



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-11475-RPQ/776

O CLIMA DE NATAL

Adauto Gouveia Motta

Adauto Gouveia Motta



o clima

de Natal

Trabalho para os professores
de Geografia e História

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| LISTA DE TABELAS | ii |
| LISTA DE FIGURAS | iii |
| LISTA DE GRÁFICOS | iv |
| INTRODUÇÃO | 1 |
| CAPITULO I – Algumas considerações sobre a atmosfera de Natal | 4 |
| 1.1 – Implicações de uma Atmosfera poluída | 5 |
| 1.2 – Outras considerações elucidativas | 8 |
| CAPÍTULO II – NATAL: Um clima que nos delicia | 10 |
| CAPÍTULO III – Tabelas representativas dos fenômenos | 13 |
| BIBLIOGRAFIA | 113 |
| DESTAQUE I – Médias anuais de distribuição de chuvas no Estado do Rio Grande do Norte | 114 |
| DESTAQUE II – Composição da Atmosfera | 116 |
| DESTAQUE III – A camada de ozônio e a radiação UV-B solar | 119 |
| APÊNDICE A – Aspectos ambientais na precipitação da costa brasileira | 131 |
| APÊNDICE B – Projetos abordando aspectos da atmosfera brasileira, envolvendo o INPE, NASA e universidades brasileiras, três dos quais Natal teve participação efetiva | 139 |
| APÊNDICE C – A metodologia empregada para levantamento do clima médio da cidade de Natal | 164 |
| APÊNDICE D – A massa de dados que deu origem à transcrição para o processamento eletrônico deste trabalho | 173 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| TABELA 1 – Direção do vento. | 15 |
| TABELA 2 – Intensidade do vento (em nós). | 30 |
| TABELA 3 – Visibilidade. | 46 |
| TABELA 4 – Nuvens. | 56 |
| TABELA 5 – Condições gerais do tempo. | 85 |
| TABELA 6 – Pressão atmosférica – ao nível da estação. | 99 |
| TABELA 7 – Temperatura. | 103 |
| TABELA 8 – Precipitação. | 107 |
| TABELA 9 – Umidade relativa. | 111 |
| TABELA 10 – Descrição básica de fototipos de pele humana. | 125 |
| TABELA 11 – Faixa de tempo, em minutos, que pode causar queimaduras, com diferentes índices de UV-B. | 126 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| FIGURA 1 – Imagem do satélite LANDSAT 7. | 10 |
| FIGURA 2 – Esquema simplificado do ciclo da água. | 12 |
| FIGURA 3 - Formas que as nuvens podem assumir | 54 |
| FIGURA 4 – Mesorregiões do Estado com níveis médios de precipitação. | 114 |
| FIGURA 5 – Atmosfera com suas diversas regiões e características. | 118 |
| FIGURA 6 – Camada de Ozônio vista do espaço. | 119 |
| FIGURA 7 – Espectro eletromagnético. | 120 |
| FIGURA 8 – Camada de Ozônio. | 122 |
| FIGURA 9 – Progressão do buraco de ozônio. | 123 |
| FIGURA 10 – Média anual de irradiação solar no Brasil. | 125 |
| FIGURA 11 – Trem de lançamento de radiossonda juntamente com sensor. | 128 |
| FIGURA 12 – Localização das instalações do Laboratório de Ozônio. | 129 |
| FIGURA 13 – Meso-scale Convective Complex Triangle. | 141 |
| FIGURA 14 – Áreas de operação do projeto TRACE-A. | 159 |
| FIGURA 15 – Indicação das percentagens de focos de queimadas. | 162 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| GRÁFICO 1 – Direção do vento – Janeiro | 16 |
| GRÁFICO 2 – Direção do vento – Fevereiro. | 17 |
| GRÁFICO 3 – Direção do vento – Março | 18 |
| GRÁFICO 4 – Direção do vento – Abril. | 19 |
| GRÁFICO 5 – Direção do vento – Maio | 20 |
| GRÁFICO 6 – Direção do vento – Junho. | 21 |
| GRÁFICO 7 – Direção do vento – Julho | 22 |
| GRÁFICO 8 – Direção do vento – Agosto. | 22 |
| GRÁFICO 9 – Direção do vento – Setembro. | 23 |
| GRÁFICO 10 – Direção do vento – Outubro. | 24 |
| GRÁFICO 11 – Direção do vento – Novembro. | 25 |
| GRÁFICO 12 – Direção do vento – Dezembro. | 26 |
| GRÁFICO 13 – Intensidade do vento – Média Mensal. | 31 |
| GRÁFICO 14 – Intensidade do vento – Velocidade e Direção. | 32 |
| GRÁFICO 15 – Intensidade do vento – Janeiro. | 33 |
| GRÁFICO 16 – Intensidade do vento – Fevereiro. | 34 |
| GRÁFICO 17 – Intensidade do vento – Março | 35 |
| GRÁFICO 18 – Intensidade do vento – Abril. | 36 |
| GRÁFICO 19 – Intensidade do vento – Maio | 37 |
| GRÁFICO 20 – Intensidade do vento – Junho. | 38 |
| GRÁFICO 21 – Intensidade do vento – Julho | 39 |
| GRÁFICO 22 – Intensidade do vento – Agosto. | 40 |
| GRÁFICO 23 – Intensidade do vento – Setembro. | 41 |
| GRÁFICO 24 – Intensidade do vento – Outubro. | 42 |
| GRÁFICO 25 – Intensidade do vento – Novembro. | 43 |
| GRÁFICO 26 – Intensidade do vento – Dezembro. | 44 |
| GRÁFICO 27 – Visibilidade – Janeiro e Fevereiro. | 47 |
| GRÁFICO 28 – Visibilidade – Março e Abril. | 48 |

| | |
|--|----|
| GRÁFICO 29 – Visibilidade – Maio e Junho. | 49 |
| GRÁFICO 30 – Visibilidade – Julho e Agosto. | 50 |
| GRÁFICO 31 – Visibilidade – Setembro e Outubro. | 51 |
| GRÁFICO 32 – Visibilidade – Novembro e Dezembro. | 52 |
| GRÁFICO 33 – Nuvens baixas. | 57 |
| GRÁFICO 34 – Nuvens baixas– Janeiro. | 58 |
| GRÁFICO 35 – Nuvens baixas – Fevereiro. | 59 |
| GRÁFICO 36 – Nuvens baixas – Março | 60 |
| GRÁFICO 37 – Nuvens baixas – Abril. | 61 |
| GRÁFICO 38 – Nuvens baixas – Maio | 62 |
| GRÁFICO 39 – Nuvens baixas – Junho. | 63 |
| GRÁFICO 40 – Nuvens baixas – Julho | 64 |
| GRÁFICO 41 – Nuvens baixas – Agosto. | 65 |
| GRÁFICO 42 – Nuvens baixas – Setembro. | 66 |
| GRÁFICO 43 – Nuvens baixas – Outubro. | 67 |
| GRÁFICO 44 – Nuvens baixas – Novembro. | 68 |
| GRÁFICO 45 – Nuvens baixas – Dezembro. | 69 |
| GRÁFICO 46 – Todas as nuvens. | 70 |
| GRÁFICO 47 – Todas as nuvens – Janeiro. | 71 |
| GRÁFICO 48 – Todas as nuvens – Fevereiro. | 72 |
| GRÁFICO 49 – Todas as nuvens – Março | 73 |
| GRÁFICO 50 – Todas as nuvens – Abril. | 74 |
| GRÁFICO 51 – Todas as nuvens – Maio | 75 |
| GRÁFICO 52 – Todas as nuvens – Junho. | 76 |
| GRÁFICO 53 – Todas as nuvens – Julho | 77 |
| GRÁFICO 54 – Todas as nuvens – Agosto. | 78 |
| GRÁFICO 55 – Todas as nuvens – Setembro. | 79 |
| GRÁFICO 56 – Todas as nuvens - Outubro. | 80 |
| GRÁFICO 57 – Todas as nuvens – Novembro. | 81 |

| | |
|--|-----|
| GRÁFICO 58 – Todas as nuvens – Dezembro. | 82 |
| GRÁFICO 59 – Condições gerais do tempo – Janeiro. | 86 |
| GRÁFICO 60 – Condições gerais do tempo – Fevereiro. | 87 |
| GRÁFICO 61 – Condições gerais do tempo – Março | 88 |
| GRÁFICO 62 – Condições gerais do tempo – Abril. | 89 |
| GRÁFICO 63 – Condições gerais do tempo – Maio | 90 |
| GRÁFICO 64 – Condições gerais do tempo – Junho. | 91 |
| GRÁFICO 65 – Condições gerais do tempo – Julho | 92 |
| GRÁFICO 66 – Condições gerais do tempo – Agosto. | 93 |
| GRÁFICO 67 – Condições gerais do tempo - Setembro. | 94 |
| GRÁFICO 68 – Condições gerais do tempo – Outubro. | 95 |
| GRÁFICO 69 – Condições gerais do tempo – Novembro. | 96 |
| GRÁFICO 70 – Condições gerais do tempo – Dezembro. | 97 |
| GRÁFICO 71 – Pressão atmosférica – ao nível da estação. | 100 |
| GRÁFICO 72 – Temperatura do ar – psicrômetro – Bulbo seco e úmido. | 104 |
| GRÁFICO 73 – Temperatura do ar – psicrômetro – Ponto de orvalho e registro extremos. | 105 |
| GRÁFICO 74 – Soma de precipitação (por turno e mensal). | 108 |
| GRÁFICO 75 – Número de dias com precipitação (por turno e mensal). | 109 |
| GRÁFICO 76 – Umidade relativa. | 112 |

INTRODUÇÃO

A idéia de compor uma publicação com dados confiáveis sobre o clima de Natal, surgiu das constantes solicitações vindas de pesquisadores nacionais e estrangeiros, visando programação ou adequação de pesquisa pretendida com as condições climáticas no momento do lançamento de foguete, balão ou até medidas feitas a partir de equipamentos instalados em solo. Sempre éramos instados a fazer levantamento singular de dados médios sobre temperatura, precipitação, pressão, vento, etc., a fim de atender uma certa convocação para participar de eventos de medidas em um certo mês, hora... e a trabalhadeira era grande. Ocorreu-nos que, a Estação Meteorológica instalada desde a II Guerra Mundial nas dependências da Base Aérea de Natal, antigo CATRE, que fazia, e faz até hoje, a cada hora (nas horas cheias), dentro dos padrões internacionais preconizados pela OMM (Organização Mundial de Meteorologia), observações meteorológicas com todos os dados de **observação de superfície**, seria exequível estabelecer médias para cada fenômeno a ser observado em visualização gráfica, para melhor entendimento dos números, e publicar tais informações visando atender não só os pesquisadores interessados em informações para seus estudos, mas também buscando uma divulgação ampla para os interessados de todos os naipes. Do ponto de vista estatístico, para um valor anual representativo do clima de Natal, precisaríamos trabalhar bem menos dados do que foi feito, pois foram processados **dez anos de observações de superfície**, feitas hora-a-hora, nas vinte e quatro horas de cada dia. Isto, além das observações especiais registradas sempre que um fenômeno singular modificava a situação de utilização da pista de pouso. O ciclo solar e suas influências no clima como um todo, foi abstraído neste trabalho. Vale salientar que um simples boletim horário de observação meteorológica de superfície é composto de medidas feitas na instrumentação e mais às observações visuais do observador, o qual foi devidamente treinado para ver os fatos registráveis. Para este estudo foram selecionados os fenômenos meteorológicos mais significativos para aplicações gerais e os mais solicitados para a maioria dos usos habituais, ou seja, foram selecionados os fenômenos:

- VENTO - direção e intensidade;
- VISIBILIDADE - em quilômetros;
- DESCRIÇÃO GERAL DO TEMPO - isto é, chuva, granizo, trovoadas, etc.
- NUVENS - em oitavos de céu, registrando as nuvens **baixas, médias e altas**, bem como, o total de encobrimento do céu;

- PRESSÃO ATMOSFÉRICA - em milibares ao nível da estação;
- TEMPERATURA DO AR – em graus C, compreendendo temperatura do bulbo seco e do úmido (psicrômetro) e temperatura do ponto de orvalho;
- PRECIPITAÇÃO - em milímetros e décimos de milímetros;
- UMIDADE RELATIVA – em percentual.

O volume de dados trabalhados foi assustador, só sendo possível uma conclusão válida, graças a uma boa equipe de analistas de sistemas, um grupo de digitação qualificado e um computador de porte. Basta sintetizar: 10 (anos) x 365 (dias) x 24 (horas) x 35 (o número de informações singulares contido em cada boletim meteorológico horário) = 3 milhões de informações processadas.

A validade e seriedade dos dados contidos neste trabalho são um fator de grande relevância para a qualificação de seus resultados. Outros estudos podem apresentar números um pouco diferentes. Entretanto, a forma como os dados deste estudo foram gerados é um fator de garantia das informações. O Ministério da Aeronáutica mantém uma escola (Escola de Especialistas de Aeronáutica) aonde são formados os sargentos especializados em Meteorologia, após dois anos de Curso. É um pessoal que mantém coerência e padronização de informações em cima de mesmos instrumentos, instruções e formulários. Conseqüentemente, os dados são essencialmente uniformes e de mesmo formato, com cada fenômeno registrado sempre na mesma posição do formulário, o que permite tabulação e digitação dos mesmos com muita segurança.

Outra observação a ser feita é a de que a Estação Meteorológica geradora destes dados está localizada nas dependências da Base Aérea de Natal, ocupando a mesma localização desde sua criação. Desprezíveis diferenças poderão ser notadas em relação a medidas feitas em outro local, mas nada que possa tirar as curvas dos seus desvios padrões. Mesmo porque a Base Aérea de Natal hoje está contido na área considerada **a grande NATAL**.

Nos **capítulos I e II** são apresentadas as razões do CLIMA DE NATAL se apresentar tão ameno, sempre. No **capítulo III** são mostradas as TABELAS e GRÁFICOS com os dados processados.

Em seguida são apresentados 3 DESTAQUES:

- O primeiro mostrando as MÉDIAS ANUAIS DE DISTRIBUIÇÃO DE CHUVAS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE, para melhor entendimento da média de chuvas em Natal;
- O segundo é uma apresentação das diversas regiões da atmosfera, visando situar o leitor quanto aos processos e fenômenos;
- O terceiro é uma análise sobre A CAMADA DE OZÔNIO E A RADIAÇÃO UV-B SOLAR. O INPE de Natal dispõe hoje do mais completo Laboratório de Ozônio instalado no Brasil, que opera há 24 anos, possuindo uma invejável série histórica de dados. A camada de ozônio é um assunto que assusta a todos. Alertas e recomendações é o mínimo que um órgão público como o INPE deve fazer.

Como complementação deste trabalho segue-se quatro APÊNDICES:

- O primeiro é a reprodução do trabalho da Dra. Lycia Nordemann denominado IMPACTOS AMBIENTAIS NA PRECIPITAÇÃO DA COSTA BRASILEIRA, com análise da situação do ar respirado em NATAL;
- O segundo é um resumo dos vários projetos conduzidos no Brasil em convênio com a NASA;
- O terceiro é a apresentação da METODOLOGIA EMPREGADA PARA LEVANTAMENTO DO CLIMA MÉDIO DA CIDADE DE NATAL;
- O quarto é a apresentação do modelo de formulário que o Ministério da Aeronáutica usa para registrar as OBSERVAÇÕES DE SUPERFÍCIE.

Aqui vale ressaltar a participação competente dos Eng. Marcos Alberto da Silva (analista master) e Roberto Morais, bem como da Chefe de Secretaria, Marise Délia Carvalho, do analista Romualdo Alves e do desenhista Antonio Medeiros Filho, todos dos quadros efetivos do INPE de Natal, sem as quais seria impossível apresentar resultados tão eloqüentes. E aqui está o produto: **O CLIMA DE NATAL.**

Capítulo I - ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE A ATMOSFERA DE NATAL

Natal é, na realidade, a única cidade brasileira a possuir toda uma história de pesquisas levantadas dentro de sua atmosfera, durante os últimos 35 anos. Desde a instalação do Centro de Lançamentos da Barreira do Inferno (CLBI), órgão do Ministério da Aeronáutica, que são lançados foguetes com cargas-úteis científicas visando, através de vôos suborbitais, fazer sondagens sobre Natal em busca da qualificação e quantificação de seus constituintes. O primeiro lançamento realizado em 15 de dezembro de 1965, inaugurou toda uma era de lançamentos de foguetes, que a partir do início dos anos setenta, aos poucos foi escasseando em função das novas técnicas de sensores de alta qualificação embarcados em satélites, os quais fazendo medidas repetitivas de cada fenômeno indagado, tornaram as pesquisas mais abundantes e baratas. Com o advento do Centro de Lançamentos de Alcântara (CLA), no Maranhão, os natalenses ficaram sem entender porque outro centro de lançamentos de foguetes e, até com uma justificável ponta de ciúme, indagavam porque essa preterição ao orgulho da terra de chamar Natal de “**a capital espacial do Brasil**”. Em verdade, na instalação do CLA só um fator foi considerado – a necessidade brasileira de um local para lançamento de foguetes de grande porte, visando colocar satélites em órbita. Foguetes para tal empreitada são de volume de explosivo muito grande. Como o CLBI, hoje em dia, está praticamente cercado pela cidade, fica impossível a concentração de uma grande massa de explosivos em plataformas de lançamentos tão próximas do trânsito de pessoas.

Muitos indagarão: e não houve planejamento para a construção do CLBI? Houve sim, o planejamento que as informações da época permitiam para uma atividade tão dinâmica como pesquisa espacial. Naqueles tempos, eu bem me lembro, Ponta Negra, por exemplo, era o local onde as famílias endinheiradas de Natal curtiam o seu veraneio. Ninguém tinha residência regular na hoje aprazível Praia de Ponta Negra. O calçamento, em paralelepípedo de uma só via que chegava até a entrada do CLBI foi concluído em 1967. Dali para as praias do sul era um matagal. A cancela da polícia sinalizando onde terminava Natal ficava ali na hoje esquina do Estádio Machado (complexo viário). Além do mais, a instrumentação rastreadora montada no CLBI era muito acanhada para projetos mais ambiciosos. Ou seja, o CLBI foi instalado para lançar foguetes do tipo “up-down” de pequeno porte. E assim mesmo, para poder operar com garantia foguetes dali lançados, foi obrigado a aumentar o ângulo de visada da instrumentação de rastreo, colocando-a mais distante das plataformas de

lançamento. Daí a necessidade que houve de desapropriar as terras que ficavam em frente ao terreno originalmente ocupado pelo CLBI, já do outro lado da hoje chamada rota do sol. Conclusão: a proximidade a uma densidade populacional que aumentou vertiginosamente, castrou planos mais ambiciosos para o Centro de Lançamentos da Barreira do Inferno.

A Missão Espacial Completa Brasileira (MECB) foi aprovada no apagar das luzes do regime militar e era uma missão ambiciosa que pretendia colocar em órbita um satélite brasileiro para coleta de dados. A MECB contemplava:

- § o desenvolvimento e construção de um satélite para coleta de dados ambientais (SCD);
- § o desenvolvimento e construção de um foguete capaz de orbitar satélites (Veículo Lançador de Satélites- VLS);
- § o planejamento e construção de um campo de lançamento de foguetes em área remota, de forma a tornar-se o local para lançamento de satélites.

E não de perguntar: por que no Maranhão? O local vantajoso para lançamento de satélites com órbita equatorial (natural vocação brasileira), deve ser o mais próximo possível do Equador. Conclusão: os critérios para a escolha de Alcântara foram essencialmente técnicos.

1.1 - IMPLICAÇÕES DE UMA ATMOSFERA POLUIDA.

Vale a pena relatar, ligeiramente, sobre as implicações de uma atmosfera poluída, suas causas e conseqüências, e sobre como se estuda a poluição da atmosfera. **O meio ambiente** está permanentemente sendo agredido pelo homem. A população da Terra aumentando aceleradamente, exige maior quantidade de alimentos, mais bens de consumo e, destarte, mais indústrias, mais água potável, etc. Como conseqüência destas implicações do homem moderno, os solos são exauridos, maiores quantidades de adubos e pesticidas são utilizadas, volume grandioso de lixo industrial e doméstico é produzido, rios, lagos e represas são ao mesmo tempo usados como fonte de abastecimento de água potável e esgotos. Os oceanos são, diariamente, invadidos por terminais de esgotos, e em número crescente as chaminés poluem a atmosfera. Aliás, considerando-se o básico do sistema **solo, água e ar**, essenciais a vida de todos os seres vivos e, particularmente do ser humano, é a **atmosfera**, ou seja o **ar**, que está mais prejudicada pela ação predatória do próprio homem. Está claro que a referência aqui são para às

ações do homem que danificam o **meio ambiente**, isto é, aquelas que são denominadas de **antropogênicas** ou **antrópicas**. Vale ressaltar que a atmosfera poluída também polui através da precipitação seca e úmida, quando devolve para a superfície da terra todo o material poluente nela injetado. Pode-se afirmar que todo o material poluente que é lançado na atmosfera, volta aos solos, rios, lagos e oceanos através, principalmente, da precipitação por meio da chuva. É a chamada **roda hidrológica**. É fácil concluir que uma região poluída possui uma atmosfera poluída. E vice-versa. Conseqüentemente, uma boa forma de diagnosticar se uma cidade ou região está limpa ou poluída é só estudar a sua atmosfera, o que poderá ser feito tanto pelo estudo das **águas de chuva**, dos **gases atmosféricos** ou do **material em suspensão no ar**. Quando a chuva cai ela carrega consigo gases, espécies químicas contidas nas nuvens e no ar, partículas sólidas, ou seja, a chuva lava a atmosfera. É o chamado “**washout**”, que equivale a dizer: **águas de chuva retratam exatamente a qualidade da atmosfera**. Normalmente, uma amostra de chuva de um certo local é levada para o laboratório para análise química, identificando-se inicialmente o seu pH, para saber se estão ácidas ou não, assim como dosando as espécies químicas, tanto de origem natural quanto antropogênica. As fontes de origem natural são aquelas que injetam material na atmosfera através de vários mecanismos, tais como, vulcões (que quando em erupção lançam cinzas e gases), oceanos (a mais importante de todas as fontes naturais) que atuam por meio das ondas e da evaporação, vegetação, mangues, etc. As fontes de origem antropogênicas são aquelas geradas pelo homem, tais como, chaminés de fábricas e usinas, descarga de veículos, etc. Sempre que ocorre alguma emissão de qualquer dos dois tipos, também são emitidas espécies químicas como gás carbônico, óxido de enxofre, óxido de nitrogênio, sódio, cloro, etc., além de muitas outras. Medindo-se as espécies que são de origem essencialmente naturais (sódio, magnésio, cloro, etc.) e as que são tanto naturais quanto antropogênicas (sulfatos, nitratos, gás carbônico, amônio, etc.) é possível detectar o que é proveniente da natureza separadamente do que provém das atividades humanas. Pela quantidade e dosagem das espécies encontradas e da relação entre elas, que são chamadas de concentrações e razões iônicas, é possível diagnosticar se a atmosfera está poluída ou não.

Um trabalho visando estudar não só a poluição atmosférica, como também a interação oceano/atmosfera, foi realizada pelo INPE, sob a coordenação da Dra. Lycia Maria Moreira -Nordemann e com financiamento da FINEP, tendo participado especialistas de várias universidades brasileiras, tais como: Dra. Marlúcia Santiago – UFCe., Prof. Cleonice Souza - UFRN, Prof.

Clemyro Ferreira - UFBA., Prof. Emanuel da Silva - UFF, Prof. Antonio Magalhães - Caraguatatuba/SP e a Dra. Clarice Panitz - UFSC. Assim, durante um ano foram coletadas, sistematicamente, nas seis cidades da costa brasileira (abrangendo nordeste, sudeste e sul) amostras de águas de chuvas nas quais eram determinados o pH e realizadas análises químicas para se dosar sódio, cálcio, potássio, magnésio, cloreto, nitrato, sulfato e amônio. As técnicas utilizadas foram espectrometria de absorção atômica, cromatografia iônica líquida e potenciometria. As concentrações de sulfato, nitrato e amônio foram utilizadas como indicadores de níveis de poluição. As outras espécies químicas analisadas foram usadas como **referência**, ou indicadores de contribuições da própria natureza. Foram estudadas, também, a climatologia das seis cidades e seus valores de pluviometria, ventos, temperaturas, etc.

O resultado da pesquisa mostra algumas evidências: que o grau de poluição atmosférica é maior para as cidades mais industrializadas e mais densamente povoadas. Mas, algumas cidades possuem feições geoclimatológicas bem características, que explicam um baixo índice de qualidade da atmosfera, embora tais cidades não sejam elas próprias geradoras de poluição, como é o caso de Caraguatatuba-SP. Como era de se esperar, é Niterói que apresenta os mais altos níveis de deterioração da qualidade da atmosfera, seguida de Florianópolis. Fortaleza, já com um certo grau de industrialização, ainda possui uma atmosfera bastante razoável, embora sofra influência da ZCIT (zona de convergência intertropical), que traz contribuições dos nossos vizinhos do hemisfério norte.

De todas as seis cidades estudadas no litoral brasileiro, Natal é a que possui uma atmosfera da mais alta qualidade, em termos de **meio ambiente**. Foram encontradas as mais baixas concentrações das espécies químicas e a relação entre elas (razões iônicas) revelam uma influência essencialmente marinha, como era de se esperar numa região costeira. Tanto para estudos geoquímicos atuais como base de referência (padrão) para a avaliação da contribuição oceânica na atmosfera, assim como para estudos de poluição do ar, os resultados obtidos em outras cidades do litoral podem ser confrontados com os de Natal, e a partir desta comparação é possível diagnosticar a qualidade da atmosfera para outras regiões, observando-se no entanto os parâmetros geoclimáticos inerentes à cada região.

1.2 - OUTRAS CONSIDERAÇÕES ELUCIDATIVAS.

Na década de oitenta a NASA montou um projetão a nível mundial, chamado Global Tropospheric Experiment –GTE (Estudo Global da Troposfera) visando essencialmente estudos localizados, em cada parte do globo onde houvesse situações que pudessem suscitar dúvidas quanto ao conteúdo troposférico. No Brasil, contando com a participação ativa do INPE e algumas universidades brasileiras, foram conduzidos experimentos, entre os quais se destacam:

GTE/ABLE - 2A - 1985 - estudos da troposfera na Amazônia, com o uso de balões cativos e balões livre lançados de vários pontos da grande Amazônia; medidas feitas em pontos do solo com estações de micrometeorologia; medidas químicas dos rios, afluentes e pântanos, além de medidas com instrumentos de solo em vários pontos do território abrangido pelo experimento. Foi um levantamento sistemático dos constituintes da atmosfera amazônica e suas inter-relações com os rios e florestas.

GTE-ABLE - 2B - 1987 - também na Amazônia, corroborando as medidas feitas anteriormente no Experimento GTE-ABLE-2A, mas com o uso de instrumentação mais sofisticada e de forma mais abrangente. Este Projeto envolveu, entre técnicos, engenheiros e cientistas, um total de 60 norte-americanos (com alguns europeus) e 110 brasileiros.

CITE-3 - 1992 – O projeto que a NASA conduziu a partir de Natal, denominado CITE-3 (Chemical Instrumentation Test and Evaluation), como o nome bem diz, tinha como principal escopo, fazer avaliação do comportamento dos sensores (instrumentos) conduzidos a bordo de aeronave para medidas de concentrações ambientais de SO₂, H₂S, CS₂, DMS e COS, dentro da troposfera, bem como, determinar, em um meio predominantemente marinho, a abundância e distribuição das maiores espécies sulfúricas, dentro de uma larga variedade de condições atmosféricas, incluindo altitude, níveis de fluxo solar, etc. Conseqüentemente, foram levantados os níveis das espécies nomeadas usando um avião ELECTRA da NASA, o qual voou 96 horas em 16 vôos com descrição detalhada no Apêndice B.

TRACE–A 1993 – O Projeto TRACE-A propunha a realização de um grande experimento de campo na região do Atlântico Sul, da costa brasileira até a costa africana, visando fazer medidas da química da troposfera. A idéia básica era que a região do Atlântico Sul fosse investigada por pesquisadores

americanos a bordo de um avião DC-8, devidamente instrumentado. Na África cientistas da França, Alemanha e África teriam suas atividades com meios terrestres de medidas e as operações no Brasil ficariam a cargo de cientistas brasileiros, incluindo medidas de superfície, sondagens com balões e medidas de bordo de dois aviões Bandeirantes instrumentados, que pertenciam ao INPE e FUNCEME.

SCAR-B – (Smoke/Sulfates, clouds and Radiation – Brazil) que como bem diz levantou informação sobre fumaça, sulfatos, nuvens e radiação consistindo de uma série de levantamentos de campo com a finalidade de estudar as alterações da atmosfera proveniente da queima de combustíveis fósseis e da biomassa (queimadas) com a conseqüente influência sobre o meio-ambiente e o clima. Os resultados obtidos esclareceram vários pontos desconhecidos na região das queimadas e permitiram extrapolar o uso de certos sensores em futuros satélites. Também permitiu uma melhor visão de como as queimadas contribuem para atenuar a radiação solar e, onde, exatamente seus efeitos são maiores.

Entretanto, uma coisa é certa, nenhum de tais projetos jamais pretendeu fazer avaliação localizada da atmosfera de Natal. A imprensa e a propaganda gerada pela Secretaria de Turismo do Estado costuma dizer que **“Natal possui o ar mais puro das Américas, indicado por pesquisa da NASA”**. A pesquisa que intercomparou a qualidade do ar em seis cidades do litoral brasileiro (Fortaleza, Natal, Salvador, Niterói, Caraguatatuba e Florianópolis), como dito acima, foi conduzida por uma pesquisadora do INPE, Dra. Lúcia Maria Moreira Nordemann, denominada IMPACTOS AMBIENTAIS NA PRECIPITAÇÃO DA COSTA BRASILEIRA (Apêndice A) onde, analisando amostras de chuvas coletadas nas seis cidades estudadas, Natal apresentou uma atmosfera classificada como padrão positivo. E, em termos das demais localidades analisadas, realmente Natal apresentou melhor qualidade de ar. As águas de chuva de Natal foram consideradas como tendo uma composição química isenta de poluição e representativa das águas de chuva da região costeira do Brasil.

Capítulo II - NATAL: UM CLIMA QUE NOS DELICIA

A cidade do Natal está situada num dos pontos mais orientais na costa do Atlântico Sul, entre o mar e a margem direita do Rio Potengi. O clima é quente e árido, exceto durante a estação chuvosa, quando torna-se quente e úmido. Permanentemente, sopra uma brisa vinda do oceano, sempre de sudeste, dada a proximidade do Equador, com pequenas variações, e é predominante em toda a região nordeste do Brasil. Os ventos mais fortes são característicos de agosto e setembro, sendo abril a época dos mais fracos. A temperatura média é de 26° centígrados. A estação chuvosa é o resultado das chamadas ondas de Leste e ocorrem entre os meses de abril a julho, com predominância em junho. São chuvas rápidas e moderadas, com duração de até 48 horas, com 18 a 24 horas de intervalos.

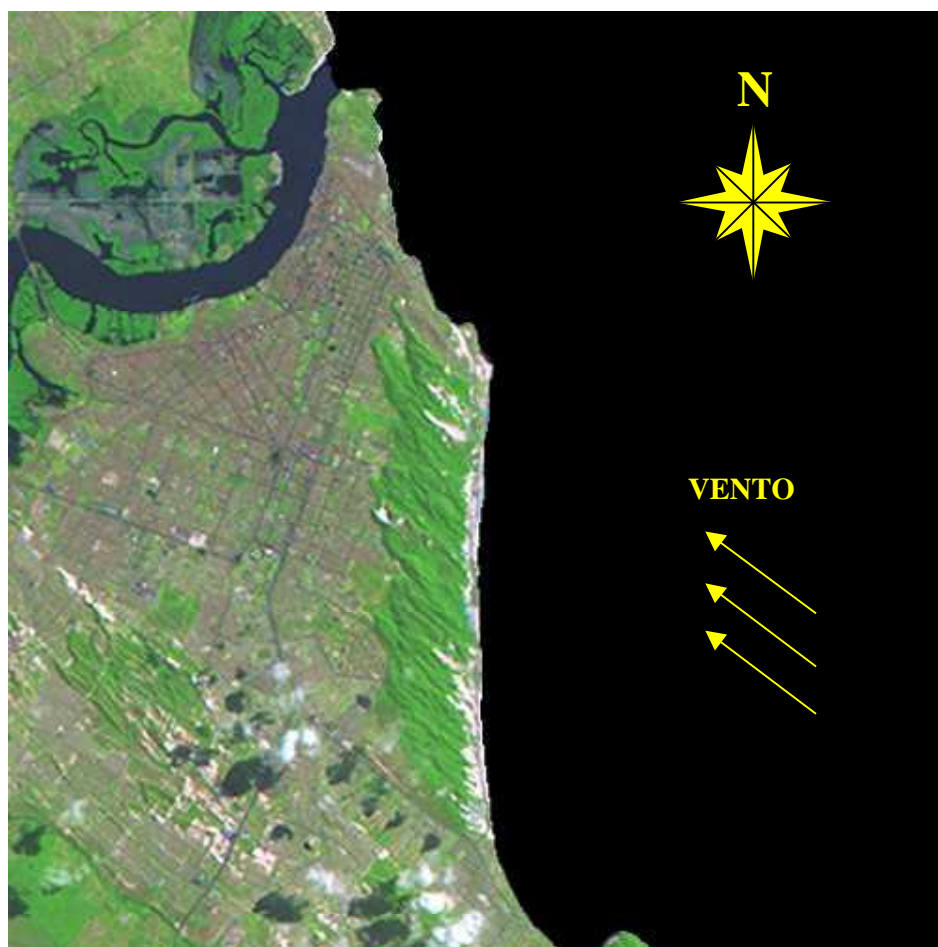


Fig. 1 – Imagem do satélite Landsat 7

Figura 1 - É uma imagem tirada pelo satélite Landsat 7, na qual se distingue nitidamente as particularidades que fazem o clima de Natal ser tão ameno, em relação a outras cidades do Nordeste. Como Natal se encontra a uma latitude próxima de 6° Sul, ou seja, quase no Equador e, particularmente, com a linha litorânea no sentido Norte-Sul, significa que os ventos são alísios, por efeito de arrasto da rotação da Terra e que são predominantes de 120°, isto é, trazem para o continente a brisa fresca do mar, numa situação toda particular: turbilhonando por sobre as dunas localizadas a Leste da Cidade, e que desta forma refrescam melhor a área habitada, porque passam acima das edificações. Na imagem vê-se perfeitamente o trabalho que o vento faz nas dunas arrastando areia sempre na mesma direção. Outra particularidade é que, ao nascer do sol a evaporação sobre o mar começa a formar uma série de nuvens baixas do tipo cumulus e fracto-cumulus. Tais nuvens são tangidas para terra pelo vento alísio de sudeste, e passam a formar sombras por sobre a Cidade, como vê-se na parte inferior da imagem. Tais sombras aliviam a incidência solar sobre as áreas sombreadas e, conseqüentemente, amenizam a intensidade da insolação. Outro fator que ameniza o clima de Natal é o fato de que a maior incidência de chuvas do Estado está localizada exatamente na área onde Natal está contida. É uma média de 1380 milímetros anuais de precipitação, o que significa que mais dias do ano estão totalmente encobertos por nuvens estratificadas, destarte, com chuvas e chuviscos ocasionais, mas com clima realmente agradável.



Fig. 2 – Esquema simplificado do ciclo da água.

Figura 2 - Mostra o esquema simplificado do ciclo da água , através do qual Natal recebe diariamente nuvens vindas do mar, desde cedinho, e que formam áreas de sombra , fator amenizador do clima.

Capítulo III - TABELAS REPRESENTATIVAS DOS FENÔMENOS.

Para melhor compreensão dos diversos fenômenos meteorológicos registrados diuturnamente, foram montadas tabelas com as médias mensais, divididas em quatro turnos de seis horas, que caracterizam os quatro microclimas que contém cada dia numa cidade equatorial como Natal. Ou seja, entre zero hora (meia-noite) e 6 horas da manhã temos um tipo de clima. Entre 6 e 12 horas (meio-dia) o clima já sofre variações sensíveis em todos os seus fenômenos. Das 12 até as 18 temos novo micro-clima e, finalmente, entre 18 e meia-noite temos outro relevante estado de clima.

Hão de perguntar: por que tal divisão do dia? Para o propósito que norteou o trabalho, ou seja, dar subsídios para os pesquisadores visando lançamentos de foguetes, balões e outras aplicações afins, as variações diurnas são significativas. Um foguete cuja janela de lançamento é às 16 horas, precisa de informações mais próximas dessa hora. Para as aplicações mais gerais, a média mensal satisfaz plenamente.

Para não sair da ordem lógica dos boletins meteorológicos com feição internacional, como preconizado pela OMM (Organização Mundial de Meteorologia) foram usados na modelagem deste trabalho, as tabelas e gráficos dos fenômenos, que seguem a seguinte ordem:

- § VENTO - Direção e velocidade.
- § VISIBILIDADE - Apontada em quilômetros e fração.
- § CONDIÇÕES GERAIS DE TEMPO - isto é, chuva, granizo, trovoada, etc.
- § NUVENS - Em oitavos de céu, registrando as nuvens baixas, médias e altas, bem como o total de nuvens no céu.
- § PRESSÃO ATMOSFÉRICA - Em milibares ao nível da estação.
- § TEMPERATURA DO AR - Em graus Centígrados (C), compreendendo temperatura dos bulbo seco e do úmido (psicômetro) e temperatura do ponto de orvalho.
- § PRECIPITAÇÃO - Em milímetros e décimos de milímetro.
- § UMIDADE RELATIVA - Em percentual.

3.1 - TABELA DE DIREÇÃO DO VENTO

Na primeira coluna da **tabela de direção do vento** temos os meses do ano. A segunda coluna está sub-dividida nos quatros turnos de seis horas, de cada dia, como dito acima. As demais colunas são uma divisão da rosa-dos-ventos em nacos de 30° e representa o número de dias com vento soprando de (em percentual). Por exemplo: para saber qual a direção do vento predominante no mês de setembro, às 16 horas. Indo à tabela, no terceiro turno do mês de setembro o maior valor encontrado é 32,6. Isto é, no mês de setembro, às 18 horas, provavelmente a direção de vento predominante estará entre 110° e 130° .

Acompanhando a TABELA DE DIREÇÃO DO VENTO estão os gráficos representativos do fenômeno, tendo, no eixo das ordenadas o número de dias com vento soprando de (em percentual), e no eixo das abscissas a direção do vento em decagraus. Examinando os doze gráficos, observa-se, nitidamente, que a direção de vento predominante em Natal é realmente de 120° .

TABELA 1
DIREÇÃO DO VENTO

| MÊS | TURNO | NUMERO DE DIAS COM : | | | | | | | | | |
|-----|---------|----------------------|---------|---------|---------|---------|-----|-----|-----|---------|-----|
| | | NIL | PRP/VTA | NVS/FUM | ARE/POE | NVU/NVO | ISC | CHV | NVE | TRV/RPG | GRZ |
| Jan | 00 - 06 | 30.6 | 0.8 | | | | | 3.0 | | 0.2 | |
| | 06 - 12 | 30.2 | 9.2 | | | | | 3.2 | | | |
| | 12 - 18 | 31.0 | 3.8 | | | | 0.2 | 1.0 | | | |
| | 18 - 00 | 31.0 | 4.6 | | | | | 0.8 | | 2.2 | |
| Fev | 00 - 06 | 27.8 | 8.0 | | | | 0.2 | 3.0 | | 0.2 | |
| | 06 - 12 | 27.4 | 8.4 | | | 0.2 | 0.2 | 3.8 | | | |
| | 12 - 18 | 28.0 | 3.8 | | | | | 1.4 | | 0.6 | |
| | 18 - 00 | 27.8 | 4.6 | 0.2 | | | | 1.4 | | 2.8 | |
| Mar | 00 - 06 | 29.6 | 11.2 | | | | 0.2 | 5.0 | | 0.8 | |
| | 06 - 12 | 30.2 | 13.4 | | | 0.2 | 0.4 | 4.4 | | 1.2 | |
| | 12 - 18 | 30.0 | 7.2 | | | | 0.2 | 2.8 | | 0.8 | |
| | 18 - 00 | 30.0 | 8.0 | | | | 0.2 | 3.6 | | 4.6 | |
| Abr | 00 - 06 | 28.2 | 10.8 | | | 0.2 | 0.4 | 5.8 | | 1.4 | |
| | 06 - 12 | 28.8 | 12.2 | | | 0.2 | 0.8 | 4.0 | | 0.6 | |
| | 12 - 18 | 29.4 | 9.2 | | | | 0.4 | 2.0 | | 1.2 | |
| | 18 - 00 | 29.0 | 7.6 | | | | | 4.0 | | 6.8 | |
| Mai | 00 - 06 | 29.8 | 9.8 | | | | 0.2 | 6.4 | | 0.2 | |
| | 06 - 12 | 29.8 | 10.8 | | | | 1.4 | 4.6 | | | |
| | 12 - 18 | 30.4 | 8.0 | | | | 0.2 | 2.6 | | | |
| | 18 - 00 | 30.4 | 7.4 | | | | | 3.4 | | 2.6 | |
| Jun | 00 - 06 | 27.4 | 13.2 | | | | 1.0 | 8.8 | | 0.4 | |
| | 06 - 12 | 27.4 | 13.8 | | | 0.4 | 1.0 | 6.8 | | | |
| | 12 - 18 | 29.0 | 9.4 | | | | 1.0 | 4.0 | | | |
| | 18 - 00 | 27.8 | 11.0 | | | | 0.4 | 5.6 | | | |
| Jul | 00 - 06 | 29.4 | 12.2 | | | 0.4 | 1.4 | 7.2 | | | |
| | 06 - 12 | 28.2 | 14.2 | | | 1.0 | 1.4 | 8.6 | | | |
| | 12 - 18 | 29.2 | 10.6 | | | | 1.4 | 3.6 | | 0.2 | |
| Ago | 00 - 06 | 29.6 | 12.4 | | | | 0.6 | 5.0 | | 0.2 | |
| | 06 - 12 | 30.2 | 8.2 | | | | 0.6 | 2.8 | | | |
| | 12 - 18 | 30.0 | 10.4 | | | | 0.2 | 4.2 | | | |
| | 18 - 00 | 30.8 | 5.6 | | | | 0.2 | 1.4 | | | |
| Set | 00 - 06 | 30.2 | 6.6 | | | 0.2 | 0.2 | 1.8 | | | |
| | 06 - 12 | 29.6 | 7.6 | | | | 0.2 | 3.0 | | | |
| | 12 - 18 | 30.0 | 3.4 | | | | | 0.4 | | | |
| | 18 - 00 | 29.8 | 5.2 | | | | 0.2 | 1.6 | | | |
| Out | 00 - 06 | 31.0 | 3.8 | | | 0.2 | | 1.2 | | | |
| | 06 - 12 | 30.8 | 6.2 | | | 0.2 | 0.4 | 1.0 | | | |
| | 12 - 18 | 31.0 | 2.6 | | | | | 0.4 | | | |
| | 18 - 00 | 31.0 | 2.0 | | | | | 0.6 | | | |
| Nov | 00 - 06 | 30.0 | 4.8 | | | | 0.2 | 0.6 | | | |
| | 06 - 12 | 30.0 | 4.0 | | | | | 0.4 | | | |
| | 12 - 18 | 29.8 | 0.8 | | | | | | | | |
| | 18 - 00 | 30.0 | 3.4 | | | | | 0.2 | | 0.2 | |
| Dez | 00 - 06 | 30.8 | 6.8 | 0.2 | | | | 1.0 | | 0.2 | |
| | 06 - 12 | 30.6 | 6.2 | 0.2 | | | | 1.4 | | | |
| | 12 - 18 | 31.0 | 1.8 | | | | | 0.6 | | | |
| | 18 - 00 | 30.8 | 2.8 | | | | | 1.0 | | 1.0 | |

