas estações mais recentes com 17 e 8 anos respectivamente.