GRÁFICO 1
DIREÇÃO DO VENTO - JANEIRO

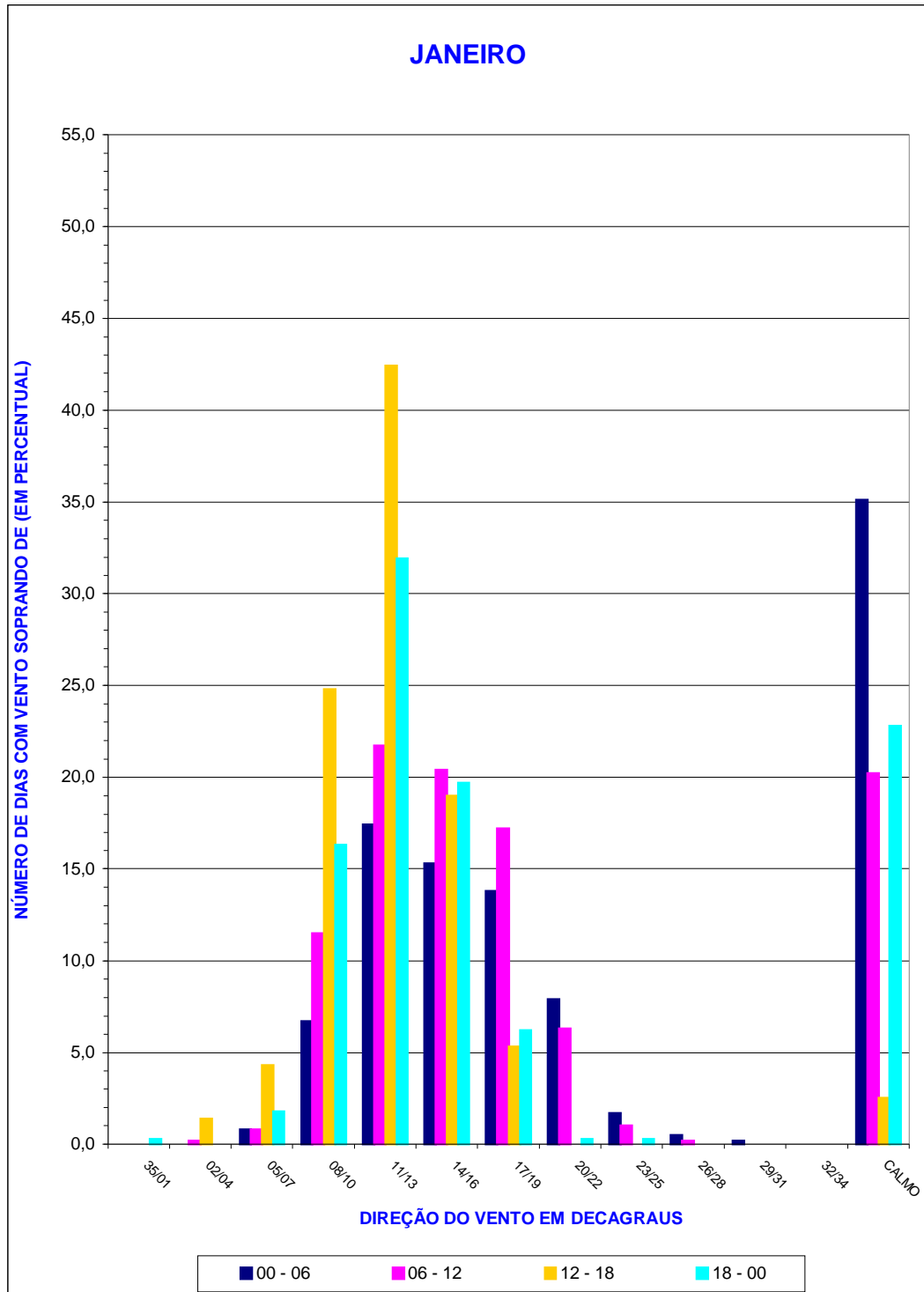


GRÁFICO 2
DIREÇÃO DO VENTO – FEVEREIRO

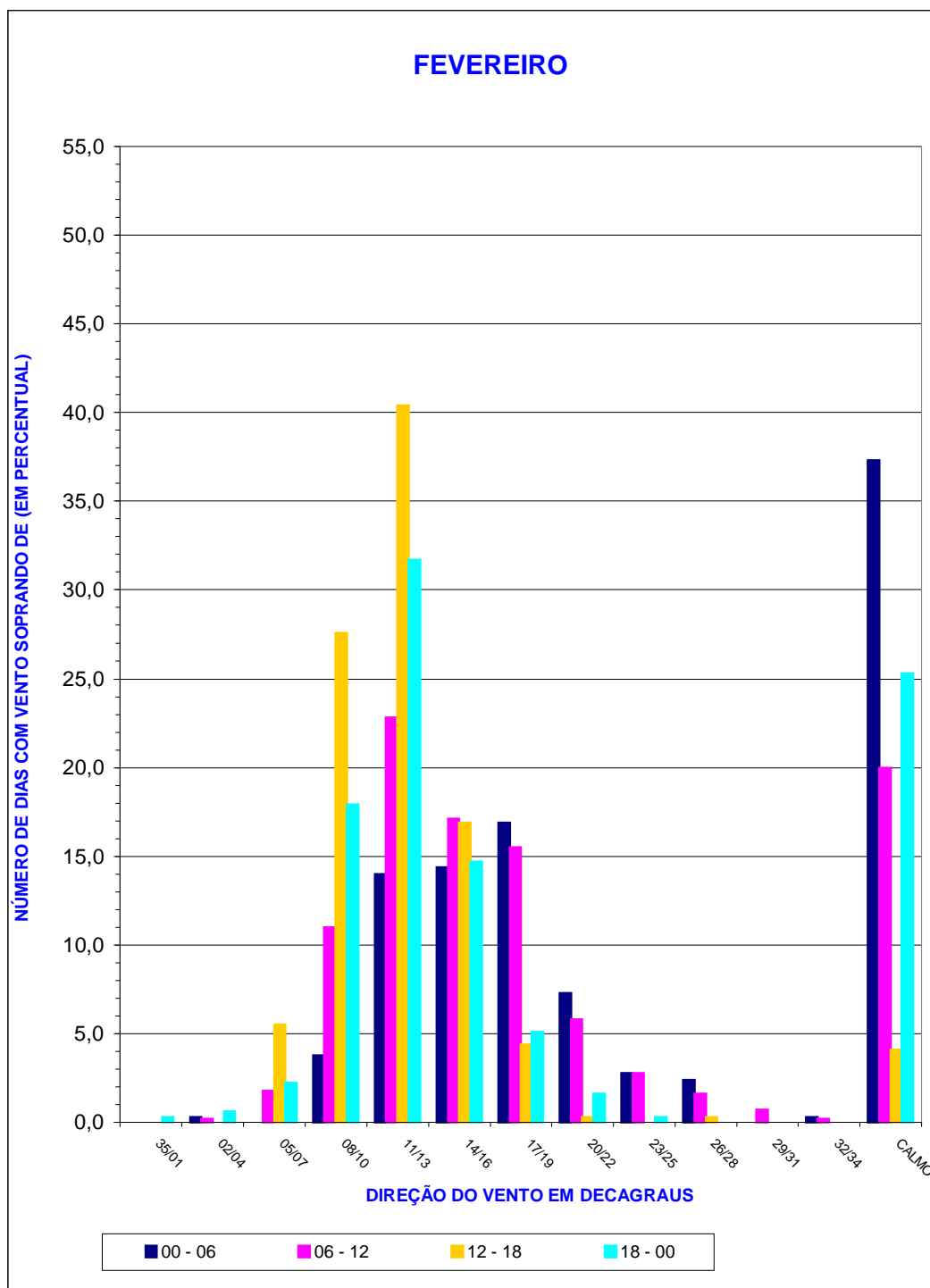


GRÁFICO 3
DIREÇÃO DO VENTO - MARÇO

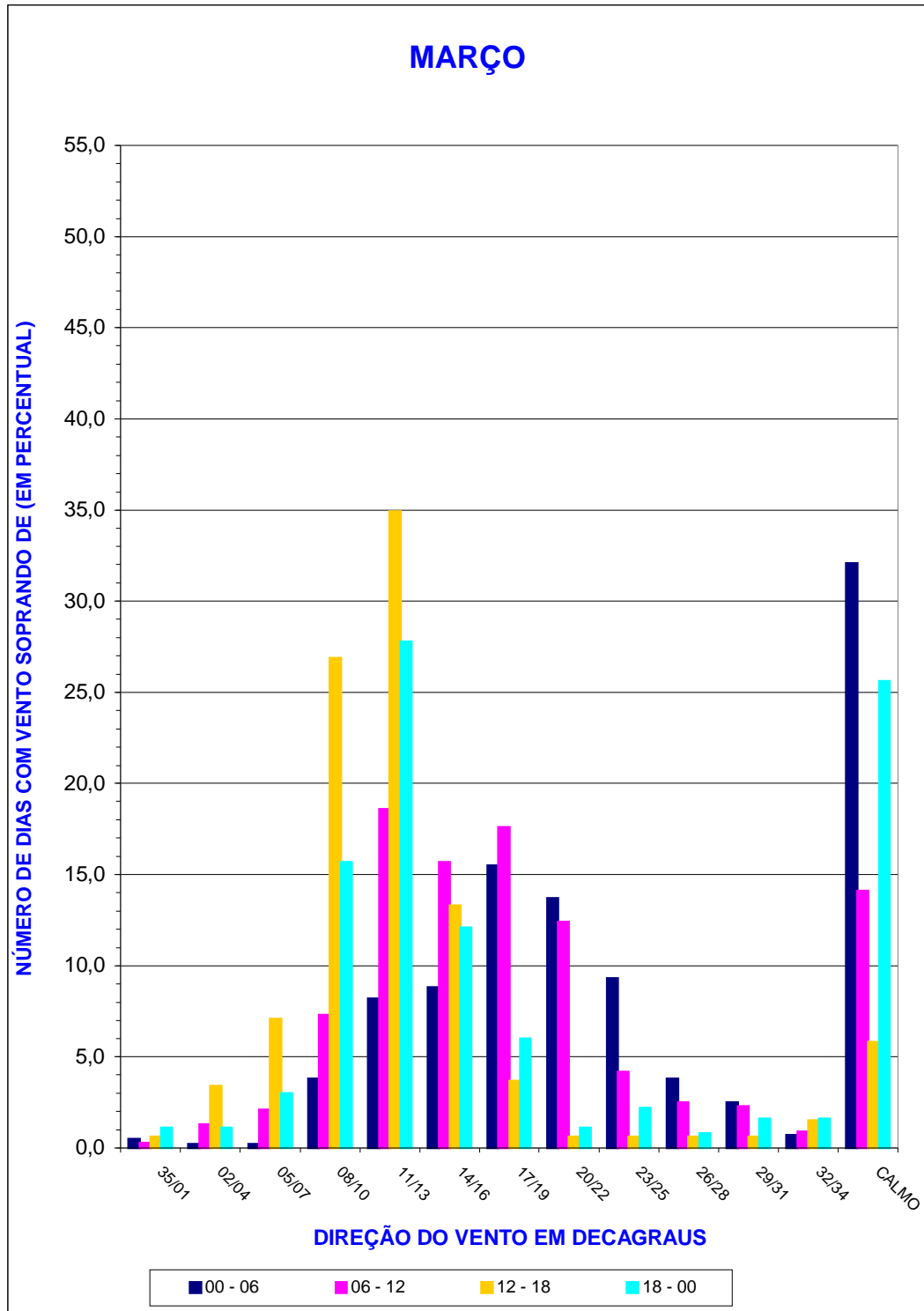


GRÁFICO 4
DIREÇÃO DO VENTO - ABRIL

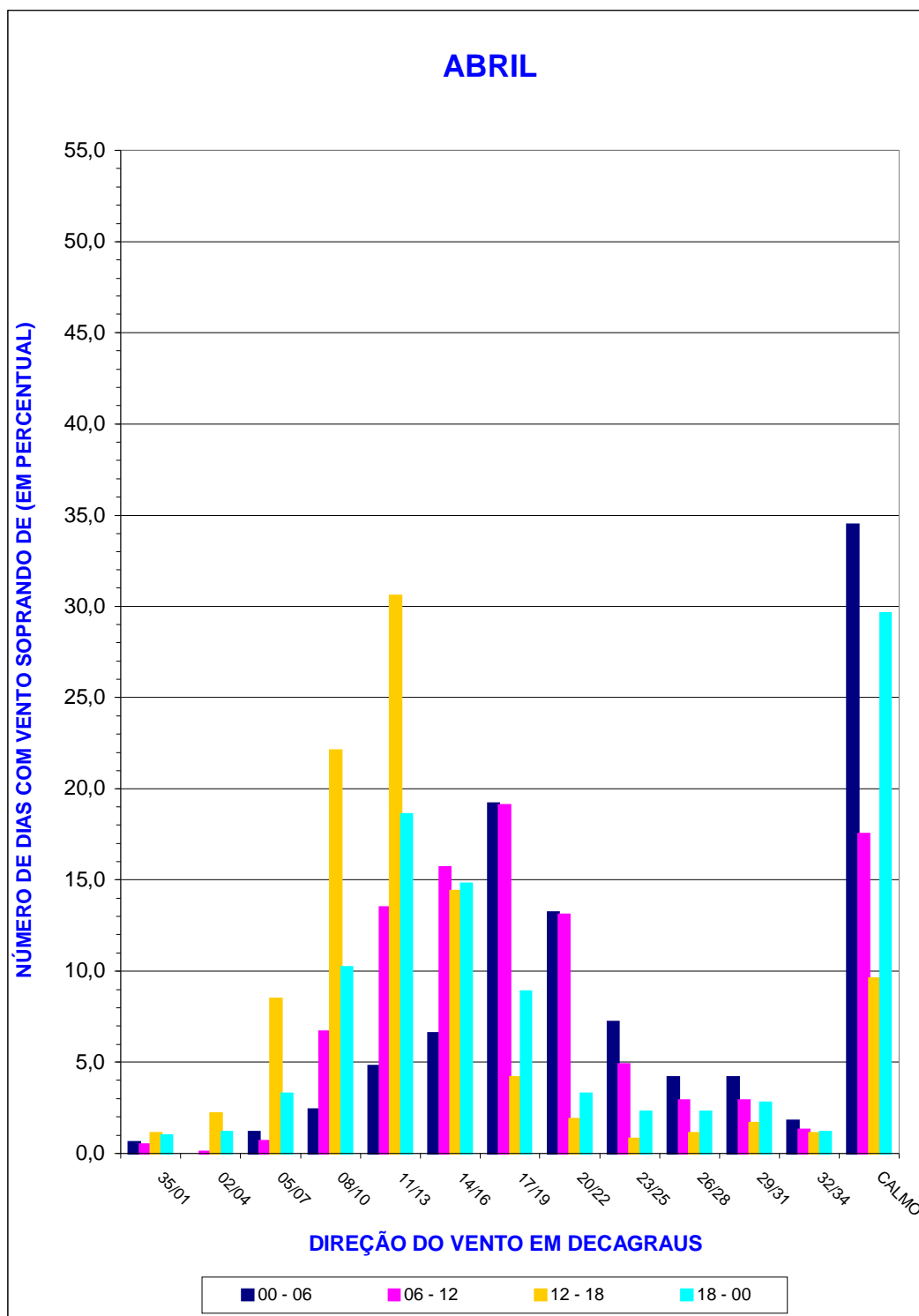


GRÁFICO 5
DIREÇÃO DO VENTO - MAIO

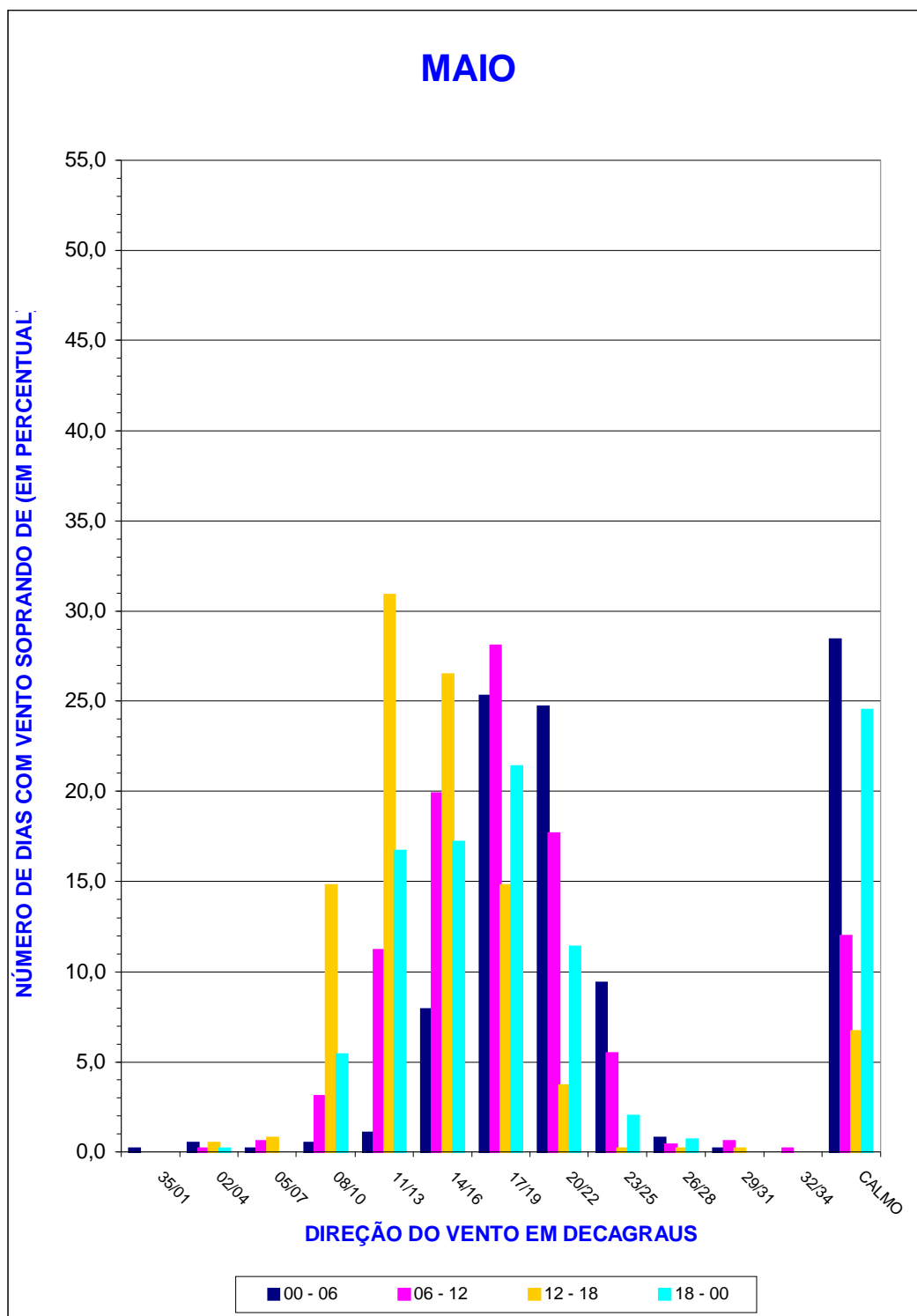


GRÁFICO 6
DIREÇÃO DO VENTO - JUNHO

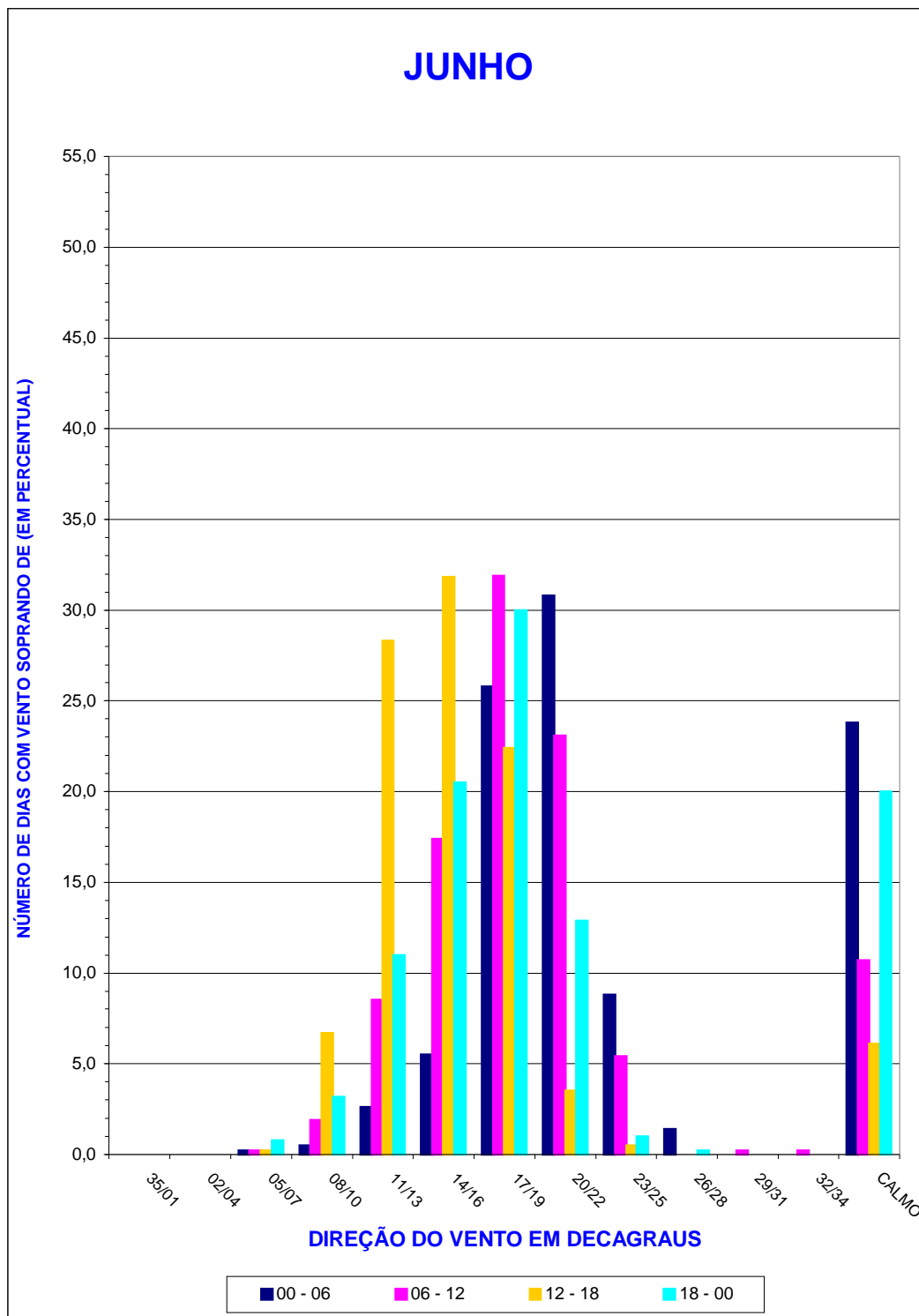


GRÁFICO 7
DIREÇÃO DO VENTO - JULHO

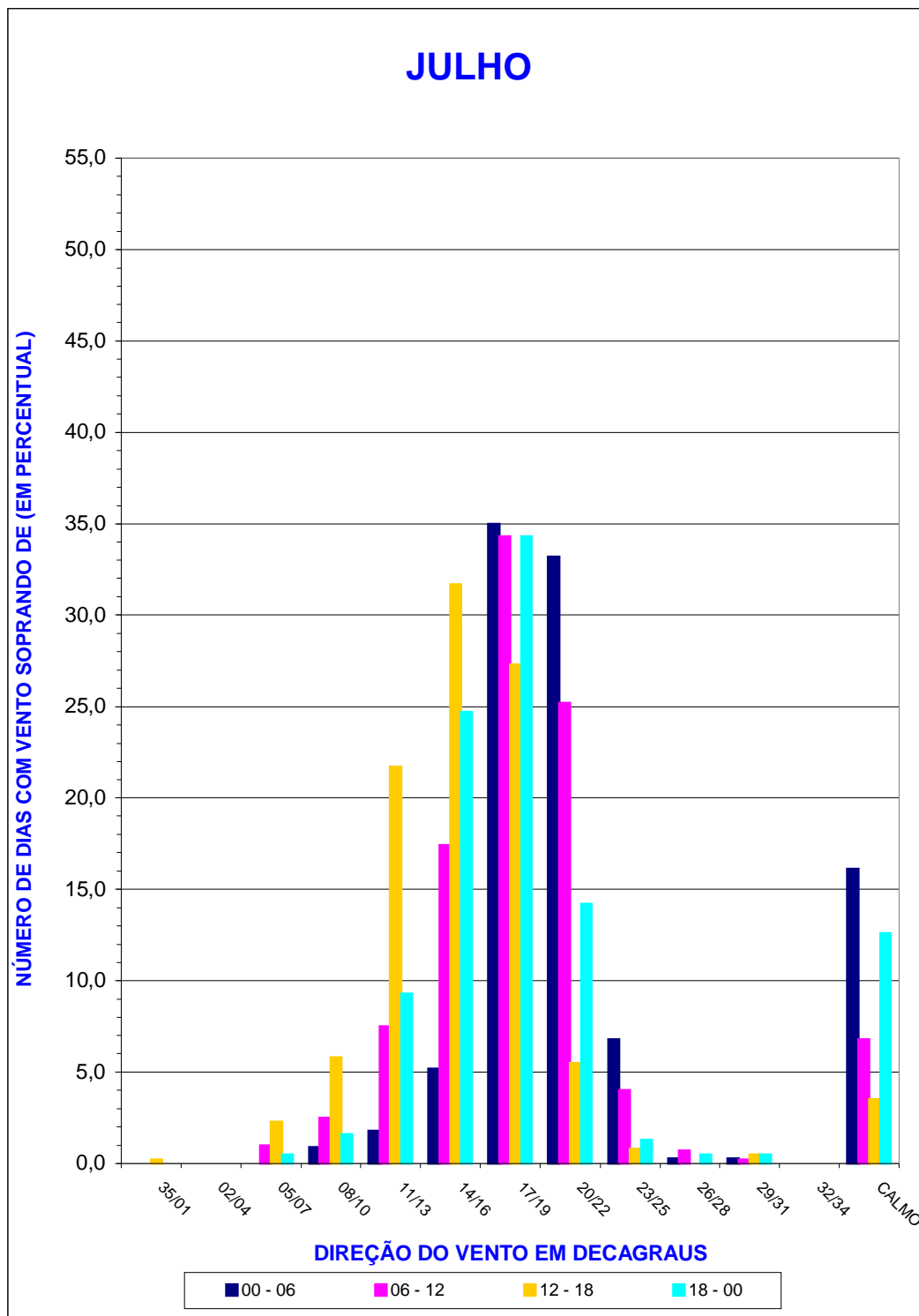


GRÁFICO 8
DIREÇÃO DO VENTO - AGOSTO

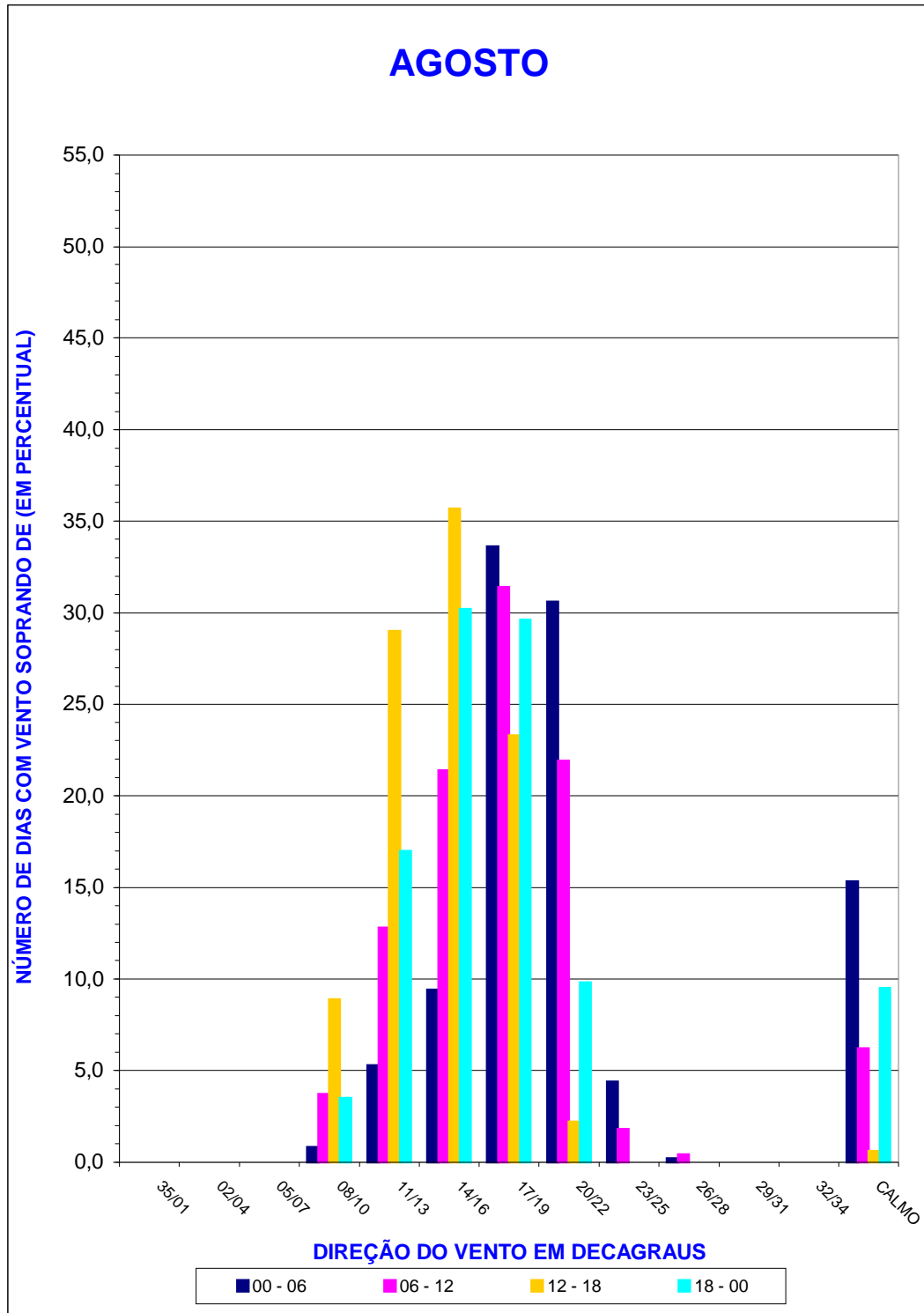


GRÁFICO 9
DIREÇÃO DO VENTO - SETEMBRO

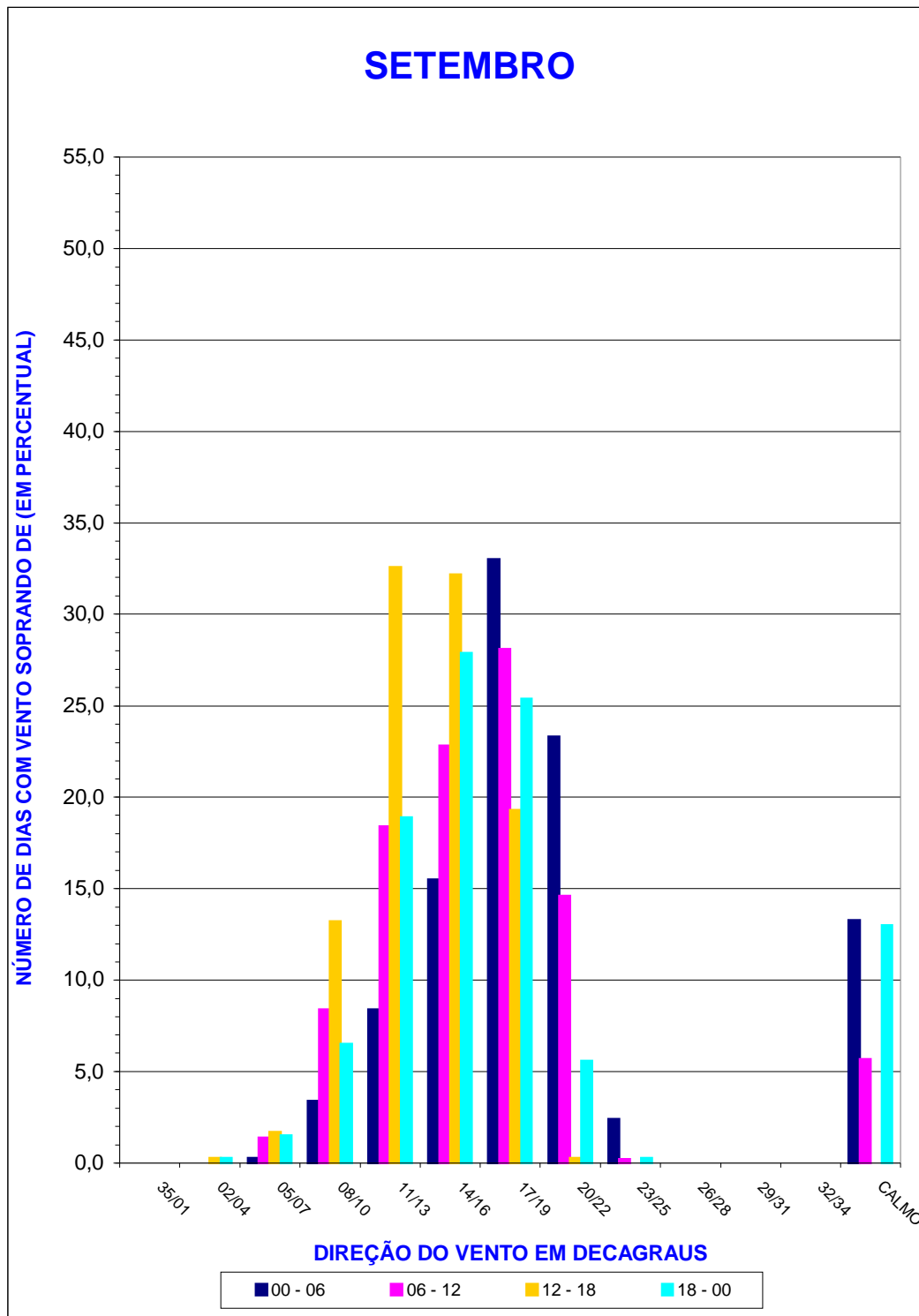


GRÁFICO 10
DIREÇÃO DO VENTO - OUTUBRO

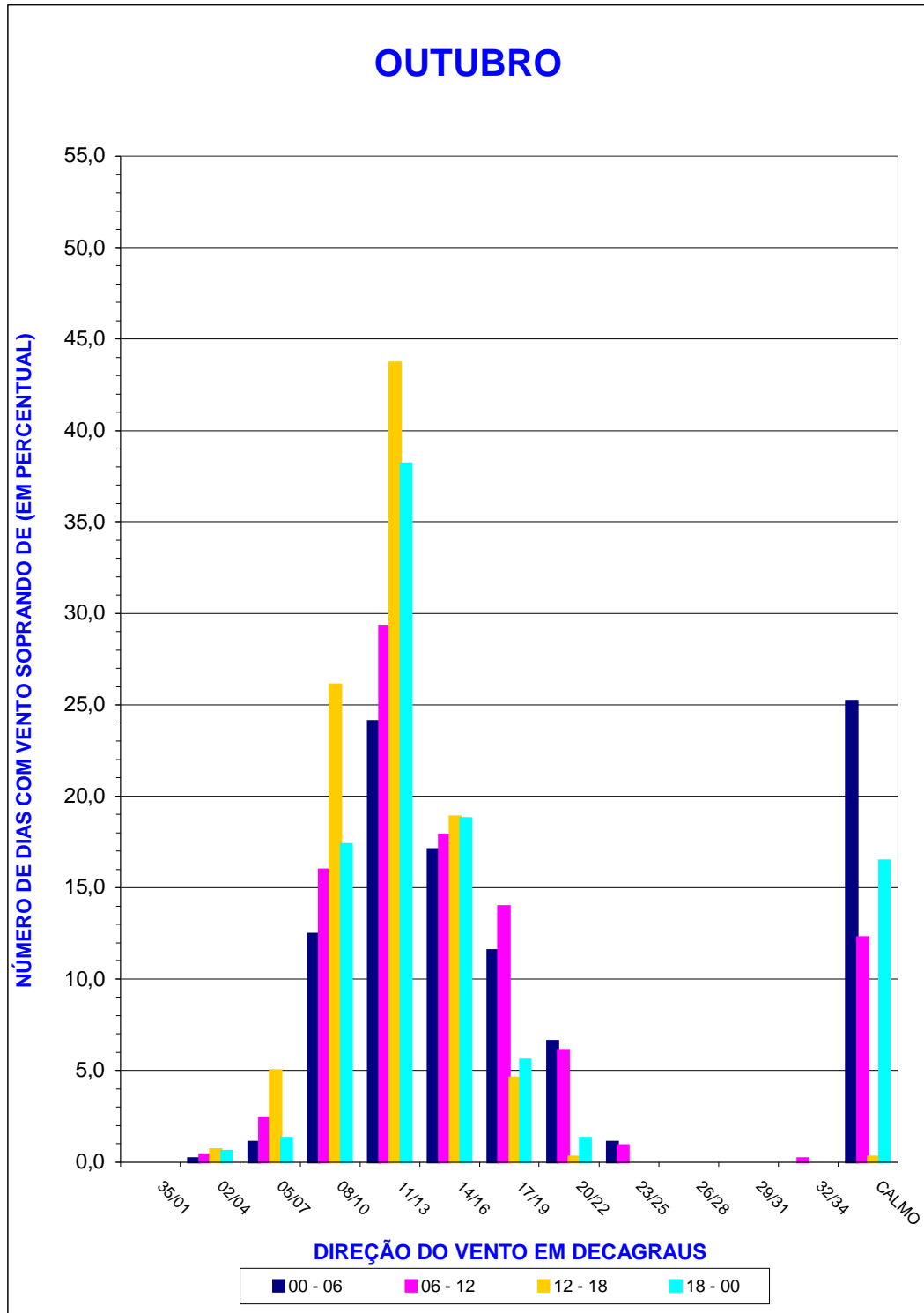


GRÁFICO 11
DIREÇÃO DO VENTO - NOVEMBRO

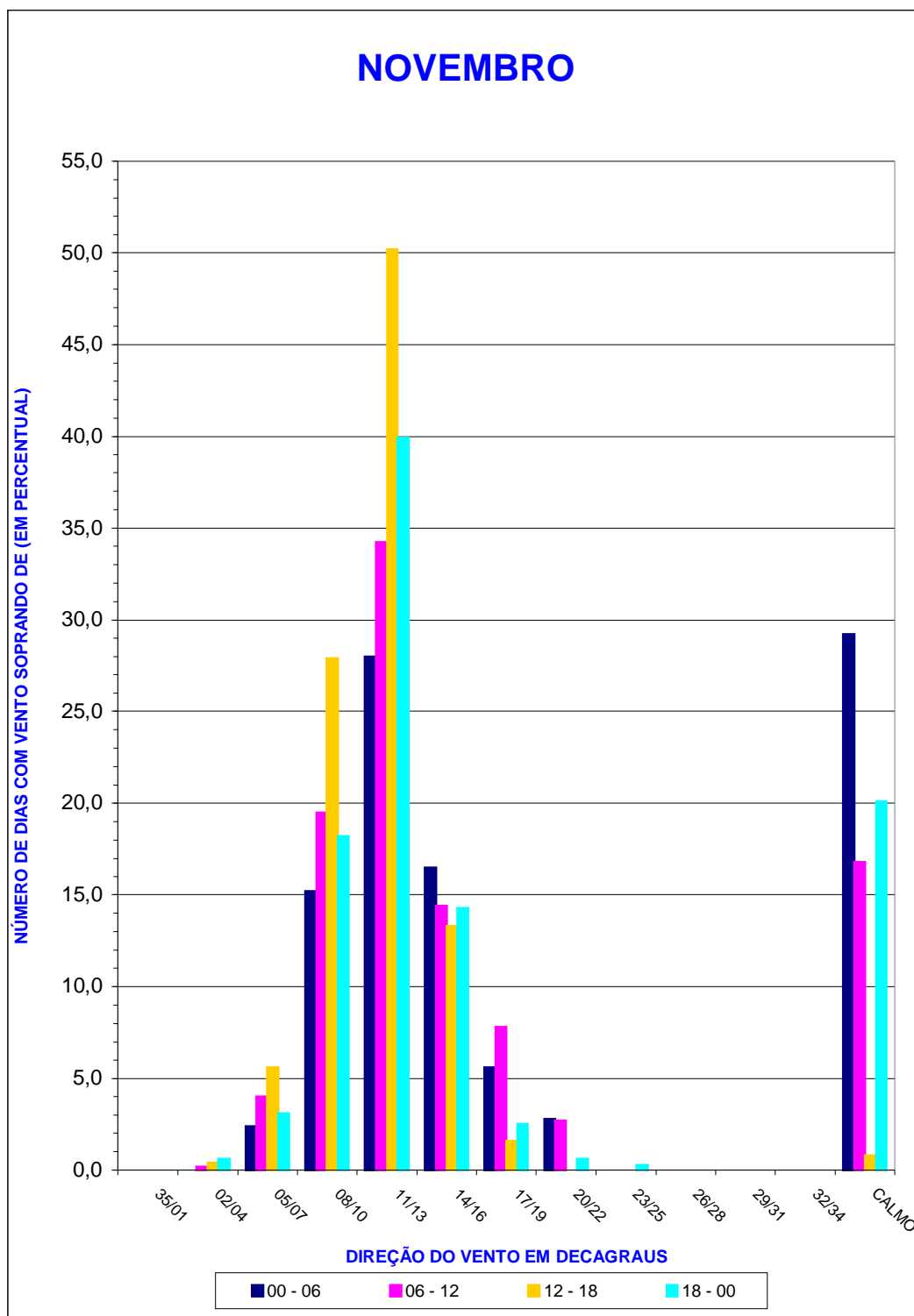
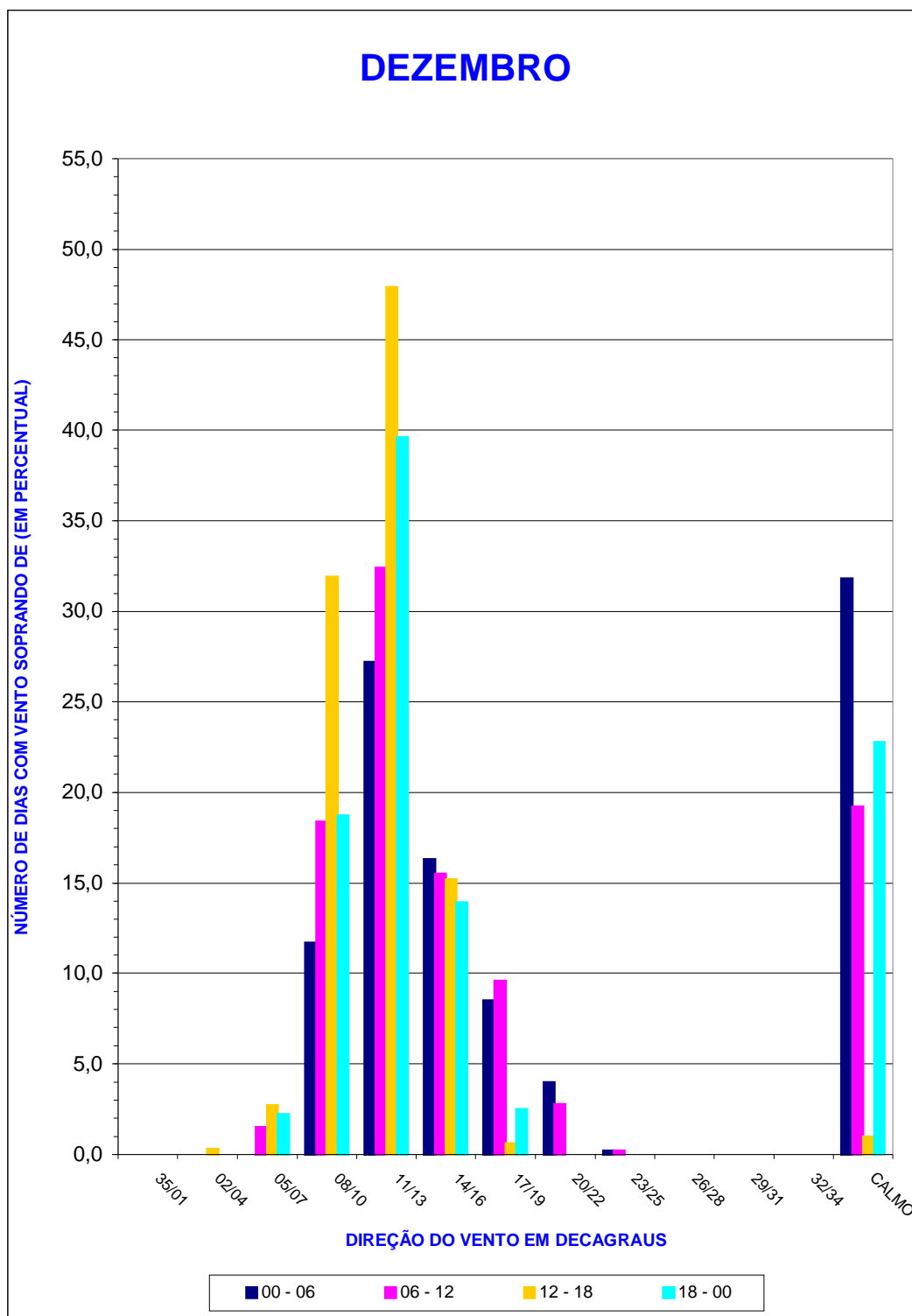


GRÁFICO 12
DIREÇÃO DO VENTO - DEZEMBRO



3.2 - TABELA DE INTENSIDADE DO VENTO (em NÓS)

O NÓ é uma medida de velocidade usada para embarcações e que equivale a uma milha náutica, ou seja, 1852 metros por hora. Por exemplo, dizer que está soprando um vento de 20 NÓS, é o mesmo que dizer que a velocidade do vento é de 37 quilômetros por hora.

A primeira coluna sempre é a dos meses do ano e a segunda a dos quatro turnos de cada dia. Na terceira coluna tentou-se representar, dentro de cada mês dos dez anos analisados, ventos com velocidades ocasionais altas, pinçados devido exatamente a sua extemporaneidade. Assim, no mês de julho tivemos, num certo ano, um vento soprando de 110° com velocidade de 65 nós. Isto que dizer, vento com velocidade de 120 quilômetros por hora. A idéia de montar esta coluna chamada de **maior intensidade** foi exatamente a de apresentar os valores maiores de velocidade que um vento ocasional poderá assumir, em cada mês.

A quarta coluna representa o valor médio mensal da intensidade do vento. Exemplo: no mês de julho a intensidade média da velocidade do vento é de 7,2 nós, ou seja, 13,3 quilômetros por hora.

A quinta coluna representa o **número de dias com o vento soprando com (em NÓS)**, dividida em 6 sub-colunas sendo: a primeira vento calmo, a segunda vento de 01 a 05 nós, a terceira vento de 06 a 10 nós, a quarta vento de 11 a 15 nós, a quinta vento de 16 a 20 nós e a última vento com velocidade acima de 20 nós.

Completando o exemplo anterior, sobre qual o vento predominante às 16 horas no mês de setembro. Já vimos na **tabela de direção do vento** que a direção predominante está entre 110° e 130°. Quanto à velocidade, podemos ver que a maior probabilidade é de encontrar vento soprando com velocidade entre 6 a 10 nós (27,7 dias no turno das 12-18 horas do mês de setembro), ou seja, velocidade entre 11,1 e 18,5 quilômetros por hora. Afinando para a média das médias, podemos dizer que, provavelmente, o vento em Natal às 16 horas, em qualquer mês de setembro, terá grande probabilidade de ser um vento de 120° com 14,8 km/h. E mais ainda que, certamente, jamais será vento calmo.

A **tabela de intensidade do vento** é acompanhada de GRÁFICOS REPRESENTATIVOS dos três elementos levantados. No primeiro procurou-se representar o **vento de maior intensidade** que poderá ocorrer

ocasionalmente, dentro de cada mês, apresentado em direção e velocidade. O segundo é a curva representativa das médias de intensidades de vento, dentro de cada mês. Os doze gráficos seguintes são as representações dos valores médios de intensidade dos ventos ocorridos em cada mês do ano.

TABELA 2
INTENSIDADE DO VENTO (EM NÓS)

| MÊS | TURNO | MAIOR INTENSIDADE | | MÉDIA MENSAL (NÓS) | NÚMERO DE DIAS COM O VENTO SOPRANDO COM (EM NÓS) | | | | | |
|-----|---------|---------------------|------------------|--------------------|--|---------|---------|---------|---------|-----|
| | | DIREÇÃO (x10 GRAUS) | VELOCIDADE (NÓS) | | CALMO | 01 a 05 | 06 a 10 | 11 a 15 | 16 a 20 | >20 |
| Jan | 00 - 06 | | | | 23,8 | 21,8 | 16,2 | | | |
| | 06 - 12 | | | | 19,2 | 25,6 | 29,2 | 10,0 | | |
| | 12 - 18 | | | | 1,4 | 9,0 | 30,0 | 18,2 | 0,4 | |
| | 18 - 00 | 9,0 | 25,0 | 5,6 | 14,6 | 25,6 | 28,2 | 1,0 | | 0,2 |
| Fev | 00 - 06 | | | | 21,2 | 17,2 | 10,6 | | | |
| | 06 - 12 | | | | 17,0 | 21,4 | 25,8 | 8,4 | | |
| | 12 - 18 | | | | 2,4 | 9,8 | 27,6 | 13,6 | 0,6 | |
| | 18 - 00 | 10,0 | 16,0 | 5,1 | 15,8 | 23,4 | 22,6 | 1,4 | | |
| Mar | 00 - 06 | | | | 24,8 | 25,6 | 11,4 | 0,2 | | |
| | 06 - 12 | | | | 15,0 | 27,8 | 28,8 | 5,8 | | |
| | 12 - 18 | | | | 3,8 | 11,8 | 30,4 | 14,0 | 0,8 | 0,2 |
| | 18 - 00 | 11,0 | 22,0 | 5,0 | 18,6 | 28,2 | 23,0 | 1,0 | | |
| Abr | 00 - 06 | | | | 23,0 | 22,0 | 12,8 | 0,6 | | |
| | 06 - 12 | | | | 17,6 | 26,8 | 25,0 | 3,4 | 0,2 | |
| | 12 - 18 | | | | 6,8 | 18,2 | 28,6 | 9,4 | 0,6 | 0,2 |
| | 18 - 00 | 11,0 | 22,0 | 4,5 | 23,0 | 25,2 | 18,6 | 0,4 | | |
| Mai | 00 - 06 | | | | 20,0 | 26,0 | 16,2 | 0,6 | 0,4 | |
| | 06 - 12 | | | | 11,4 | 23,8 | 30,0 | 9,4 | 0,4 | |
| | 12 - 18 | | | | 4,6 | 14,8 | 30,6 | 11,8 | 0,4 | |
| | 18 - 00 | 20,0 | 16,0 | 5,4 | 18,8 | 27,8 | 20,4 | 1,2 | | |
| Jun | 00 - 06 | | | | 16,2 | 25,2 | 19,4 | 0,8 | | 0,2 |
| | 06 - 12 | | | | 9,0 | 24,0 | 27,8 | 10,6 | 1,4 | |
| | 12 - 18 | | | | 4,2 | 15,6 | 27,6 | 14,6 | 2,0 | |
| | 18 - 00 | 20,0 | 62,0 | 5,8 | 14,8 | 25,6 | 23,0 | 1,6 | 0,4 | 0,2 |
| Jul | 00 - 06 | | | | 10,4 | 24,2 | 23,8 | 1,4 | 0,2 | |
| | 06 - 12 | | | | 5,6 | 19,6 | 29,6 | 15,0 | 3,0 | 0,4 |
| | 12 - 18 | | | | 2,4 | 9,4 | 28,4 | 21,2 | 5,2 | 0,4 |
| | 18 - 00 | 11,0 | 65,0 | 7,2 | 9,2 | 22,0 | 27,8 | 5,4 | 0,8 | 0,2 |
| Ago | 00 - 06 | | | | 10,4 | 27,4 | 23,4 | 1,2 | | |
| | 06 - 12 | | | | 5,4 | 18,8 | 30,0 | 19,0 | 2,6 | |
| | 12 - 18 | | | | 0,4 | 6,6 | 27,2 | 25,0 | 5,6 | 0,2 |
| | 18 - 00 | 17,0 | 30,0 | 7,4 | 6,4 | 24,6 | 28,0 | 5,0 | | |
| Set | 00 - 06 | | | | 8,6 | 24,8 | 22,4 | 1,4 | | |
| | 06 - 12 | | | | 4,6 | 19,6 | 29,2 | 17,6 | 2,2 | |
| | 12 - 18 | | | | | 5,0 | 27,6 | 23,8 | 6,2 | |
| | 18 - 00 | 19,0 | 20,0 | 7,4 | 8,4 | 24,8 | 27,6 | 4,2 | | |
| Out | 00 - 06 | | | | 17,4 | 26,6 | 18,6 | 1,0 | 0,2 | |
| | 06 - 12 | | | | 10,0 | 23,6 | 30,4 | 14,8 | 1,0 | |
| | 12 - 18 | | | | 0,2 | 8,8 | 29,8 | 21,4 | 2,6 | |
| | 18 - 00 | 14,0 | 23,0 | 6,5 | 10,2 | 24,2 | 27,4 | 2,6 | 0,2 | 0,2 |
| Nov | 00 - 06 | | | | 18,8 | 25,4 | 17,4 | 0,6 | | |
| | 06 - 12 | | | | 12,4 | 20,0 | 29,6 | 15,4 | 1,2 | |
| | 12 - 18 | | | | 0,4 | 5,4 | 29,8 | 22,6 | 2,2 | |
| | 18 - 00 | 13,0 | 20,0 | 6,5 | 12,6 | 25,0 | 25,4 | 1,6 | | |
| Dez | 00 - 06 | | | | 22,2 | 24,6 | 16,4 | 0,6 | | |
| | 06 - 12 | | | | 14,8 | 20,2 | 30,8 | 13,8 | 0,6 | |
| | 12 - 18 | | | | 0,6 | 7,0 | 30,8 | 23,4 | 1,4 | |
| | 18 - 00 | 12,0 | 18,0 | 6,2 | 14,4 | 25,4 | 26,0 | 1,4 | | |

GRÁFICO 13
INTENSIDADE DO VENTO

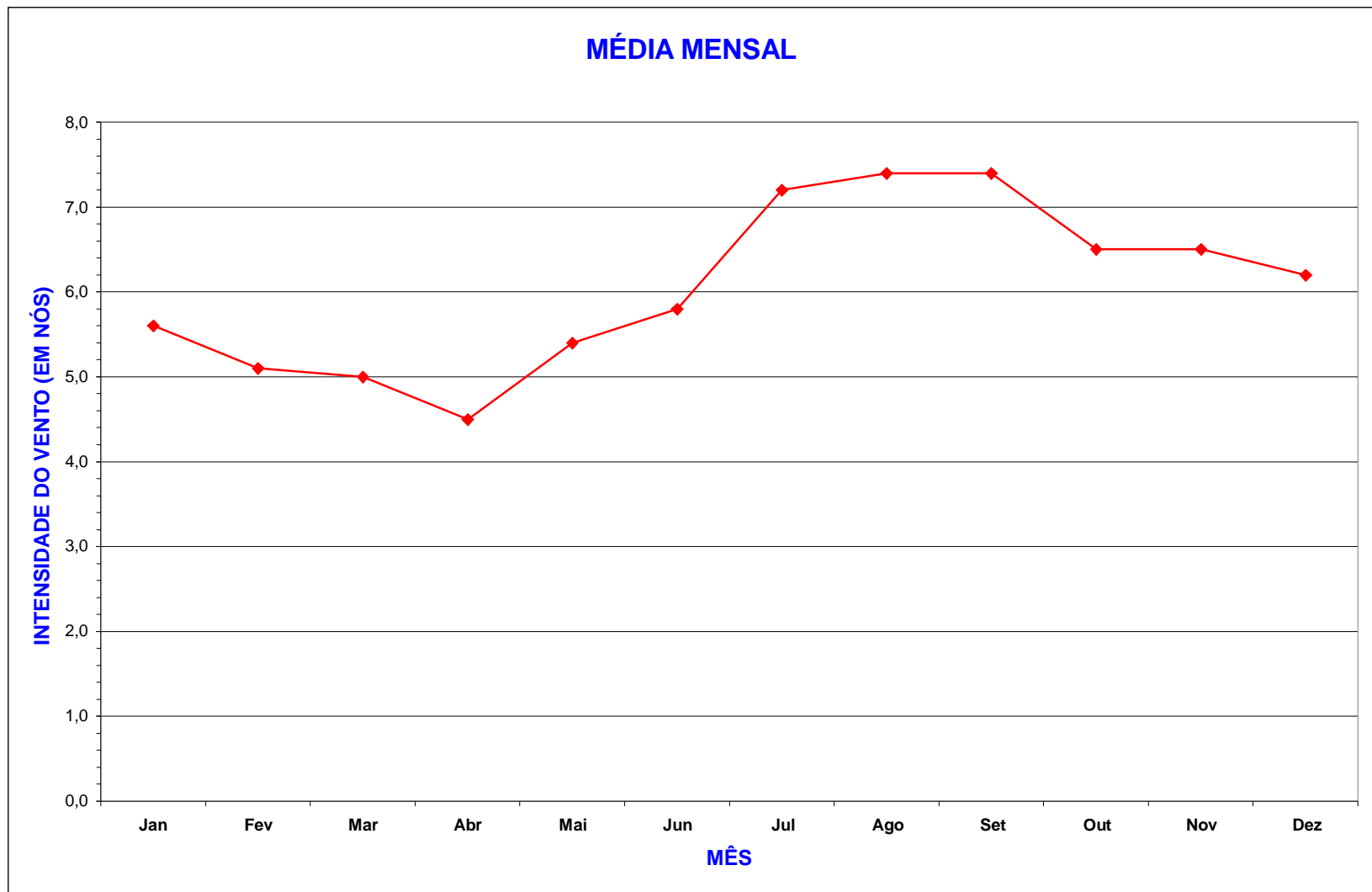


GRÁFICO 14
INTENSIDADE DO VENTO

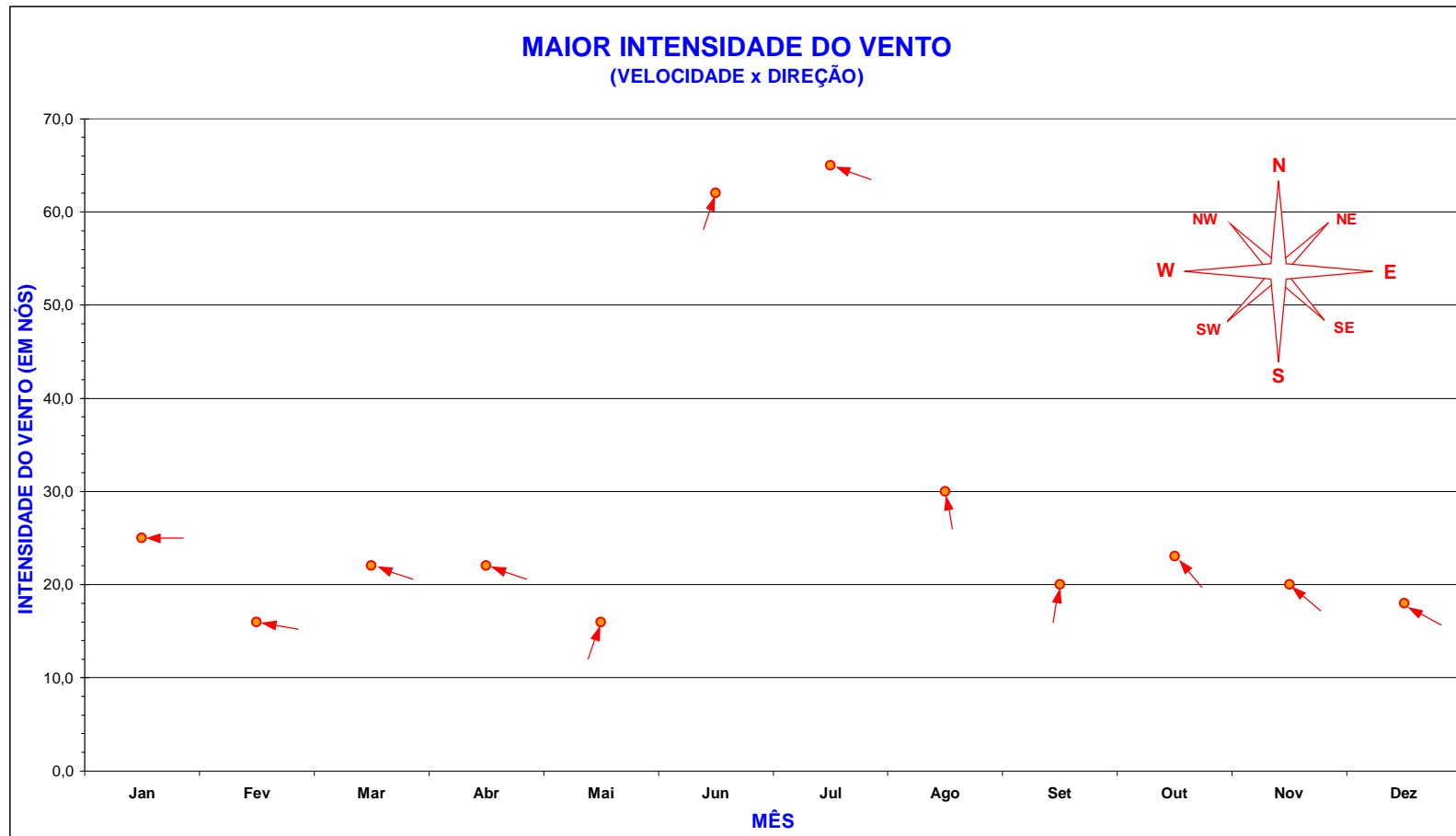


GRÁFICO 15
INTENSIDADE DO VENTO – JANEIRO

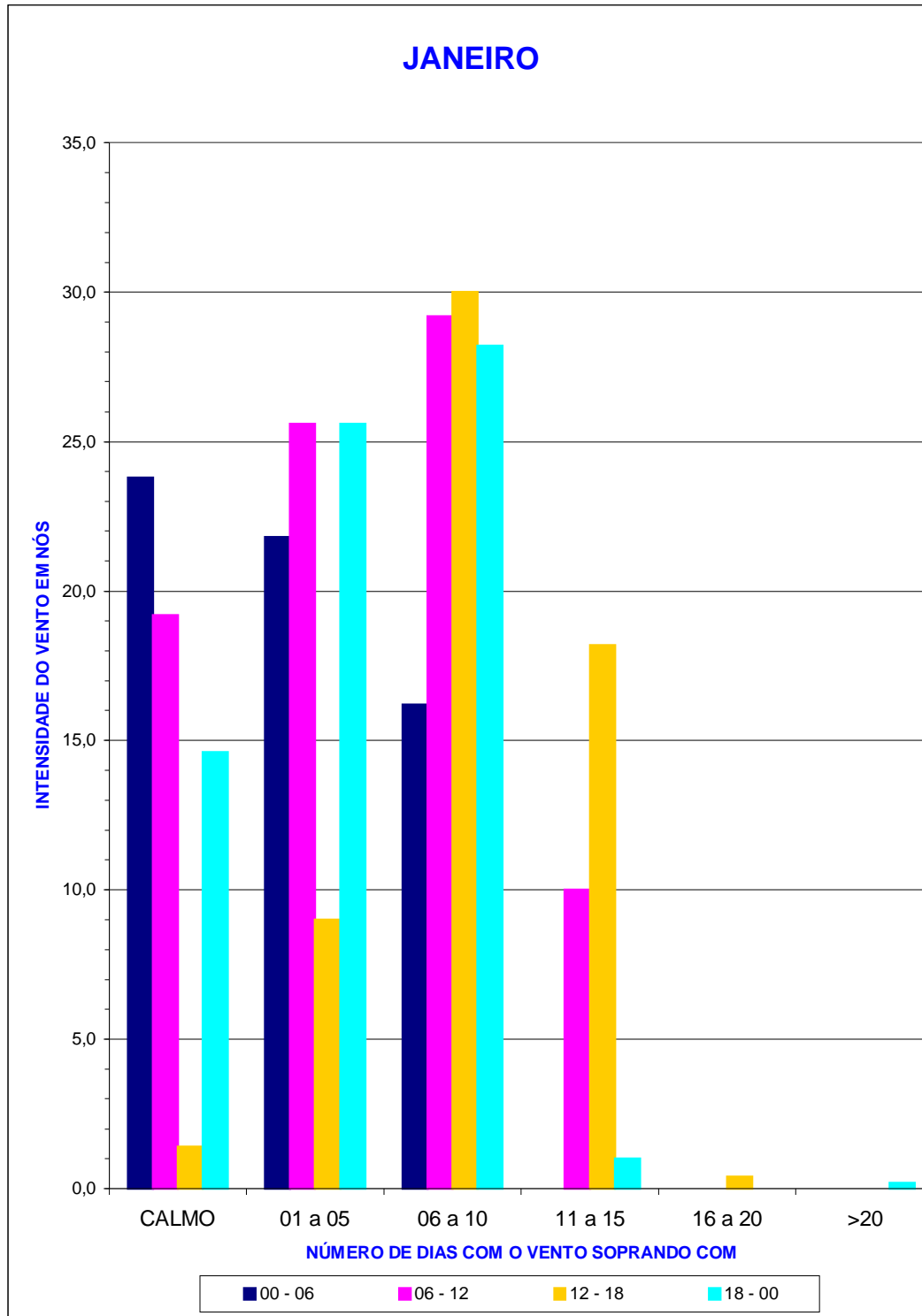


GRÁFICO 16
INTENSIDADE DO VENTO – FEVEREIRO

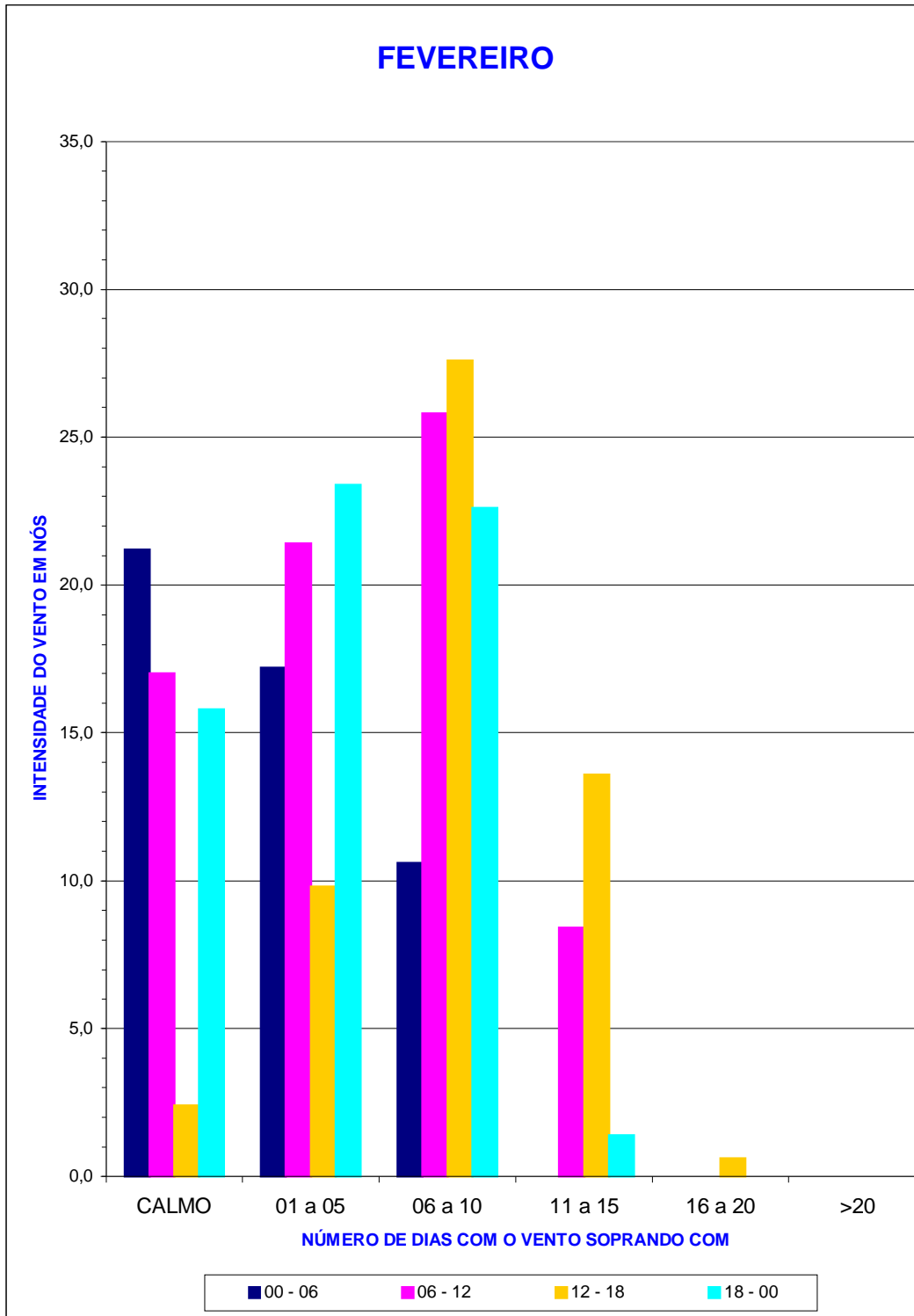


GRÁFICO 17
INTENSIDADE DO VENTO – MARÇO

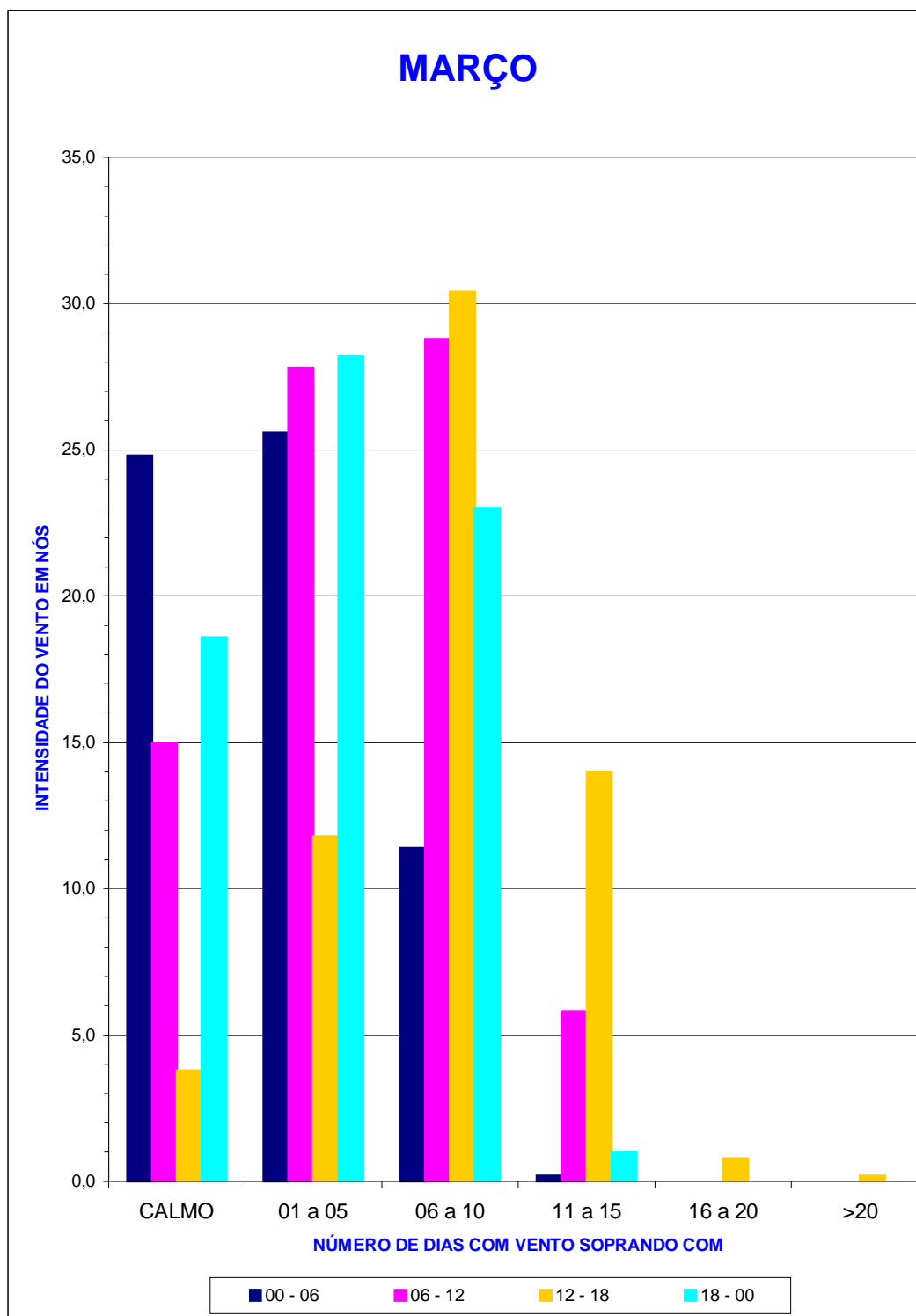


GRÁFICO 18
INTENSIDADE DO VENTO – ABRIL

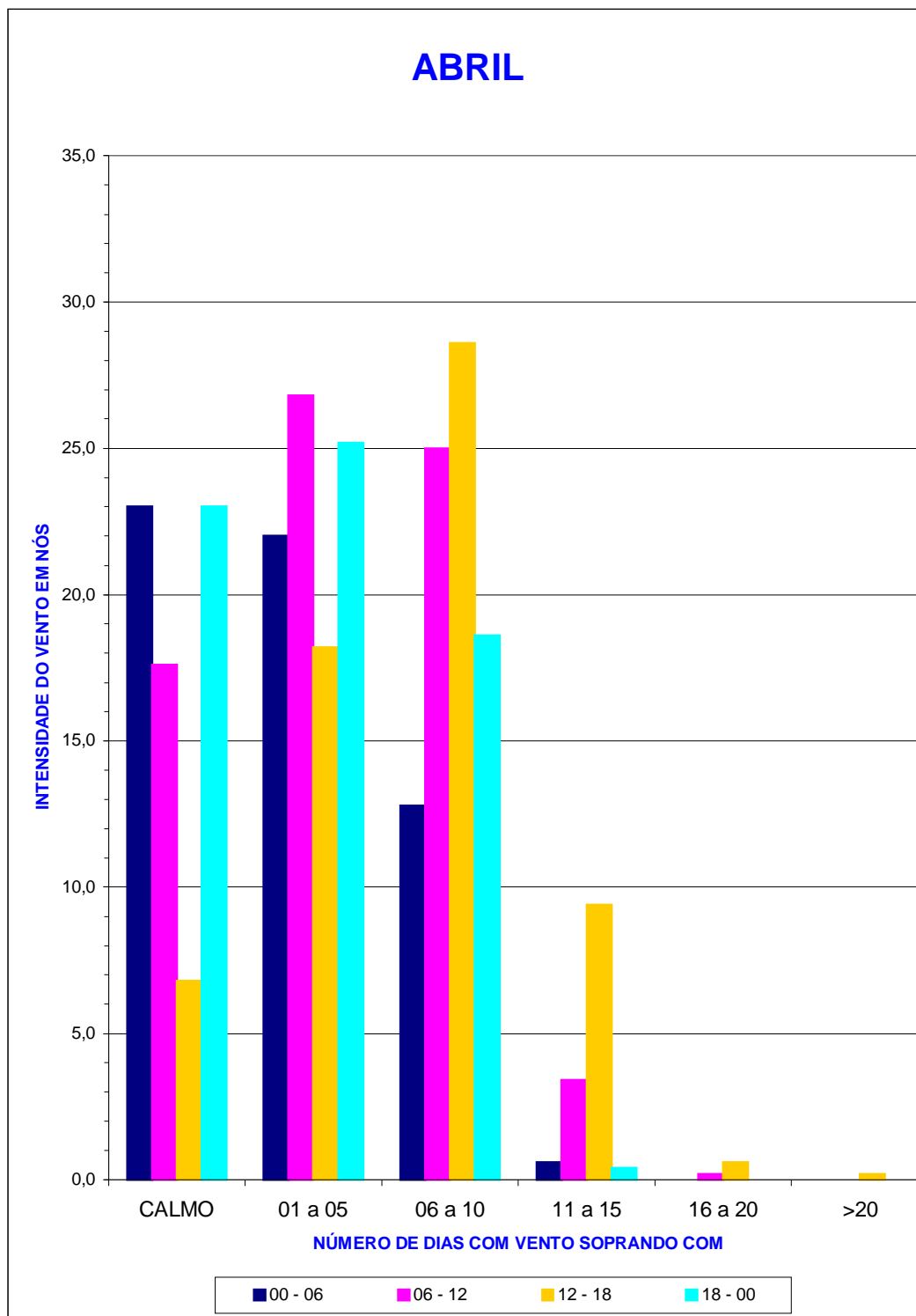


GRÁFICO 19
INTENSIDADE DO VENTO – MAIO

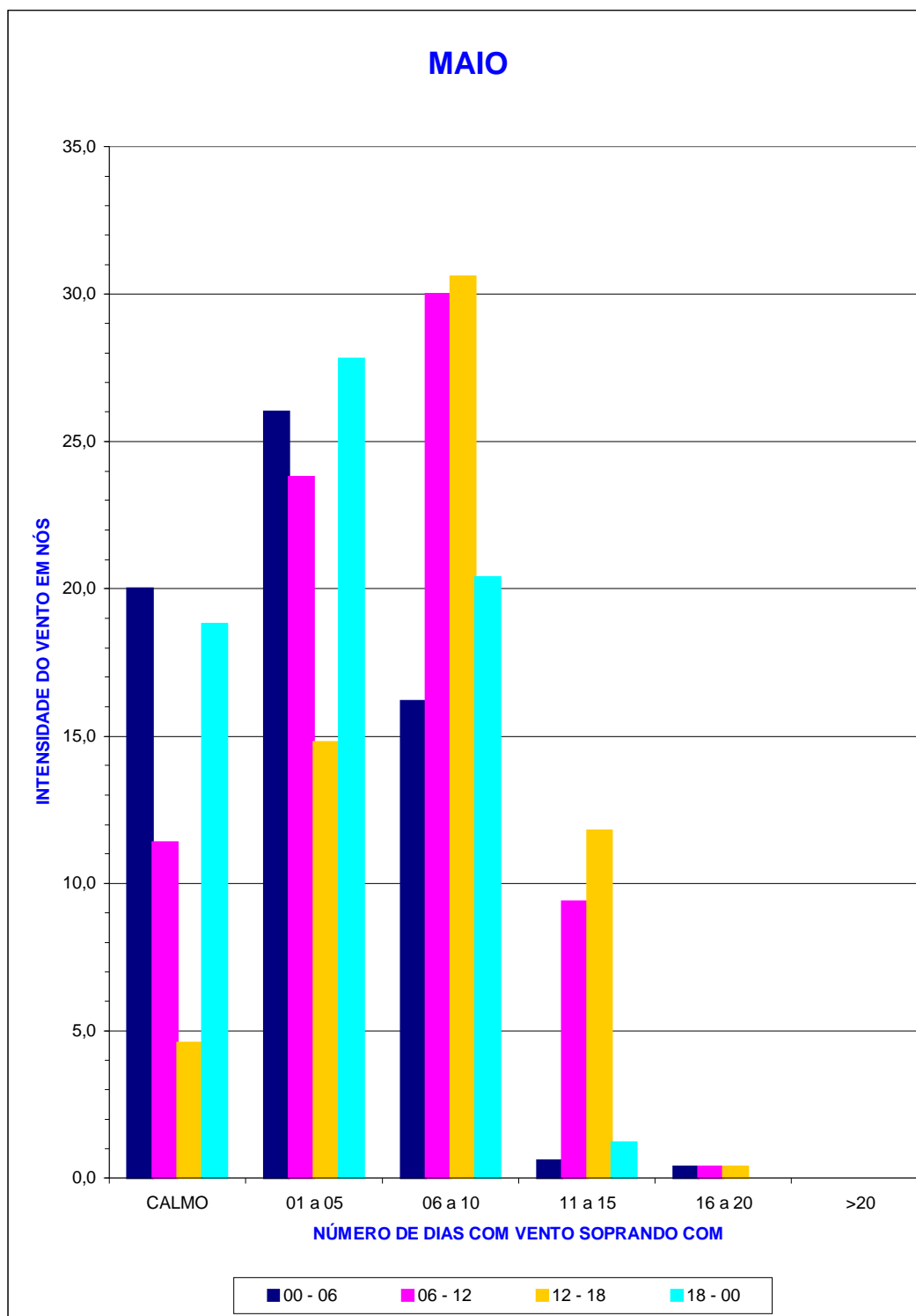


GRÁFICO 20
INTENSIDADE DO VENTO – JUNHO

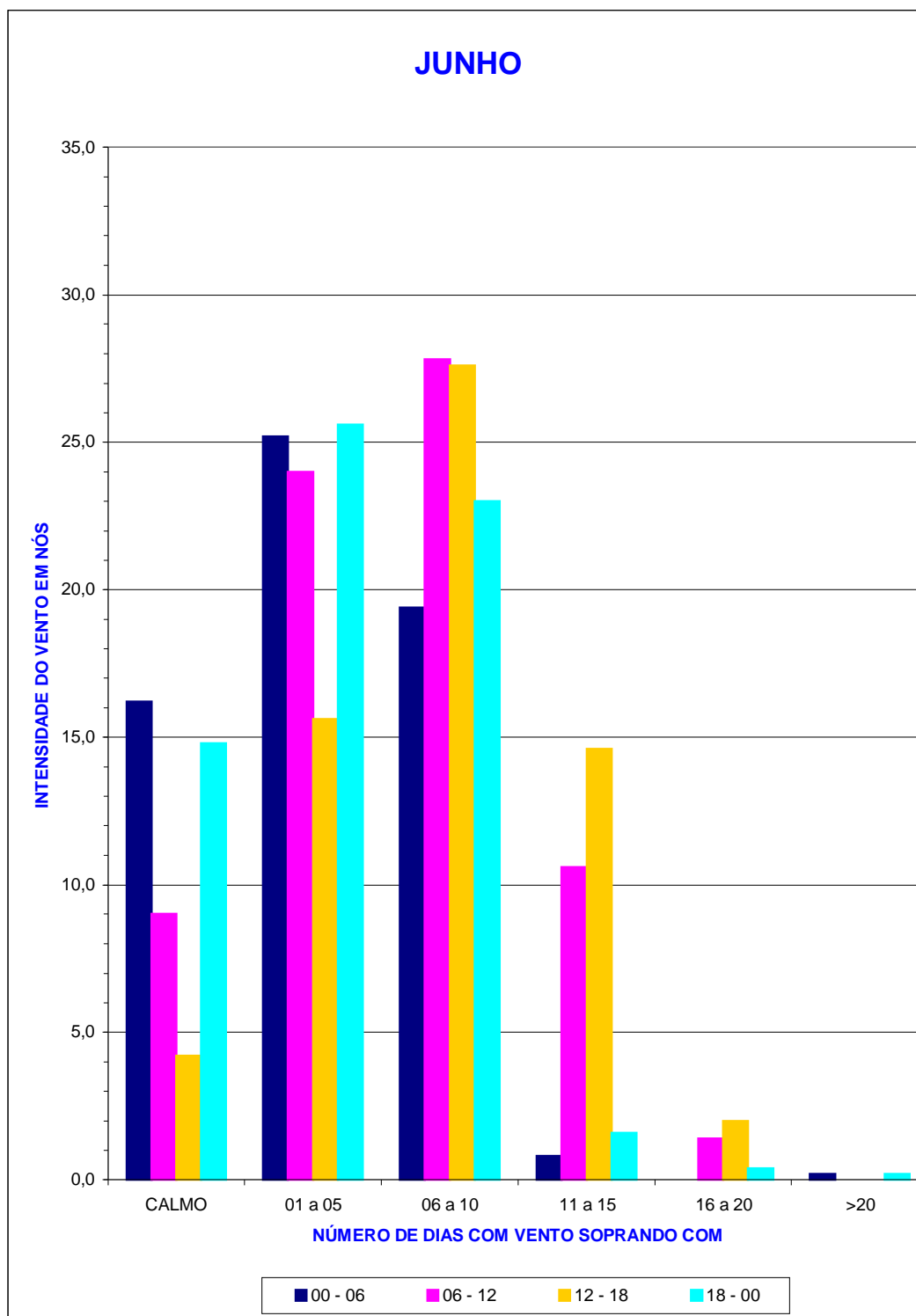


GRÁFICO 21
INTENSIDADE DO VENTO – JULHO

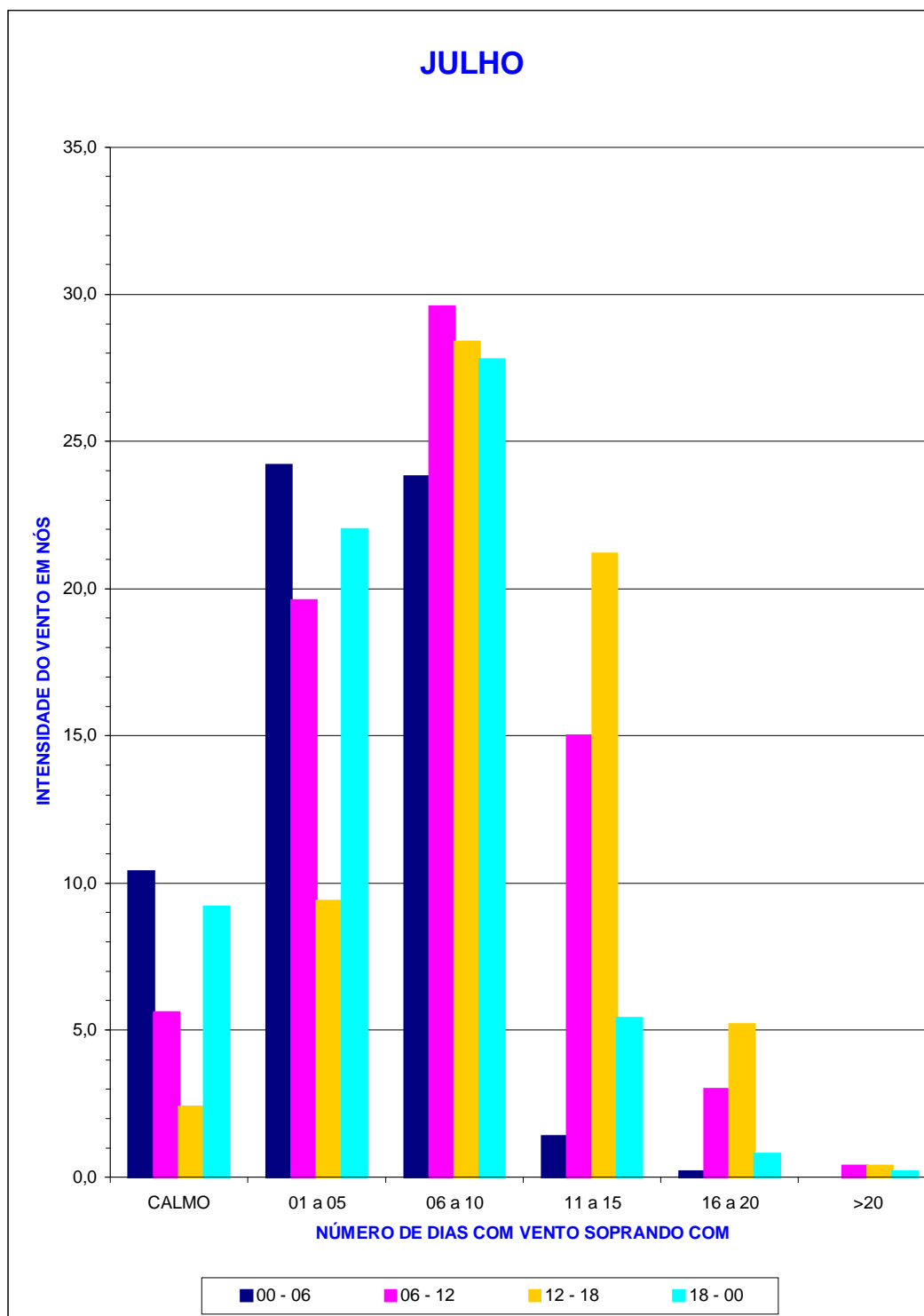


GRÁFICO 22
INTENSIDADE DO VENTO – AGOSTO

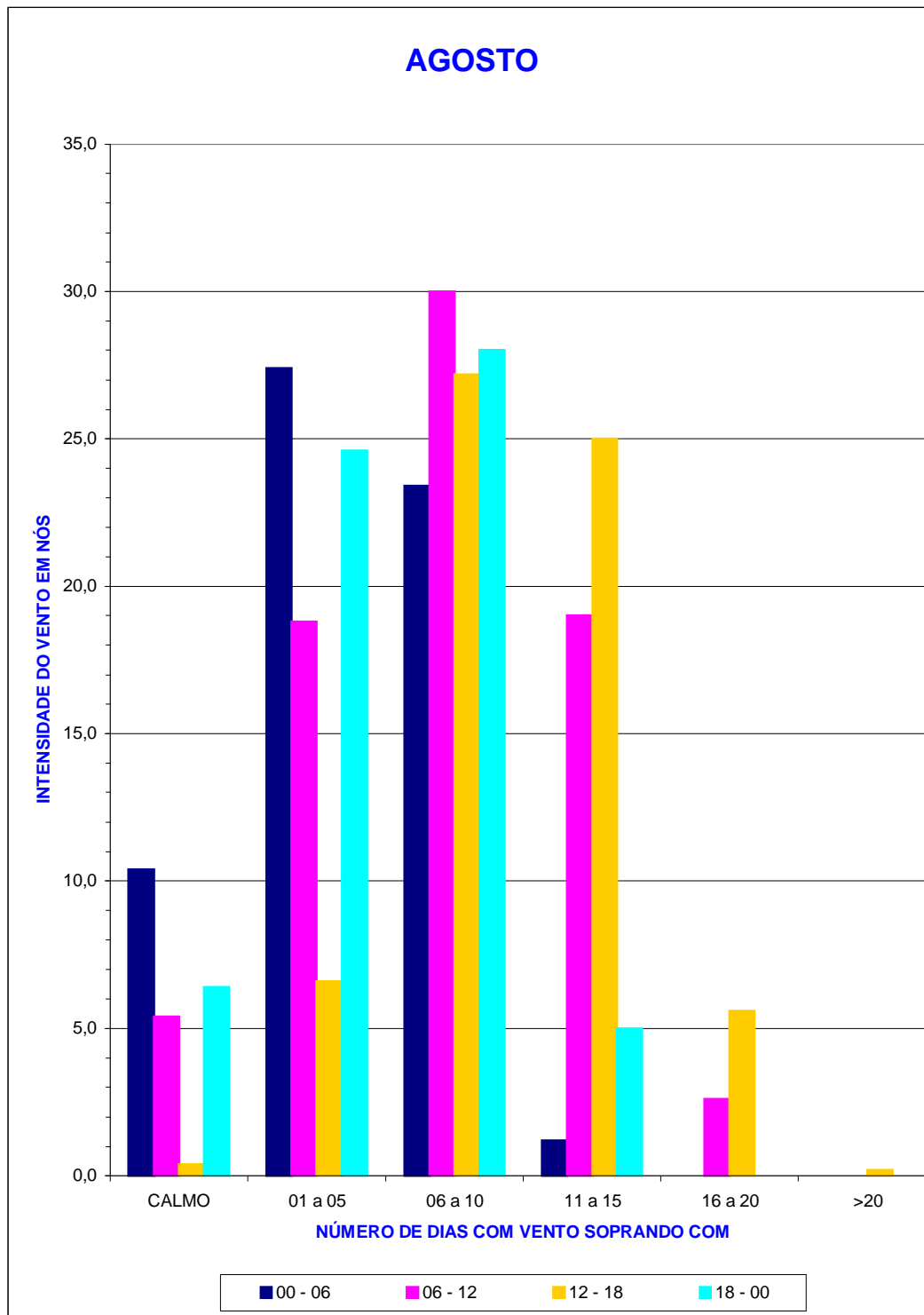


GRÁFICO 23
INTENSIDADE DO VENTO – SETEMBRO

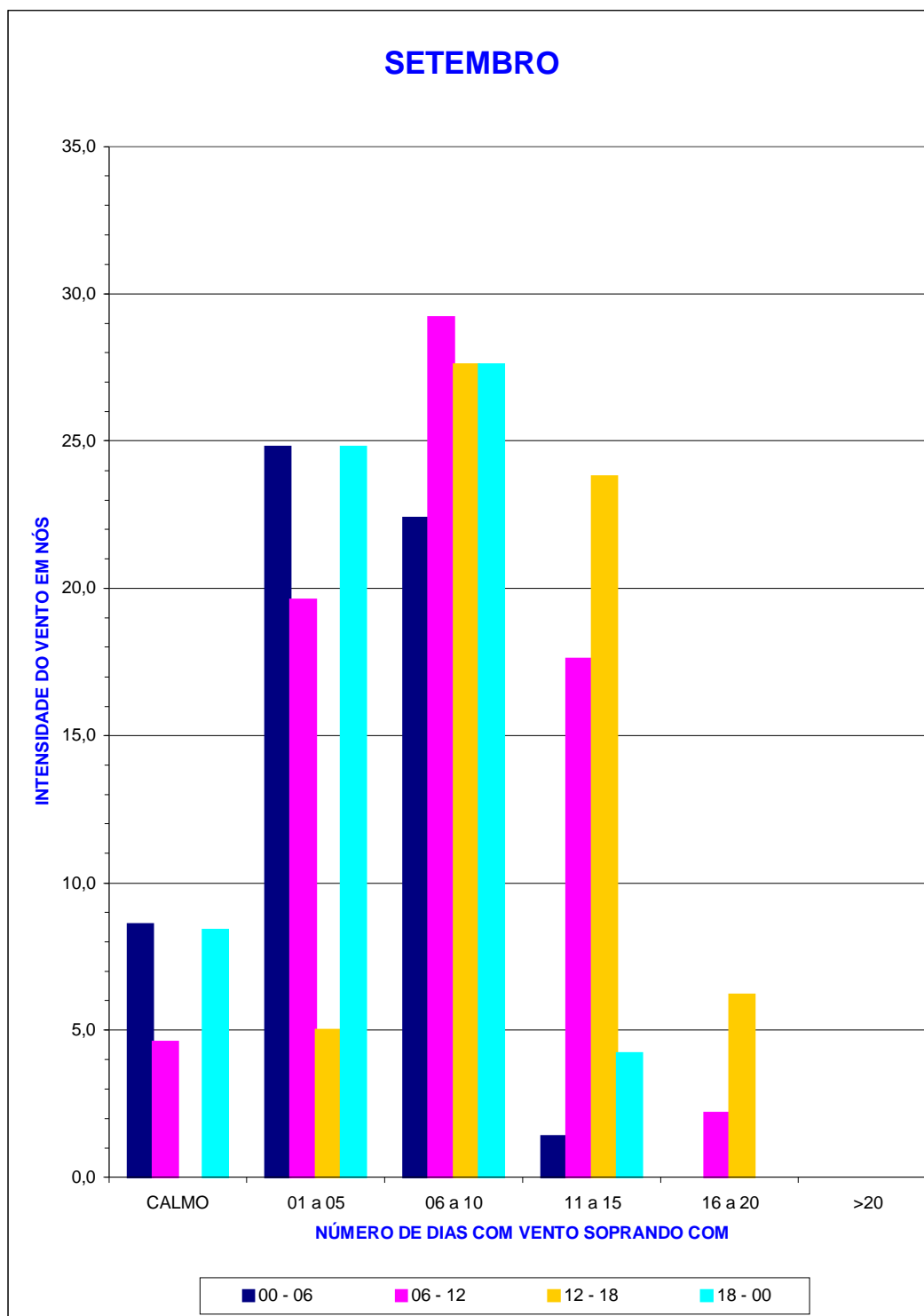


GRÁFICO 24
INTENSIDADE DO VENTO – OUTUBRO

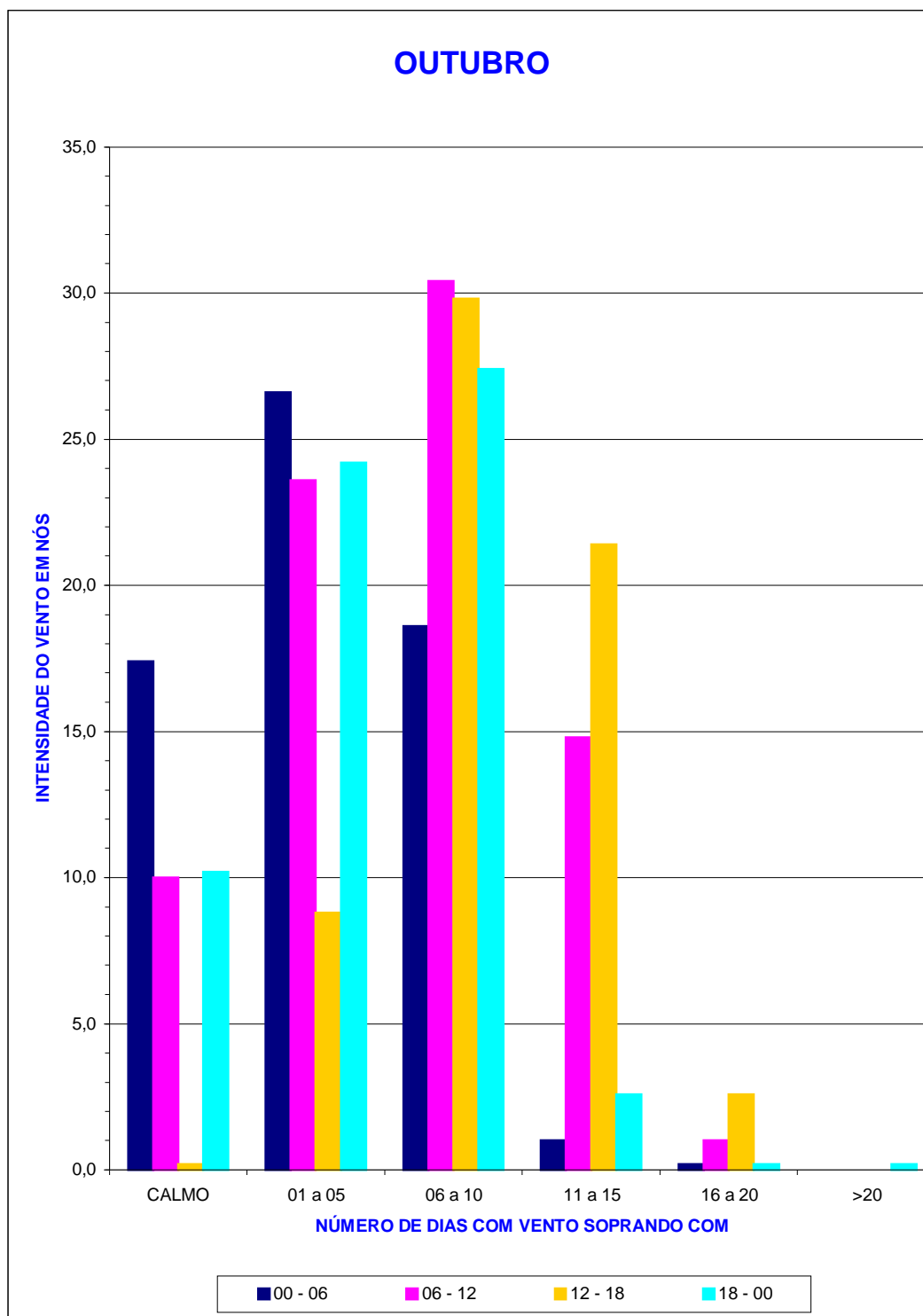


GRÁFICO 25
INTENSIDADE DO VENTO – NOVEMBRO

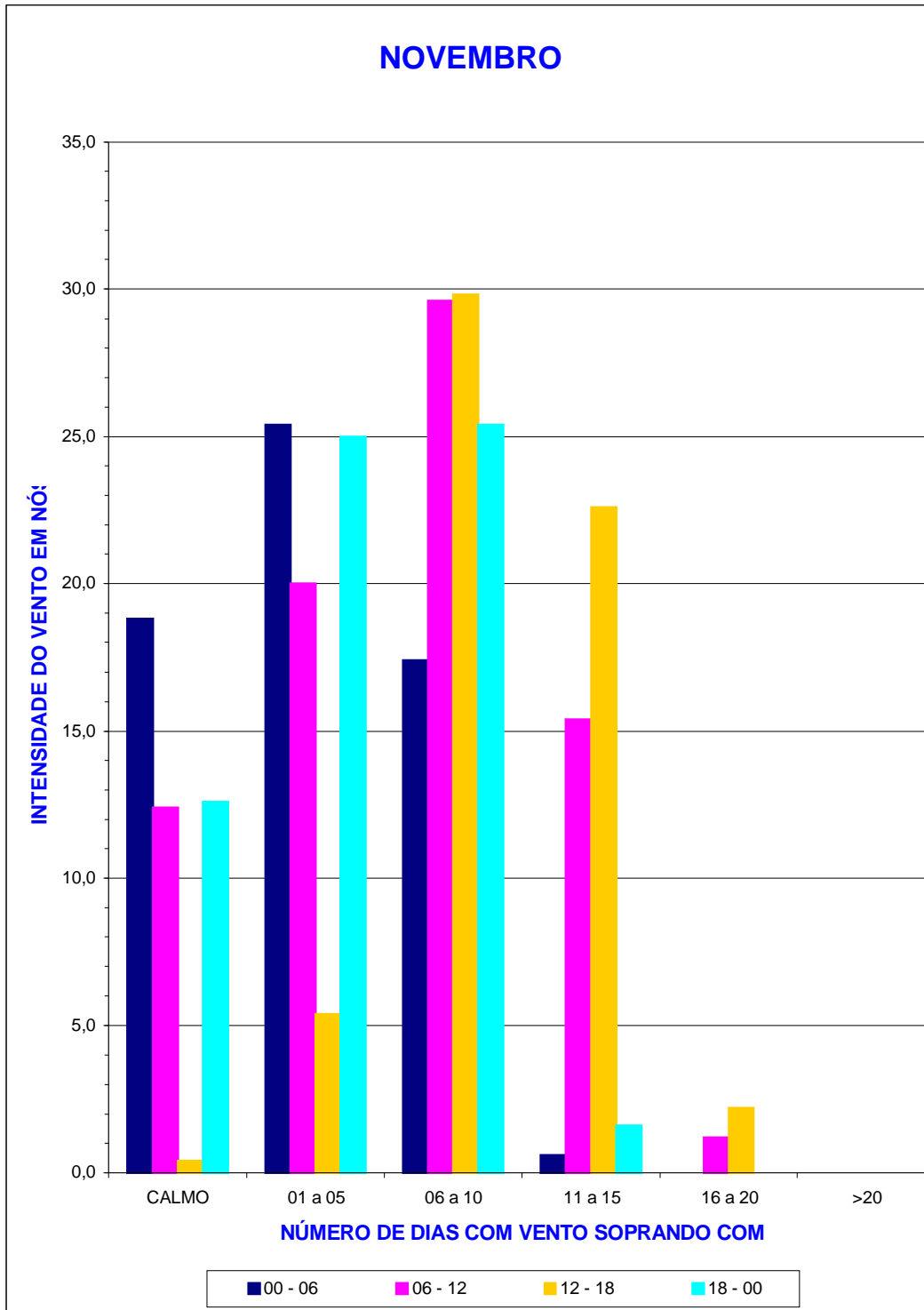
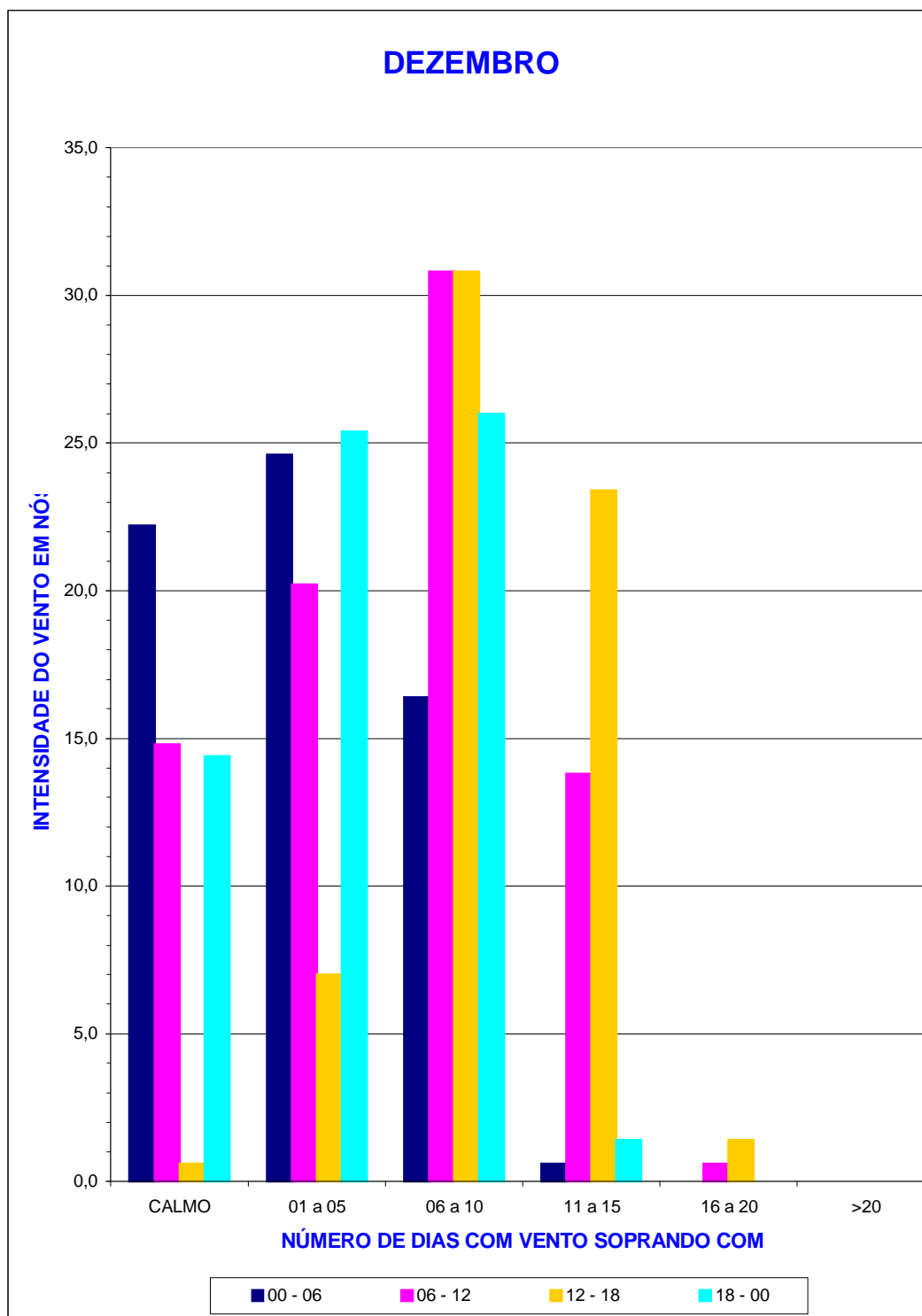


GRÁFICO 26
INTENSIDADE DO VENTO – DEZEMBRO



3.3 - TABELA DE VISIBILIDADE

VISIBILIDADE significa a distância máxima que uma pessoa, a olho nu, consegue ver, isto é, distinguir elementos dentro do seu campo visual. Em aviação é um indicador realmente significativo, pois, dependendo da visibilidade uma aeronave poderá ou não usar uma certa área de pouso, claro está, na dependência também das facilidades de navegação disponíveis no local, tais como, VOR, ILS, etc.

Na TABELA DE VISIBILIDADE as duas primeiras colunas são as comuns a todas as tabelas, isto é, coluna de meses e coluna de turnos. A terceira coluna com denominação **número de dias com visibilidade** tem quatro sub-colunas: a primeira expressando visibilidade maior que 1 quilômetro, a segunda com valores entre 1 e 4 quilômetros, a terceira com visibilidade entre 5 a 10 quilômetros e a quarta com visibilidades maiores que 10 quilômetros. Exemplo: querendo saber qual a visibilidade provável a ser encontrada no mês de setembro às 16 horas, é só procurar no terceiro turno do mês de setembro que encontrará 30 dias com visibilidade maior que 10 quilômetros.

A **tabela de visibilidade** também vem acompanhada de GRÁFICOS REPRESENTATIVOS dos valores ali consignados. São um total de 12 gráficos, um para cada mês, onde se pode visualizar algumas obviedades:

- Em Natal a predominância é de se ter visibilidades superiores a 10 quilômetros;
- Nos meses de maior incidência de precipitação é que aparecem algumas pequenas reduções de visibilidade, exatamente por causa das chuvas.

Quando é dito que a visibilidade é maior que 10 quilômetros, é porque horizontalmente o alcance visual de qualquer pessoa em campo plano e aberto tem tal limitação.

TABELA 3
VISIBILIDADE

| MÊS | TURNO | NUMERO DE DIAS COM VISIBILIDADE | | | |
|-----|---------|---------------------------------|-------|--------|------|
| | | <1 | 1 a 4 | 5 a 10 | >10 |
| Jan | 00 - 06 | | 0,6 | 0,2 | 31,0 |
| | 06 - 12 | | 0,2 | 2,8 | 31,0 |
| | 12 - 18 | | | 0,6 | 31,0 |
| | 18 - 00 | | | 0,8 | 31,0 |
| Fev | 00 - 06 | | 0,4 | 2,0 | 28,0 |
| | 06 - 12 | | 0,6 | 2,8 | 28,2 |
| | 12 - 18 | | 0,4 | 1,0 | 28,2 |
| | 18 - 00 | | 0,2 | 1,2 | 28,2 |
| Mar | 00 - 06 | | 0,4 | 4,4 | 30,6 |
| | 06 - 12 | | 1,6 | 3,8 | 31,0 |
| | 12 - 18 | 0,2 | 1,0 | 1,6 | 30,8 |
| | 18 - 00 | | 1,4 | 3,0 | 30,8 |
| Abr | 00 - 06 | 0,2 | 0,8 | 4,4 | 29,8 |
| | 06 - 12 | | 0,8 | 3,6 | 30,0 |
| | 12 - 18 | | 0,8 | 2,4 | 30,0 |
| | 18 - 00 | | 0,4 | 2,4 | 30,0 |
| Mai | 00 - 06 | | 0,8 | 5,6 | 30,4 |
| | 06 - 12 | | 0,6 | 5,2 | 31,0 |
| | 12 - 18 | | 1,0 | 2,6 | 31,0 |
| | 18 - 00 | | 0,2 | 3,4 | 31,0 |
| Jun | 00 - 06 | 0,4 | 2,0 | 8,6 | 29,2 |
| | 06 - 12 | 0,6 | 2,6 | 7,4 | 29,4 |
| | 12 - 18 | 0,2 | 1,2 | 5,6 | 30,0 |
| | 18 - 00 | | 1,0 | 5,8 | 29,8 |
| Jul | 00 - 06 | 0,2 | 1,2 | 7,6 | 30,4 |
| | 06 - 12 | 0,4 | 3,4 | 9,6 | 30,8 |
| | 12 - 18 | 0,2 | 1,8 | 5,0 | 30,6 |
| | 18 - 00 | | 1,2 | 6,2 | 30,8 |
| Ago | 00 - 06 | | 0,4 | 3,6 | 30,8 |
| | 06 - 12 | | 0,6 | 5,0 | 31,0 |
| | 12 - 18 | | 0,2 | 2,0 | 31,0 |
| | 18 - 00 | | 0,4 | 2,6 | 31,0 |
| Set | 00 - 06 | | | 3,4 | 29,8 |
| | 06 - 12 | | 0,6 | 3,2 | 30,0 |
| | 12 - 18 | | 0,2 | 0,8 | 30,0 |
| | 18 - 00 | | 0,2 | 2,0 | 30,0 |
| Out | 00 - 06 | | | 1,0 | 31,0 |
| | 06 - 12 | | | 2,2 | 31,0 |
| | 12 - 18 | | 0,2 | 0,4 | 31,0 |
| | 18 - 00 | | | 1,2 | 31,0 |
| Nov | 00 - 06 | | | 0,6 | 30,0 |
| | 06 - 12 | | | 0,4 | 30,0 |
| | 12 - 18 | | | 0,2 | 30,0 |
| | 18 - 00 | 0,4 | | 0,4 | 30,0 |
| Dez | 00 - 06 | | 0,2 | 1,8 | 31,0 |
| | 06 - 12 | | 0,6 | 1,8 | 31,0 |
| | 12 - 18 | | 0,2 | 0,4 | 31,0 |
| | 18 - 00 | | 0,2 | 1,2 | 31,0 |

Obs.: Valores expressos em quilômetros (km).

GRÁFICO 27
VISIBILIDADE – JANEIRO E FEVEREIRO

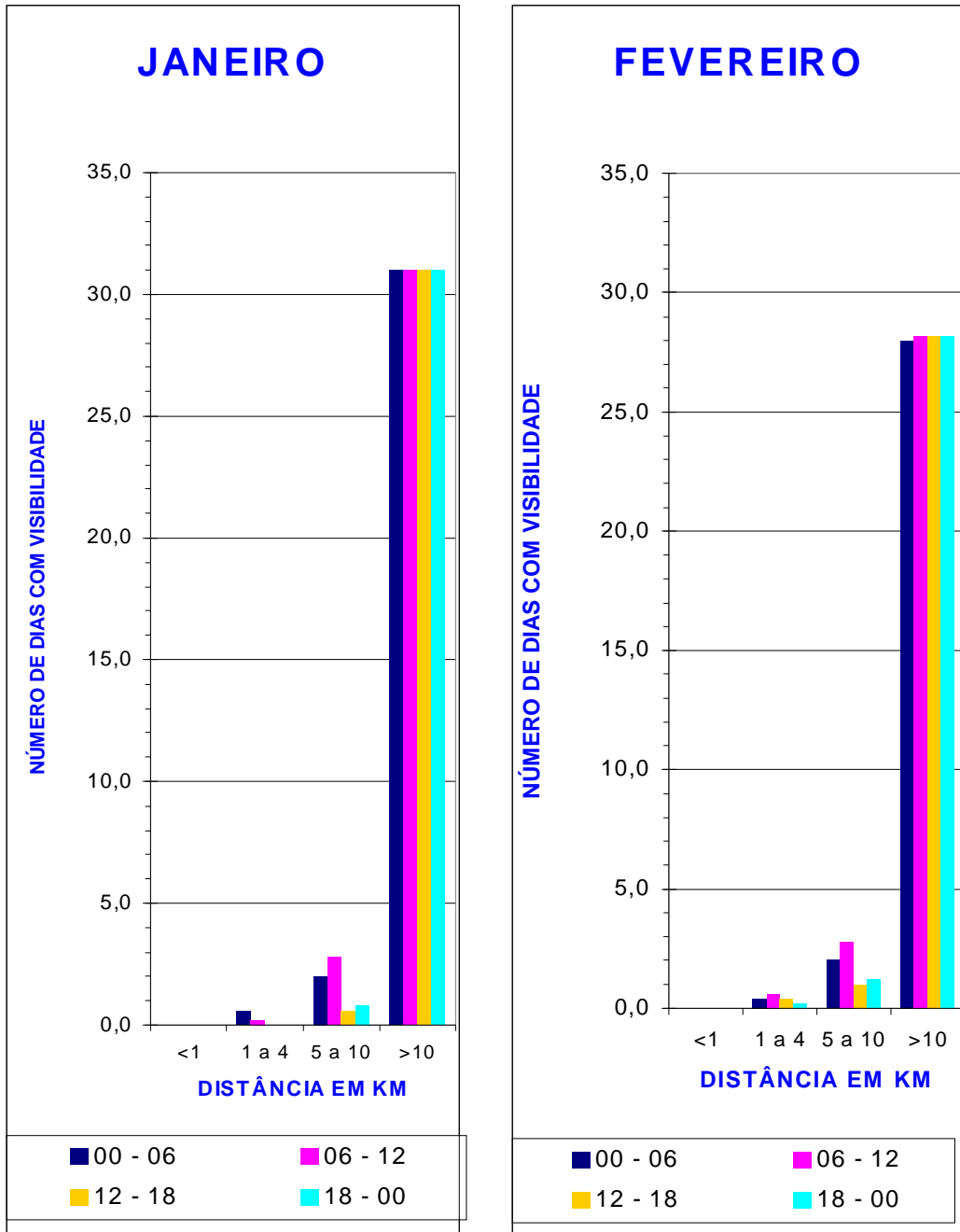


GRÁFICO 28
VISIBILIDADE – MARÇO E ABRIL

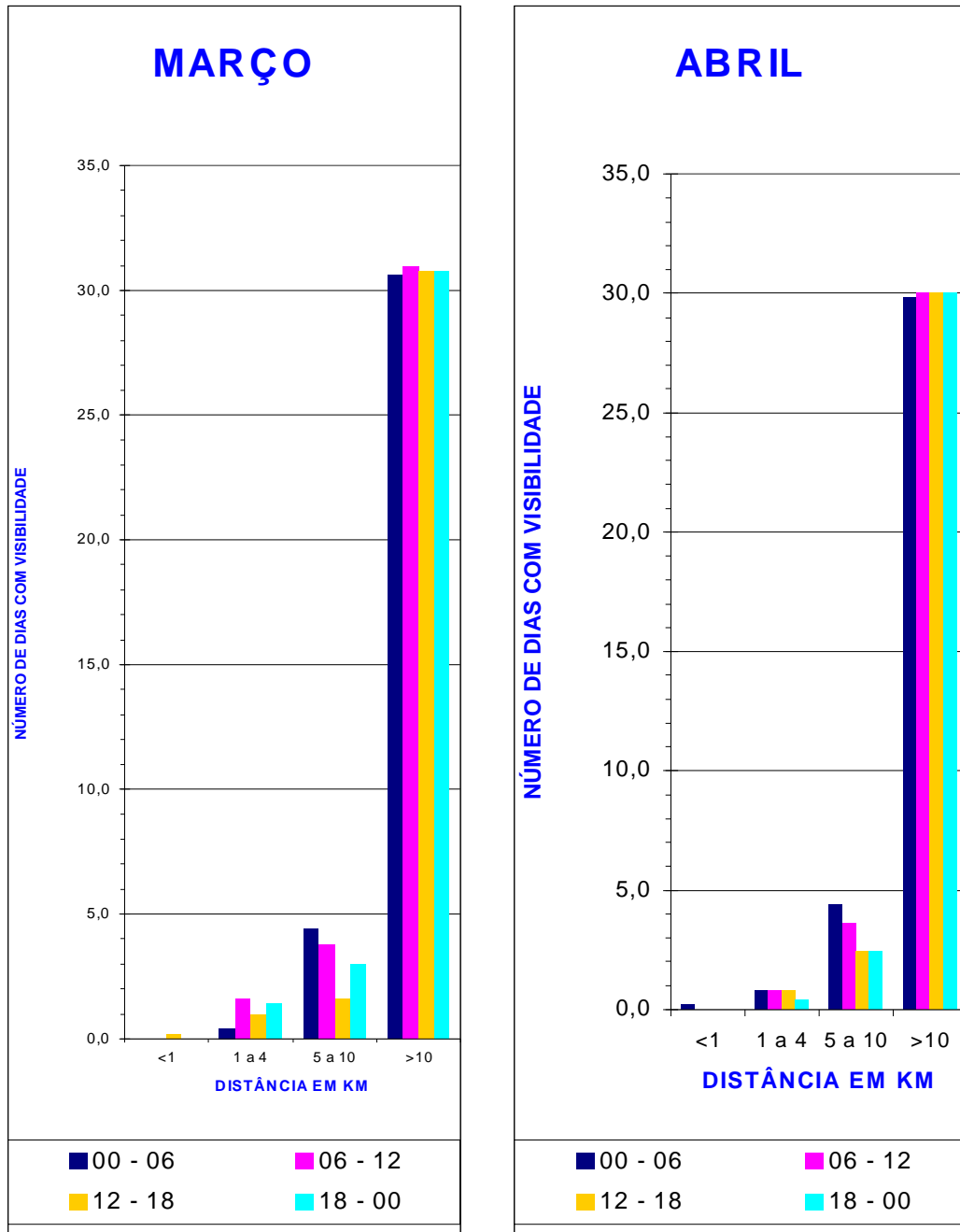


GRÁFICO 29
VISIBILIDADE – MAIO E JUNHO

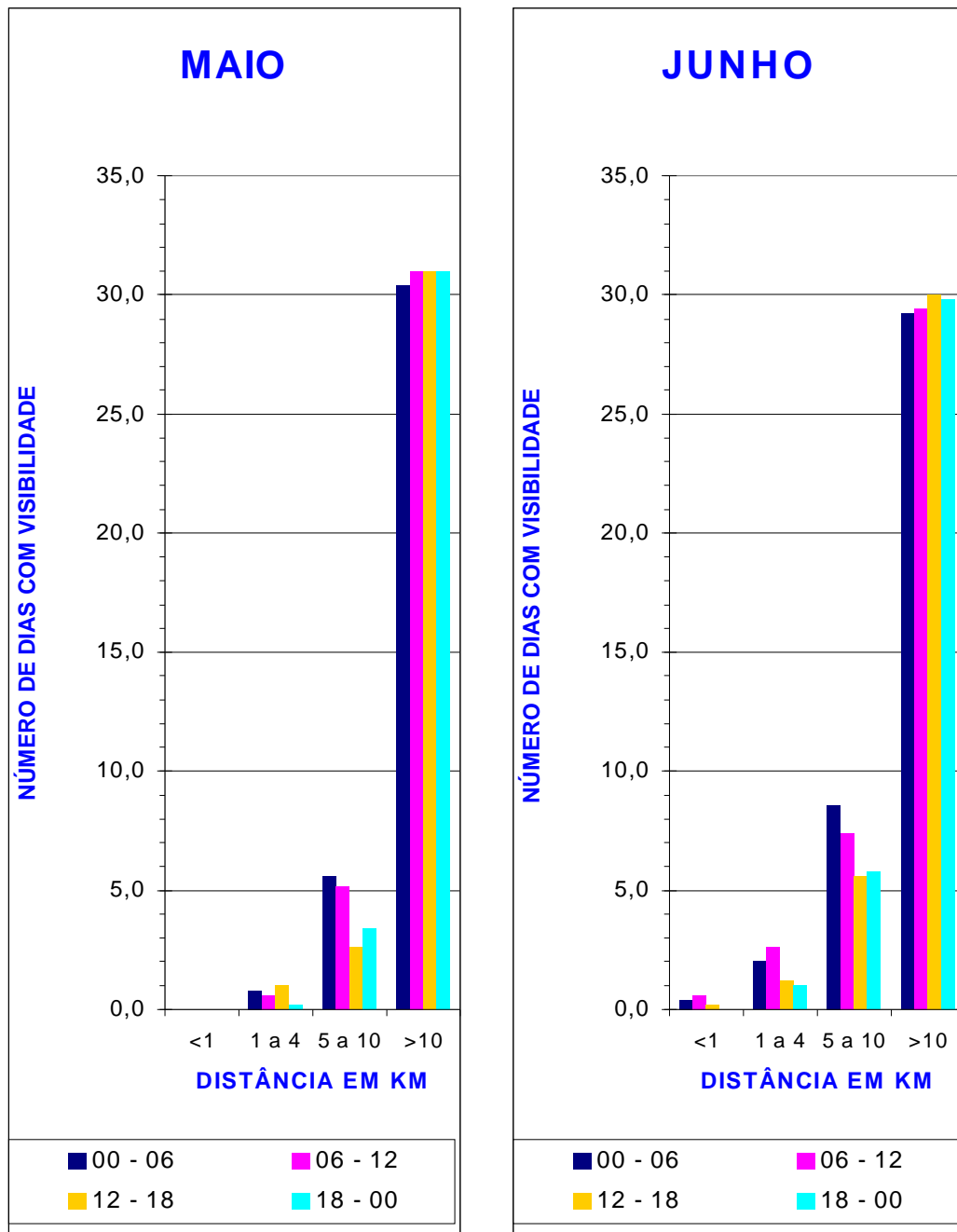


GRÁFICO 30
VISIBILIDADE – JULHO E AGOSTO

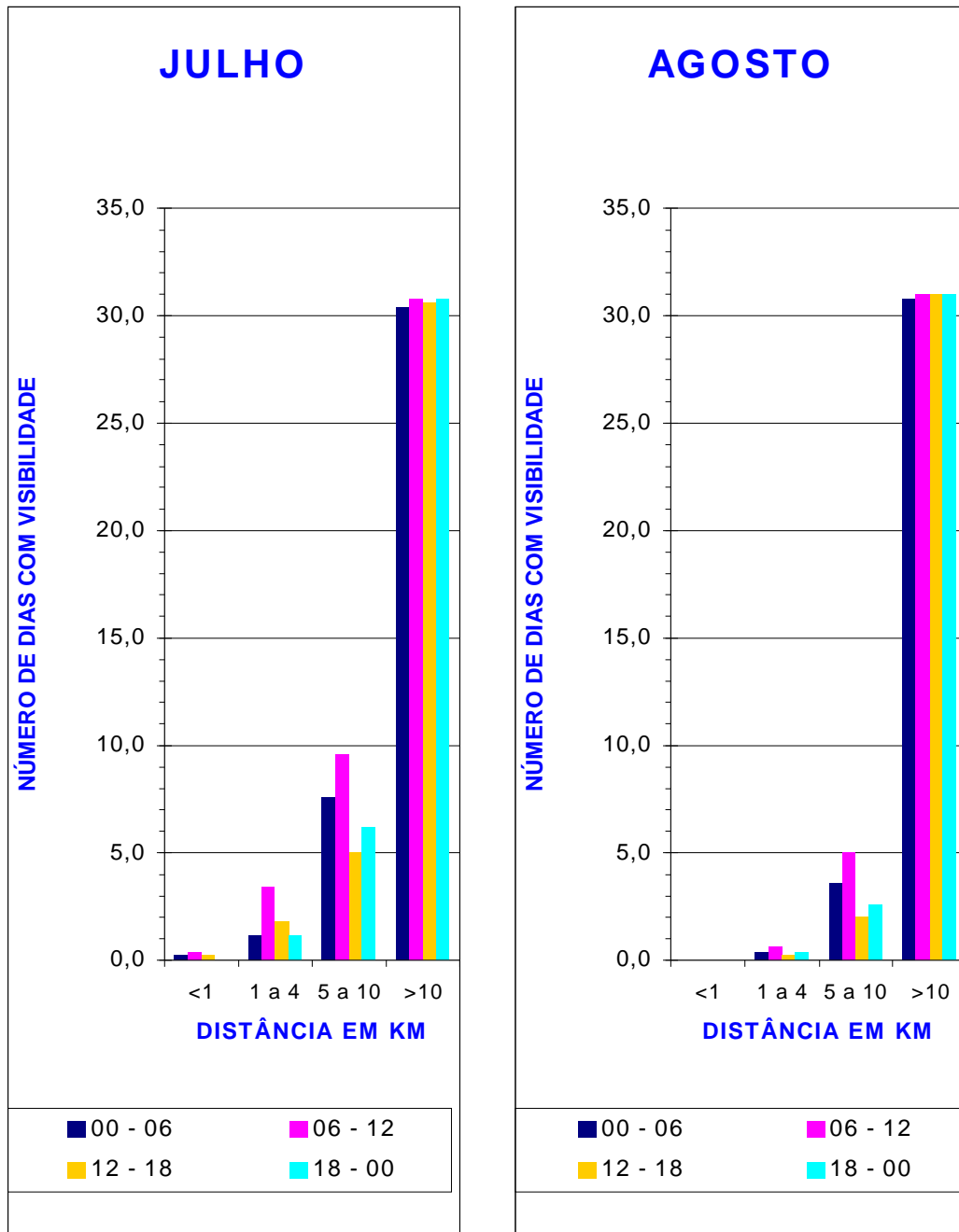


GRÁFICO 31
VISIBILIDADE – SETEMBRO E OUTUBRO

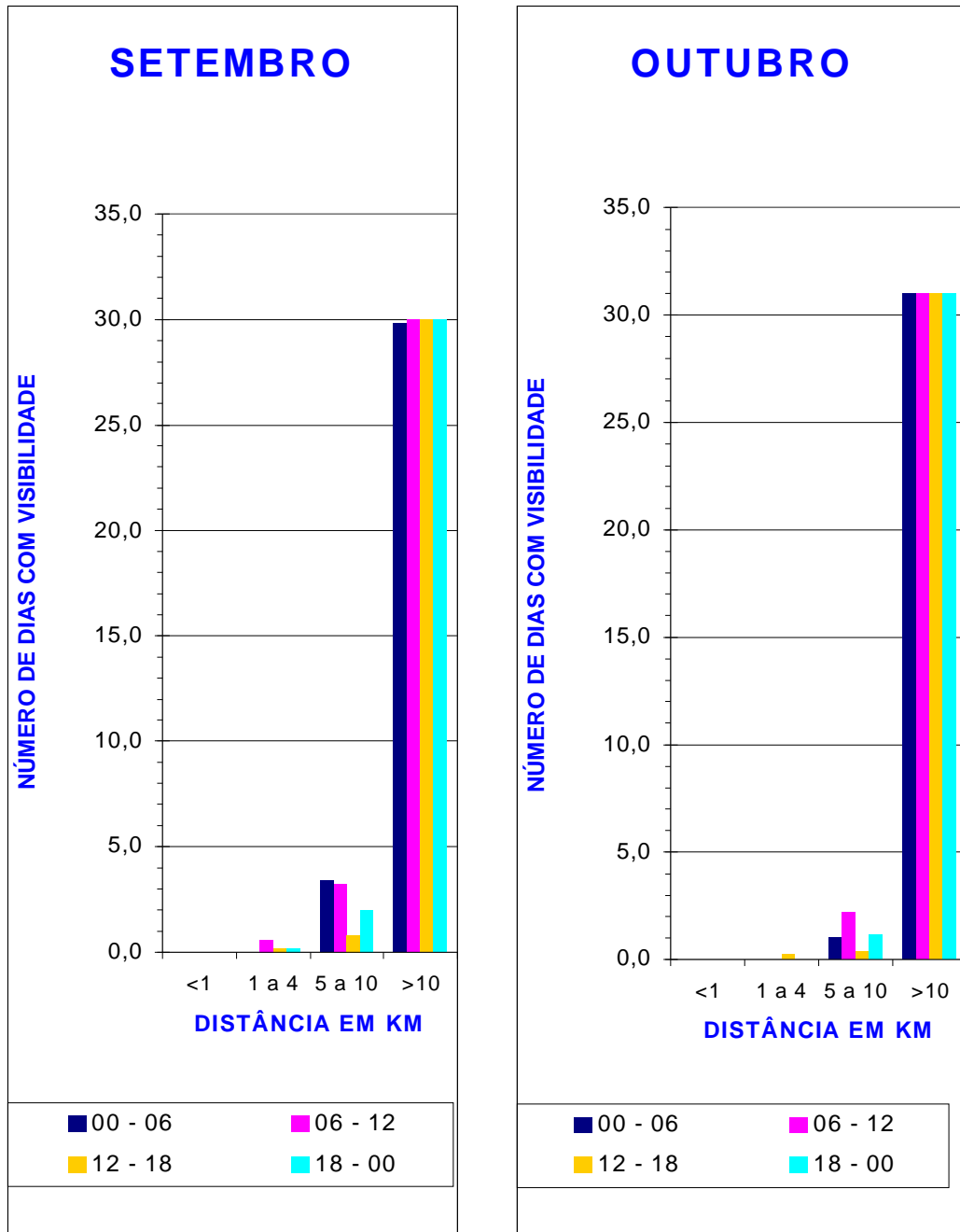


GRÁFICO 32
VISIBILIDADE – NOVEMBRO E DEZEMBRO

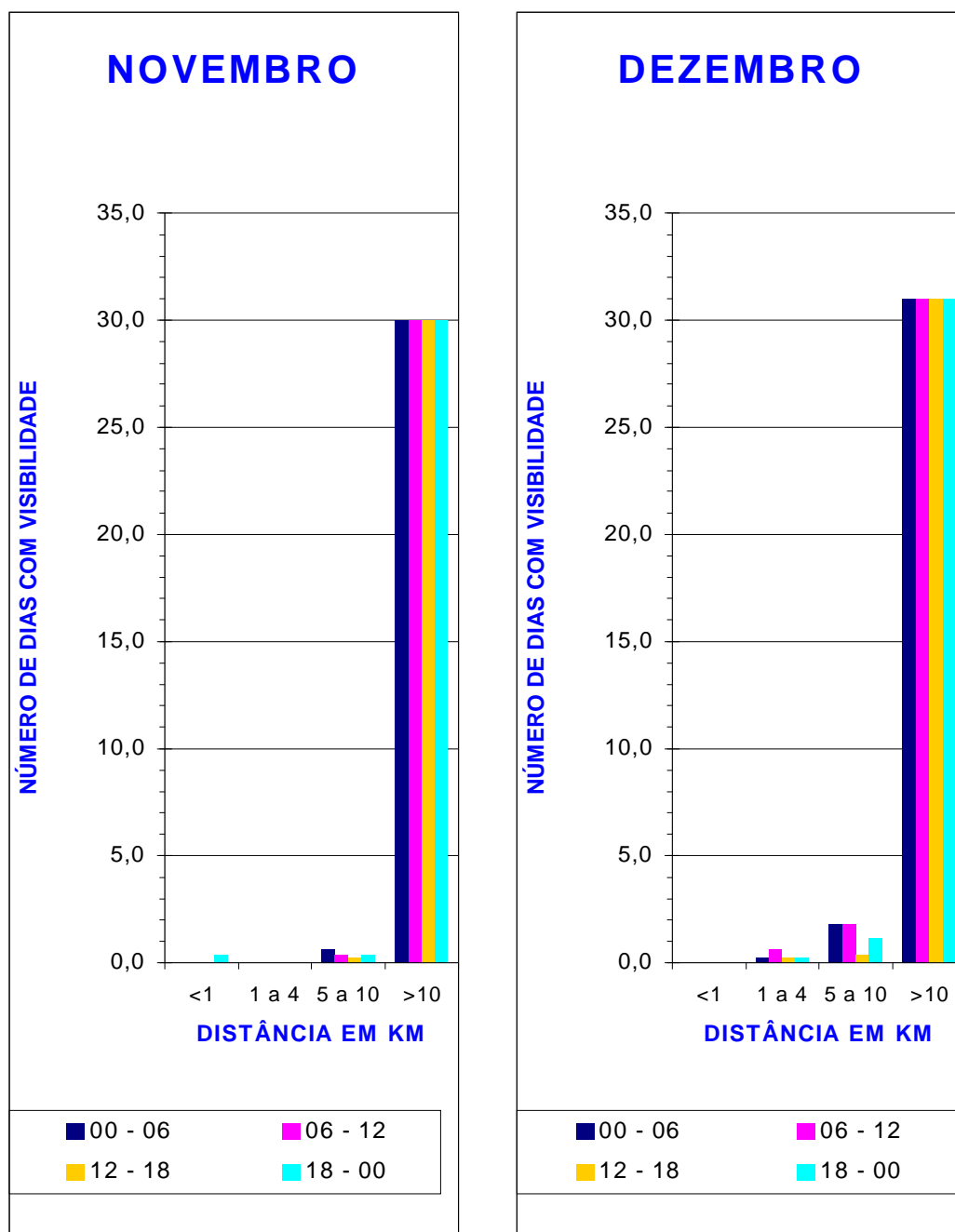


TABELA DE NUVENS

NUVEM é a expressão mais importante dos fenômenos físicos que se produzem na camada gasosa que envolve o nosso planeta, cuja presença lhes confere a propriedade de testemunhas do tempo presente. Sua forma, seu maior ou menor desenvolvimento, sua altura, etc., são indicativos do estado da atmosfera e, apenas pela observação de sua constituição e classificação, é possível obter-se uma primeira avaliação de grau de estabilidade e agitação do ar, imprescindíveis a um bom prognóstico.

As nuvens são compostas de gotículas de água que se formam a partir do vapor de água presente em correntes de ar que se elevam na atmosfera. Subindo o ar resfria provocando a condensação da água em gotículas ou o congelamento em minúsculos cristais. Assim sendo, uma nuvem pode definir-se como um conjunto de minúsculas partículas de água ou de gelo, ou de ambas simultaneamente, que se encontram em suspensão na atmosfera. São minúsculas gotas e cristais provenientes da condensação e congelamento do vapor d'água. Para que sua gênese se torne possível, é preciso chegar a um nível de condensação desse vapor, o que se consegue com a queda da temperatura ou com a diminuição brusca da pressão atmosférica, o que pressupõe um esfriamento, quando a umidade relativa aumenta até 100%. Uma segunda condição, anterior à formação das gotículas, é a existência de núcleos de condensação que são corpúsculos de natureza mineral ou orgânica, em torno dos quais se realiza a passagem do vapor d'água para água líquida sob a forma de gotas. São fontes desses núcleos a poeira originada pela erosão orgânica, os fumos das combustões, naturais ou industriais, o pólen e, em situação destacável, os cristais de sal marinho existentes em todos os níveis da atmosfera, até mesmo em massas de ar situadas a enormes distâncias do mar.

O aspecto visível das nuvens depende da natureza, dimensões, número e distribuição espacial das gotas ou dos cristais de gelo, da luz incidente e refletida, bem como, a altura da base da nuvem. Conjuntamente, todas conferem-lhes um alto índice de variabilidade morfológica, que nos permite definir uma classificação de formas e características peculiares que podem ser observadas em qualquer parte do globo. Daí ter sido feita uma classificação internacional que agrupa as nuvens em três níveis diferentes, de acordo com a altura de suas bases, com sub-divisões por gêneros, espécies e variedades.

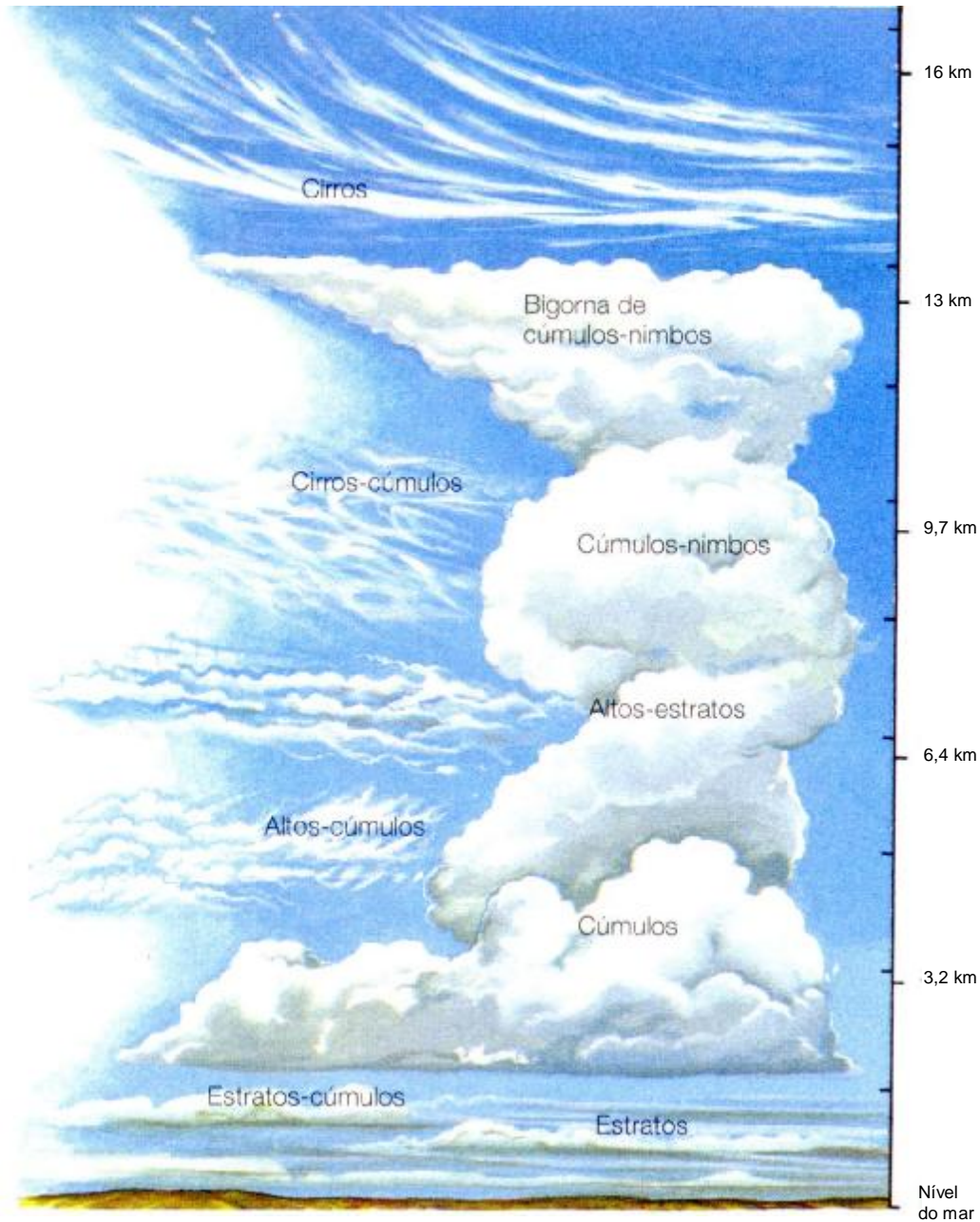


Fig. 4 – Formas que as nuvens podem assumir

Figura 4 – Mostra de maneira resumida, as diversas formas que as nuvens podem assumir em diferentes alturas da atmosfera. As observações meteorológicas que deram origem a este trabalho obedeceram a uma classificação internacional, observada pela OMM, com as nuvens classificadas em 10 tipos diferentes.

TABELA 4
CLASSIFICAÇÃO DAS NUVENS

| CLASSIFICAÇÃO DAS NUVENS | | |
|---|-----------------|-----------------|
| ALTAS | MÉDIAS | BAIXAS |
| Cirros | Alto-cumulos | Estrato-cumulos |
| Cirros-cumulos | Altos-estratos | Estratos |
| Cirros-estratos | Nimbos-estratos | Fracto-cumulos |
| <p>NUVENS DE DESENVOLVIMENTO VERTICAL</p> <p>Cúmulos e cumulos-nimbos</p> | | |

A TABELA DE NUVENS foi montada, como todas as outras, com as duas primeiras colunas como definidoras do mês e dos turnos. A terceira coluna apresenta a média das **nuvens baixas**, em oitavos de céu, por turno e a média de cada mês. A quarta coluna apresenta as médias de **todas as nuvens**, tanto por turno como a média mensal. A quinta coluna mostra o número de dias com total de **nuvens baixas** entre 0 a 3 oitavos de céu, 4 a 6 oitavos e entre 7 e 8 oitavos de céu. Finalmente, a sexta coluna apresenta o **número de dias com total de todas as nuvens** entre 0 a 3 oitavos, 4 a 6 oitavos e 7 a 8 Oitavos de céu coberto. Por exemplo: um pesquisador quer saber qual é a probabilidade de encobrimento de nuvens às 16 horas em um dia 17 de maio, para que ele possa lançar um balão estratosférico. Indo à tabela temos: terceiro turno do mês de maio a média é de 3,5 Oitavos de céu encoberto com nuvens baixas e provavelmente durante 21,6 dias do mês o total de todas as nuvens será ente 4 a 6 Oitavos de céu encoberto.

A **tabela de nuvens** gerou os GRÁFICOS REPRESENTATIVOS do fenômeno, sendo um primeiro gráfico representando as médias por turno e a média diária das NUVENS BAIXAS, em oitavos de céu, seguido de doze gráficos representando os números de dias com total entre (0 a 3, 4 a 6 e 7 a 8 oitavos de céu) tal como está na tabela, um gráfico para cada mês. Igualmente, foi montado um gráfico para a média por turno e mensal para TODAS AS NUVENS, em oitavos de céu, seguido de doze gráficos representando os números de dias com total entre (0 a 3, 4 a 3 7 a 8 oitavos de céu), um gráfico para cada mês.

TABELA 5 - NUVENS

| MÊS | TURNO | NUVENS BAIXAS | | TODAS AS NUVENS | | NUVENS BAIXAS | | | TODAS AS NUVENS | | |
|-----|---------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|--------------------------------|-------|-------|--------------------------------|-------|-------|
| | | MÉDIA POR TURNO | MÉDIA DIÁRIA | MÉDIA POR TURNO | MÉDIA DIÁRIA | NÚMERO DE DIAS C/ TOTAL ENTRE: | | | NÚMERO DE DIAS C/ TOTAL ENTRE: | | |
| | | | | | | 0 a 3 | 4 a 6 | 7 a 8 | 0 a 3 | 4 a 6 | 7 a 8 |
| Jan | 00 - 06 | 4,0 | 3,9 | 4,6 | 4,9 | 19,2 | 27,0 | 1,4 | 15,2 | 25,0 | 12,6 |
| | 06 - 12 | 4,4 | | 5,9 | | 19,6 | 30,8 | 2,6 | 8,6 | 25,4 | 19,6 |
| | 12 - 18 | 3,9 | | 5,1 | | 20,4 | 27,4 | 1,8 | 12,4 | 25,4 | 14,6 |
| | 18 - 00 | 3,4 | | 4,3 | | 24,6 | 22,6 | 0,8 | 17,4 | 22,4 | 12,0 |
| Fev | 00 - 06 | 4,0 | 3,8 | 4,7 | 5,0 | 17,4 | 24,8 | 1,0 | 14,0 | 22,8 | 11,6 |
| | 06 - 12 | 4,3 | | 5,7 | | 18,6 | 28,0 | 2,6 | 7,6 | 22,6 | 16,6 |
| | 12 - 18 | 3,6 | | 5,2 | | 24,4 | 25,8 | 1,2 | 10,8 | 21,0 | 14,6 |
| | 18 - 00 | 3,4 | | 4,7 | | 23,8 | 20,8 | 0,4 | 14,8 | 21,0 | 14,6 |
| Mar | 00 - 06 | 4,0 | 3,9 | 5,2 | 5,4 | 19,8 | 27,8 | 1,0 | 13,6 | 23,4 | 15,8 |
| | 06 - 12 | 4,2 | | 6,1 | | 21,8 | 31,0 | 1,8 | 7,8 | 23,0 | 21,8 |
| | 12 - 18 | 3,9 | | 5,6 | | 23,8 | 29,2 | 1,4 | 10,4 | 22,8 | 18,2 |
| | 18 - 00 | 3,5 | | 5,0 | | 25,8 | 24,6 | 0,6 | 13,8 | 21,6 | 16,4 |
| Abr | 00 - 06 | 4,0 | 3,8 | 5,0 | 5,3 | 19,8 | 26,0 | 1,2 | 13,2 | 22,8 | 14,8 |
| | 06 - 12 | 4,0 | | 5,8 | | 23,2 | 29,0 | 3,2 | 9,2 | 23,6 | 20,6 |
| | 12 - 18 | 3,8 | | 5,6 | | 23,4 | 27,2 | 1,4 | 10,0 | 22,0 | 18,2 |
| | 18 - 00 | 3,4 | | 5,0 | | 25,6 | 22,2 | 0,4 | 14,8 | 20,4 | 17,8 |
| Mai | 00 - 06 | 3,9 | 3,6 | 4,7 | 5,0 | 20,4 | 24,8 | 1,8 | 16,2 | 20,8 | 14,2 |
| | 06 - 12 | 3,7 | | 5,6 | | 26,0 | 29,6 | 1,4 | 13,0 | 24,6 | 20,2 |
| | 12 - 18 | 3,5 | | 5,2 | | 25,0 | 27,6 | 0,6 | 13,4 | 21,6 | 16,6 |
| | 18 - 00 | 3,4 | | 4,5 | | 25,2 | 21,4 | 1,0 | 16,0 | 23,2 | 15,8 |
| Jun | 00 - 06 | 4,2 | 3,9 | 5,0 | 5,1 | 17,6 | 25,6 | 2,2 | 13,8 | 21,2 | 16,6 |
| | 06 - 12 | 4,0 | | 5,6 | | 23,0 | 29,2 | 2,4 | 12,0 | 21,8 | 18,6 |
| | 12 - 18 | 3,9 | | 5,4 | | 23,8 | 28,4 | 1,8 | 11,2 | 23,2 | 18,4 |
| | 18 - 00 | 3,6 | | 4,7 | | 23,6 | 22,4 | 0,2 | 16,0 | 19,6 | 16,2 |
| Jul | 00 - 06 | 4,0 | 3,9 | 4,9 | 5,1 | 17,0 | 23,8 | 1,0 | 14,4 | 19,8 | 18,0 |
| | 06 - 12 | 4,0 | | 5,7 | | 24,6 | 30,0 | 2,2 | 11,2 | 22,4 | 22,0 |
| | 12 - 18 | 3,9 | | 5,4 | | 23,6 | 28,0 | 1,6 | 12,4 | 21,8 | 20,4 |
| | 18 - 00 | 3,8 | | 4,7 | | 22,6 | 23,2 | 1,8 | 18,0 | 19,4 | 18,0 |
| Ago | 00 - 06 | 3,7 | 3,6 | 3,8 | 4,0 | 22,8 | 22,6 | 0,4 | 21,2 | 19,6 | 9,4 |
| | 06 - 12 | 4,0 | | 4,8 | | 23,6 | 29,2 | 2,0 | 18,0 | 27,0 | 14,6 |
| | 12 - 18 | 3,6 | | 4,3 | | 25,2 | 27,4 | 1,4 | 20,6 | 27,0 | 11,0 |
| | 18 - 00 | 3,3 | | 3,3 | | 25,6 | 19,6 | 0,4 | 24,0 | 19,2 | 9,6 |
| Set | 00 - 06 | 3,9 | 3,8 | 3,8 | 3,8 | 19,6 | 24,2 | 1,0 | 20,0 | 22,8 | 7,2 |
| | 06 - 12 | 4,4 | | 4,9 | | 17,2 | 29,0 | 4,4 | 14,8 | 27,8 | 11,8 |
| | 12 - 18 | 3,8 | | 3,8 | | 24,8 | 26,6 | 1,8 | 22,0 | 26,2 | 6,8 |
| | 18 - 00 | 3,2 | | 2,8 | | 25,8 | 20,0 | 0,6 | 26,4 | 21,0 | 5,0 |
| Out | 00 - 06 | 3,7 | 3,8 | 3,8 | 4,0 | 23,0 | 25,8 | 1,0 | 21,6 | 26,2 | 6,2 |
| | 06 - 12 | 4,6 | | 5,1 | | 15,2 | 30,4 | 3,8 | 11,8 | 29,2 | 12,8 |
| | 12 - 18 | 3,9 | | 4,1 | | 24,8 | 29,6 | 1,8 | 21,0 | 29,4 | 8,0 |
| | 18 - 00 | 3,2 | | 3,0 | | 29,0 | 22,8 | 0,0 | 27,8 | 24,2 | 4,0 |
| Nov | 00 - 06 | 3,8 | 3,8 | 3,8 | 4,1 | 21,8 | 25,8 | 0,6 | 20,4 | 26,6 | 5,4 |
| | 06 - 12 | 4,6 | | 5,1 | | 14,4 | 29,8 | 3,6 | 10,2 | 28,0 | 9,6 |
| | 12 - 18 | 3,9 | | 4,4 | | 23,0 | 28,4 | 1,4 | 18,6 | 27,6 | 6,6 |
| | 18 - 00 | 3,2 | | 3,3 | | 27,4 | 22,4 | 0,4 | 24,8 | 23,8 | 5,6 |
| Dez | 00 - 06 | 3,8 | 3,8 | 4,1 | 4,4 | 20,0 | 27,8 | 0,6 | 17,6 | 27,0 | 7,6 |
| | 06 - 12 | 4,5 | | 5,4 | | 18,8 | 31,0 | 2,2 | 10,2 | 27,4 | 14,0 |
| | 12 - 18 | 3,8 | | 4,7 | | 23,8 | 28,8 | 0,8 | 15,4 | 27,6 | 11,0 |
| | 18 - 00 | 3,2 | | 3,6 | | 27,2 | 21,4 | 0,2 | 23,4 | 22,8 | 9,2 |

GRÁFICO 33 NUVENS BAIXAS

NUVENS BAIXAS

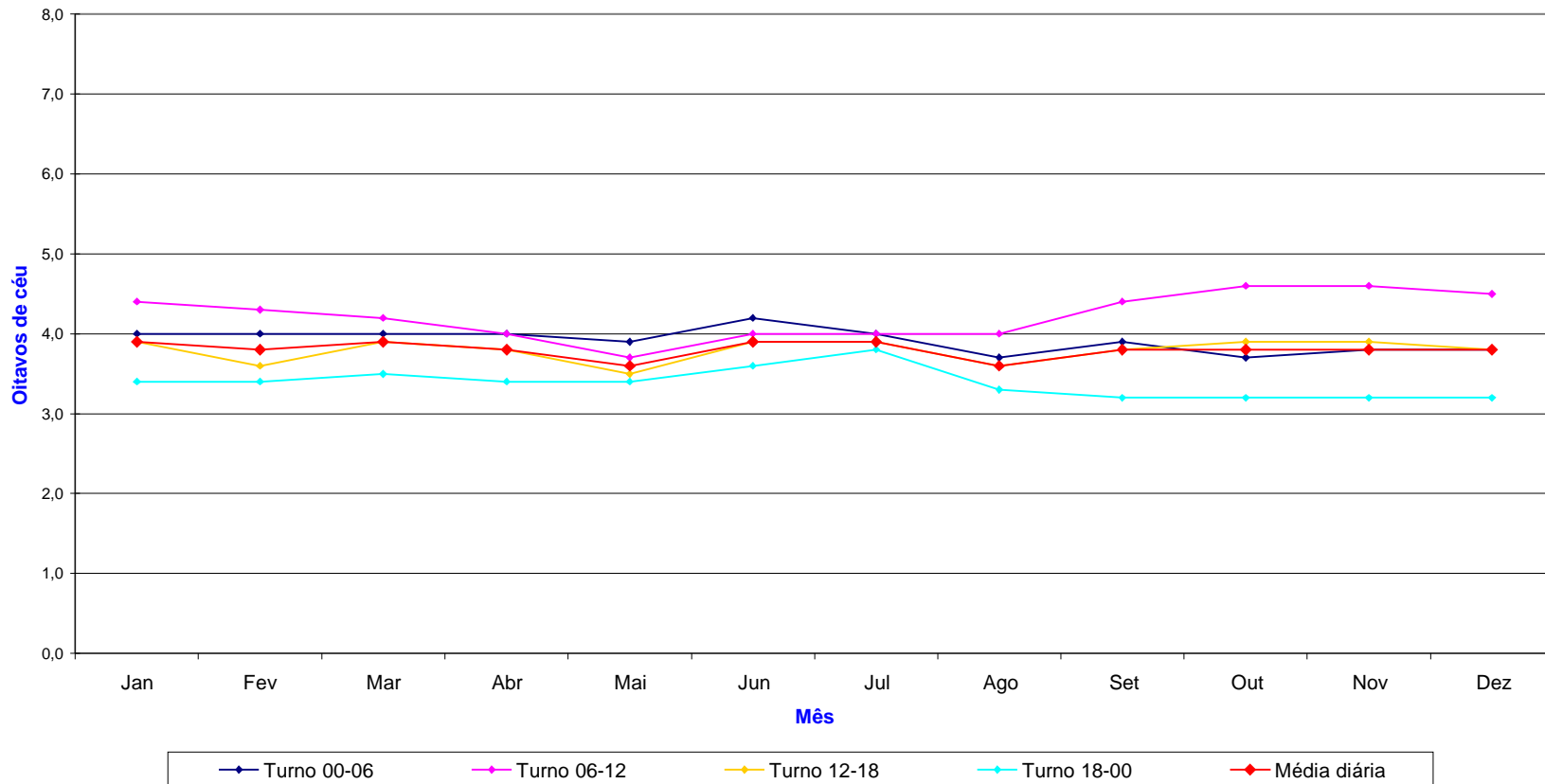


GRÁFICO 34
NUVENS BAIXAS – JANEIRO

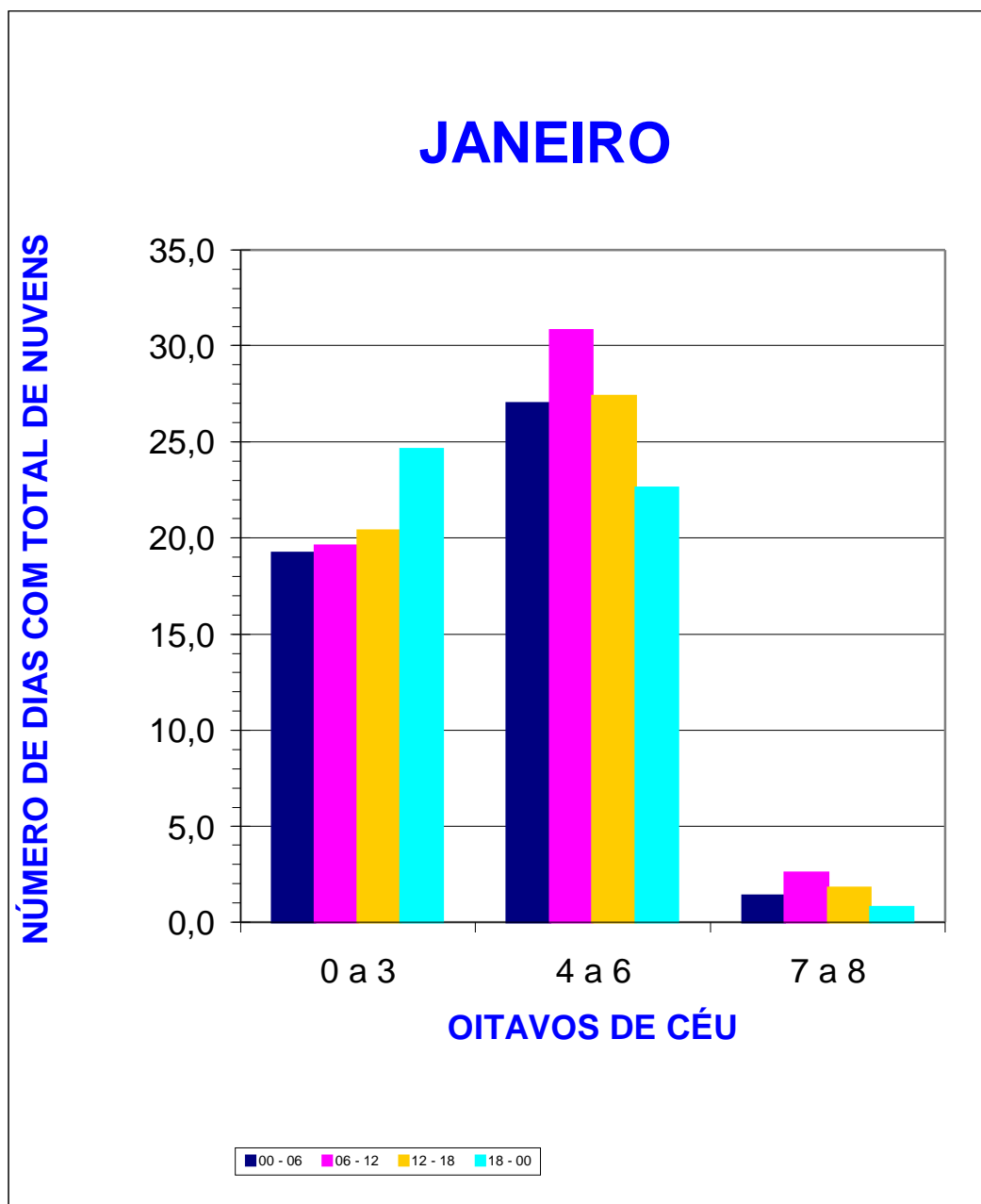


GRÁFICO 35
NUVENS BAIXAS – FEVEREIRO

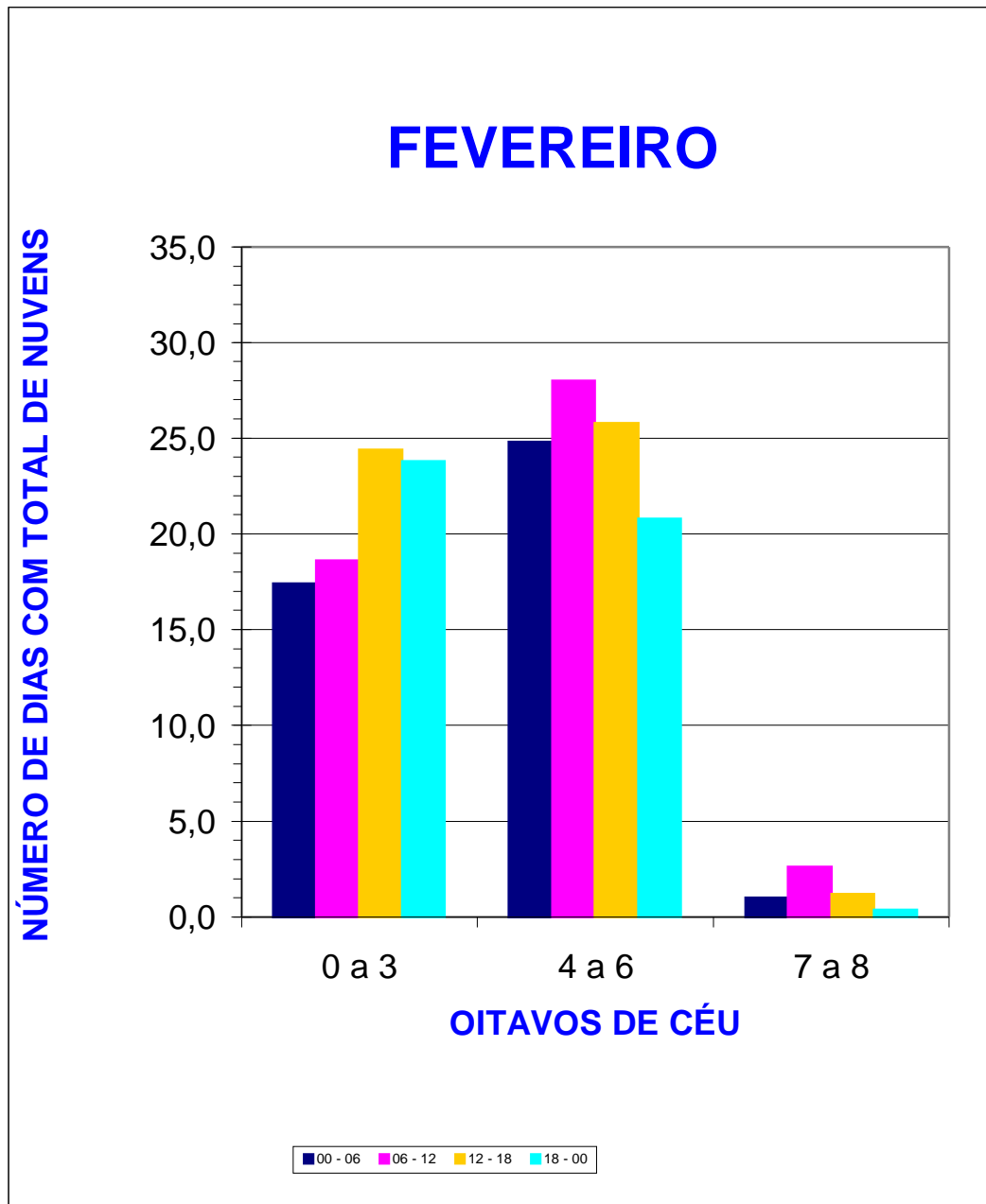


GRÁFICO 36
NUVENS BAIXAS – MARÇO

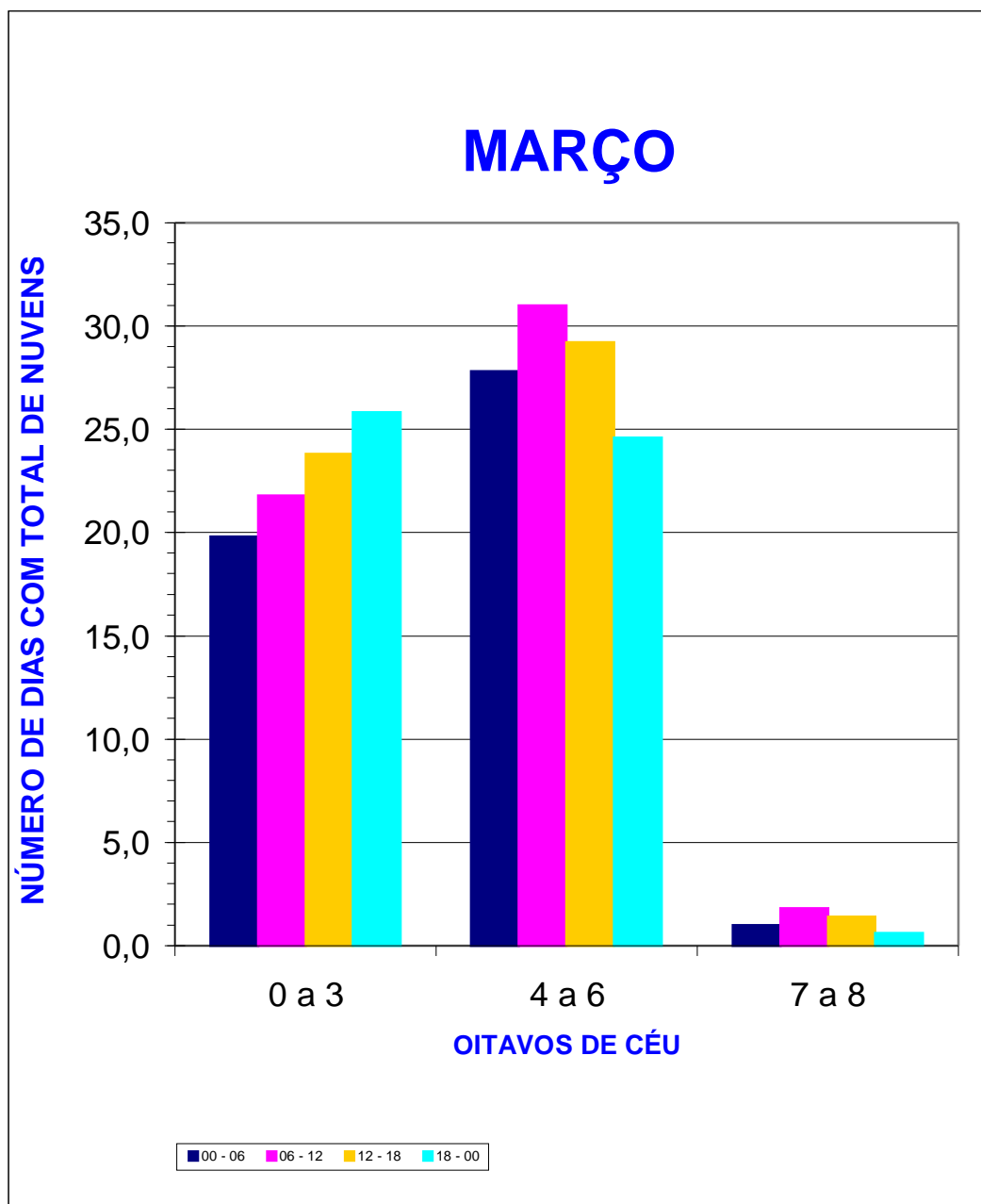


GRÁFICO 37
NUVENS BAIXAS – ABRIL

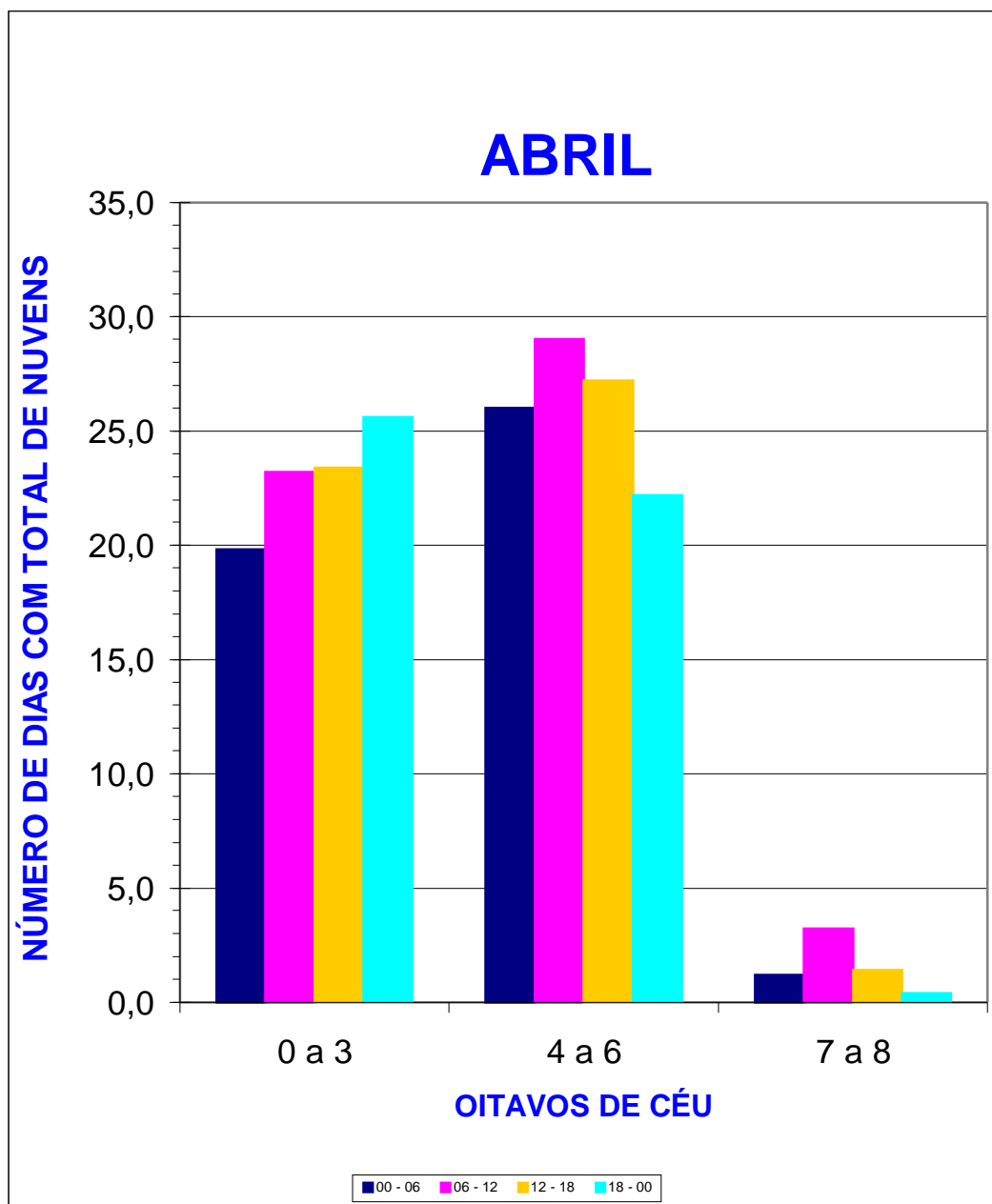


GRÁFICO 38
NUVENS BAIXAS – MAIO

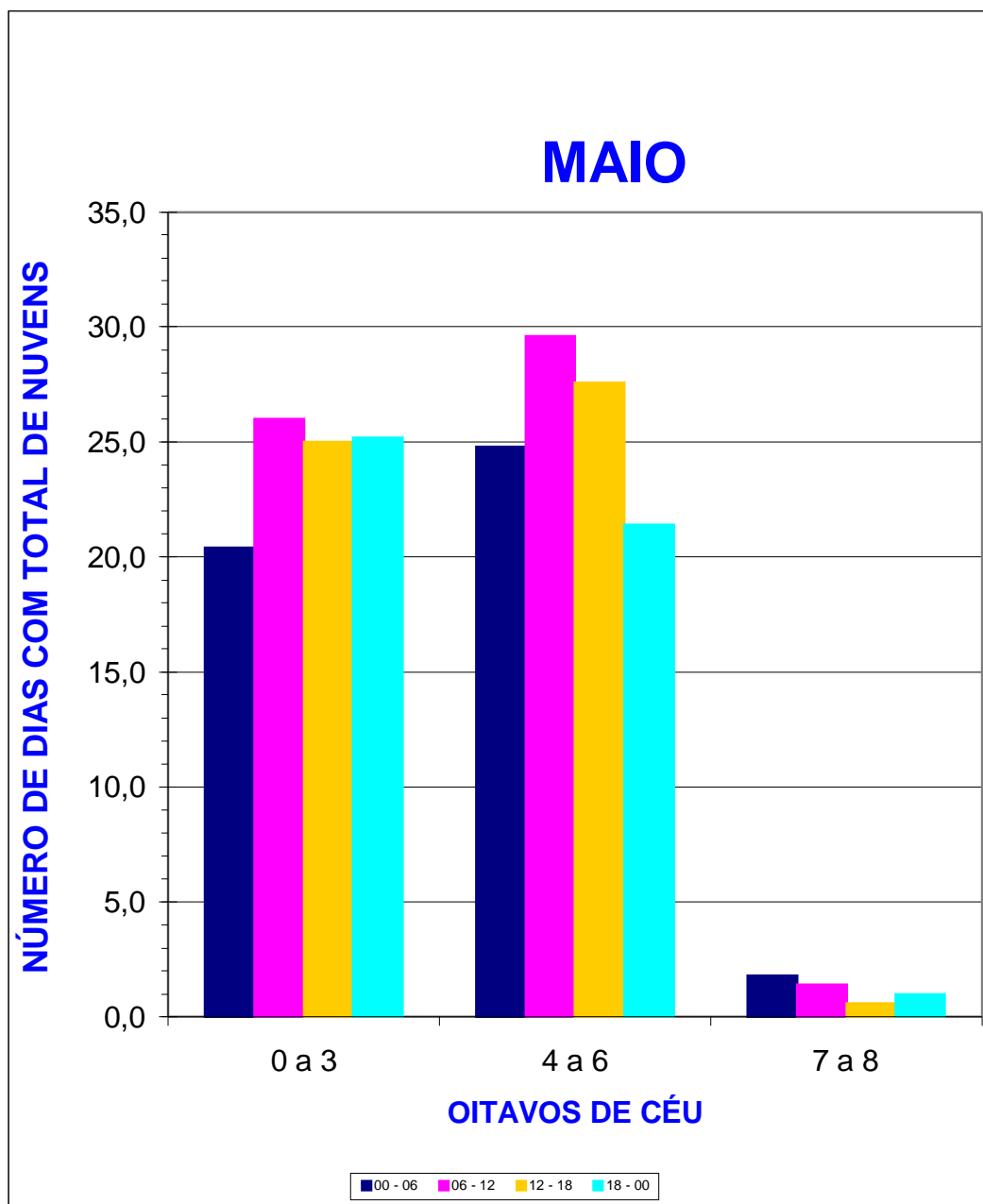


GRÁFICO 39
NUVENS BAIXAS –JUNHO

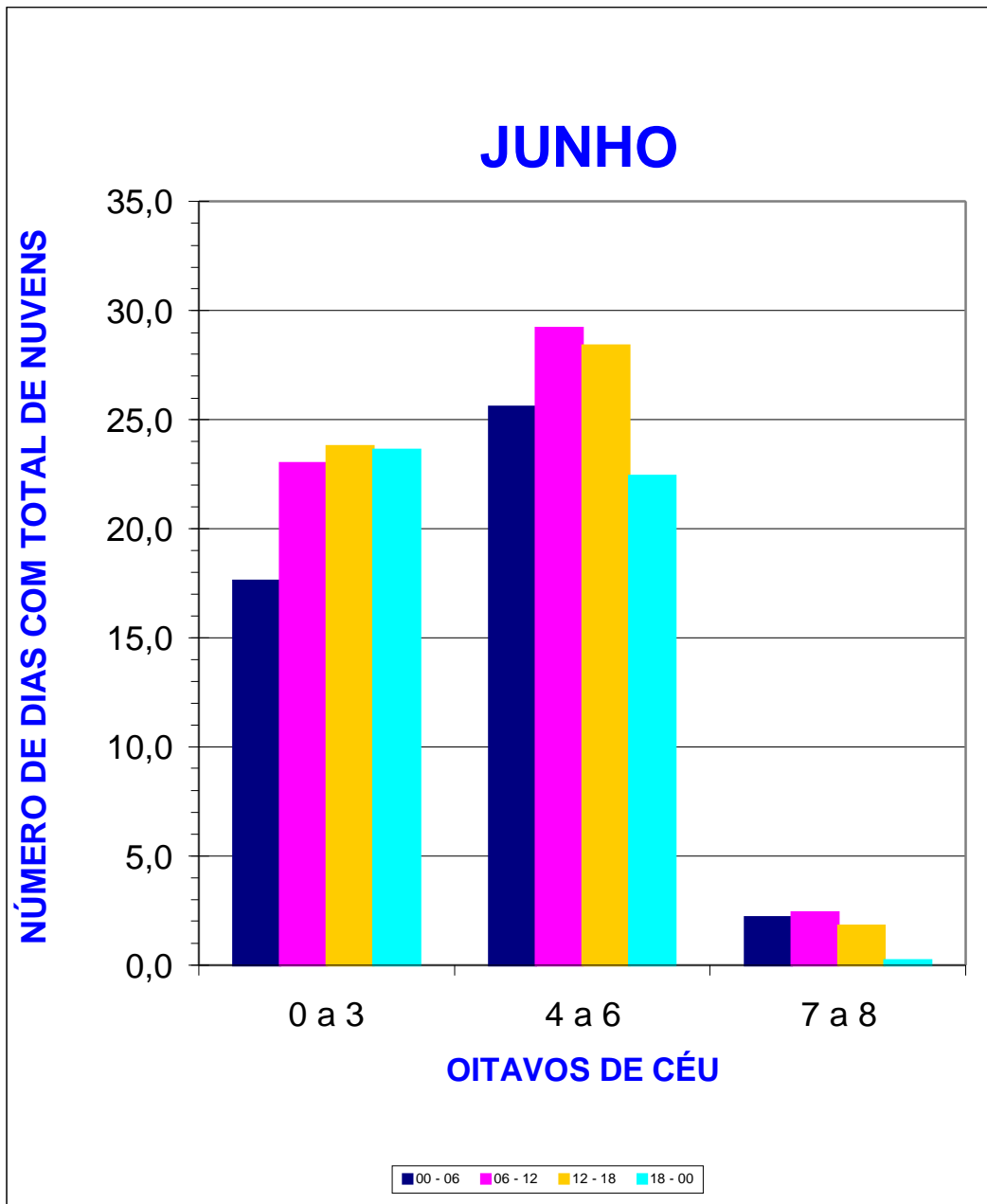


GRÁFICO 40
NUVENS BAIXAS –JULHO

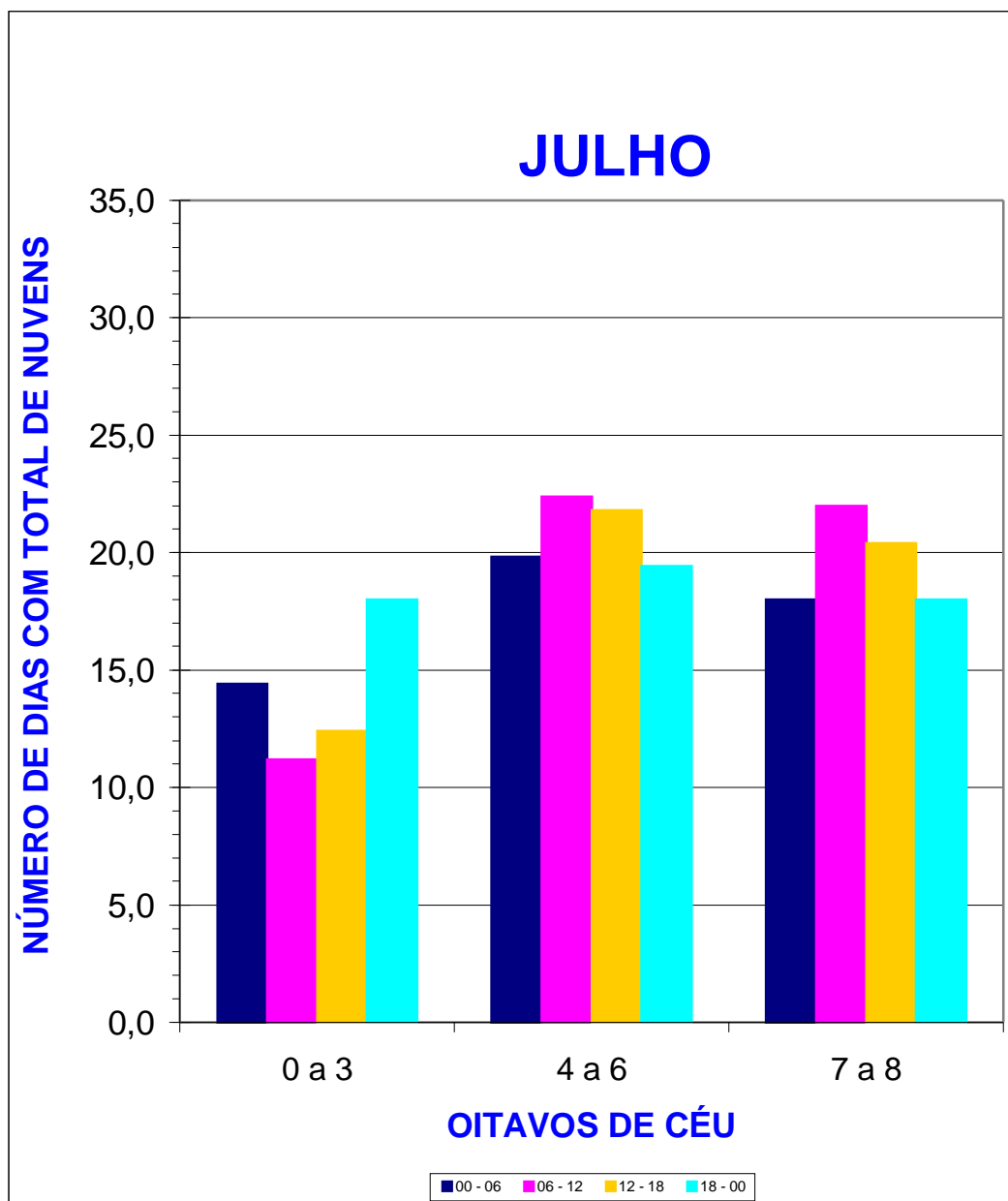


GRÁFICO 41
NUVENS BAIXAS –AGOSTO

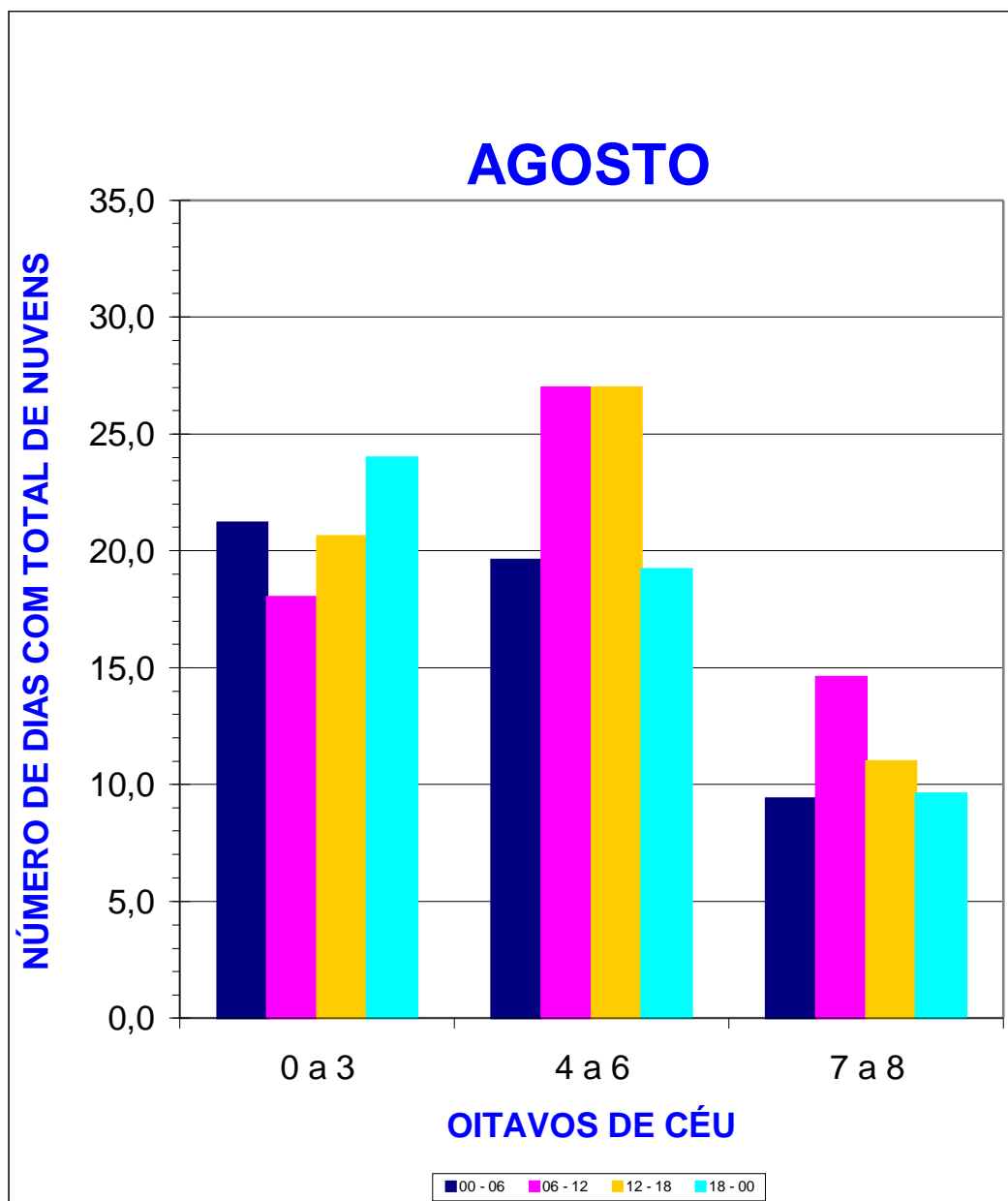


GRÁFICO 42
NUVENS BAIXAS –SETEMBRO

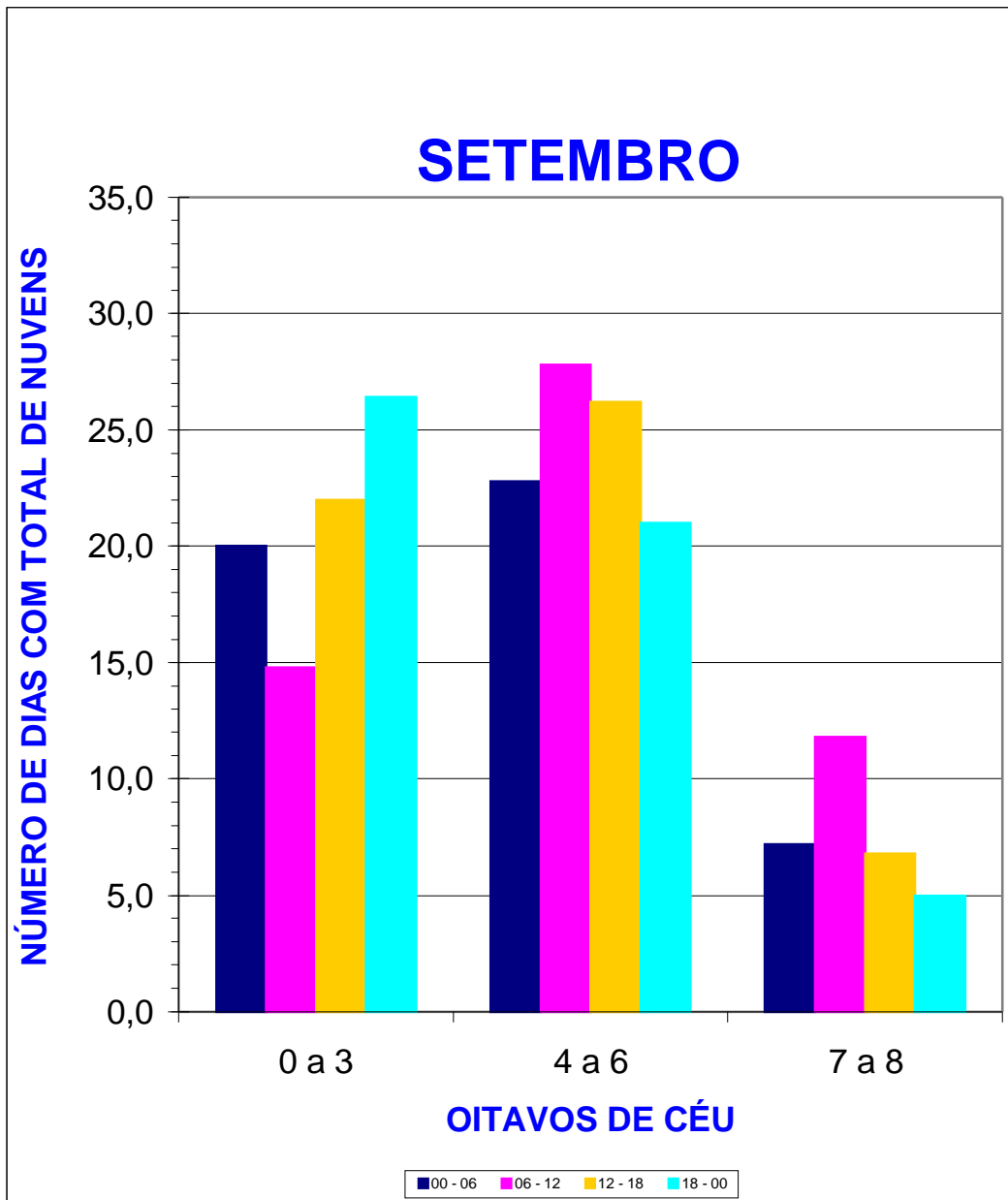


GRÁFICO 43
NUVENS BAIXAS –OUTUBRO

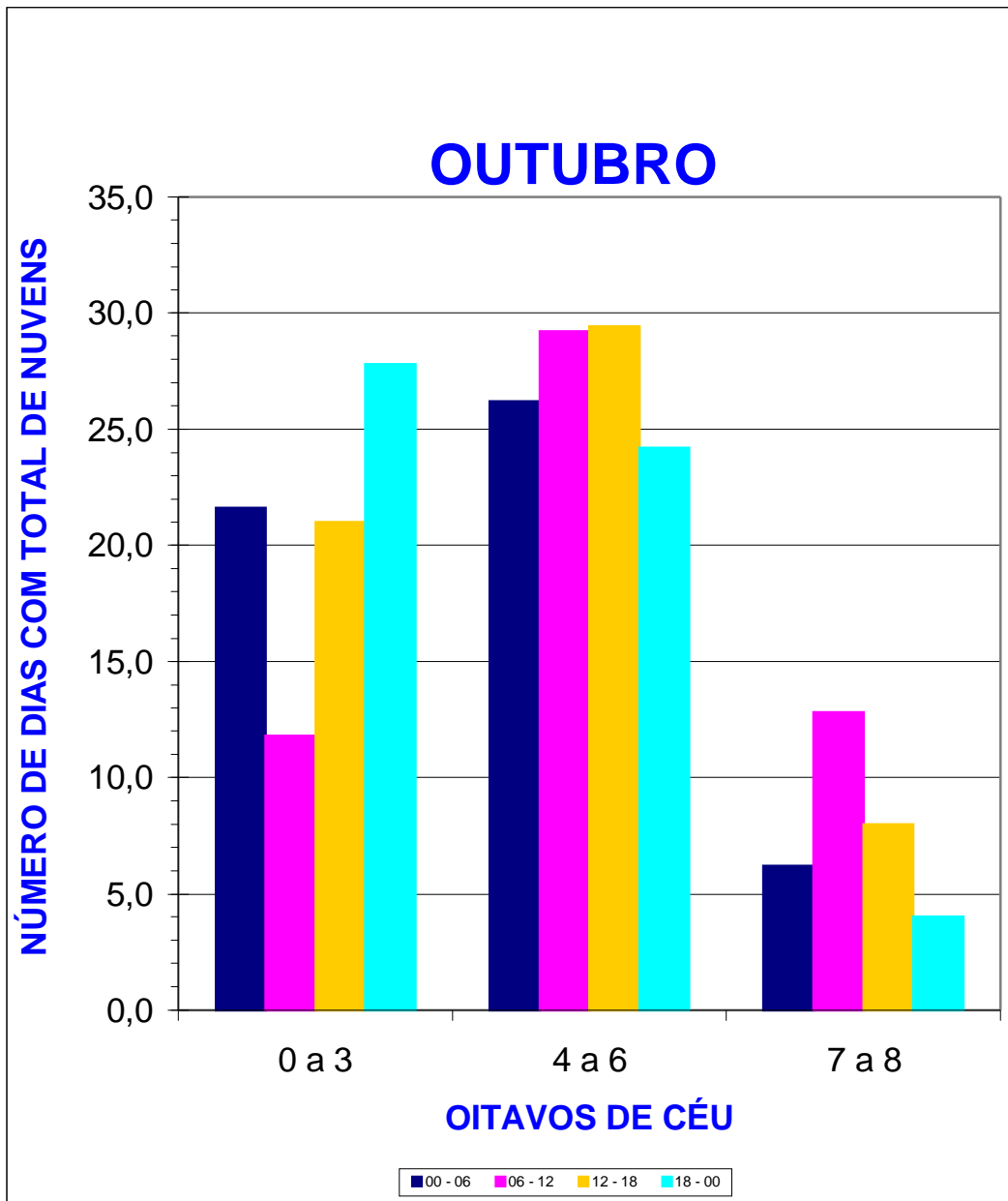


GRÁFICO 44
NUVENS BAIXAS –NOVEMBRO

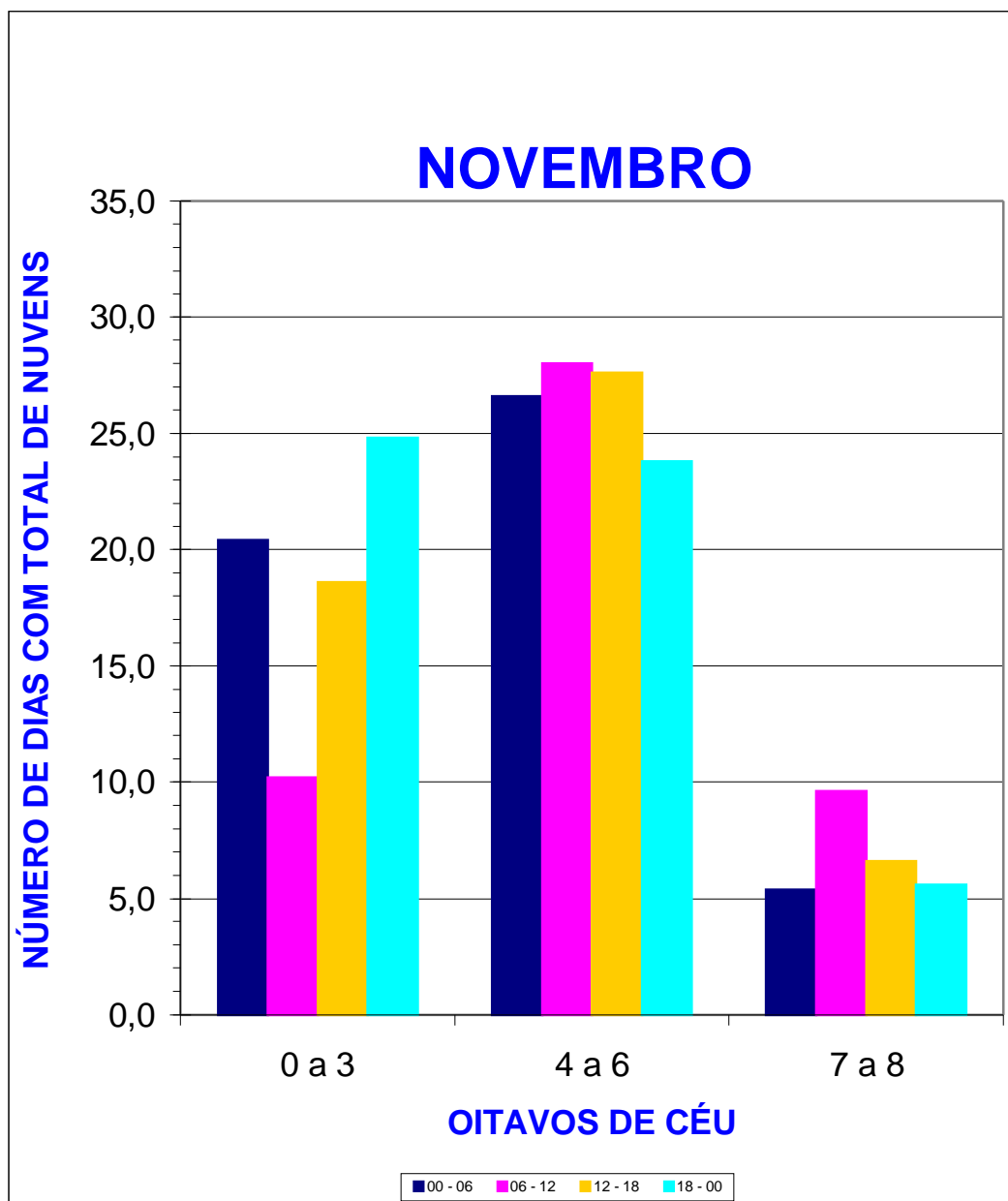


GRÁFICO 45
NUVENS BAIXAS –DEZEMBRO

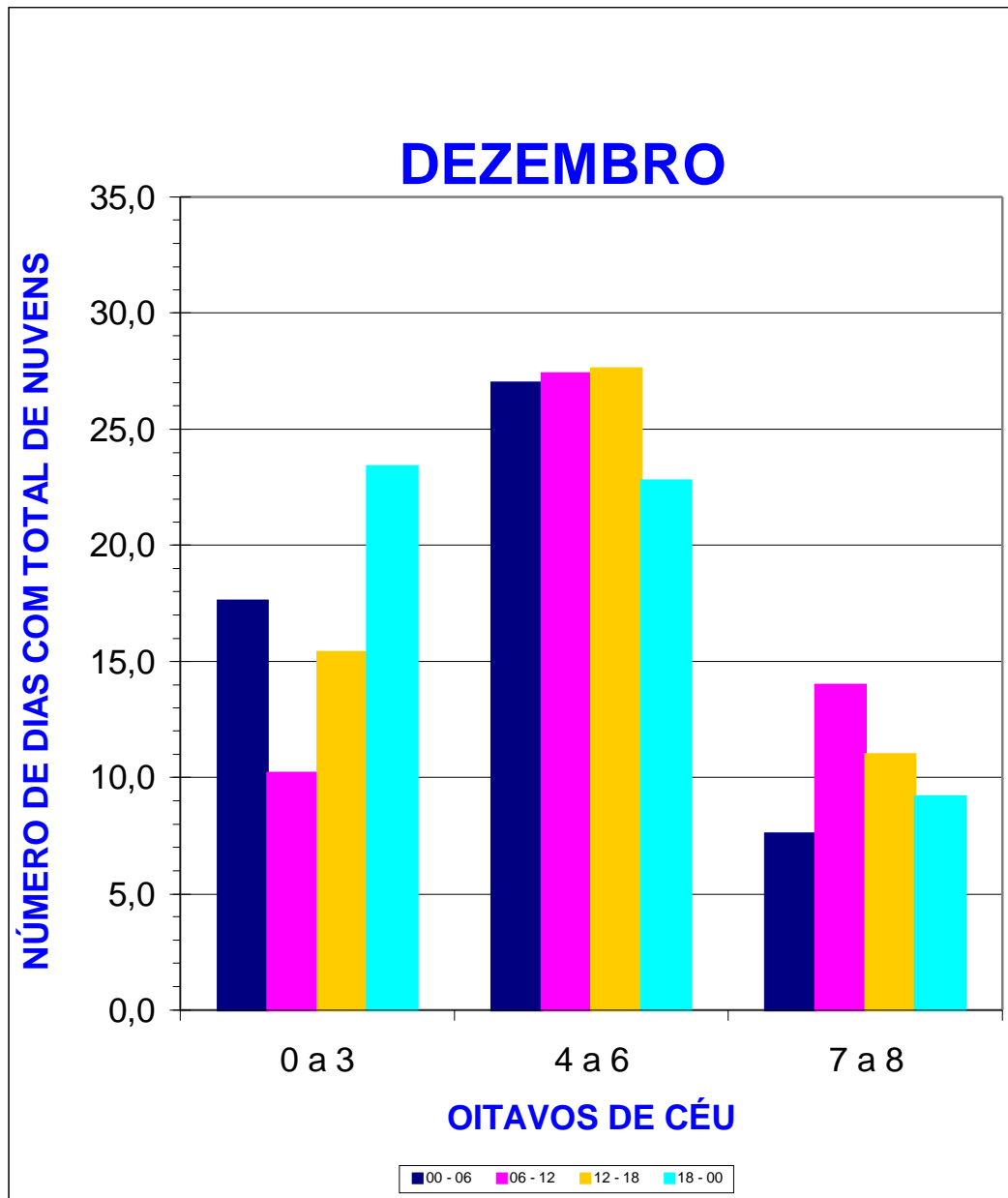


GRÁFICO 46 TODAS AS NUVENS

TODAS AS NUVENS

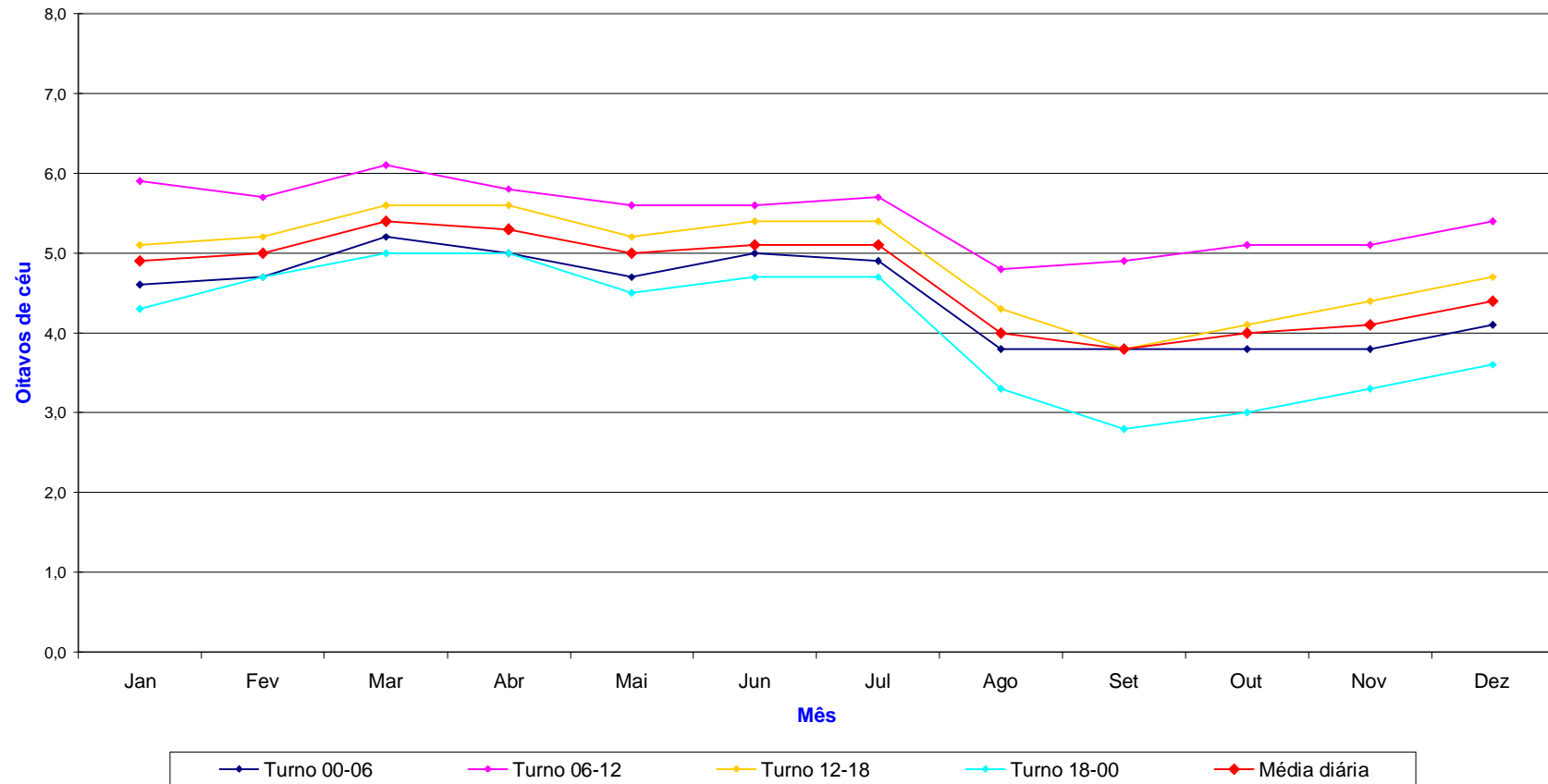


GRÁFICO 47
TODAS AS NUVENS - JANEIRO

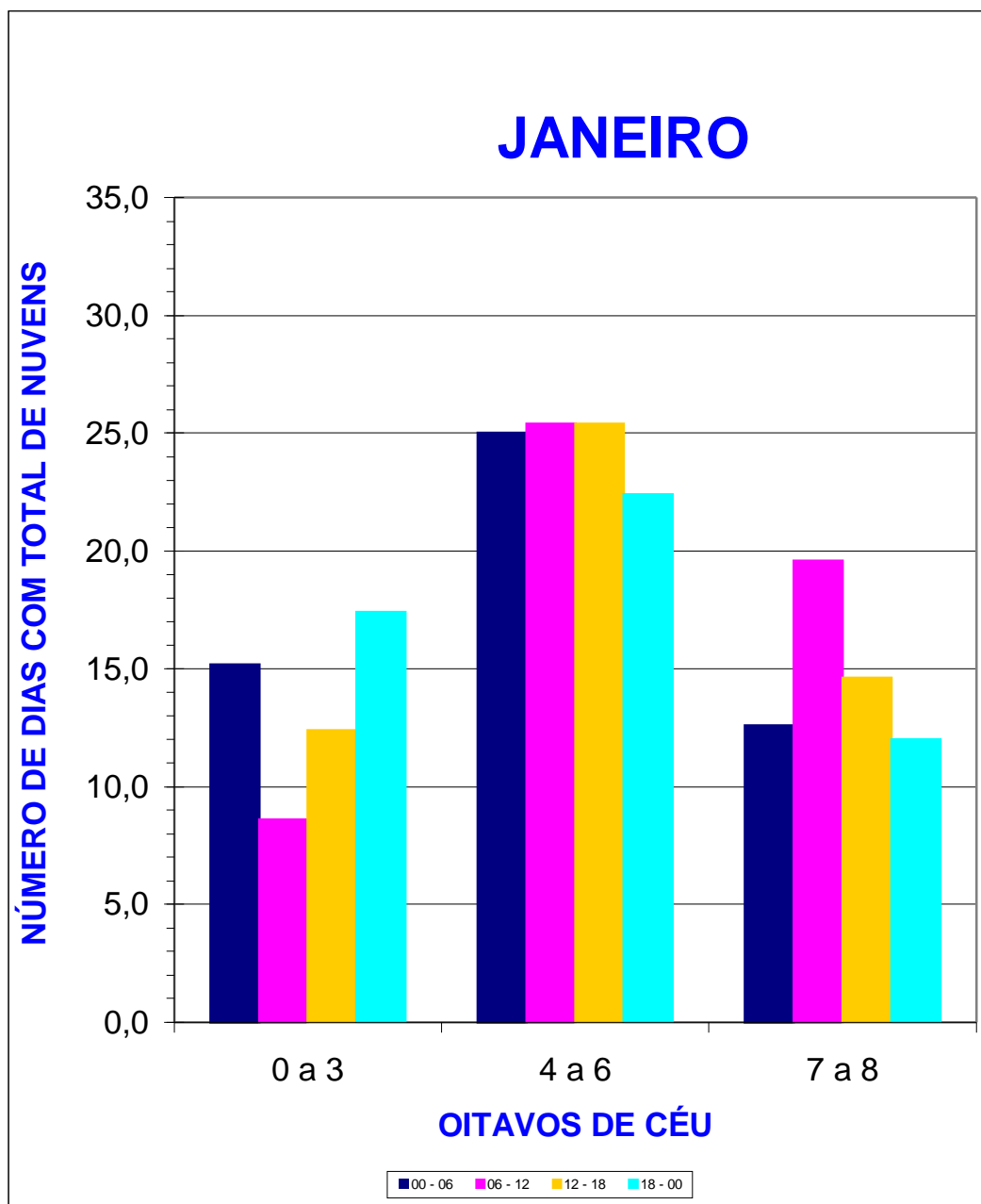


GRÁFICO 48
TODAS AS NUVENS – FEVEREIRO

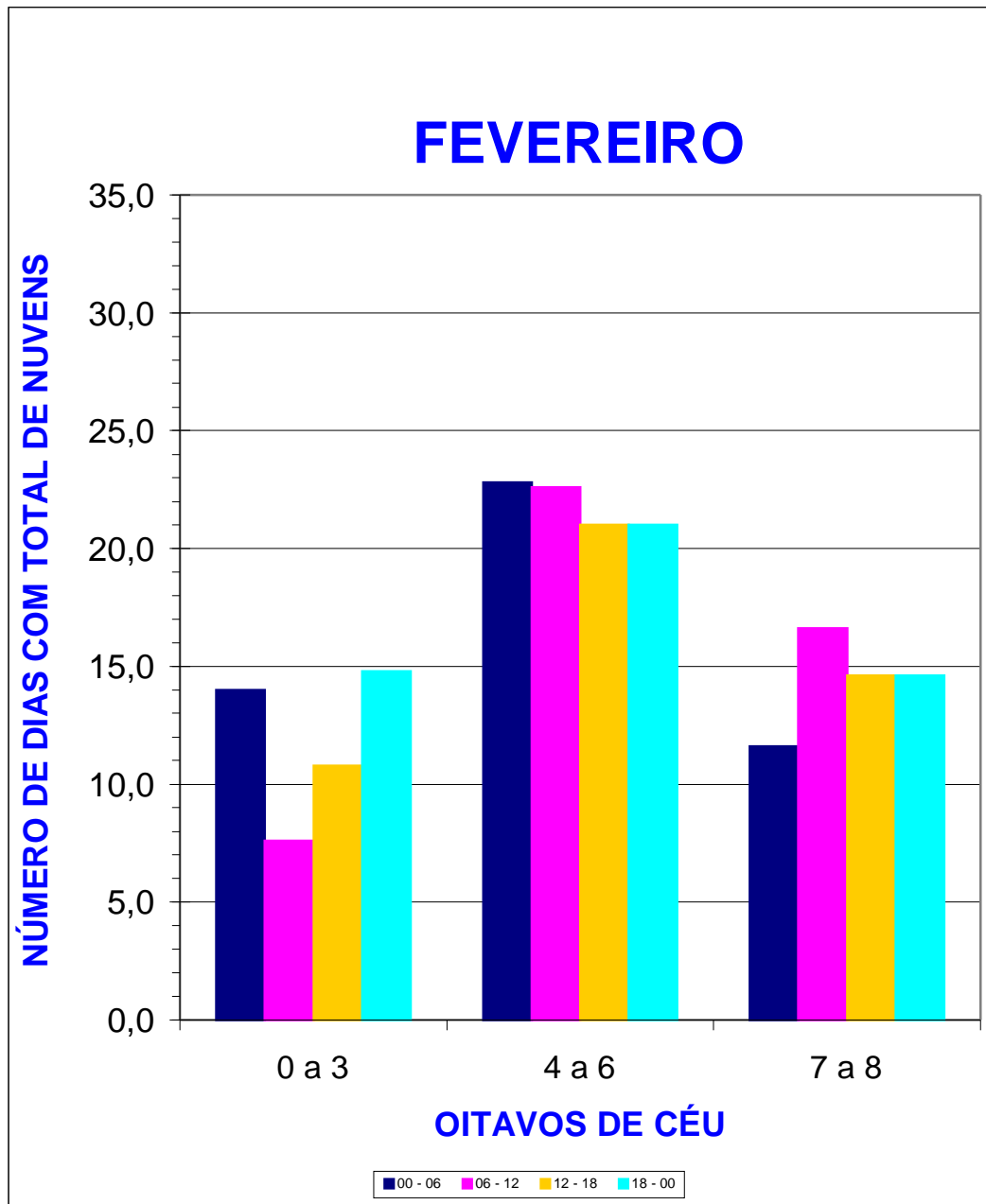


GRÁFICO 49
TODAS AS NUVENS - MARÇO

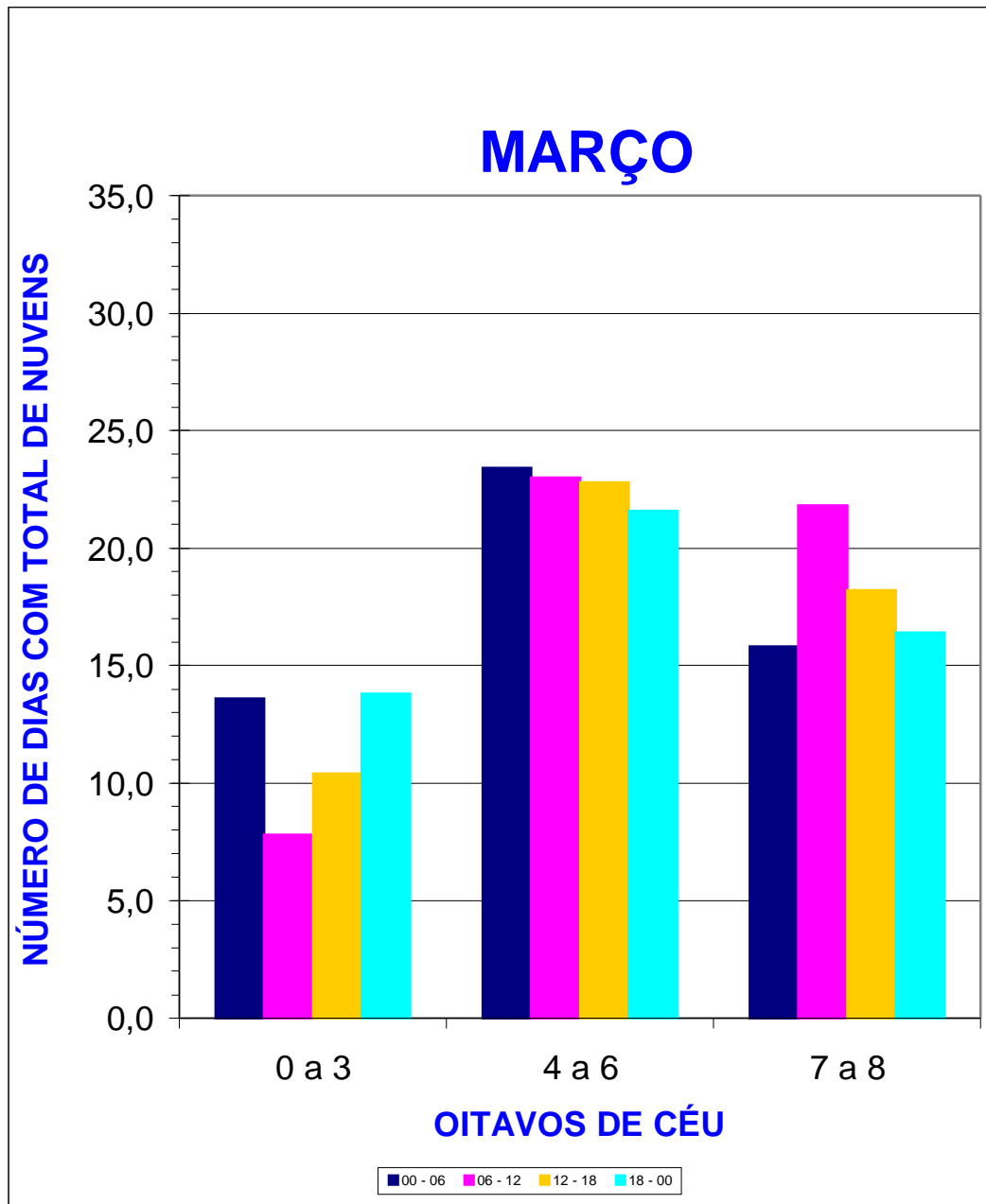


GRÁFICO 50
TODAS AS NUVENS - ABRIL

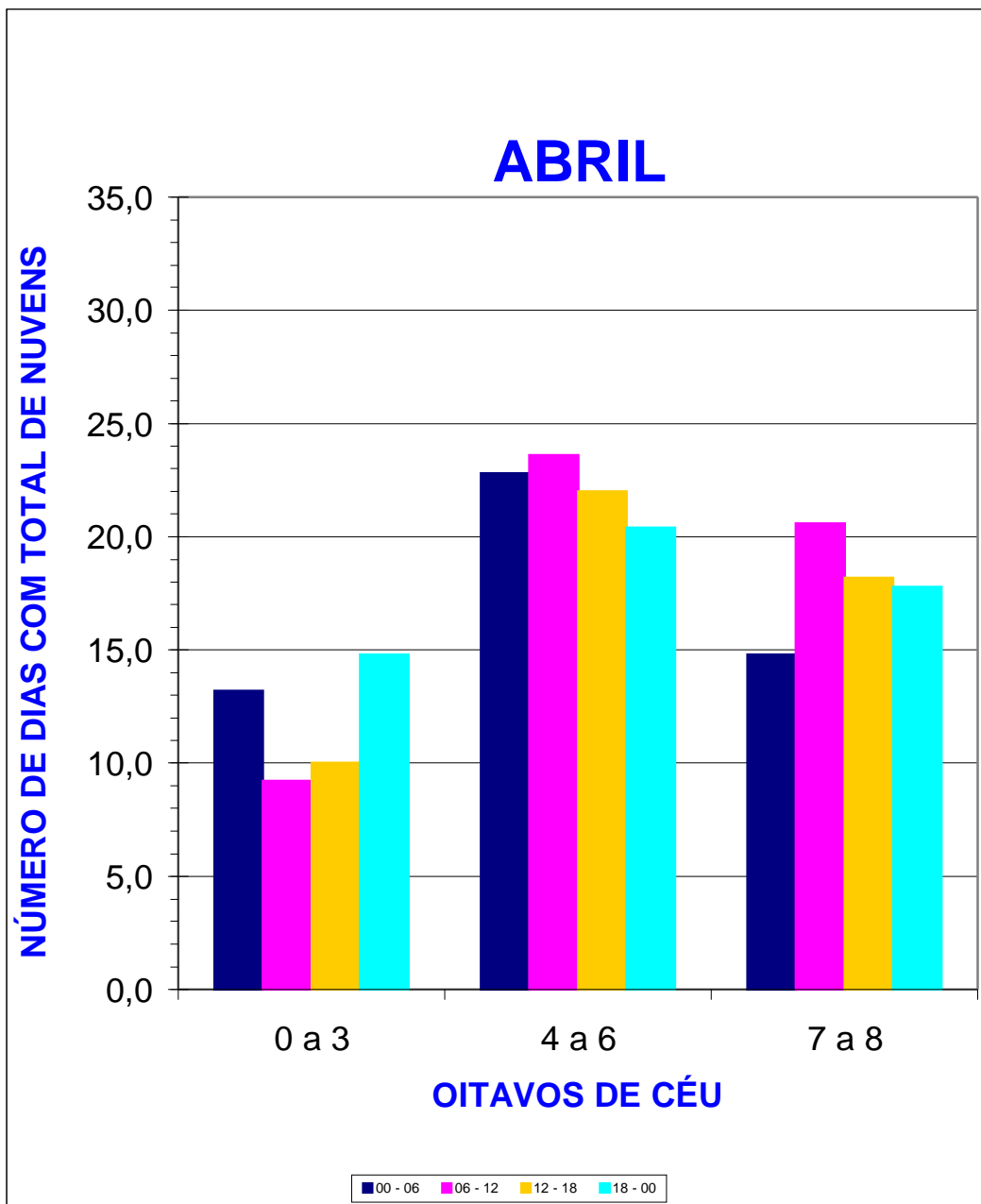


GRÁFICO 51
TODAS AS NUVENS - MAIO

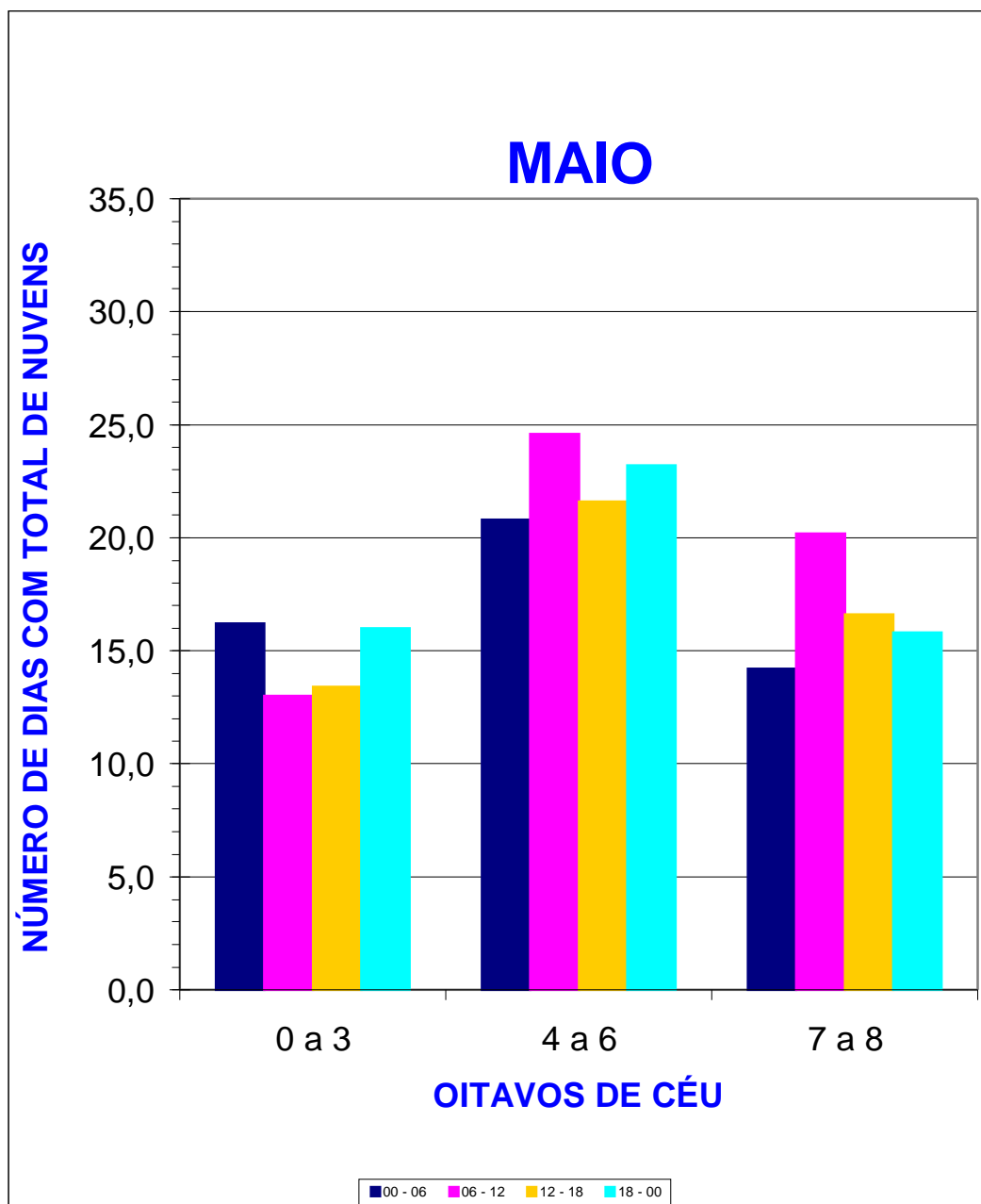


GRÁFICO 52
TODAS AS NUVENS - JUNHO

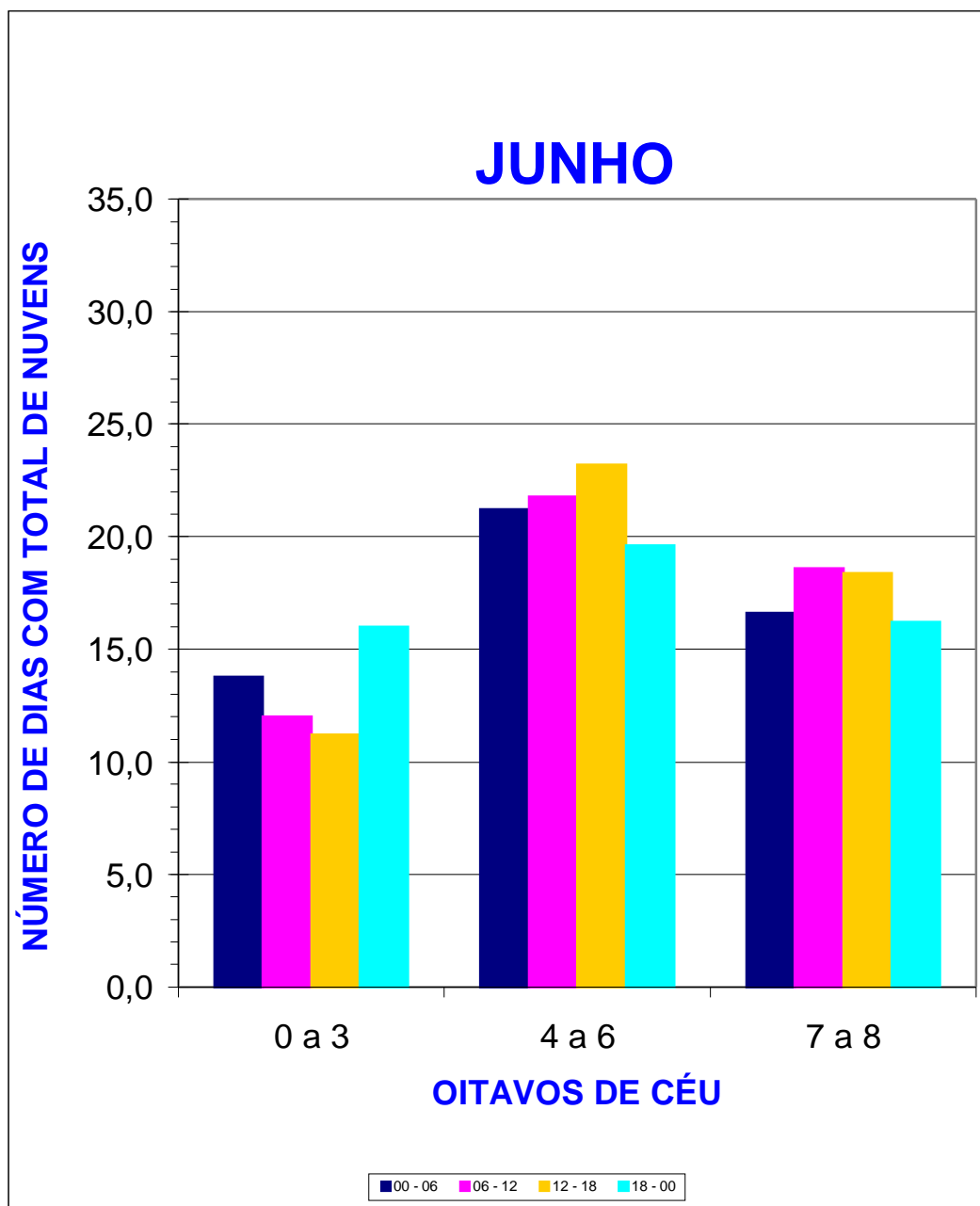


GRÁFICO 53
TODAS AS NUUVENS - JULHO

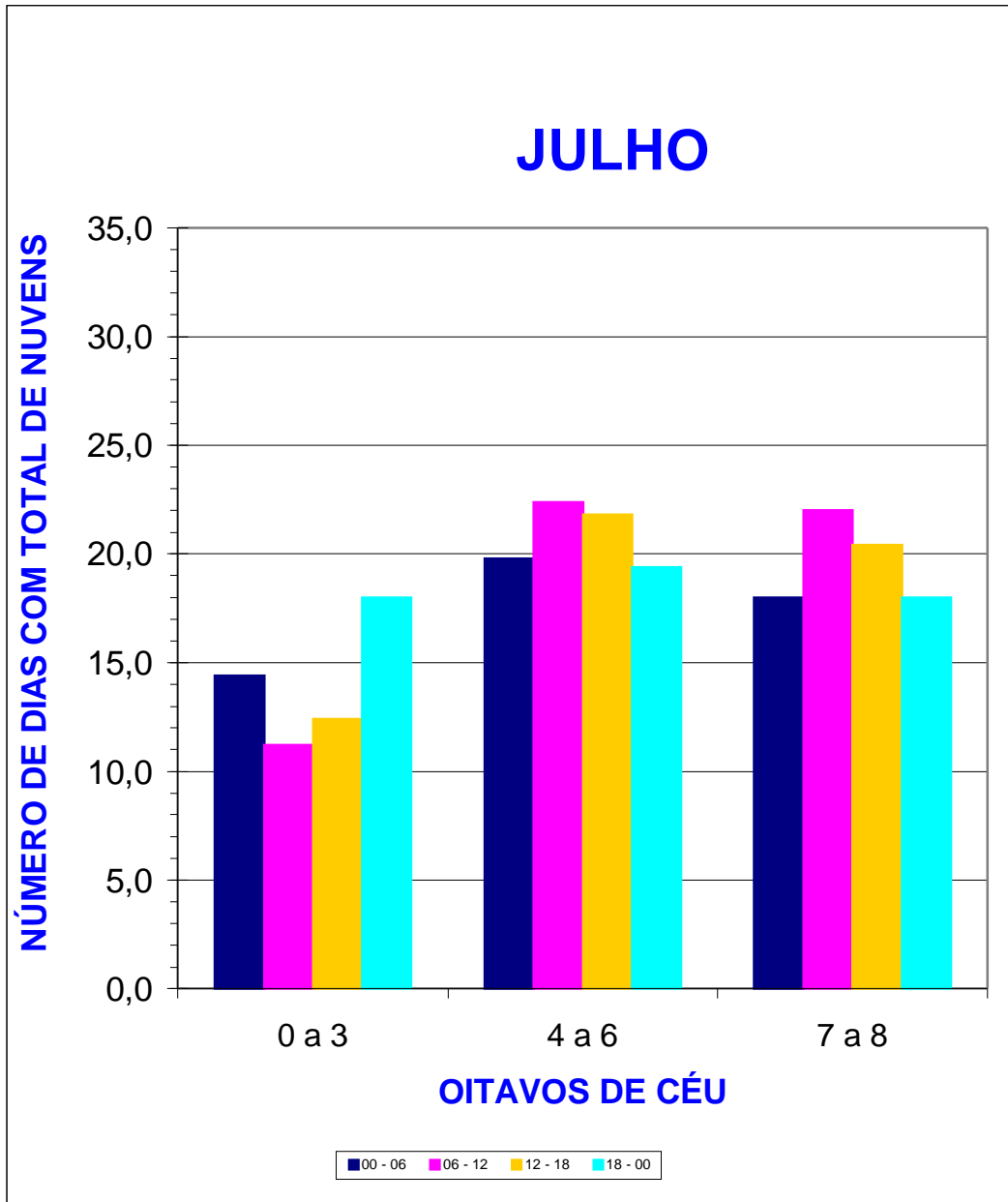


GRÁFICO 54
TODAS AS NUVENS - AGOSTO

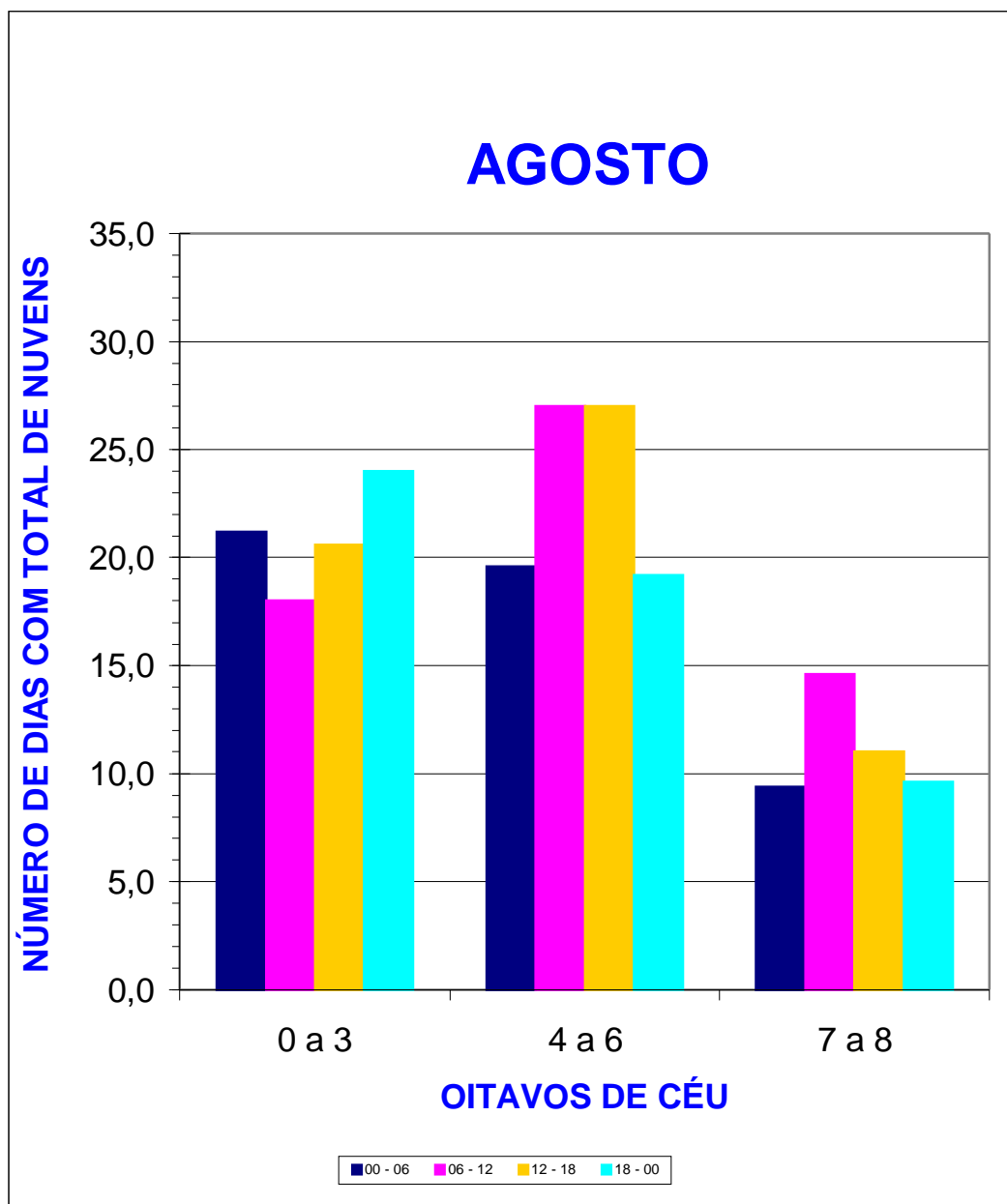


GRÁFICO 55
TODAS AS NUVENS – SETEMBRO

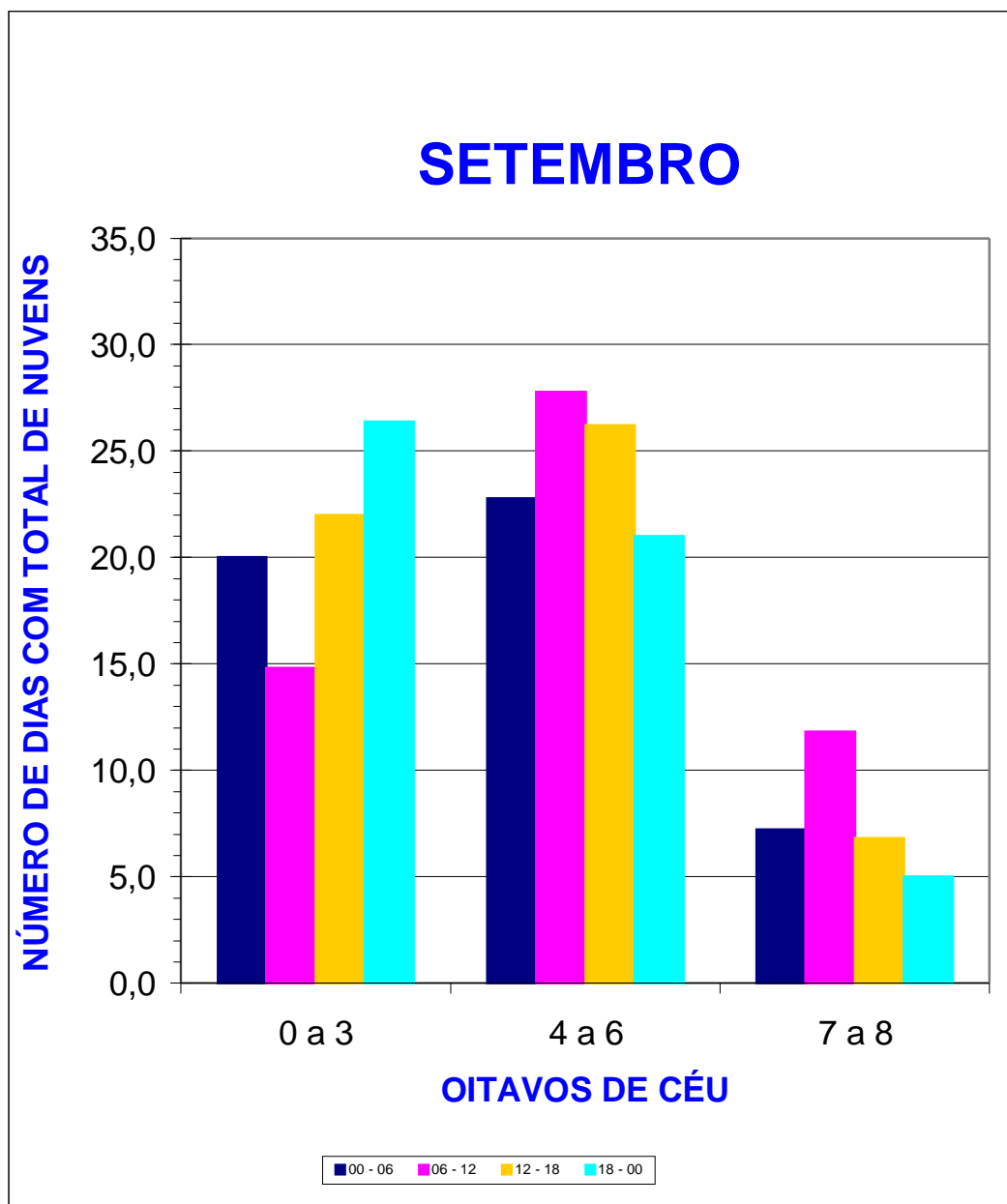


GRÁFICO 56
TODAS AS NUVENS – OUTUBRO

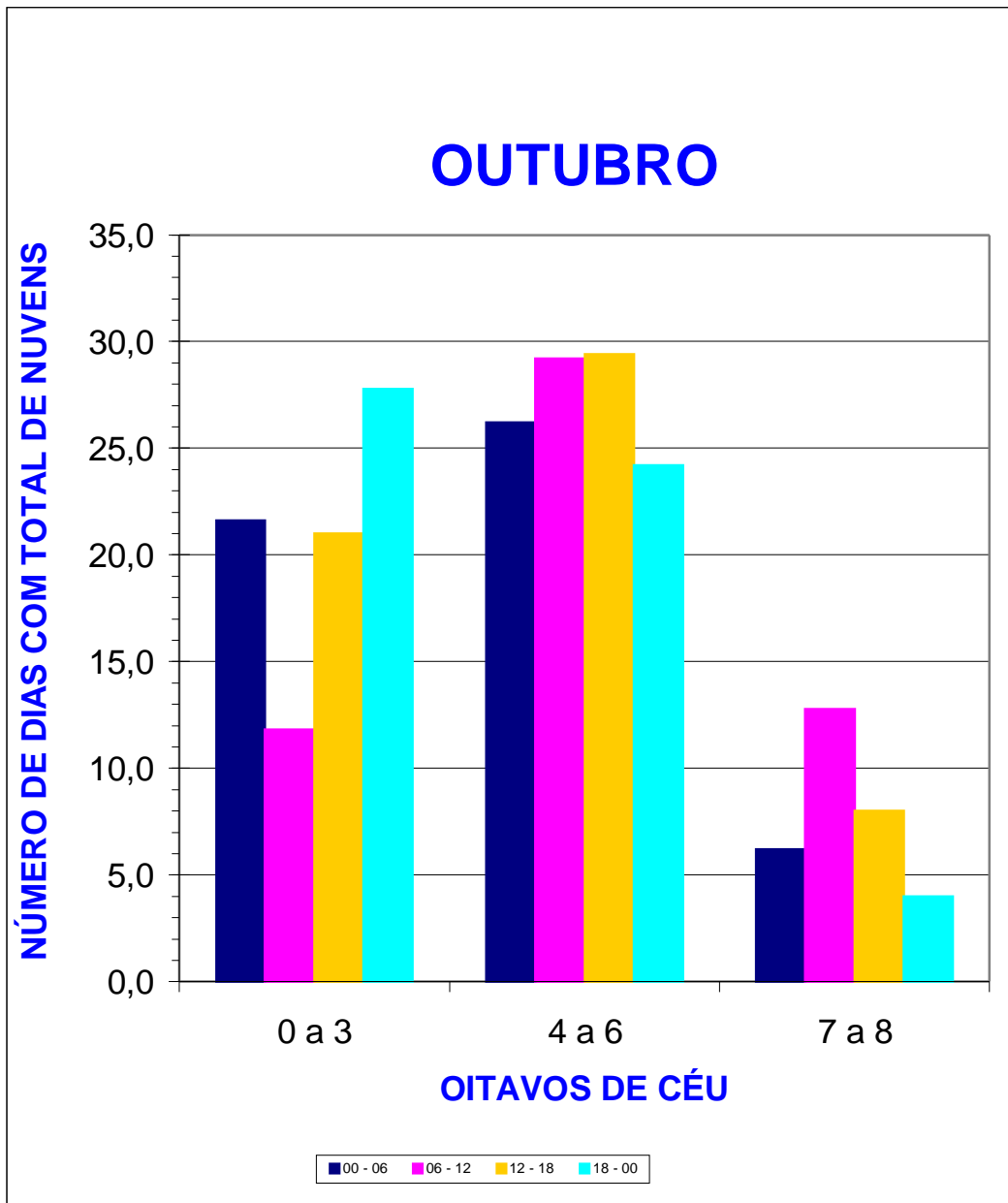


GRÁFICO 57
TODAS AS NUVENS – NOVEMBRO

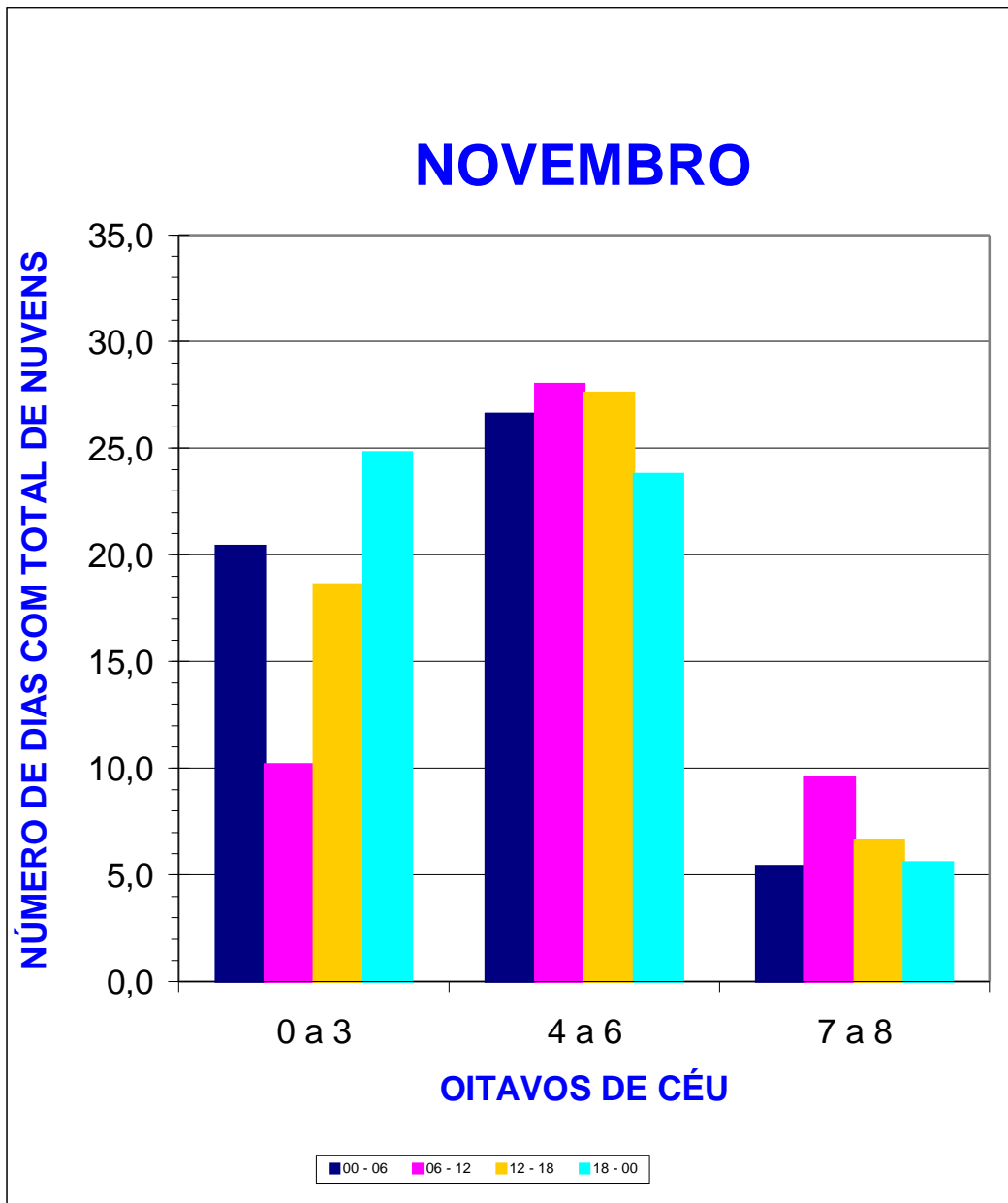


GRÁFICO 58
TODAS AS NUVENS – DEZEMBRO

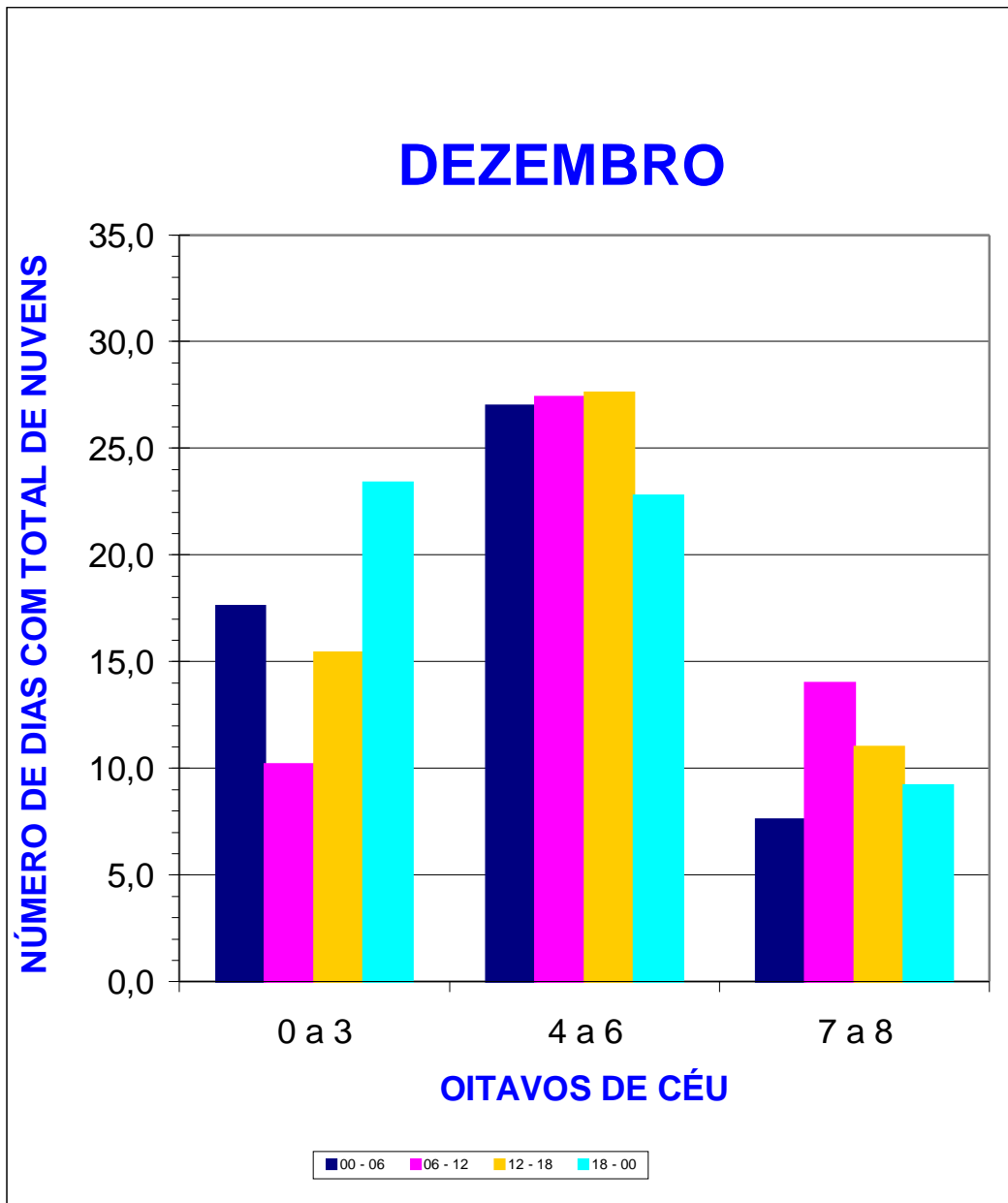


TABELA DE CONDIÇÕES GERAIS DO TEMPO

Condições gerais do tempo significa a condição de tempo que havia no momento da observação, com características bem definidas e classificáveis segundo uma tabela internacional. Na TABELA foi computado o número de dias que certo fenômeno ocorreu no horizonte visual do observador, sendo que neste trabalho os dados foram processados por turno, dentro de cada mês. As condições de tempo registráveis são:

- NIL - Significa que nada registrável ocorreu no momento da observação.
- PRP VTA – (PRECIPITAÇÃO À VISTA) - Significa que do local onde se encontrava o observador foi visível alguma forma de precipitação.
- NVS ou FUM – (NÉVOA SECA ou FUMAÇA) - Que são fenômenos obstrutores de visibilidade e de grande importância em tráfego aéreo.
- ARE ou POE – (AREIA ou POEIRA) - Também fenômenos redutores de visibilidade.
- NVU ou NVO – (NÉVOA ÚMIDA ou NEVOEIRO) - É a nebulosidade que se forma nas camadas inferiores da atmosfera e que fica em contato com a superfície terrestre. São obstrutores de visibilidade, construindo fator restrito de tráfego aéreo, e muito perigoso para o trânsito de veículos nas estradas, principalmente em regiões serranas.
- ISC – (CHUVISCO) - Que pode se apresentar de várias formas registráveis nos boletins meteorológicos: chuvisco leve contínuo (ISC LEV CNT), chuvisco leve intermitente (ISC LEV INT), chuvisco contínuo (ISC CNT), etc.
- CHV – (CHUVA) - Também recebendo quase as mesmas variações registráveis, como: chuva contínua (CHV CNT), chuva intermitente (CHV INT), etc.
- TRV ou RPG – (TROVOADA ou RELÂMPAGO) - Que normalmente ocorre quando há chuva originada por nuvens de grande formação vertical, do tipo cumulonimbus.
- GRZ – GRANIZO)

Aqui cabe uma explicação mais ampla sobre o que seja chuva, neve e granizo, complementado a explicação anterior sobre nuvens. As camadas superiores das nuvens de formação vertical, tipo cumulonimbus ou altostratus, com temperaturas interior bem abaixo do ponto de congelamento, são constituídas principalmente por cristais de gelo. Como a temperatura é mais elevada nas camadas intermediárias, os cristais de gelo que descem e sobem, circulando dentro da nuvem, colidem com gotículas de gelo resfriadas. Ocorrendo aderência aos cristais de gelo, são formados cristais ainda maiores, pesados o suficiente para cair através das correntes ascendentes. Durante a queda os cristais colidem com partículas da nuvem e se avolumam mais. Se a temperatura do ar próximo ao solo estiver abaixo do ponto de congelamento os cristais caem como flocos de neve. Se a temperatura do ar estiver quente eles assumem a forma de chuva. Havendo correntes muito intensas na circulação interior da nuvem, os cristais de gelo poderão subir e descer várias vezes. Na medida que circulam, subindo e descendo em grande velocidade, eles continuam a ganhar volume, até seu peso se tornar suficiente para que se precipitem sob forma de granizo, isto é, pequenas pedras de gelo. Claro está que em Natal jamais caiu ou cairá neve, já que a temperatura do ar nunca registrou valores abaixo de zero. Mas, granizo já ocorreu, embora muito esporadicamente. E sempre é uma ocorrência rápida, e localizada em pequenas áreas, sequer registrável.

A TABELA DE CONDIÇÕES GERAIS DO TEMPO foi montada, como as demais, com as duas primeiras colunas como definidoras do mês e dos quatro turnos. As dez colunas que se seguem são caracterizadoras das condições de tempo, como relacionadas acima, apresentando para cada turno o número de dias que o fenômeno ocorreu. Por exemplo: um pesquisador que saber quando houve maior ocorrência de trovoadas e relâmpago dentro dos dez anos analisados. Na coluna de TRV/RPG encontrará que no turno de 18 às 24 horas do mês de abril foram registradas 6,8 ocorrências.

A **tabela de condições gerais do tempo** gerou os **GRÁFICOS REPRESENTATIVOS** dos fenômenos, um para cada mês do ano. O eixo das ordenadas está apresentando o número de dias que cada fenômeno ocorreu e no eixo das abscissas são abertas colunas para cada fenômeno

TABELA 5
CONDIÇÕES GERAIS DO TEMPO

| MÊS | TURNO | NUMERO DE DIAS COM: | | | | | | | | | |
|-----|---------|---------------------|---------|---------|---------|---------|-----|-----|-----|---------|-----|
| | | NIL | PRP/UTA | NVS/FUM | ARE/POE | NVU/NVO | ISC | CHV | NVE | TRV/RPG | GRZ |
| Jan | 00 - 06 | 30,6 | 0,8 | | | | | 3,0 | | 0,2 | |
| | 06 - 12 | 30,2 | 9,2 | | | | | 3,2 | | | |
| | 12 - 18 | 31,0 | 3,8 | | | | 0,2 | 1,0 | | | |
| | 18 - 00 | 31,0 | 4,6 | | | | | 0,8 | | 2,2 | |
| Fev | 00 - 06 | 27,8 | 8,0 | | | | 0,2 | 3,0 | | 0,2 | |
| | 06 - 12 | 27,4 | 8,4 | | | 0,2 | 0,2 | 3,8 | | | |
| | 12 - 18 | 28,0 | 3,8 | | | | | 1,4 | | 0,6 | |
| | 18 - 00 | 27,8 | 4,6 | 0,2 | | | | 1,4 | | 2,8 | |
| Mar | 00 - 06 | 29,6 | 11,2 | | | | 0,2 | 5,0 | | 0,8 | |
| | 06 - 12 | 30,2 | 13,4 | | | 0,2 | 0,4 | 4,4 | | 1,2 | |
| | 12 - 18 | 30,0 | 7,2 | | | | 0,2 | 2,8 | | 0,8 | |
| | 18 - 00 | 30,0 | 8,0 | | | | 0,2 | 3,6 | | 4,6 | |
| Abr | 00 - 06 | 28,2 | 10,8 | | | 0,2 | 0,4 | 5,8 | | 1,4 | |
| | 06 - 12 | 28,8 | 12,2 | | | 0,2 | 0,8 | 4,0 | | 0,6 | |
| | 12 - 18 | 29,4 | 9,2 | | | | 0,4 | 2,0 | | 1,2 | |
| | 18 - 00 | 29,0 | 7,6 | | | | | 4,0 | | 6,8 | |
| Mai | 00 - 06 | 29,8 | 9,8 | | | | 0,2 | 6,4 | | 0,2 | |
| | 06 - 12 | 29,8 | 10,8 | | | | 1,4 | 4,6 | | | |
| | 12 - 18 | 30,4 | 8,0 | | | | 0,2 | 2,6 | | | |
| | 18 - 00 | 30,4 | 7,4 | | | | | 3,4 | | 2,6 | |
| Jun | 00 - 06 | 27,4 | 13,2 | | | | 1,0 | 8,8 | | 0,4 | |
| | 06 - 12 | 27,4 | 13,8 | | | 0,4 | 1,0 | 6,8 | | | |
| | 12 - 18 | 29,0 | 9,4 | | | | 1,0 | 4,0 | | | |
| | 18 - 00 | 27,8 | 11,0 | | | | 0,4 | 5,6 | | | |
| Jul | 00 - 06 | 29,4 | 12,2 | | | 0,4 | 1,4 | 7,2 | | | |
| | 06 - 12 | 28,2 | 14,2 | | | 1,0 | 1,4 | 8,6 | | | |
| | 12 - 18 | 29,2 | 10,6 | | | | 1,4 | 3,6 | | 0,2 | |
| | 18 - 00 | 29,6 | 12,4 | | | | 0,6 | 5,0 | | 0,2 | |
| Ago | 00 - 06 | 30,2 | 8,2 | | | | 0,6 | 2,8 | | | |
| | 06 - 12 | 30,0 | 10,4 | | | | 0,2 | 4,2 | | | |
| | 12 - 18 | 30,8 | 5,6 | | | | 0,2 | 1,4 | | | |
| | 18 - 00 | 30,2 | 6,6 | | | 0,2 | 0,2 | 1,8 | | | |
| Set | 00 - 06 | 29,6 | 7,6 | | | | 0,2 | 3,0 | | | |
| | 06 - 12 | 29,6 | 8,8 | | | | 0,2 | 2,4 | | | |
| | 12 - 18 | 30,0 | 3,4 | | | | | 0,4 | | | |
| | 18 - 00 | 29,8 | 5,2 | | | | 0,2 | 1,6 | | | |
| Out | 00 - 06 | 31,0 | 3,8 | | | 0,2 | | 1,2 | | | |
| | 06 - 12 | 30,8 | 6,2 | | | 0,2 | 0,4 | 1,0 | | | |
| | 12 - 18 | 31,0 | 2,6 | | | | | 0,4 | | | |
| | 18 - 00 | 31,0 | 2,0 | | | | | 0,6 | | | |
| Nov | 00 - 06 | 30,0 | 4,8 | | | | 0,2 | 0,6 | | | |
| | 06 - 12 | 30,0 | 4,0 | | | | | 0,4 | | | |
| | 12 - 18 | 29,8 | 0,8 | | | | | | | | |
| | 18 - 00 | 30,0 | 3,4 | | | | | 0,2 | | 0,2 | |
| Dez | 00 - 06 | 30,8 | 6,8 | 0,2 | | | | 1,0 | | 0,2 | |
| | 06 - 12 | 30,6 | 6,2 | 0,2 | | | | 1,4 | | | |
| | 12 - 18 | 31,0 | 1,8 | | | | | 0,6 | | | |
| | 18 - 00 | 30,8 | 2,8 | | | | | 1,0 | | 1,0 | |

GRÁFICO 59
CONDIÇÕES GERAIS DO TEMPO – JANEIRO

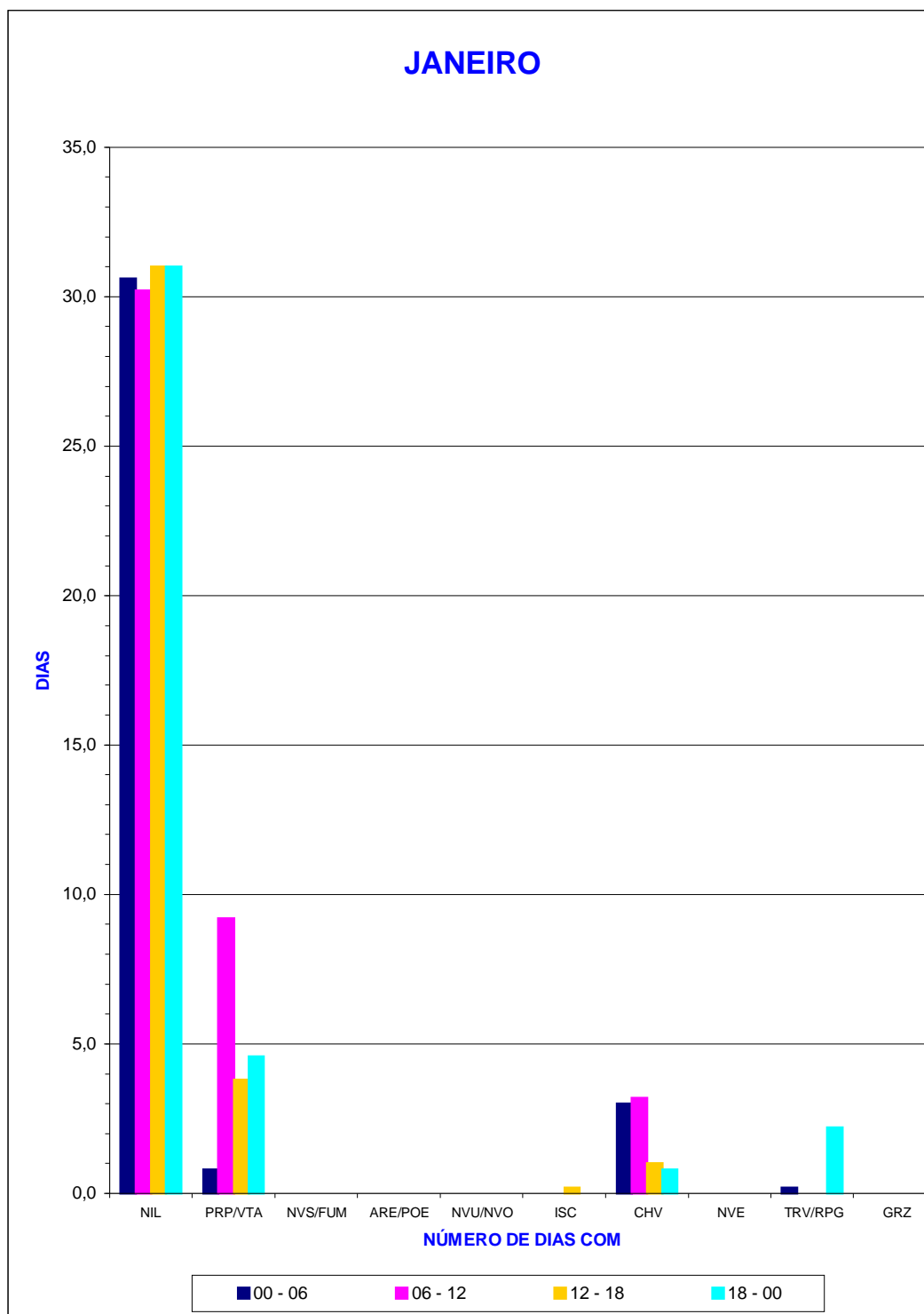


GRÁFICO 60
CONDIÇÕES GERAIS DO TEMPO – FEVEREIRO

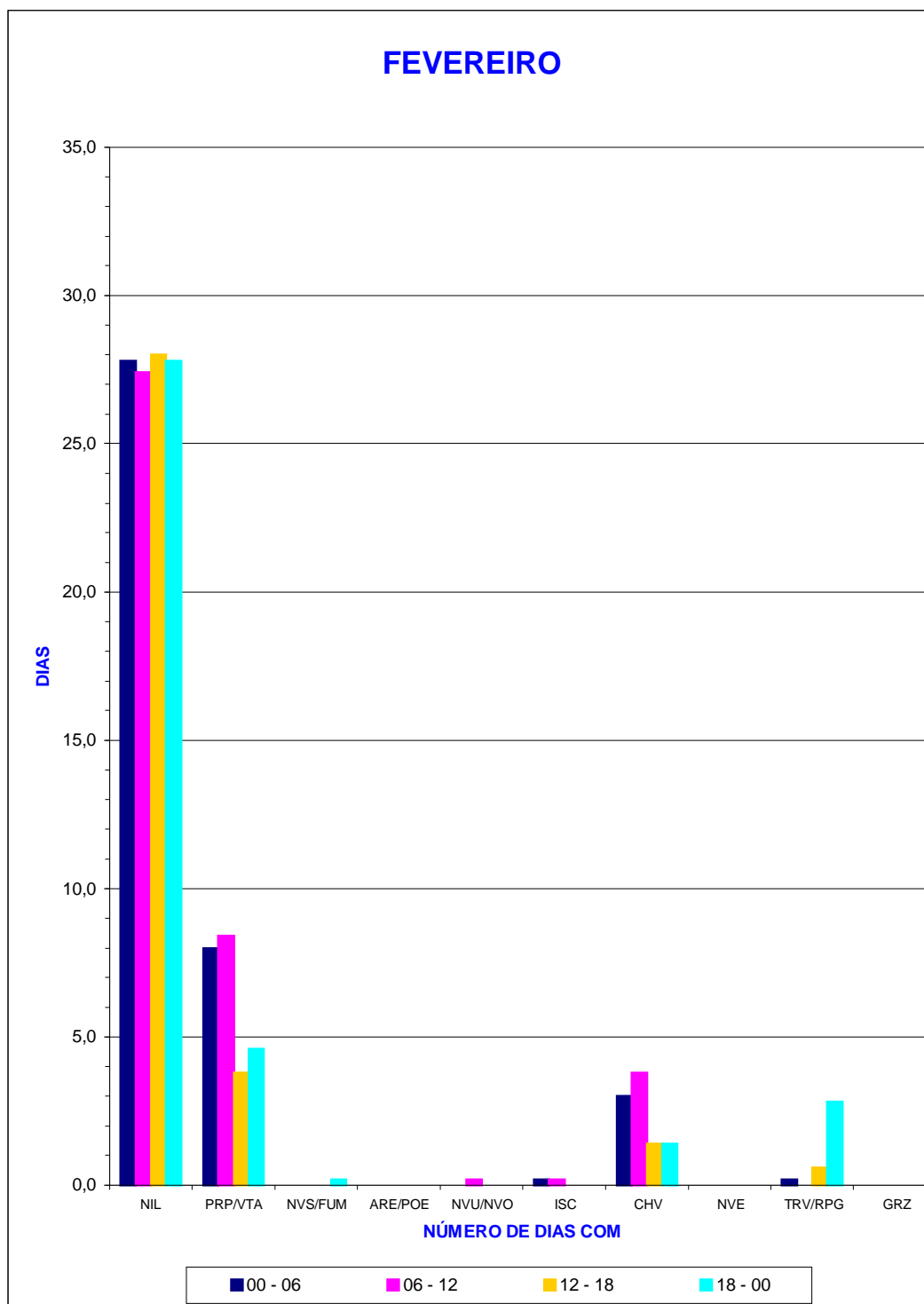


GRÁFICO 61
CONDIÇÕES GERAIS DO TEMPO – MARÇO

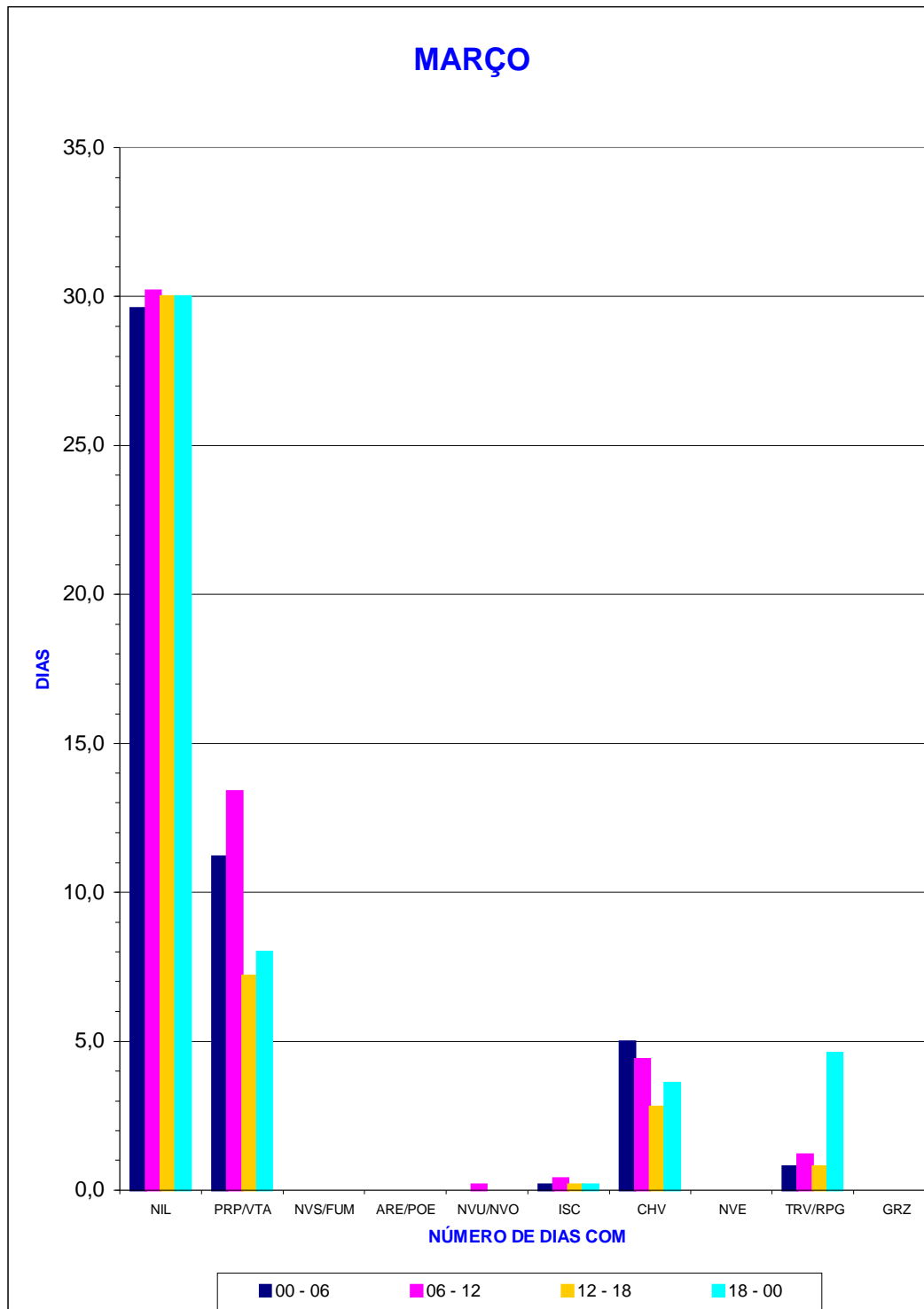


GRÁFICO 62
CONDIÇÕES GERAIS DO TEMPO – ABRIL

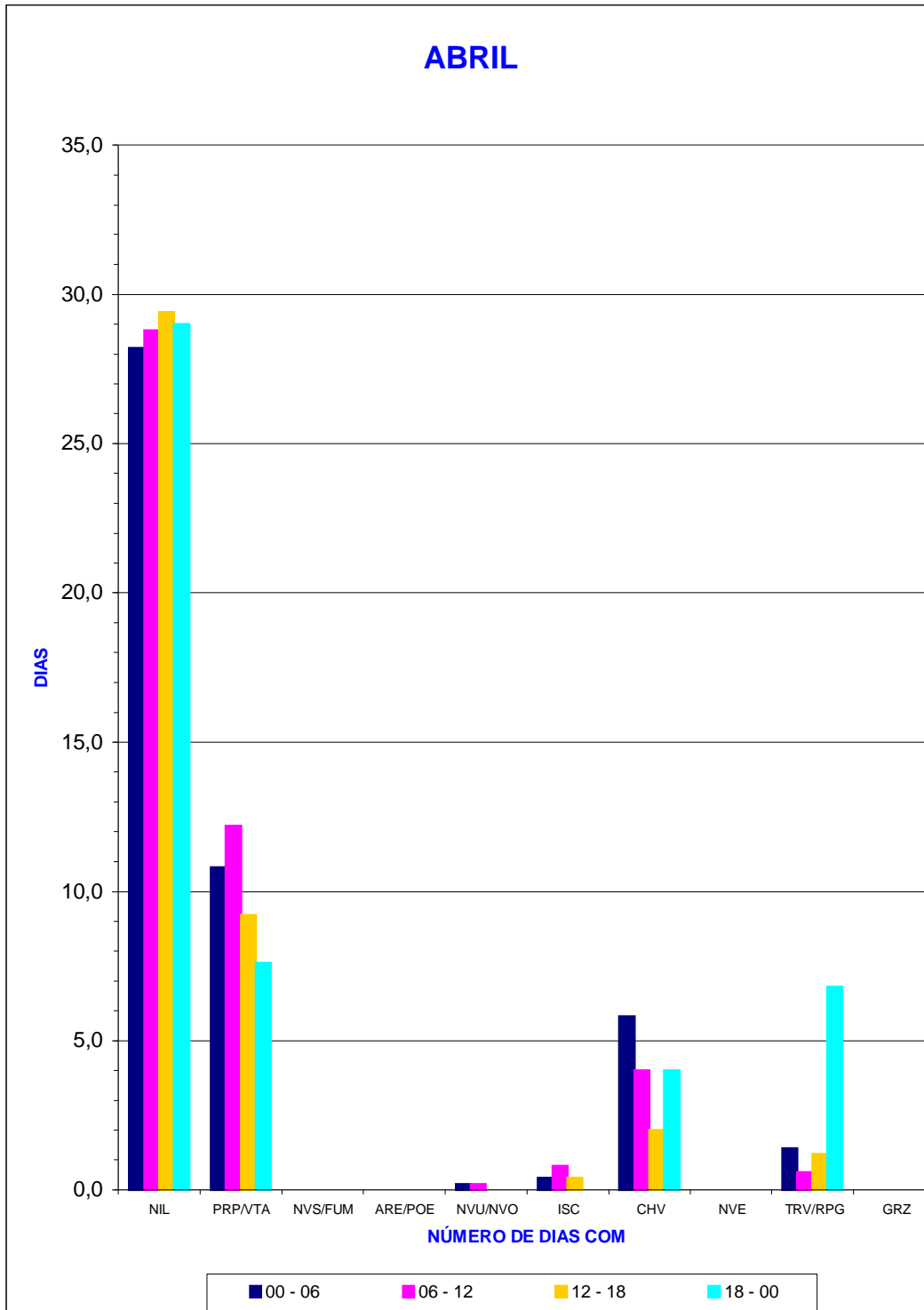


GRÁFICO 63
CONDIÇÕES GERAIS DO TEMPO – MAIO

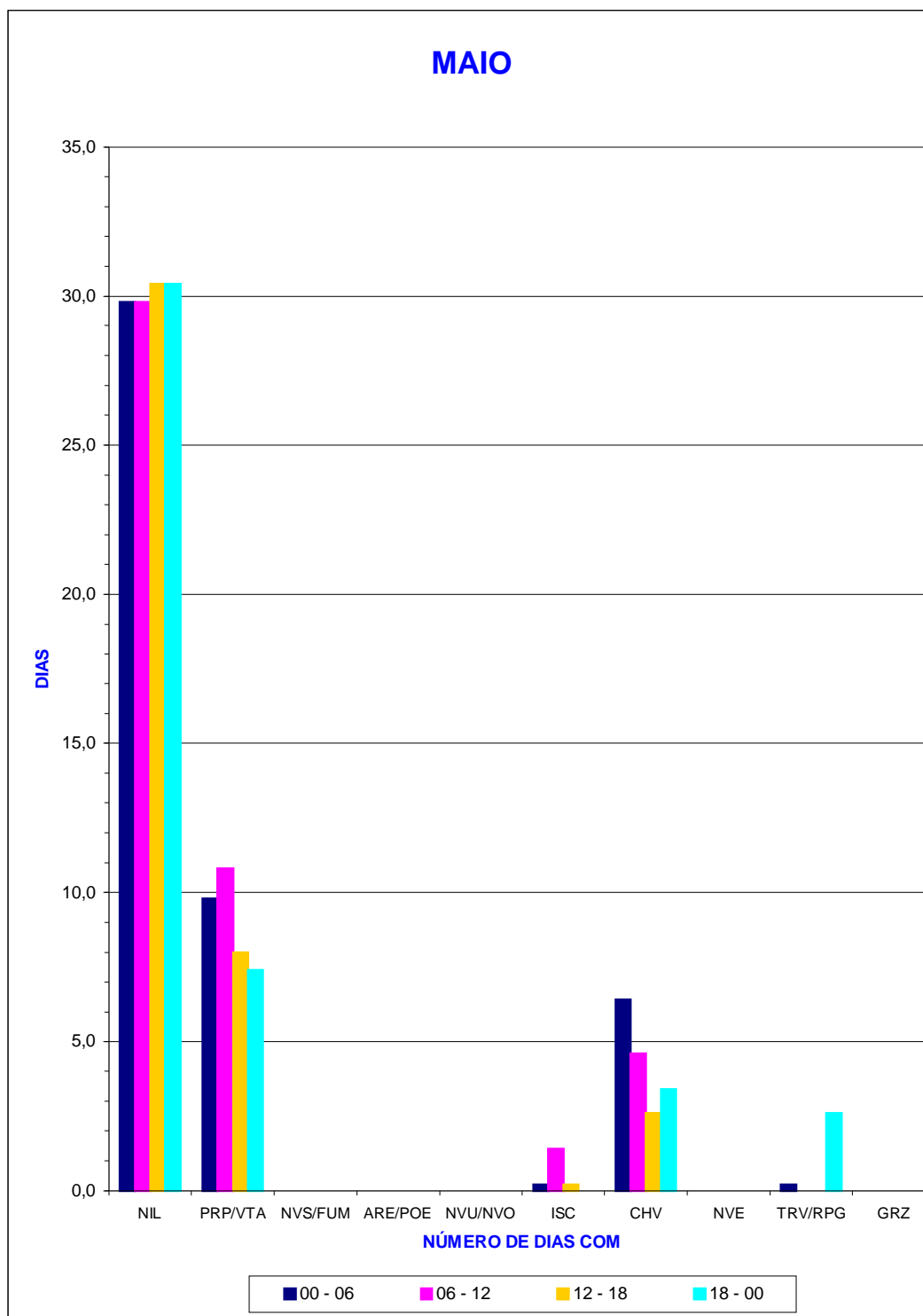


GRÁFICO 64
CONDIÇÕES GERAIS DO TEMPO – JUNHO

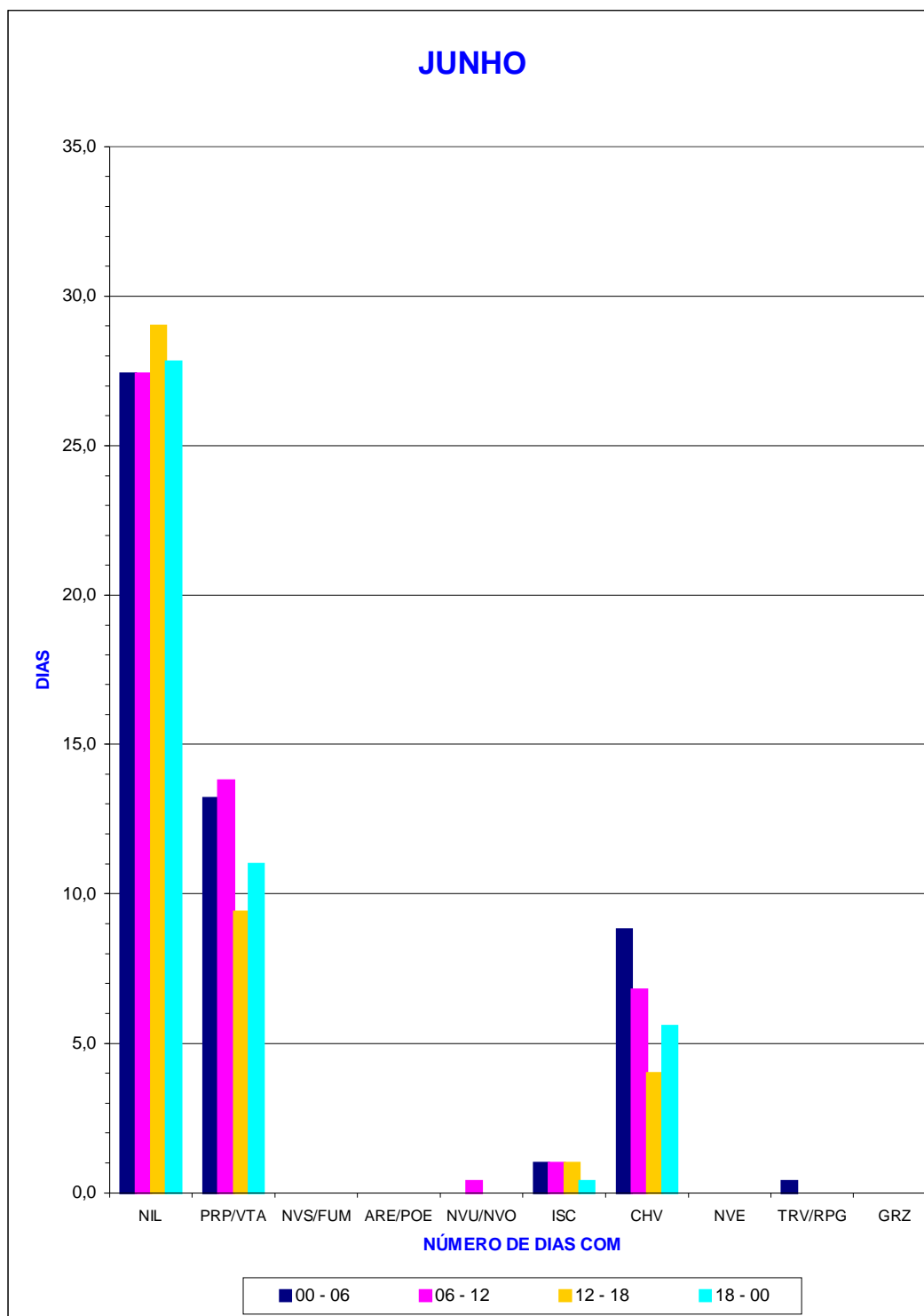


GRÁFICO 65
CONDIÇÕES GERAIS DO TEMPO – JULHO

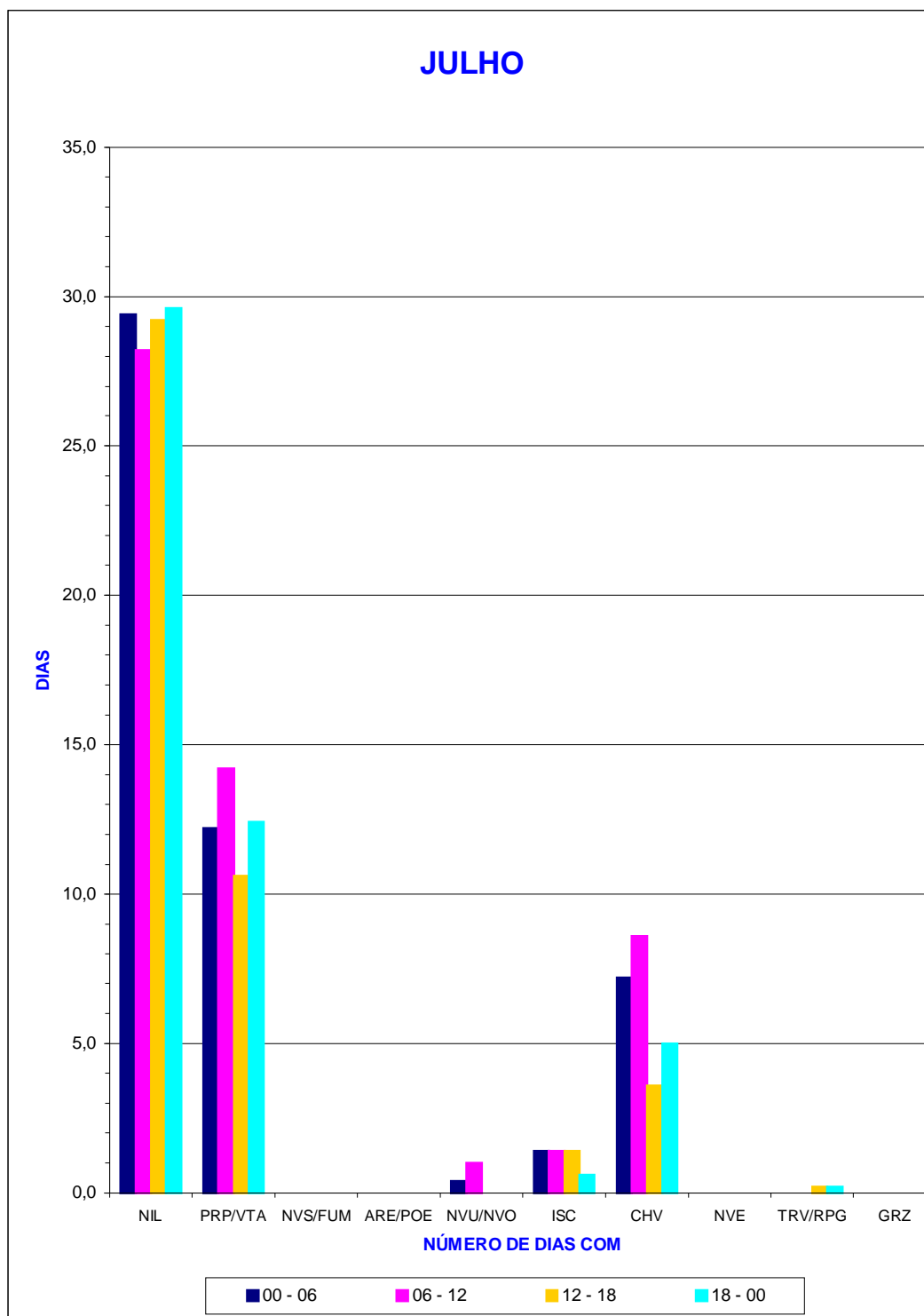


GRÁFICO 66
CONDIÇÕES GERAIS DO TEMPO – AGOSTO

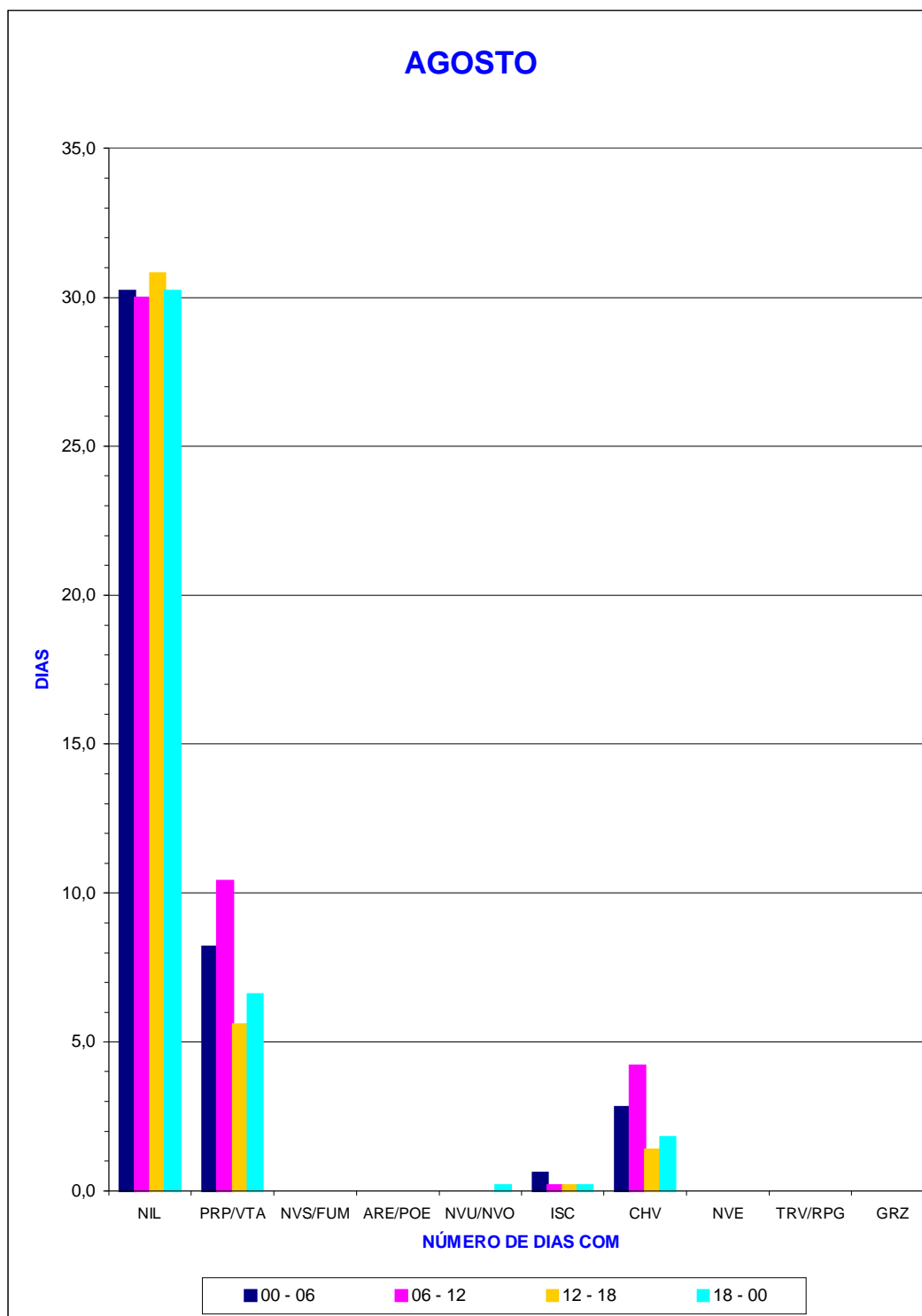


GRÁFICO 67
CONDIÇÕES GERAIS DO TEMPO – SETEMBRO

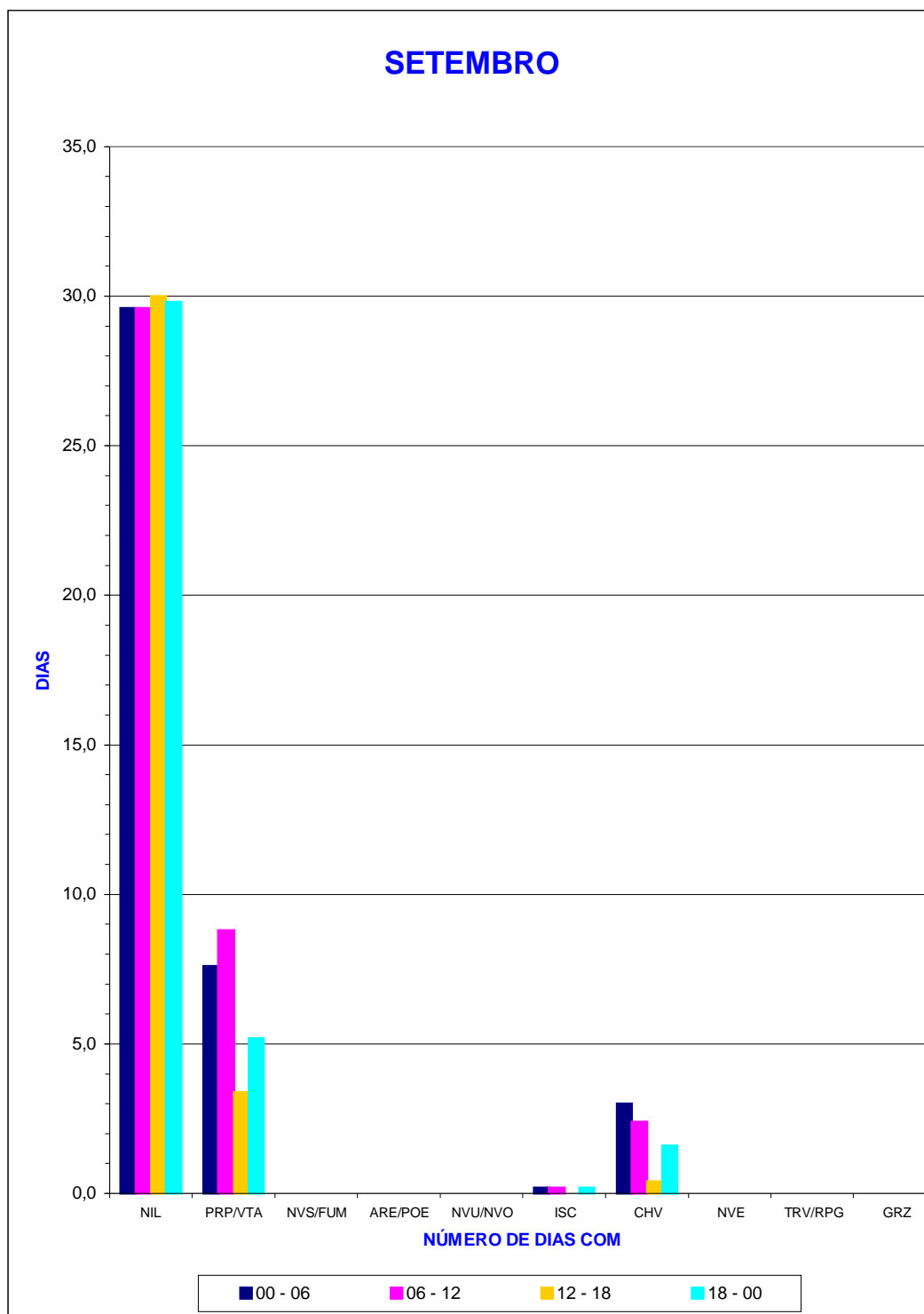


GRÁFICO 68
CONDIÇÕES GERAIS DO TEMPO – OUTUBRO

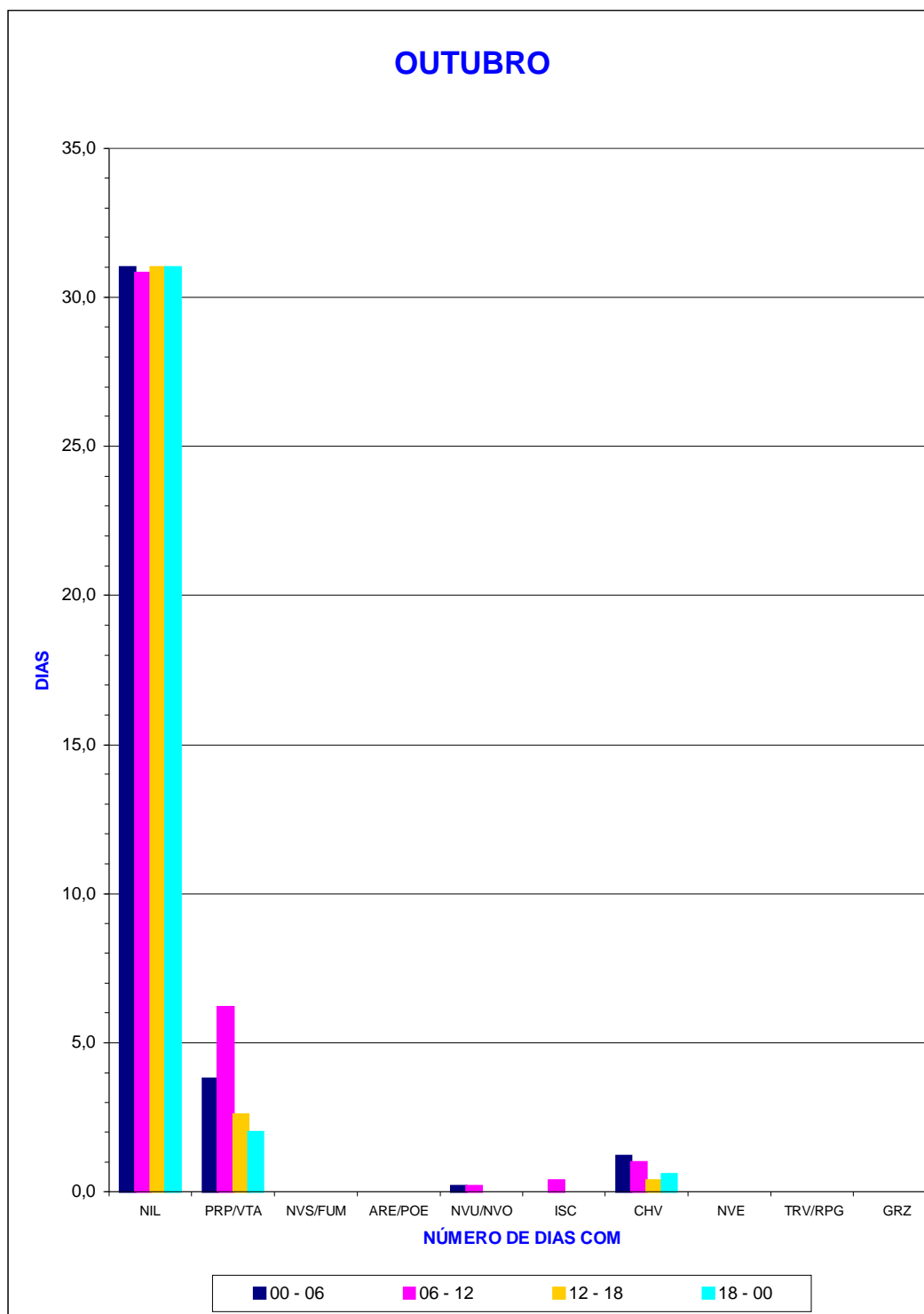


GRÁFICO 69
CONDIÇÕES GERAIS DO TEMPO – NOVEMBRO

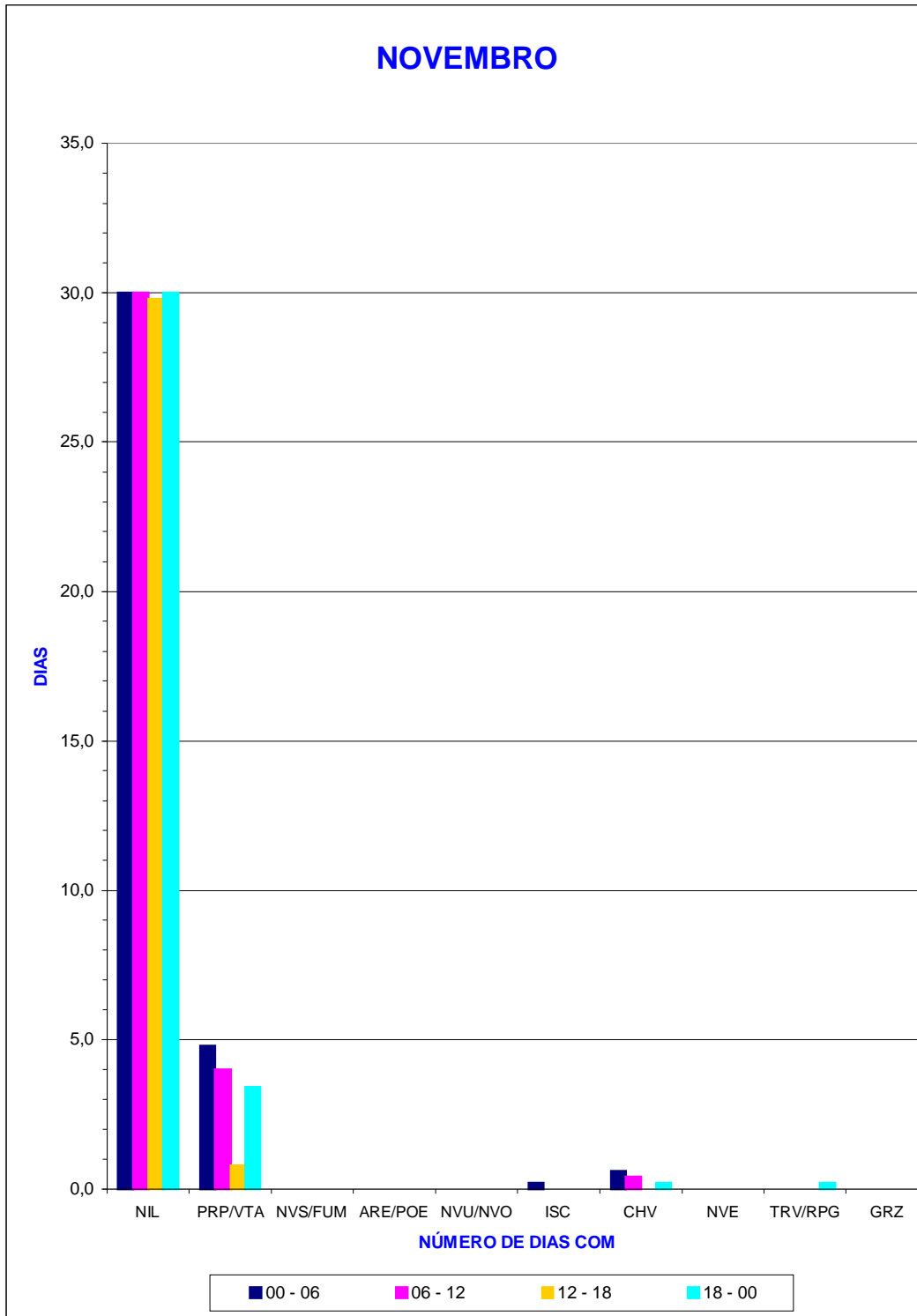


GRÁFICO 70
CONDIÇÕES GERAIS DO TEMPO – DEZEMBRO

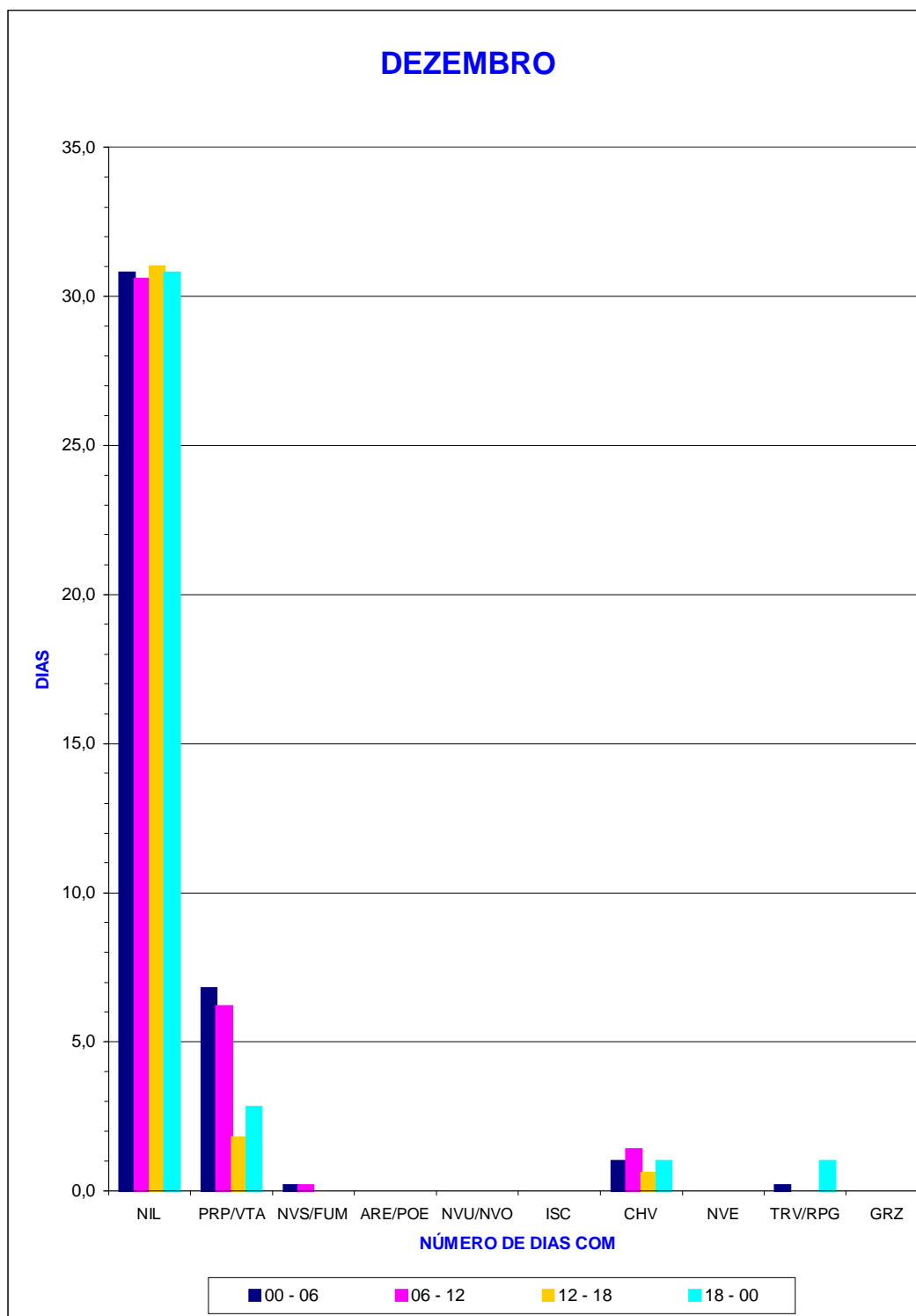


TABELA DE PRESSÃO ATMOSFÉRICA

A massa de ar que recobre a Terra tem peso e substância, embora invisível. Na superfície exerce uma pressão superior a 100.000 newtons por m². Mas a unidade mais adotada para medir pressão é o **milibar (mb)**, e a pressão normal ao nível do mar é de 1.013 milibares. Em aviação é uma informação importante, principalmente para aeronaves ainda não dotadas das recentes técnicas de indicação de altitude. A informação da pressão ao nível da pista permite que o piloto possa colocá-la em seu altímetro, sendo que o mesmo deverá indicar zero de altitude no instante que a avião coloca o trem de pouso na pista.

Nos formulários que originaram a massa de informações geradora deste trabalho consta a seguinte informação: “ALTITUDE DA CUBA DO BARÔMETRO – 49 METROS” (NMM). Isto quer dizer que a estação de Natal se encontra a 49 metros do nível médio do mar. Por exemplo, se um avião encontra-se a 600 metros em relação ao solo sobrevoado, dizemos que a altura do avião é de 600 metros. Mas os aviões sempre voam baseado-se na pressão do nível médio do mar, ou seja, altitude. No exemplo, se o solo estiver a 900 metros do nível médio do mar, então o avião estará voando na altitude de 1.500 metros, isto é, 600+900 metros.

A **tabela de pressão atmosférica** (onde consta a informação que é ao nível da estação), tem na primeira coluna os meses do ano e na segunda os quatro turnos de cada dia. A terceira coluna apresenta a média por turno e a quarta coluna apresenta a média dos quatro turnos, ou seja, a média diária.

A **tabela de pressão atmosférica** é acompanhada de um **GRÁFICO REPRESENTATIVO** dos dados nela contidos. Ou seja, o eixo das abscissas dispõe dos meses do ano e o das ordenadas indica os valores em milibares, dentro da amplitude que a Estação Meteorológica de Natal sempre registrou.

TABELA 6
PRESSÃO ATMOSFÉRICA - AO NÍVEL DA ESTAÇÃO

| MÊS | TURNOS | MÉDIA POR TURNO | MÉDIA DIÁRIA |
|-----|---------|-----------------|--------------|
| Jan | 00 - 06 | 1004,8 | 1005,1 |
| | 06 - 12 | 1005,9 | |
| | 12 - 18 | 1004,5 | |
| | 18 - 00 | 1005,4 | |
| Fev | 00 - 06 | 1004,8 | 1005,1 |
| | 06 - 12 | 1005,8 | |
| | 12 - 18 | 1004,6 | |
| | 18 - 00 | 1005,3 | |
| Mar | 00 - 06 | 1004,4 | 1004,7 |
| | 06 - 12 | 1005,4 | |
| | 12 - 18 | 1004,0 | |
| | 18 - 00 | 1005,0 | |
| Abr | 00 - 06 | 1004,6 | 1004,9 |
| | 06 - 12 | 1005,7 | |
| | 12 - 18 | 1004,0 | |
| | 18 - 00 | 1005,3 | |
| Mai | 00 - 06 | 1005,8 | 1006,0 |
| | 06 - 12 | 1006,8 | |
| | 12 - 18 | 1005,2 | |
| | 18 - 00 | 1006,3 | |
| Jun | 00 - 06 | 1006,9 | 1007,1 |
| | 06 - 12 | 1007,8 | |
| | 12 - 18 | 1006,5 | |
| | 18 - 00 | 1007,5 | |
| Jul | 00 - 06 | 1008,3 | 1008,5 |
| | 06 - 12 | 1009,1 | |
| | 12 - 18 | 1007,8 | |
| | 18 - 00 | 1008,8 | |
| Ago | 00 - 06 | 1008,3 | 1008,5 |
| | 06 - 12 | 1009,3 | |
| | 12 - 18 | 1007,8 | |
| | 18 - 00 | 1008,6 | |
| Set | 00 - 06 | 1007,8 | 1008,0 |
| | 06 - 12 | 1008,9 | |
| | 12 - 18 | 1007,2 | |
| | 18 - 00 | 1008,3 | |
| Out | 00 - 06 | 1005,9 | 1006,3 |
| | 06 - 12 | 1007,3 | |
| | 12 - 18 | 1005,5 | |
| | 18 - 00 | 1006,6 | |
| Nov | 00 - 06 | 1005,1 | 1005,5 |
| | 06 - 12 | 1006,4 | |
| | 12 - 18 | 1004,8 | |
| | 18 - 00 | 1005,8 | |
| Dez | 00 - 06 | 1004,7 | 1005,1 |
| | 06 - 12 | 1005,9 | |
| | 12 - 18 | 1004,5 | |
| | 18 - 00 | 1005,4 | |

Obs.: Valores expressos em milibares (mB).

GRÁFICO 71

PRESSÃO ATMOSFÉRICA – AO NÍVEL DA ESTAÇÃO

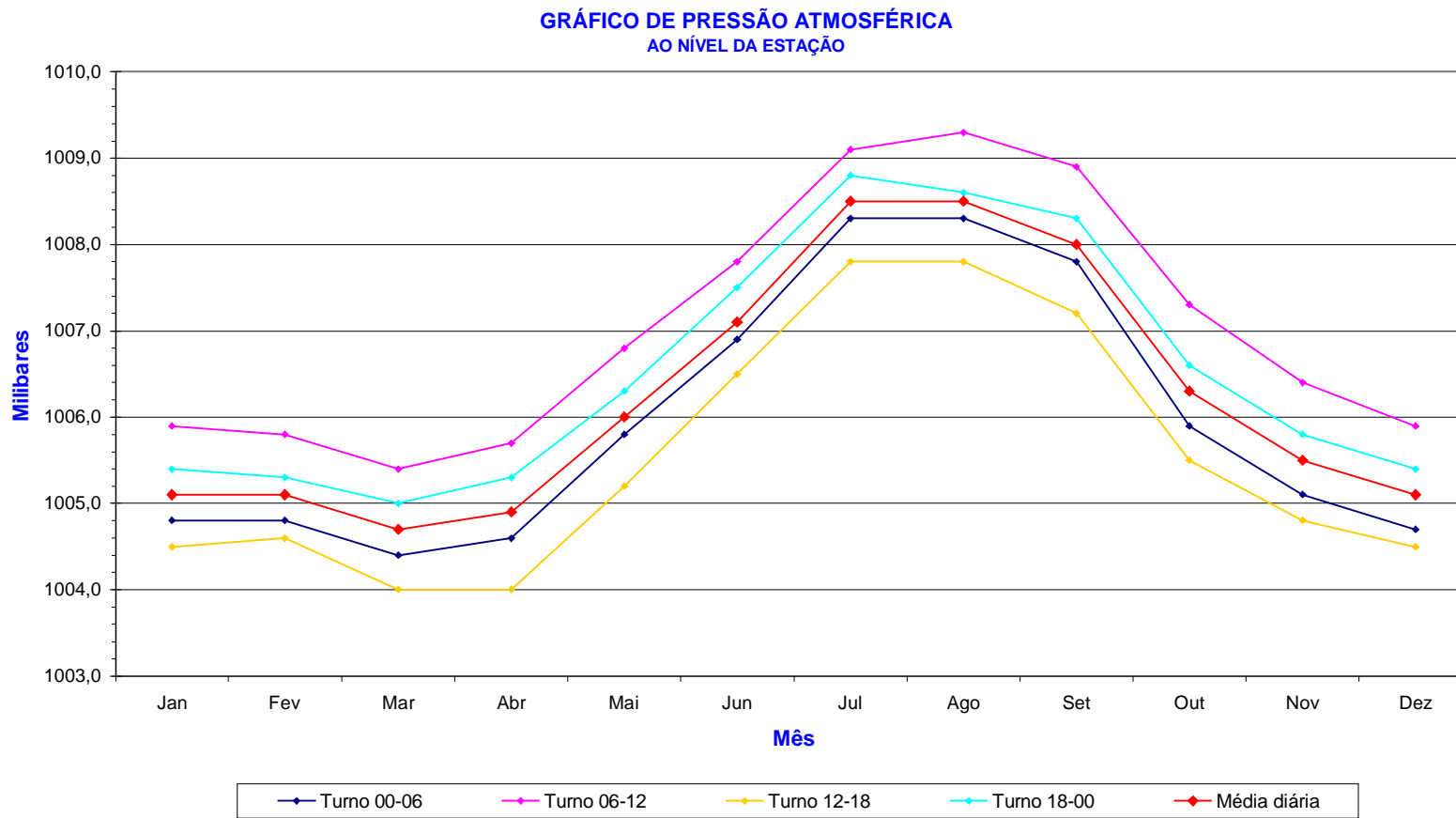


TABELA DE TEMPERATURA

As estações meteorológicas sempre dispõem de um instrumento chamado PSICRÔMETRO, que é a junção de dois termômetros, sendo que um deles tem o bulbo revestido com uma camisa de algodão. Então, é dito que no psicrômetro é feita a leitura de dois termômetros: o de bulbo seco e o de bulbo molhado. O termômetro de bulbo seco é que indica a temperatura do ar. O termômetro de bulbo molhado indica a temperatura de saturação do ar. Da relação das duas temperaturas, do bulbo seco e do bulbo úmido, vem a importante informação da temperatura do ponto de orvalho.

Antes da leitura do psicrômetro, o bulbo úmido (com a camisinha de algodão) deverá ser embebido em água. Faz-se a leitura do termômetro de bulbo seco, ou seja, a temperatura do ar. Em seguida é feito um movimento de rotação do psicrômetro, com certa velocidade para que um volume maior de ar passe pelo bulbo umedecido, após o que faz-se a leitura do termômetro de bulbo molhado. Claro está que o valor encontrado no úmido é sempre inferior ao do seco.

Melhor explicando: a atmosfera pode conter um certo volume de umidade, sob a forma de vapor d'água, que sobe por condensação de fontes aquíferas, como oceanos, lagos, rios e outras. Tal volume tem um limite chamado de saturação, após o que o vapor começa a se condensar sob a forma de mínimas gotas de água. As nuvens são apenas quantidades enormes de gotículas de água e cristais de gelo, que flutuam no ar. A temperatura do ar é a responsável pela saturação. O ar quente tem mais vapor d'água que o ar frio. Assim sendo, quando a temperatura cai o ar fica mais úmido... até atingir o ponto de orvalho, situação que permite a condensação do vapor. Quando tal ocorrência é acima do solo, formam-se nuvens. Se as gotas condensadas forem grandes e pesadas ocorrerá precipitação.

Em assim sendo, a **tabela de temperatura** obedece à mesma sistemática das tabelas anteriores, ou seja, a primeira coluna representa os meses do ano e a segunda os quatro turnos. A terceira coluna tem os dados do PSICRÔMETRO, isto é, a leitura dos dois termômetros, de bulbo seco e úmido. As duas primeiras sub-colunas apresentam os valores distribuídos por turnos, e as duas seguintes contem os números das médias diárias de bulbo seco e úmido. A quarta coluna apresenta a TEMPERATURA DO PONTO DE ORVALHO, com duas sub-colunas com valores por turno e a média diária. Finalmente, a quinta coluna é apenas a apresentação dos REGISTROS EXTREMOS de temperatura do ar, ocorrido nos dez anos de

observações processados. Uma sub-coluna dá os **valores máximos** registrados em cada mês e a outra dá os **valores mínimos**. Por exemplo, dá para ver que em um certo ano, no mês de julho a menor temperatura registrada foi de 14,2° C, e que a maior temperatura registrada nos dez anos foi no mês de janeiro com 39,4° C.

A tabela de temperatura é acompanhada de quatro GRÁFICOS REPRESENTATIVOS dos dados nela contidos. Um gráfico representa as médias por turnos e a média mensal referente à temperatura do ar, ou de bulbo seco. No segundo gráfico são as mesmas informações referentes à temperatura de bulbo úmido. O gráfico apresenta a **temperatura do ponto de orvalho** em igual formato, por turnos e a média mensal. O quarto gráfico mostra os **registros extremos de temperatura do ar**.

**TABELA 7
TEMPERATURA**

| MÊS | TURNO | PSICRÔMETRO | | | | TEMPERATURA DO PONTO DE ORVALHO | | REGISTROS EXTREMOS | |
|-----|---------|------------------|-------|--------------|-------|---------------------------------|--------------|--------------------|--------|
| | | LEITURA DO BULBO | | MÉDIA DIÁRIA | | MÉDIA POR TURNO | MÉDIA DIÁRIA | MÁXIMO | MÍNIMO |
| | | SECO | ÚMIDO | SECO | ÚMIDO | | | | |
| Jan | 00 - 06 | 24,6 | 23,0 | 26,9 | 23,7 | 22,3 | 22,4 | 39,4 | 20,4 |
| | 06 - 12 | 27,4 | 23,9 | | | 22,5 | | | |
| | 12 - 18 | 29,6 | 24,5 | | | 22,5 | | | |
| | 18 - 00 | 26,1 | 23,6 | | | 22,4 | | | |
| Fev | 00 - 06 | 24,6 | 23,1 | 26,9 | 23,9 | 22,6 | 22,6 | 35,6 | 20,0 |
| | 06 - 12 | 27,2 | 24,0 | | | 22,8 | | | |
| | 12 - 18 | 29,8 | 24,7 | | | 22,7 | | | |
| | 18 - 00 | 26,2 | 23,8 | | | 22,6 | | | |
| Mar | 00 - 06 | 24,4 | 23,3 | 26,8 | 24,2 | 22,8 | 23,1 | 32,9 | 21,2 |
| | 06 - 12 | 27,2 | 24,4 | | | 23,3 | | | |
| | 12 - 18 | 29,6 | 25,1 | | | 23,4 | | | |
| | 18 - 00 | 26,0 | 24,0 | | | 23,2 | | | |
| Abr | 00 - 06 | 24,1 | 23,1 | 26,5 | 24,1 | 22,8 | 23,2 | 39,2 | 20,6 |
| | 06 - 12 | 27,0 | 24,3 | | | 23,3 | | | |
| | 12 - 18 | 29,3 | 25,1 | | | 23,6 | | | |
| | 18 - 00 | 25,7 | 24,0 | | | 23,3 | | | |
| Mai | 00 - 06 | 23,4 | 22,6 | 25,9 | 23,6 | 22,3 | 22,7 | 38,4 | 20,7 |
| | 06 - 12 | 26,4 | 23,7 | | | 22,7 | | | |
| | 12 - 18 | 28,8 | 24,6 | | | 23,0 | | | |
| | 18 - 00 | 25,1 | 23,5 | | | 22,9 | | | |
| Jun | 00 - 06 | 22,7 | 21,9 | 24,9 | 22,9 | 21,7 | 22,2 | 37,4 | 19,9 |
| | 06 - 12 | 25,3 | 23,1 | | | 22,3 | | | |
| | 12 - 18 | 27,7 | 24,0 | | | 22,5 | | | |
| | 18 - 00 | 24,2 | 22,9 | | | 22,3 | | | |
| Jul | 00 - 06 | 21,8 | 21,0 | 24,1 | 22,0 | 20,7 | 21,2 | 34,7 | 14,2 |
| | 06 - 12 | 24,3 | 22,2 | | | 21,3 | | | |
| | 12 - 18 | 26,9 | 23,1 | | | 21,5 | | | |
| | 18 - 00 | 23,5 | 21,9 | | | 21,4 | | | |
| Ago | 00 - 06 | 21,9 | 20,8 | 24,6 | 21,8 | 20,4 | 20,6 | 32,8 | 18,8 |
| | 06 - 12 | 25,1 | 22,0 | | | 20,7 | | | |
| | 12 - 18 | 27,7 | 22,9 | | | 20,7 | | | |
| | 18 - 00 | 23,9 | 21,8 | | | 20,9 | | | |
| Set | 00 - 06 | 22,5 | 21,3 | 25,2 | 22,2 | 20,8 | 21,0 | 35,0 | 19,0 |
| | 06 - 12 | 26,0 | 22,6 | | | 21,1 | | | |
| | 12 - 18 | 28,2 | 23,1 | | | 20,9 | | | |
| | 18 - 00 | 24,3 | 22,1 | | | 21,2 | | | |
| Out | 00 - 06 | 23,9 | 22,1 | 26,3 | 22,8 | 21,5 | 21,4 | 32,1 | 20,2 |
| | 06 - 12 | 27,3 | 23,2 | | | 21,5 | | | |
| | 12 - 18 | 28,9 | 23,6 | | | 21,4 | | | |
| | 18 - 00 | 25,1 | 22,6 | | | 21,5 | | | |
| Nov | 00 - 06 | 24,4 | 22,5 | 26,8 | 23,2 | 21,7 | 21,7 | 31,8 | 20,9 |
| | 06 - 12 | 28,0 | 23,5 | | | 21,7 | | | |
| | 12 - 18 | 29,4 | 23,9 | | | 21,7 | | | |
| | 18 - 00 | 25,5 | 22,9 | | | 21,7 | | | |
| Dez | 00 - 06 | 24,7 | 22,8 | 27,0 | 23,5 | 22,1 | 22,1 | 32,9 | 21,2 |
| | 06 - 12 | 27,9 | 23,8 | | | 22,2 | | | |
| | 12 - 18 | 29,7 | 24,3 | | | 22,2 | | | |
| | 18 - 00 | 25,9 | 23,3 | | | 22,2 | | | |

Obs.: Medidas em Graus Celsius (°C).

GRÁFICO 72
TEMPERATURA DO AR – PSICRÔMETRO

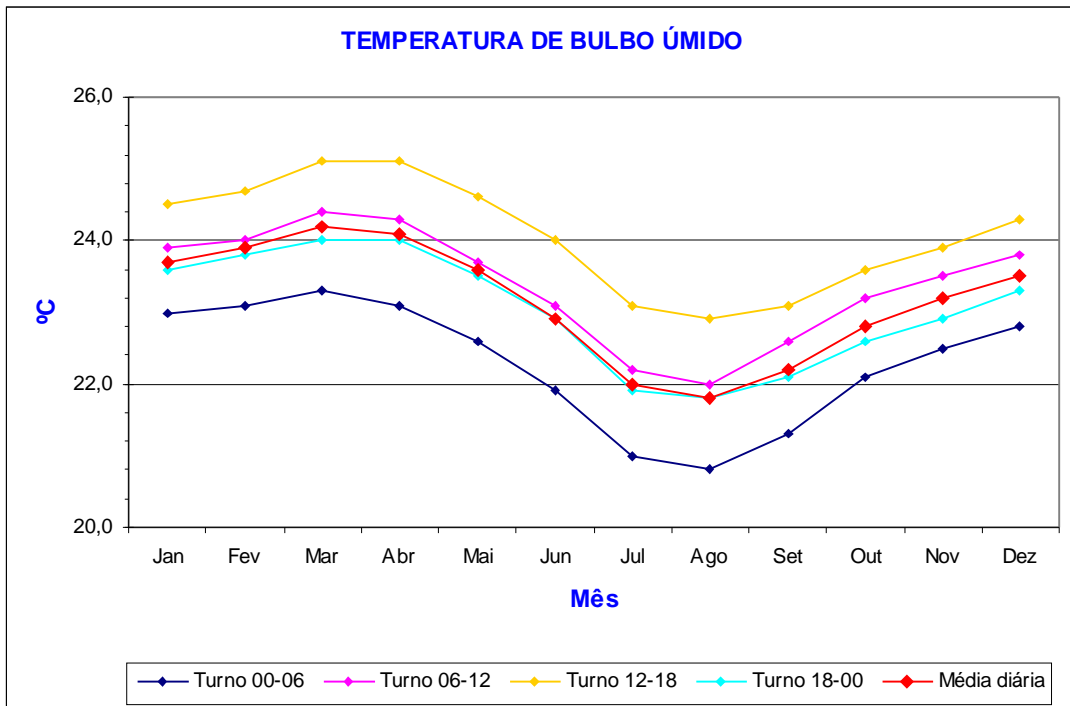
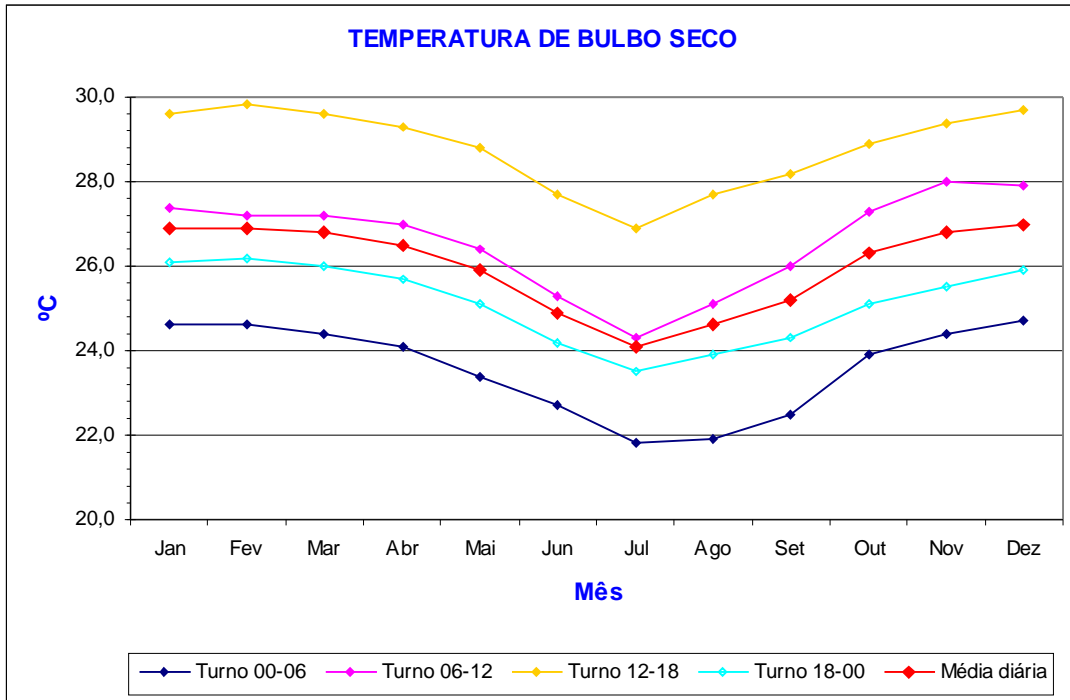
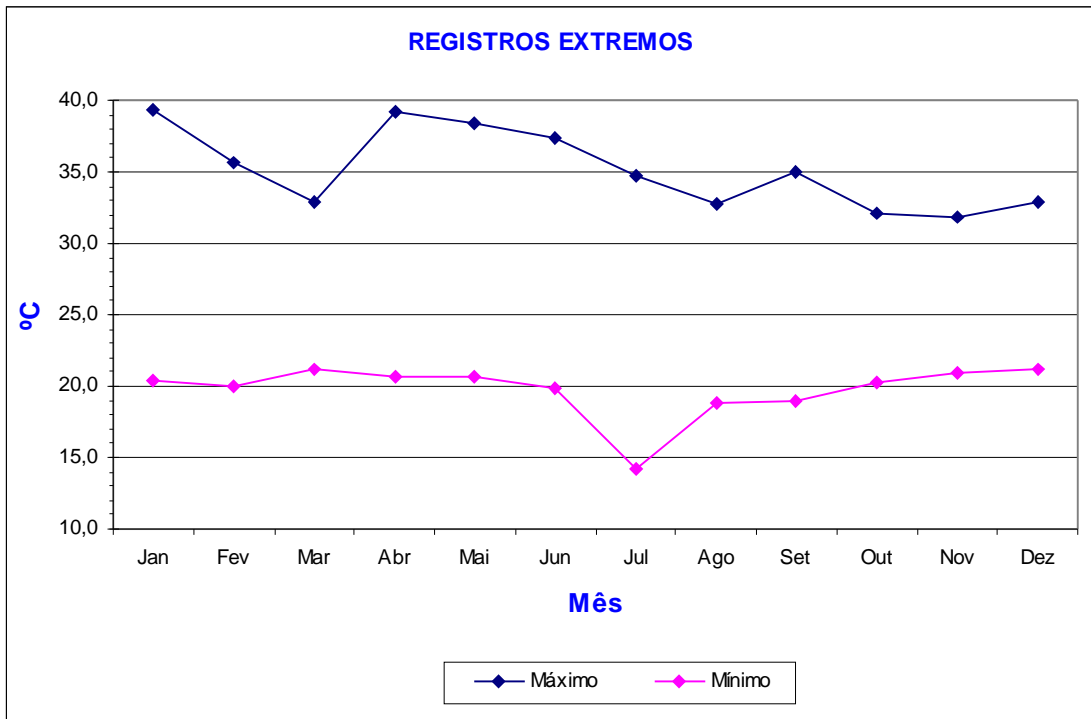
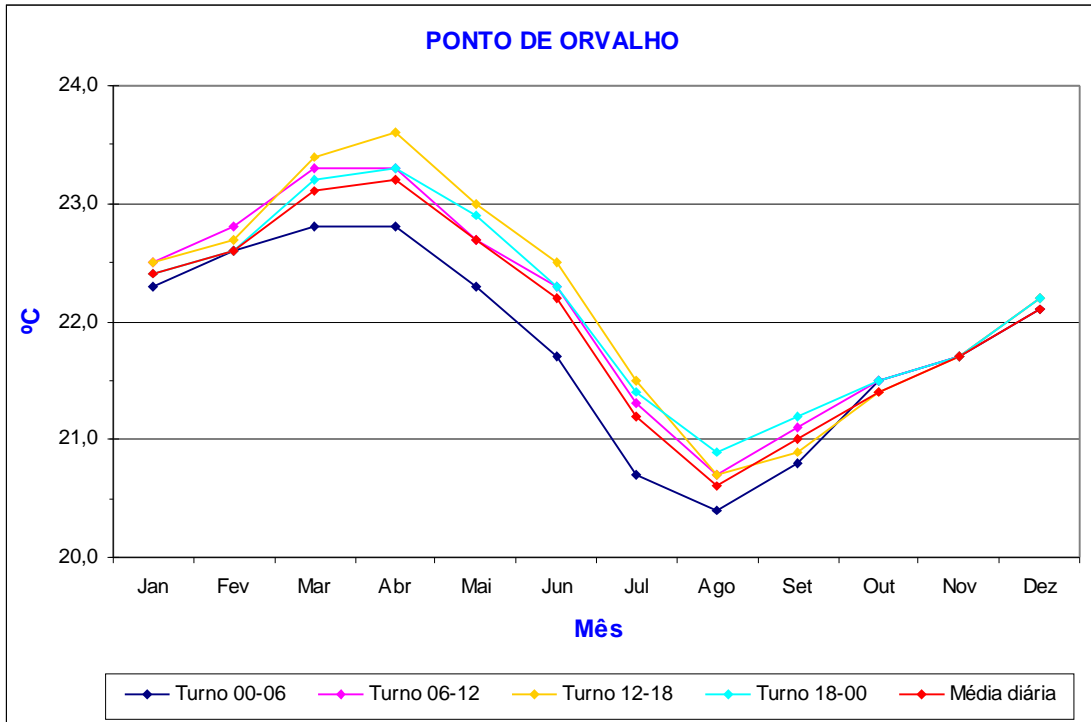


GRÁFICO 73
TEMPERATURA DO AR – PSICRÔMETRO



3.8 - TABELA DE PRECIPITAÇÃO

As formas de precipitação que habitualmente ocorrem em Natal resumem-se a chuvas e chuviscos, de menor ou maior intensidade. Os valores apresentados neste trabalho representam milímetros e décimos, conseguidos através de leituras feitas em instrumentos chamados **pluviômetros**.

A **tabela de precipitação** foi montada, assim como todas as outras, com as duas primeiras colunas como definidoras do mês e dos quatros turnos de cada dia. A terceira coluna representa a soma de precipitação dentro de cada turno. A quarta coluna apresenta a soma dos turnos, ou seja, a média mensal de precipitação. A quinta e sexta colunas apresentam o número de dias que ocorreu precipitação, dentro de cada turno e a média mensal de precipitação. As duas últimas colunas apresentam a maior e a menor ocorrência de precipitação acontecida dentro dos dez anos de dados analisados. Claro está que são valores pinçados como as maiores e menores ocorrências de precipitação havidas dentro do período.

A **tabela de precipitação** gerou os GRÁFICOS REPRESENTATIVOS do fenômeno, sendo que em um primeiro gráfico é apresentada a **soma de precipitação (por turno e mensal)**. No eixo das abscissas aparecem os meses do ano e no das ordenadas os valores em milímetros. São quatro curvas dos turnos e uma quinta curva da média mensal. O segundo gráfico apresenta o **número de dias com precipitação (por turno e mensal)**. Isto é, o número de dias que em cada mês houve precipitação. Também, para cada turno e o número médio mensal.

**TABELA 8
PRECIPITAÇÃO**

| MÊS | TURNO | SOMA POR TURNO | SOMA MENSAL | NÚMERO DE DIAS | | OCORRÊNCIA | |
|-----|---------|----------------|-------------|----------------|--------|------------|-------|
| | | | | POR TURNO | NO MÊS | MAIOR | MENOR |
| Jan | 00 - 06 | 28,8 | 65,9 | 6,2 | 4,6 | 51,9 | 0,1 |
| | 06 - 12 | 25,0 | | 6,8 | | | |
| | 12 - 18 | 8,7 | | 2,8 | | | |
| | 18 - 00 | 3,4 | | 2,6 | | | |
| Fev | 00 - 06 | 23,7 | 73,6 | 5,4 | 4,3 | 58,5 | 0,1 |
| | 06 - 12 | 25,0 | | 6,8 | | | |
| | 12 - 18 | 17,5 | | 2,8 | | | |
| | 18 - 00 | 7,4 | | 2,2 | | | |
| Mar | 00 - 06 | 64,2 | 188,5 | 10,4 | 7,9 | 132,8 | 0,1 |
| | 06 - 12 | 49,9 | | 10,4 | | | |
| | 12 - 18 | 27,1 | | 4,2 | | | |
| | 18 - 00 | 47,3 | | 6,8 | | | |
| Abr | 00 - 06 | 76,9 | 157,6 | 8,4 | 6,8 | 60,3 | 0,1 |
| | 06 - 12 | 35,7 | | 8,8 | | | |
| | 12 - 18 | 29,8 | | 5,0 | | | |
| | 18 - 00 | 15,2 | | 5,0 | | | |
| Mai | 00 - 06 | 49,5 | 162,2 | 9,0 | 7,3 | 64,1 | 0,1 |
| | 06 - 12 | 50,4 | | 8,2 | | | |
| | 12 - 18 | 27,4 | | 4,6 | | | |
| | 18 - 00 | 34,9 | | 7,4 | | | |
| Jun | 00 - 06 | 106,4 | 278,6 | 16,2 | 11,7 | 87,1 | 0,1 |
| | 06 - 12 | 81,9 | | 12,0 | | | |
| | 12 - 18 | 38,8 | | 9,4 | | | |
| | 18 - 00 | 51,5 | | 9,4 | | | |
| Jul | 00 - 06 | 63,6 | 216,7 | 11,8 | 11,0 | 60,1 | 0,1 |
| | 06 - 12 | 78,9 | | 13,4 | | | |
| | 12 - 18 | 38,6 | | 9,2 | | | |
| | 18 - 00 | 35,6 | | 9,8 | | | |
| Ago | 00 - 06 | 27,8 | 75,0 | 9,0 | 6,7 | 88,5 | 0,1 |
| | 06 - 12 | 24,7 | | 9,0 | | | |
| | 12 - 18 | 8,5 | | 4,4 | | | |
| | 18 - 00 | 14,0 | | 4,4 | | | |
| Set | 00 - 06 | 19,8 | 61,1 | 8,2 | 5,3 | 56,5 | 0,1 |
| | 06 - 12 | 24,6 | | 6,4 | | | |
| | 12 - 18 | 7,6 | | 2,4 | | | |
| | 18 - 00 | 9,1 | | 4,2 | | | |
| Out | 00 - 06 | 6,4 | 22,6 | 5,0 | 3,5 | 19,1 | 0,1 |
| | 06 - 12 | 8,3 | | 5,2 | | | |
| | 12 - 18 | 5,2 | | 1,8 | | | |
| | 18 - 00 | 2,7 | | 2,2 | | | |
| Nov | 00 - 06 | 10,7 | 22,0 | 3,8 | 2,5 | 13,5 | 0,1 |
| | 06 - 12 | 7,2 | | 3,4 | | | |
| | 12 - 18 | 0,8 | | 1,2 | | | |
| | 18 - 00 | 3,3 | | 1,8 | | | |
| Dez | 00 - 06 | 11,8 | 50,3 | 5,0 | 3,6 | 43,1 | 0,1 |
| | 06 - 12 | 17,5 | | 5,6 | | | |
| | 12 - 18 | 11,9 | | 1,2 | | | |
| | 18 - 00 | 9,1 | | 2,8 | | | |

Obs.: Valores de precipitação expressos em milímetros e décimos.

GRÁFICO 74
SOMA DE PRECIPITAÇÃO (POR TURNO E MENSAL)

SOMA DE PRECIPITAÇÃO (POR TURNO E MENSAL)

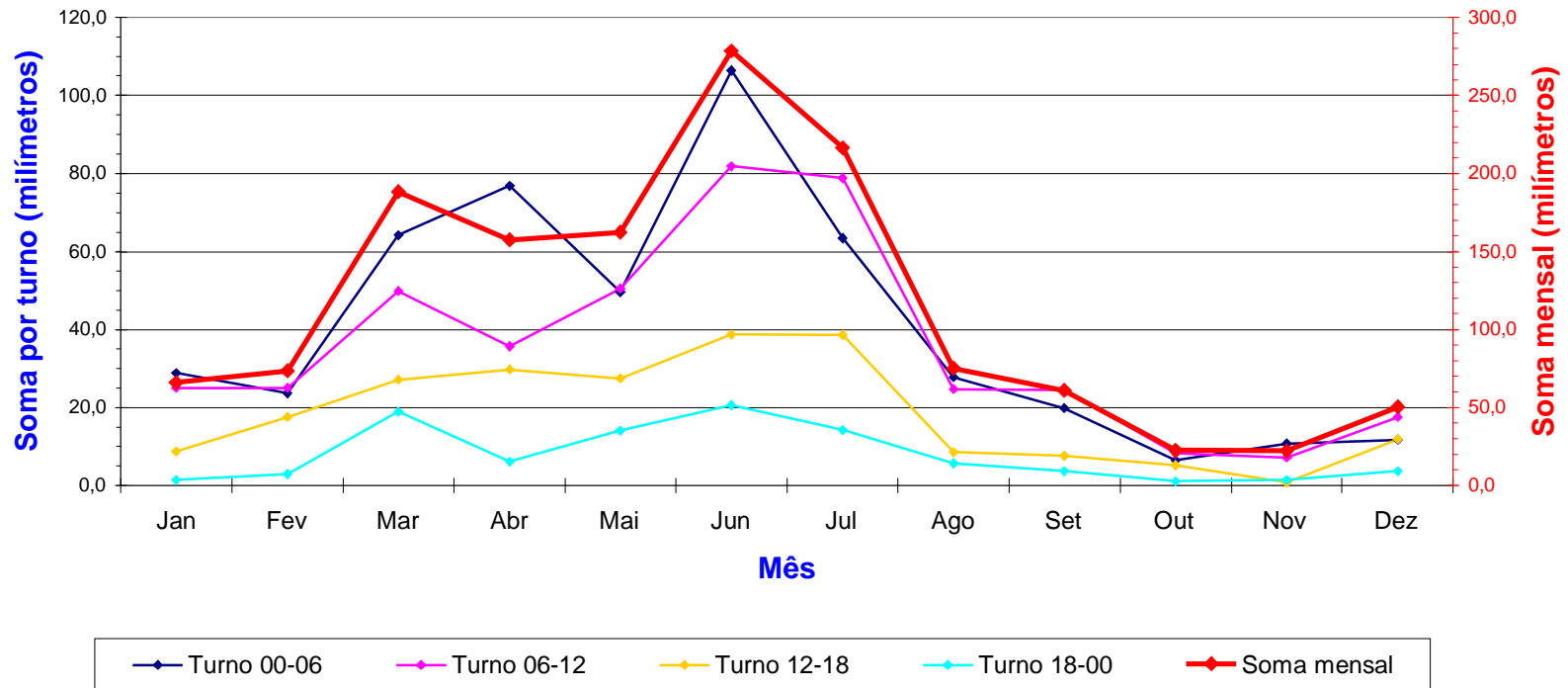
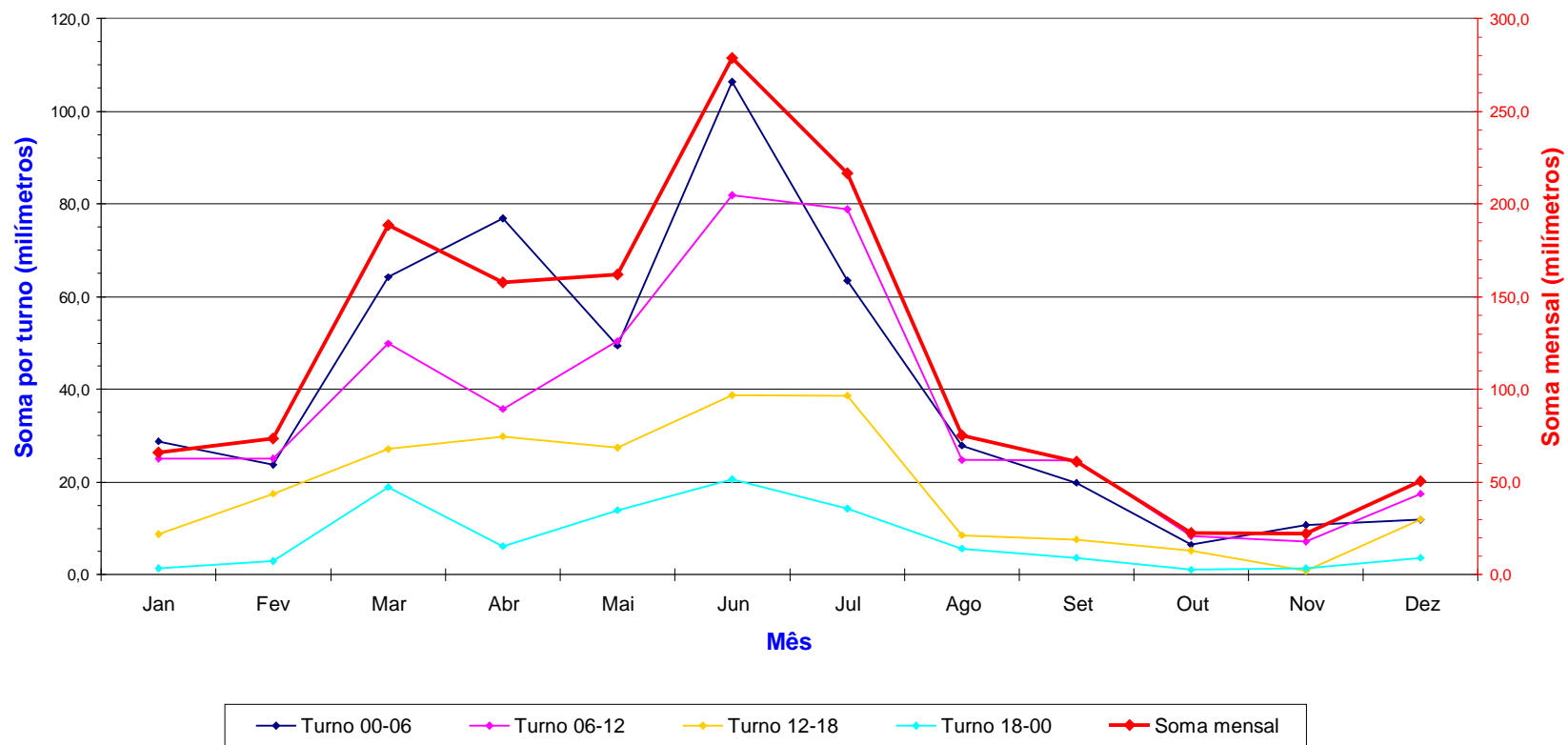


GRÁFICO 75 NÚMERO DE DIAS COM PRECIPITAÇÃO (POR TURNO E MENSAL)

SOMA DE PRECIPITAÇÃO (POR TURNO E MENSAL)



3.9 - TABELA DE UMIDADE RELATIVA

Umidade é a soma das gotículas de água em suspensão no ar. Tal soma poderá ser medida de várias formas, mas a mais comum é pela **umidade relativa** – que é a soma de vapor d'água presente no ar em um certo instante e local, e que é expresso pelo percentual da soma máxima de vapor d'água que o ar pode reter, a uma certa temperatura.

A **tabela de umidade relativa** tem na primeira coluna os meses do ano e na segunda os quatro turnos de cada dia. A terceira coluna apresenta os valores médios de umidade relativa dentro de cada turno. A quarta coluna mostra a média diária dentro de cada mês.

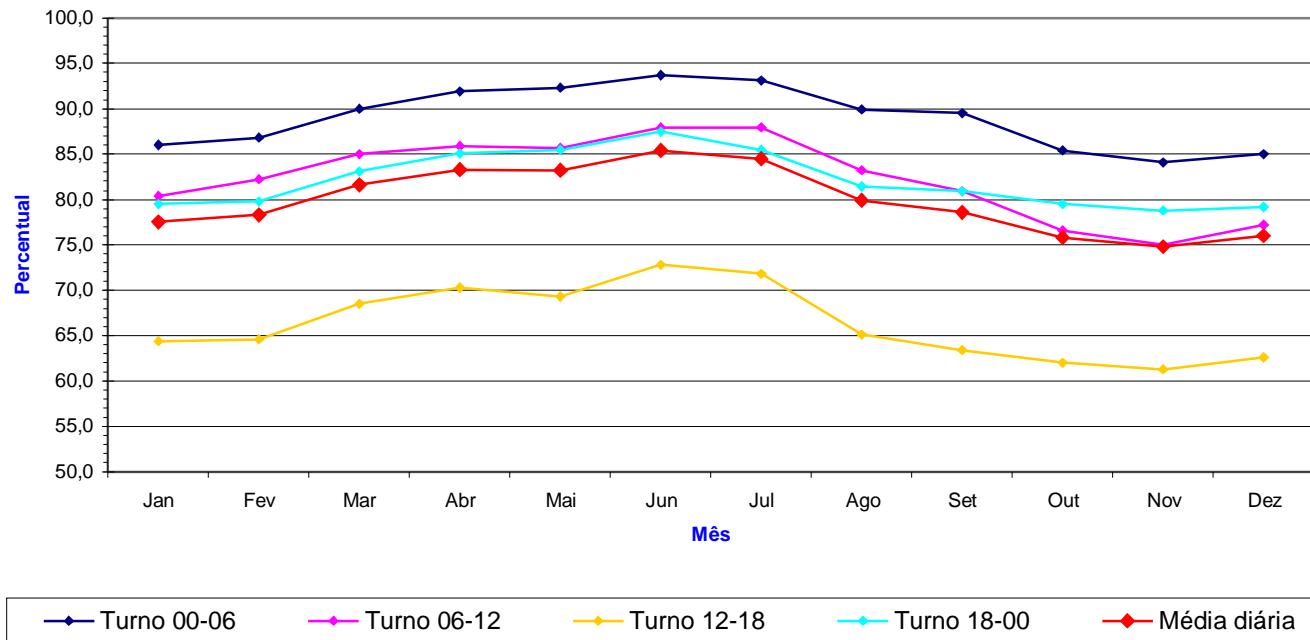
A **tabela de umidade relativa** é acompanhada de um GRÁFICO REPRESENTATIVO dos dados nela contidos. Ou seja, o eixo das abscissas mostra os meses do ano e o eixo das ordenadas apresenta a umidade relativa em percentual. O que é bem visível neste gráfico é que o turno das 12 às 18 horas apresenta uma umidade relativa bem abaixo dos demais turnos, contudo a média é acima de 80%, o ano todo.

TABELA 9
UMIDADE RELATIVA

| MÊS | TURNO | MÉDIA POR TURNO | MÉDIA DIÁRIA |
|------------|--------------|------------------------|---------------------|
| Jan | 00 - 06 | 86,0 | 77,5 |
| | 06 - 12 | 80,4 | |
| | 12 - 18 | 64,4 | |
| | 18 - 00 | 79,5 | |
| Fev | 00 - 06 | 86,8 | 78,3 |
| | 06 - 12 | 82,2 | |
| | 12 - 18 | 64,6 | |
| | 18 - 00 | 79,8 | |
| Mar | 00 - 06 | 90,0 | 81,6 |
| | 06 - 12 | 85,0 | |
| | 12 - 18 | 68,5 | |
| | 18 - 00 | 83,1 | |
| Abr | 00 - 06 | 91,9 | 83,3 |
| | 06 - 12 | 85,9 | |
| | 12 - 18 | 70,3 | |
| | 18 - 00 | 85,1 | |
| Mai | 00 - 06 | 92,3 | 83,2 |
| | 06 - 12 | 85,7 | |
| | 12 - 18 | 69,3 | |
| | 18 - 00 | 85,5 | |
| Jun | 00 - 06 | 93,7 | 85,4 |
| | 06 - 12 | 87,9 | |
| | 12 - 18 | 72,8 | |
| | 18 - 00 | 87,5 | |
| Jul | 00 - 06 | 93,1 | 84,5 |
| | 06 - 12 | 87,9 | |
| | 12 - 18 | 71,8 | |
| | 18 - 00 | 85,5 | |
| Ago | 00 - 06 | 89,9 | 79,9 |
| | 06 - 12 | 83,2 | |
| | 12 - 18 | 65,1 | |
| | 18 - 00 | 81,4 | |
| Set | 00 - 06 | 89,5 | 78,6 |
| | 06 - 12 | 80,9 | |
| | 12 - 18 | 63,4 | |
| | 18 - 00 | 80,9 | |
| Out | 00 - 06 | 85,4 | 75,8 |
| | 06 - 12 | 76,6 | |
| | 12 - 18 | 62,0 | |
| | 18 - 00 | 79,5 | |
| Nov | 00 - 06 | 84,1 | 74,8 |
| | 06 - 12 | 75,0 | |
| | 12 - 18 | 61,3 | |
| | 18 - 00 | 78,8 | |
| Dez | 00 - 06 | 85,0 | 76,0 |
| | 06 - 12 | 77,2 | |
| | 12 - 18 | 62,6 | |
| | 18 - 00 | 79,2 | |

GRÁFICO 76 UMIDADE RELATIVA

GRÁFICO DA UMIDADE RELATIVA



BIBLIOGRAFIA:

CANDEL, V.R., **Atlas de Meteorologia**. Barcelona: Jover, 1979.

GRAEDEL, T.E., CRUTZEN, P.J.: **Atmosphere, Climate and Change**. W.H.Freeman, 1995.

HARTMANN, D.L., **Global Physical Climatology**. San Diego: Academic Press, 1994.

HOUGHTON, J.T., **The Science of Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.

JANSÁ J.M., **Manual del Observador de Meteorologia**. Madrid: 1977.

SOMERVILLE,R.C.J., **The Forgiving Air: Understanding Enviromental Change**. California: University of California Press, 1996.

VIERS, G., **Climatologia.**, Barcelona: Oikos-Tau, 1975.

WIGHT, N., **Environmental Science**. Prentice-Hall, 1993.

DESTAQUE 1

MÉDIAS ANUAIS DE DISTRIBUIÇÃO DE CHUVAS NO ESTADO DO R. G. DO NORTE.

A figura abaixo apresenta as quantidades anuais de precipitação em todo o Estado do Rio Grande do Norte. Percebe-se claramente que as precipitações são menos abundantes no Oeste do Estado e que, progressivamente, vão aumentando na direção do litoral Leste. Aproximadamente 85 % de todo o território do Estado está contido na chamada região semi-árida do nordeste. Assim sendo, no mapa estão as mesorregiões caracterizadas pelas quantidades de precipitação, bacias hidrográficas, estado do solo, etc., que são: Litoral Leste, Agreste, Central e Oeste.

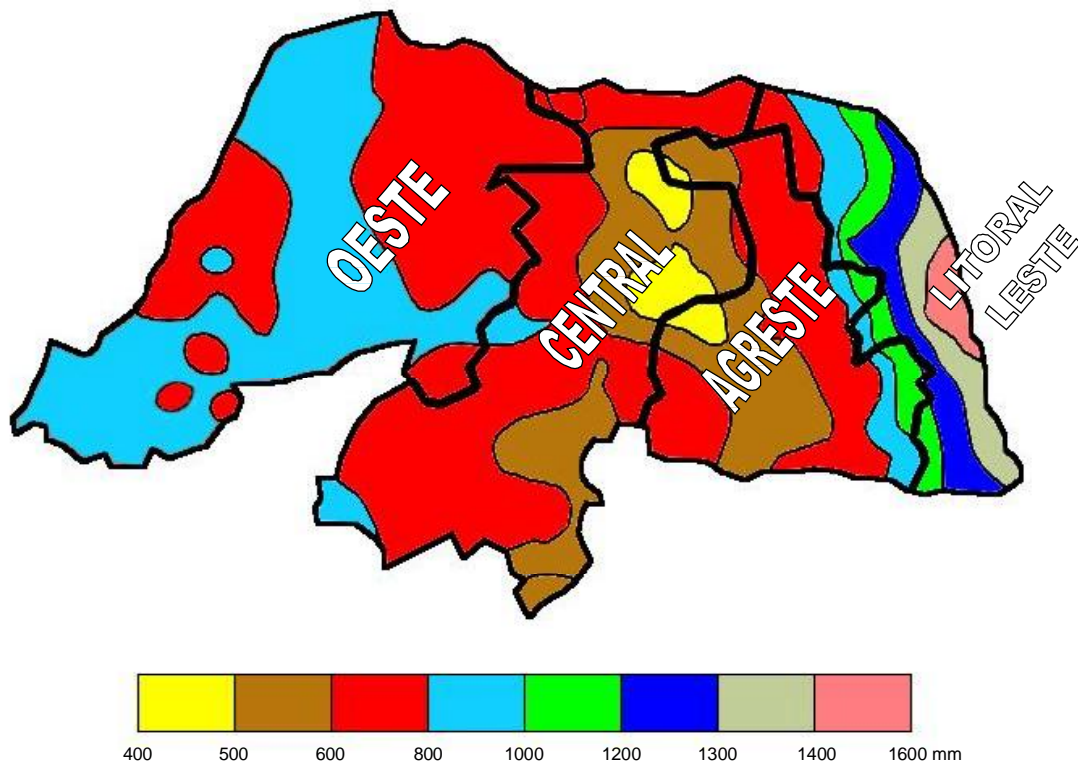


Fig.4 - Mesorregiões do Estado com níveis médios de precipitação

Mesorregião Litoral Leste – Na qual Natal está inserida, realmente é a região privilegiada do Rio Grande do Norte. Região que concentra a maior parte da população e riqueza do Estado, tem precipitação média anual entre 800 e 1600mm, embora a média anual válida para Natal, como constatada neste estudo, seja de 1380mm. Como dito anteriormente, o principal

elemento produtor de chuvas nesta mesorregião são os sistemas de brisas associados às ondas de leste, com maior intensidade de chuva entre os meses de abril e julho. Ressalta-se que a ZCIT tem significativa importância nos meses que antecedem as chuvas. Ocasionalmente, em alguns anos de chuvas mais abundantes, o total de precipitação nesta mesoregião tem alcançado valores até acima de 1800mm.

Mesorregião Agreste - Com precipitações anuais médias entre 600 e 800mm. Particularmente, nesta mesoregião vê-se bolsões com precipitação bem menores, ou de até 400 mm anuais e realmente é uma área do Estado com muita dificuldade de obtenção de água.

Mesorregião Central - A maior parte desta mesorregião predominam precipitações entre 600 e 800 mm, e também, tem interiormente algumas áreas com valores até abaixo de 500 mm.

Mesorregião Oeste - As precipitações nesta mesorregião são caracterizadas por áreas internas onde as chuvas atingem valores médios maiores (900 mm, ou até mais) do que a média geral da mesorregião que está entre 600 e 800 mm. É o efeito das altitudes associadas aos Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS).

DESTAQUE II

COMPOSIÇÃO DA ATMOSFERA

A *atmosfera* é a camada gasosa que envolve a Terra. A matéria de que é constituída não é um elemento químico simples, mas uma variada mistura de elementos e associações que não reagem entre si, e que contém em suspensão extensa variedade de combinações sólidas e líquidas sob a forma de finíssimas partículas ou gotículas com matérias orgânicas e até íons, além de material radioativo, valendo destacar os resíduos antropogênicos, gerados pelo homem, no seu dia-a-dia. Nas chamadas áreas industriais é enorme a injeção de resíduos das fábricas e das descargas de veículos automotores que, de imediato, passam a compor o ar.

A composição básica do ar troposférico, o ar que respiramos, e que se mantém praticamente constante, quando avaliado em percentuais, é a seguinte:

- Componente nitrogênio-----78,03 %
- Componente oxigênio -----20,99 %
- Componente argônio ----- 0,98 %
- Outros gases inertes----- 0,0024 %

A *atmosfera* é dividida em regiões segundo a curva de temperatura predominante em cada faixa. Do chão para o infinito podemos distinguir as seguintes regiões:

TROPOSFERA - principalmente caracterizada pela queda de temperatura, da ordem de 6,5 ° C que ocorre a cada 1000 metros. A altura da troposfera é variável da região equatorial, onde alcança 16 quilômetros, até os polos onde a altura fica nos 7,5 quilômetros, conseqüentemente, nas regiões temperadas a altura máxima atingida não passa dos 13 quilômetros. É na troposfera que ocorrem todos os fenômenos que definem o tempo, já que é nela que está todo o vapor de água, os núcleos de condensação, bem como as grandes mudanças térmicas. Deixa de existir a troposfera quando cessa a diminuição da temperatura com a altura, e este limite superior chama-se **tropopausa**.

ESTRATOSFERA – cuja característica principal é a estabilidade da temperatura. Na estratosfera não existem os fenômenos meteorológicos e quase nenhuma agitação do ar. É nessa região que se encontra a chamada **camada de ozônio**, ou ozônio estratosférico de vital importância para todos

os seres vivos, devido ser o filtro natural dos raios UV-B. Seu limite superior que se chama **estratopausa**, está próximo dos 40 quilômetros.

MESOSFERA – é distinguida por um máximo de temperatura que alcança próximo dos 60 quilômetros, na chamada *camada quente*. É na mesosfera que se inicia a camada D da ionosfera. Termina aos 85 quilômetros com o nome de **mesopausa**.

TERMOSFERA - aonde a temperatura cresce vertiginosamente, atingindo 500°C próximo dos 500 quilômetros. Seu limite é a **termopausa** onde começa a chamada **exosfera**, zona ilimitada da atmosfera formada por moléculas cuja concentração vai diminuindo progressivamente até se transformar no espaço interestelar.

O limite exterior da atmosfera foi convencionalmente estabelecido estar próximo dos 2000 quilômetros.

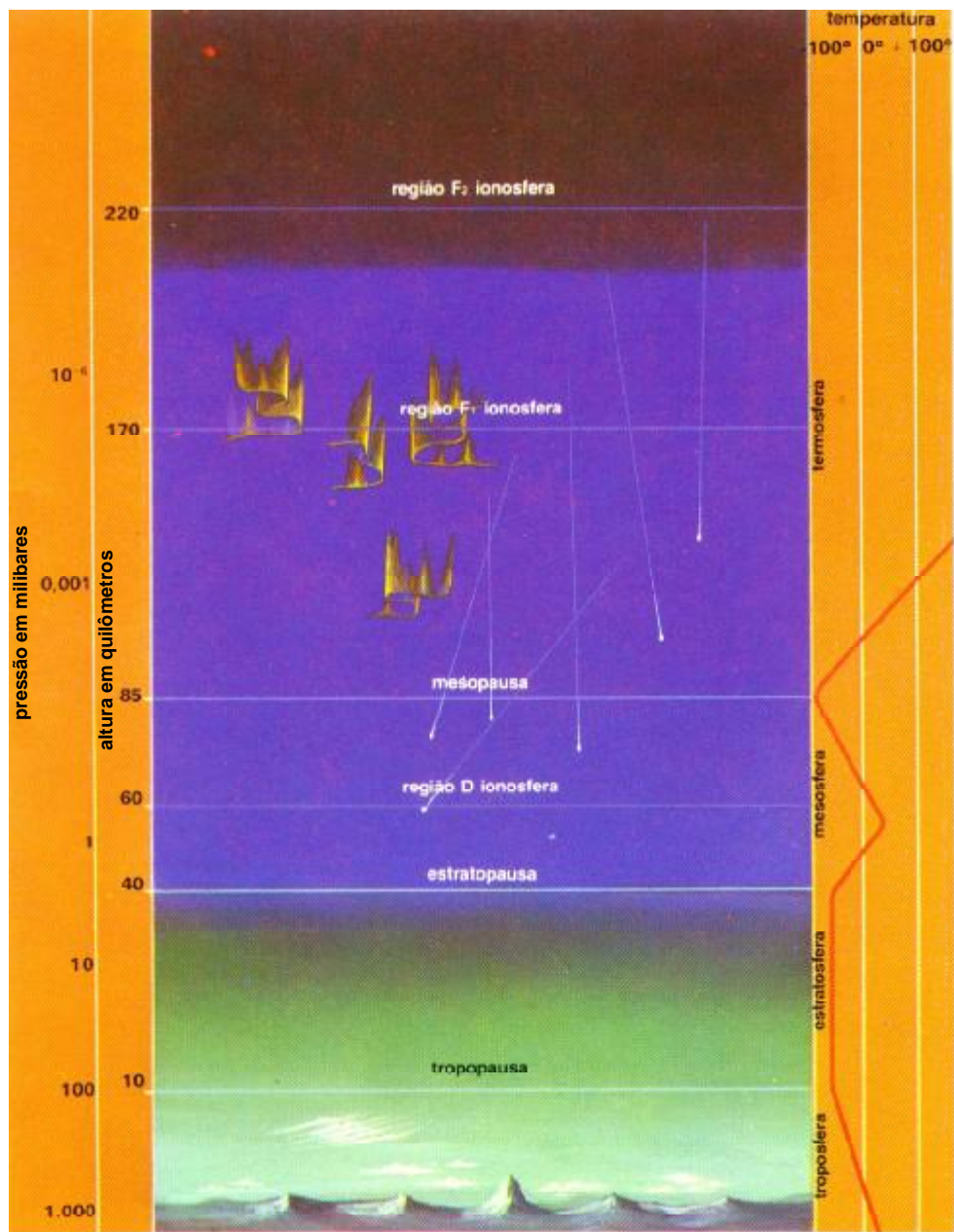


Figura 5 – Atmosfera com suas diversas regiões e características.

Figura 5 - Mostra a atmosfera com suas diversas regiões e características. As alturas dos limites das regiões estão em seus valores médios.

DESTAQUE III

A CAMADA DE OZÔNIO E A RADIAÇÃO UV-B SOLAR

Ao longo dos períodos geológicos a atmosfera terrestre experimentou mudanças substanciais. A mais significativa ocorreu há cerca de um bilhão de anos, como decorrência do surgimento e multiplicação dos organismos com capacidade de usar a luz solar para a produção de energia pela ação da fotossíntese. O subproduto daí gerado, foi o suprimento contínuo de oxigênio molecular ao envoltório gasoso da Terra, dando início a grandes transformações que vieram a moldar a composição do ar que respiramos hoje. Muito tempo foi necessário para o pleno desenvolvimento da vida na Terra, tanto vida animal como vegetal, uma vez que a incidência de raios ultravioleta vinda do Sol se manteve suficientemente alta para impedir o desenvolvimento celular na superfície terrestre. Tal processo biológico só se tornou possível na medida que se formou uma camada atmosférica de um subproduto do oxigênio - o ozônio. Esta camada passou gradativamente a funcionar como um filtro natural da radiação ultravioleta. A vida primordial criou, desta forma, o oxigênio livre e contribuiu peremptoriamente para formar a camada de ozônio que protege todas as formas de vida na Terra.



Fig.6 – Camada de Ozônio vista do espaço.

Figura 6 - Orbitando sobre a Terra e olhando no horizonte, próximo da noite orbital, um astronauta poderá apreciar uma fina borda azulada envolvendo nosso planeta – é a camada de ozônio, absolutamente necessária à vida.

Será que as manipulações químicas de hoje poderão conduzir à deterioração ou até à destruição deste escudo protetor da vida? Esta é uma preocupação dos cientistas, que desde 1974, observando imagens de satélites, concluíram estar havendo um adelgaçamento na camada de ozônio estratosférico, nas proximidades do polo sul, durante o inverno polar. E o preço que a humanidade teria que pagar seria muito grande, e já era conhecido: no homem, graves problemas de saúde, além de redução das safras agrícolas, devastação de muitas espécies, isto sem contar uma gradativa modificação na distribuição térmica e na circulação de ar, em todo o planeta.

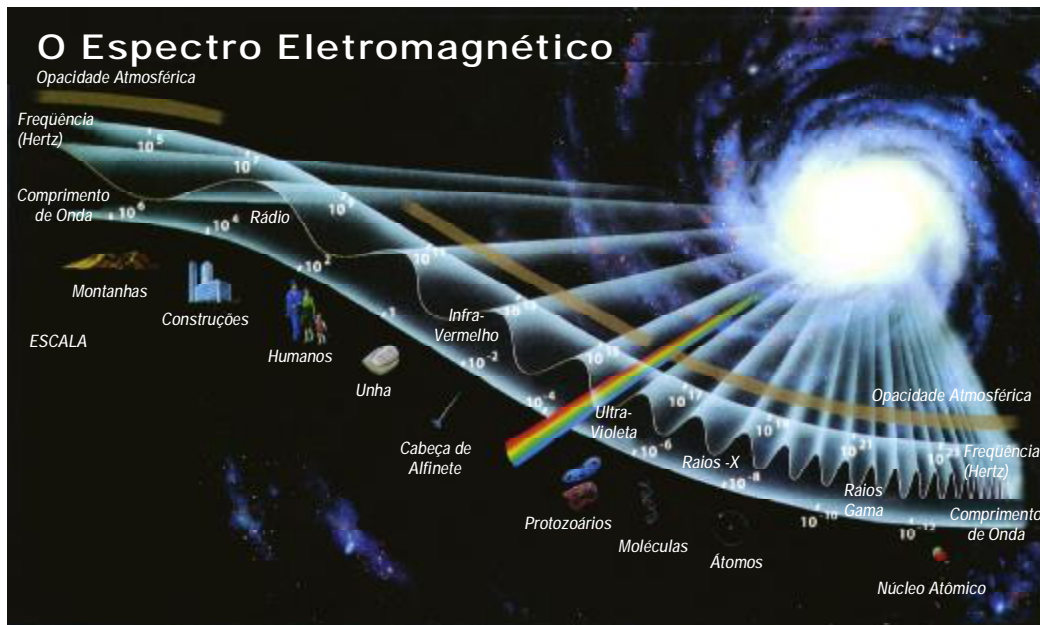


Fig. 7 – Espectro eletromagnético.

Figura 7 - Espectro eletromagnético, com a localização da faixa de luz visível, incluindo os raios infravermelho e ultravioleta. Os objetos na ESCALA representam o comprimento da onda em cada faixa do espectro.

Toda a radiação contida no Universo, está inserida no **espectro eletromagnético**, que vai desde a frequência baixa da voz humana até os chamados raios cósmicos. Lá pelo centro do **espectro** encontra-se a chamada *luz visível*, que tem na sua borda inferior os **raios infravermelhos** e no outro extremo, passando pelo faixa de todas as cores, os **raios ultravioletas (UV)**. A banda dos raios ultravioletas se divide em três tipos: o UV-A que vai de 320 a 400 nanômetros, UV-B que vai de 280 a 320 nanômetros e o UV-C de 100 a 280 nanômetros. A luz visível ocupa a faixa

de 400 a 600 nanômetros. A chamada camada de ozônio que está localizada entre 26 e 30 quilômetros de altura, rodeando toda a Terra, absorve completamente a radiação UV-C. Mas as radiações UV-A e UV-B atingem a superfície do planeta.

A UV-A chega normalmente à superfície da Terra, não sendo absorvida eficientemente por nenhum dos constituintes atmosféricos. É a radiação responsável pela síntese da vitamina D, mas, em excesso, poderá gerar perturbações à saúde.

A UV-B é altamente absorvida pela camada de ozônio. Parte dela passa pela camada de ozônio e atinge a superfície. Daí os danos que normalmente ela faz à saúde humana. Todo o esforço científico em controlar os níveis de ozônio é de fundamental importância para todas as formas de vida na Terra. Tanto o controle da camada de ozônio, filtro regular de UV-B, como o ozônio de baixa altura, que é danoso à vida.

A UV-C é totalmente absorvida pela atmosfera terrestre.

O ozônio é um gás que tem capacidade de interagir com um grande número de substâncias químicas. E uma delas, manipulada abundantemente pelo homem, é o carbono clorofluorado (CFC). Aparelhos de ar condicionado e refrigeração, propelentes tipo aerossol e processos para produção de plásticos, passaram a usar tais substâncias químicas a partir de 1928, quando o CFC foi sintetizado, e desde então, progressivamente, vem sendo injetado na atmosfera.

Medidas realizadas nos anos setenta, mostraram que os carbonos clorofluorados já se faziam presente na atmosfera em quantidades elevadas e que se o uso de tais compostos continuasse aumentando em mesmo ritmo, eles poderiam concentrar-se em camadas atmosféricas onde a radiação ultravioleta é bastante forte para decompor as moléculas, e desta forma, liberando cloro em quantidade suficiente para atacar e até destruir a camada de ozônio. Realmente, o cloro presente na molécula dos clorofluorcarbonos reage rapidamente com o ozônio, produzindo óxido de cloro e oxigênio molecular.

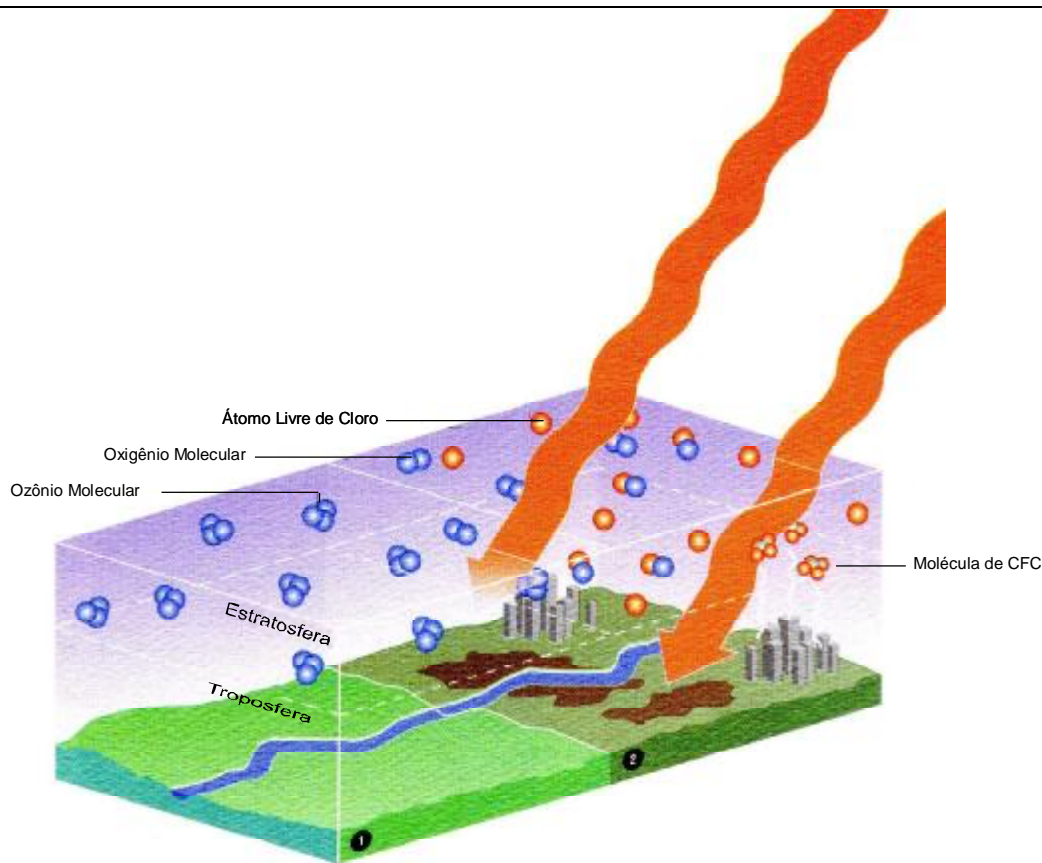


Fig. 8 – Camada de Ozônio.

Figura 8 - Mostra dois lados: o de número 1, onde aparece a camada de ozônio intacta, bloqueando a passagem dos raios ultravioleta. No outro lado, o de número 2, aparece as instalações humanas emitindo os malévolos CFC's, com as desastrosas destruições das moléculas de ozônio e a, conseqüente, penetração dos ditos raios.

Quando o problema foi levantado, cálculos iniciais indicaram que nos próximos cem anos a camada de ozônio poderia indicar uma perda entre 7 e 13% de sua massa. Tais perdas vêm sofrendo acréscimos sucessivos. As evidências foram se acumulando, sendo detectado, através de diferentes técnicas, pequenas diminuições da camada de ozônio existente sobre a Antártica. E aí vem a pergunta. Se a Antártica tem baixíssima densidade demográfica, porque justo lá apareceu o maldito “buraco de ozônio”? É que, durante o longo inverno antártico, predomina na estratosfera da região uma circulação rotacional em torno de um ponto chamado de **vórtice polar**. São vários meses em que a massa de ar ali estacionada fica

recebendo poluentes, sem que haja irradiação solar suficiente para provocar a quebra das moléculas. Com o começo da primavera, em setembro, os compostos clorados começam a dissociar-se, dando início à destruição, em grande escala, do ozônio local. Tal situação se mantém até fins de novembro, quando a circulação regional se modifica e a camada de ozônio se recompõe.

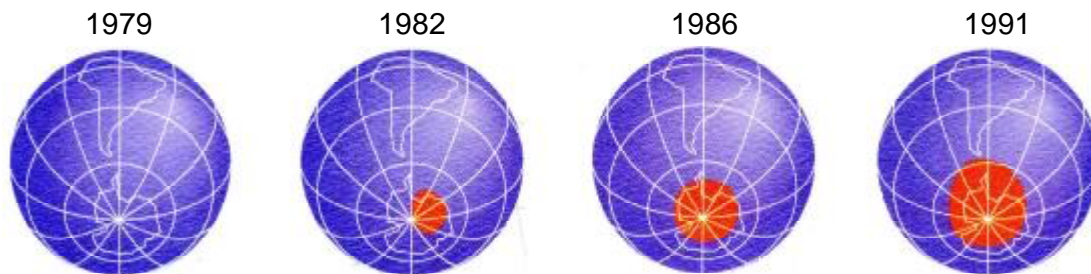


Fig. 9 – Progressão do buraco de ozônio.

Figura 9 - Antártica- o chamado “**último lugar na Terra**” foi onde começou a primeira perda de ozônio em larga escala no meado dos anos 70. Dez anos depois as perdas haviam crescido em 50%, sendo este o mais apressado crescimento de algum fenômeno em toda a história do planeta. Agora o buraco já atravessou um recorde de 10 milhões de quilômetros quadrados, ou seja, do tamanho da área da Europa.

O chamado buraco de ozônio no polo sul acordou a humanidade para um fato novo: que as pessoas precisam tomar conhecimento da necessidade de se proteger contra a irradiação UV-B. Ou seja, que o escudo natural de proteção da Terra contra o bombardeamento de raios UV-B provenientes do Sol, está encolhendo. Isto é extremamente grave porque os seres vivos passaram por todo o processo de evolução contando com a existência desse escudo. Não possuem, portanto, defesas adequadas contra os raios UV-B, que ao incidir maciçamente sobre a pele, provocam uma onda de efeitos perversos. Mutações genéticas, queimaduras, cataratas, defesas imunológicas baixas são apenas alguns ao nível de organismo. Prejuízos à fauna e flora, com estragos na agricultura, também são efeitos previsíveis. Hoje, uma garota que numa praia brasileira exponha seu corpo seminu aos raios solares, certamente receberá 5% a mais de UV-B do que sua mãe receberia nos mesmos trajes, há trinta anos. Isto quer dizer que hoje a tal garota está mais suscetível ao aparecimento de carcinomas. Isso não significa que sua mãe estivesse isenta de tais riscos. Como dito acima, o UV-B é uma das radiações que compõem a luz solar, e que sempre

penetrou na atmosfera. A diferença, agora, está na intensidade. Com menos moléculas de ozônio na estratosfera para filtrá-los, o bombardeio de UV-B sobre os seres vivos hoje é bem maior. E só existe uma ação eficaz – lambuzar as partes do corpo em exposição aos raios solares, com loções de filtro solar.

Tanta recomendação precisa ser explicada. Afinal de contas, não há rombo algum na camada de ozônio sobre o Brasil. O buraco antártico, porém, funciona como um ralo, sugando partes da camada de ozônio de outras regiões da Terra, adelgaçando-a. E o perigo é porque o escudo de ozônio já é bastante tênue.

CALCULANDO A PROTEÇÃO NECESSÁRIA.

Dizer que o Sol está forte hoje, é uma afirmação vaga e muito subjetiva. E o procurado, foi exatamente uma definição de quantidade, ou melhormente, de intensidade. Ou seja, dar aos dermatologistas valores quantitativos e não qualitativos, para avaliações de estado de exposição aos raios solares. A radiação solar incidente no planeta Terra tem uma certa intensidade que transformada em energia por unidade de área, gera uma medida que adotada em Watts por metro quadrado, pode ser escrita Watts/m^2 . Tal unidade multiplicada pelo tempo de exposição, deduzidamente resulta na energia depositada pelos raios solares no tal intervalo de tempo. Usando o termo adotado pelos médicos fala-se em DOSE, ou seja, a DOSE é uma quantidade de energia a que certa pessoa foi exposta num processo qualquer de irradiação. E chama-se de **dose mínima** aquela que aplicada por vinte e quatro horas produz sinais claros de queimaduras na pele da pessoa. Daí vem a definição de MED (Minimum Erythema Dosis), ou seja, Dose Eritematosa Mínima, que é aquela quantidade de energia mínima que é capaz de produzir um eritema.

A inter-relação da radiação UV-B com o meio ambiente, conseqüentemente com a pele humana, foi estudada buscando prognosticar o tempo que uma pessoa poderá expor-se ao Sol sem queimar a pele. Por processos experimentais os dermatologistas conseguiram classificar a pele humana em quatro tipos, conforme a maior ou menor sensibilidade da pele ao UV-B. Seguiu-se a determinação da energia mínima necessária para que a pele se queime, já definido como MED. Tais informações podem compor uma tabela do tipo Tabela III.1.

TABELA III.1
 DESCRIÇÃO BÁSICA DE FOTOTIPOS DE PELE HUMANA

| FOTOTIPOS | COR | MED | TIPO DE BRONZEADO |
|---|-----------------------------------|--------|---|
| Nunca bronzeia. Sempre queima. | Muito branca (loiras e ruivas) | 10-30 | Desenvolve queimadura; ocorre inchaço; a pele queimada solta. |
| Às vezes bronzeia Em geral queima | Morena clara | 30-50 | Em geral queima; pode gradualmente bronzear. |
| Em geral bronzeia Às vezes queima | Morena escura | 40-75 | Raramente queima; velocidade de bronzeamento quase rápido. |
| Sempre bronzeia. Raramente queima | Morena bem escura e negra | 50-120 | Raramente queima; resposta muito rápida de bronzeamento. |

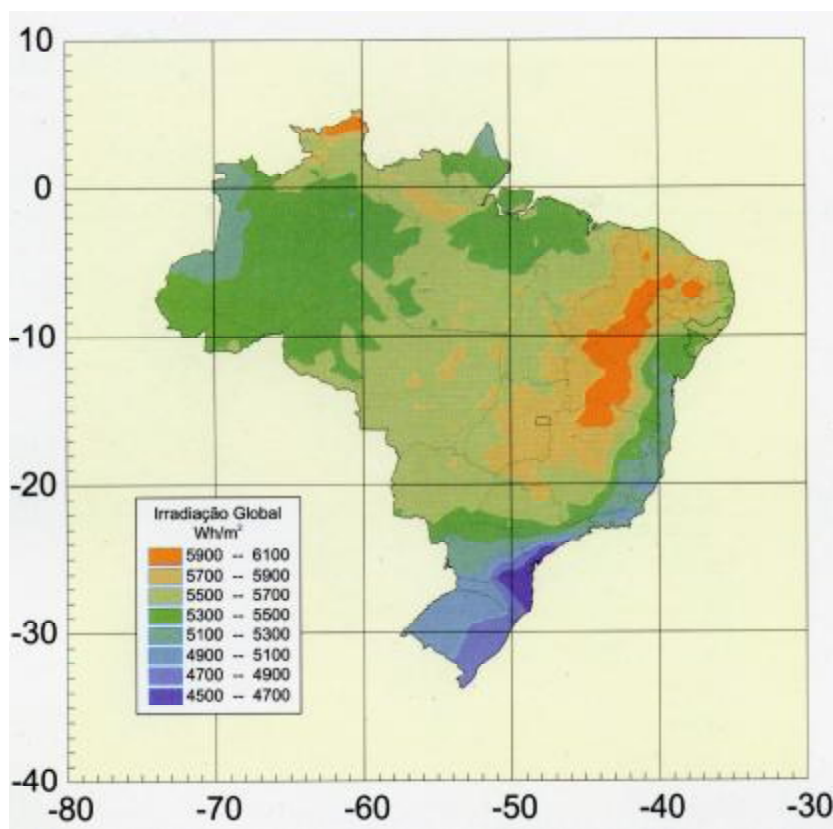


Fig. 10 – Média anual de irradiação solar no Brasil.

Figura 10 - O mapa apresenta a média anual de irradiação solar em todo o Brasil. Em Natal a média anual de irradiação solar é de 5.688 Wh/m².

Queimadura da pele sempre é indesejável, porque causa danos, as vezes com irreversão. O bronzeado não gera qualquer dano à pele, mas o difícil é uma certa pessoa saber quanto de exposição ao Sol sua pele vai suportar, para receber apenas um bronzeado, sem causar aborrecimento. Daí ter sido criado o Índice Ultravioleta (I-UV) que indica a intensidade de radiação na faixa do UV-B que uma pessoa pode se expor. Foram definidos 15 degraus de intensidade, sendo que o nível 15 corresponde ao pico de verão, ao meio dia, com o Sol no zenite. A tabela abaixo mostra a faixa de tempo, em minutos, que pode causar queimaduras, com diferentes índices de UV-B:

TABELA III.2
FAIXA DE TEMPO, EM MINUTOS, QUE PODE CAUSAR
QUEIMADURAS, COM DIFERENTES ÍNDICES DE UV-B

| VALOR DO ÍNDICE | MINUTOS QUE LEVA PARA QUEIMAR | |
|-----------------|-------------------------------|---------------------|
| | CASO MAIS SENSÍVEL | CASO MENOS SENSÍVEL |
| Mínimo 0-2 | 30 | Mais do que 120 |
| Baixo 3 | 20 | 90 |
| 4 | 15 | 75 |
| Moderado 5 | 12 | 60 |
| 6 | 10 | 50 |
| Alto 7 | 8,5 | 40 |
| 8 | 7,5 | 35 |
| 9 | 7 | 33 |
| Muito alto 10 | 6 | 30 |
| 11 | 5,5 | 27 |
| 12 | 5 | 25 |
| 13 | Menos que 5 | 23 |
| 14 | 4 | 21 |
| 15 | Menos que 4 | 20 |

Há variedade significativa de doses entre, por exemplo, São Paulo e Natal. Considerando o mesmo mês do ano (setembro, por exemplo) a dose máxima registrada em São Paulo correspondeu a um índice de UV de 6,9 , ou em termos de potência, correspondente a 0,19 W/m². Para Natal, na mesma data, o índice de UV é 11,5 e a potência correspondente é de 0,32 W/m².

A maioria dos países está estudando meios de poder manter a população alertada sobre os INDICES DE UV-B, evitando exposição ao Sol em demasia, com danos desastrosos quando, em verdade, a pessoa está apenas buscando um bronzeado sadio e bonito. Laboratórios para registro dos níveis de UV-B estão sendo montados em vários países do mundo civilizado, exatamente para divulgação, em circuito aberto, dos perigos de cada minuto de exposição solar em cada dia do ano. O Brasil encontra-se em situação boa, quanto a poder iniciar a divulgação de índice UV-B. Através do Laboratório de Ozônio (LO) do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) o Brasil vem acompanhando o desenvolvimento de um Índice Internacional de UV-B, com base em medidas feitas com instrumentação qualificada, que deverá trazer vários benefícios para a população.

Atualmente o LO mantém uma rede de medições com sofisticada instrumentação, que gradualmente vem crescendo desde 1978, quando foi assinado um Convênio com a NASA buscando fazer registro dos níveis de ozônio desde a superfície terrestre até 35 quilômetros, em média, com o uso de radiosondagens portando sensores de ozônio, as quais sondagens são operadas semanalmente a partir do INPE de Natal, até hoje. Também foguetes com sensores de ozônio foram lançados durante alguns anos, e que foram totalmente substituídos pelas sondagens com balões.

No INPE de Natal estão instalados dois dos laboratórios que o INPE mantém com a finalidade principal de coletar dados de ozônio de superfície e da baixa estratosfera, de radiação UV-B e de outros gases tais como o dióxido de carbono e o metano, feita diuturnamente de forma contínua e programada. Um dos laboratórios está nas dependências do INPE, próximo ao Campus Universitário. O outro está instalado no Cabo de São Roque, no município de Maxaranguape. Os dois laboratórios dispõem de uma instrumentação, das mais avançadas do mundo, composta de:

- Espectrofotômetro DOBSON – Usa um sistema de lentes e uma fotomultiplicadora, operando em horários predeterminados, todos os dias do ano;
- BREWER - Espectrofotômetro automatizado pelo uso de computador. Trabalha ininterruptamente e mede densidade da camada de ozônio e mais UV-A e UV-B;

- UVBIOMETER – Equipamento automático que grava a radiação UV-B para análise computacional;
- CO2 ANALYZER – Mede a concentração de dióxido de carbono, para avaliação da poluição ambiental;
- MONITOR LAB´S – Destinado a medir a concentração do ozônio de superfície;
- W9000 RADIOSONDE PROCESSING SYSTEM - Equipamento utilizado para recepção e registro dos dados obtidos por meio de radiosondagens, usando balões, que levantam perfis de densidade de ozônio, temperatura do ar, umidade relativa do ar e vento, do solo até cerca de 35 quilômetros. O balão é inflado com gás helix e tem um coeficiente de ascensão estabelecido pelo peso das sondas acopladas. O conjunto é composto de uma radiosonda, uma sonda ECC(ozônio), um pára-quedas e o balão.



Fig. 11 – Trem de lançamento de radiossonda juntamente com sensor.

Figura 11 - Trem de lançamento de radiossonda juntamente com sensor para ozônio e mais o pára-quedas.

Em 1978, o autor deste trabalho esteve na NASA-Wallops Flight Center, na Virgínia-USA, juntamente com o Dr Volker Kirchhoff, cientista do INPE, e mais dois engenheiros (Rose e Etiene Schneider) com o propósito de receber informações, em busca de homologar o convênio assinado entre os dois governos (Brasil e EEUU), que visava fazer medidas na troposfera e

estratosfera, para registro dos níveis de ozônio. De regresso, foram instalados no CLBI (Centro de Lançamento da Barreira do Inferno) os equipamentos e processadores para a operacionalização do que passou a chamar-se Projeto Ozônio. De lá para cá, já se vão 24 anos de labor e aperfeiçoamento dos recursos e facilidades técnicas que gradualmente criou o Laboratório de Ozônio do INPE, como um todo. Hoje, com mais de duas dezenas de pessoas, muitos ao nível de doutorado, e com instalações instrumentadas em Natal-RN (duas estações), Campo Grande-MT, Cachoeira Paulista-SP, São José dos Campos-SP, Santa Maria-RS, e fora do Brasil com instrumentos instalados em LaPaz-Bolívia, Punta Arenas-Chile e Estação Comandante Ferraz-Antártica. tudo isto apenas demonstra uma coisa – a tenacidade do Dr. Kirchhoff, que dedica todas as suas horas para ter um LO a altura de suas aspirações. Como amigo e companheiro lado-a-lado nesta empreitada que ele tomou para si, quero expressar as minhas mais eloqüentes homenagens.

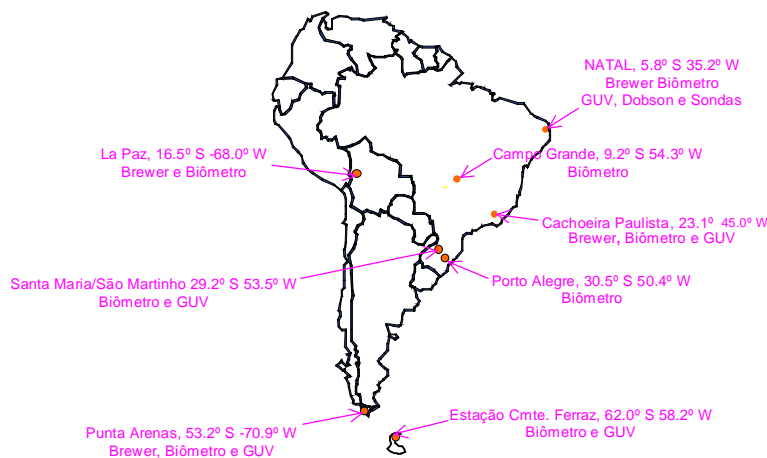


Fig. 12 – Localização das instalações do Laboratório de Ozônio.

Figura 12 - O mapa da América do Sul e Antártica, com a localização das instalações do Laboratório de Ozônio, suas coordenadas geográficas e tipo de instrumental.

SUGESTÕES PARA LEITURA:

- Jerlov, N.G. – Ultraviolet radiation in the sea, **Nature**, 166, 111-113, 1950.
- Kirchhoff, V.W.J.H., A.G.Motta, Medidas de Ozônio na Troposfera e Estratosfera de Natal, **Revista.Bras.Geofísica**, 2 25-30, 1983.

- Kirchhoff, V.W.J.H., A.G.Motta, S.O.Azambuja, A Camada de Ozônio: um Filtro Ameaçado, **Ciência Hoje**, 5(28), 28-33, 1987.
- Kirchhoff, V.W.J.H., Ozônio, Ameaça sobre a Antártica, **Revista Brasileira de Tecnologia**, 19, 55-58, 1988.
- Kirchhoff, V.W.J.H., A Redução da Camada de Ozônio: Efeitos sobre o Brasil, **Eng. Ambiental**, 2 32-35, 1989.
- Kirchhoff, V.W.J.H., Ozônio e Radiação UV-B – Transtec, 1995.
- Kirchhoff, V.W.J.H., Hilsenrath E., Motta A.G., Sahai Y., e Medrano R.A. Equatorial ozone characteristic as measured at Natal, **Journal Geophys. Research**, vol.88, pp. 6812-6818, 1983.

APÊNDICE A

ASPECTOS AMBIENTAIS NA PRECIPITAÇÃO DA COSTA BRASILEIRA.

Neste apêndice é apresentada a íntegra do trabalho da Dra. Lycia Maria Moreira-Nordeman, pesquisadora do INPE, onde foi constatado, através de pesquisa envolvendo seis cidades do litoral brasileiro, (desde Fortaleza-CE até Florianópolis-SC), que Natal, em termos das demais cidades analisadas, realmente apresentou uma atmosfera classificada como padrão positivo e, em comparação com o conjunto das cidades estudadas, realmente tem a melhor qualidade de ar. As águas de chuva de Natal foram consideradas como possuidoras de uma composição química isenta de poluição e, como tal, representativa das águas de chuva da região costeira.

Entre as conclusões do trabalho destaca-se a terceira onde é dito que “Entre as cidades estudadas (Fortaleza, Natal, Niterói, Caraguatatuba e Florianópolis) destacou-se a excelente qualidade da chuva de Natal, refletindo essencialmente a contribuição de origem marinha. O oceano, como a maior fonte de íons na atmosfera, influencia a composição química das águas de chuva, e em regiões costeiras tal contribuição se torna acentuada, como esperado. **As chuvas de Natal estão isentas de contribuições de origem antropogênica o mesmo não acontecendo nas demais cidades estudadas**”.

Também, na oitava conclusão é dito: “As águas de chuva de Natal serão consideradas como tendo uma composição química isenta de poluição e representativa das águas de chuva das regiões costeiras do Brasil, e serão tomadas como referência, em relação à qual as demais serão comparadas. Será a **chuva padrão** de região costeira.”

Como se vê, o trabalho da Dra. Lycia realmente enfatizou que a atmosfera de Natal mantém **o seu estado primitivo**.

IMPACTOS AMBIENTAIS NA PRECIPITAÇÃO DA COSTA BRASILEIRA*

L.M.Moreira-Nordeman¹, O.M.Danelon A.L.Magalhães,
C.Ferreira², C.M.N.Panitz³, M.M.Santiago⁴, E.Silva⁵,
C.F.Souza⁶

Estudos sobre a composição química da atmosfera em geral, e em particular sobre acidez e química das águas de chuva, são muito recentes no Brasil. Desse modo, poucos são os dados disponíveis sobre esse assunto, e pouco se sabe sobre os impactos causados por atividades de caráter antropogênico na qualidade da atmosfera das diversas regiões brasileiras. O estudo das variações especiais e temporais da composição química das águas de chuva, especialmente em regiões marinhas e/ou costeiras, pode incrementar o nosso conhecimento sobre a interação oceano-atmosfera-continente, sobre transporte de longa distância de gases e aerossóis, identificar fontes de origens naturais e antropogênicas, assim como fornecer subsídios para o entendimento do ciclo biogeoquímico e da produtividade marinha. No Brasil, estudos sobre a química da precipitação na costa marinha são essenciais, não só devido à necessidade de obtenção dessas informações de caráter geoquímico, como também porque (com exceção apenas de São Paulo e Belo Horizonte) é na região costeira que se encontram as maiores concentrações urbanas e industriais do país.

Neste trabalho são apresentados dados obtidos em amostras de águas de chuva sistematicamente coletadas em seis pontos da costa do Brasil: Fortaleza, Natal, Salvador, Niterói, Caraguatatuba, Florianópolis, perfazendo, assim, 5.000Km de distância entre dois pontos extremos que são Fortaleza e Florianópolis (3°45' a 27°35' Lat S). O período de amostragem (março 1988-junho 1989) incluiu duas estações chuvosas e duas secas em todos os seis pontos. As coletas foram efetuadas por evento, isto é, coletava-se o volume total de chuva precipitado em cada evento, ao mesmo tempo em que as estações meteorológicas de cada local registravam a respectiva pluviometria. As amostras foram obtidas aos pares, utilizando-se dois funis de polietileno, conectados a duas garrafas (descartáveis) também de polietileno. Os funis eram lavados pela manhã e à noite,

* Trabalho financiado pela FINEP.

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São José dos Campos, Brasil.

² Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil.

³ Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

⁴ Instituto de Física, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil.

⁵ Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil.

⁶ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.

diariamente, com água deionizada, o mesmo procedimento ocorrendo após cada coleta. As análises químicas foram efetuadas também em duplicatas, isto é, em todas as amostras obtidas. Análises de pH foram feitas imediatamente após a coleta em uma alíquota da amostra, e uma outra alíquota era separada, preservada com clorofórmio, e enviada de avião ao INPE onde foram efetuadas as demais análises: sódio, cálcio, potássio e magnésio foram analisados por espectrometria de absorção atômica; cloreto, sulfato e nitrato por cromatografia iônica líquida e amônio por eletrodo de íons seletivos.

Neste trabalho (por limitação de espaço) apenas serão apresentados os resultados referentes ao sulfato, nitrato, amônio e acidez das águas de chuva, para os locais estudados.

A Tabela 1 dá as concentrações médias ponderadas (a ponderação é feita em relação à pluviometria da amostra) de sulfato, nitrato e amônio, as pluviometrias médias nos dois anos de coleta e as médias aritméticas de pH. Observa-se pelos dados apresentados nessa tabela que a maior acidez obtida foi para a cidade de Caraguatatuba, seguida de Natal, justamente para os dois únicos locais não industrializados. As demais cidades ou possuem parques industriais importantes (Rio de Janeiro e Salvador) ou de porte médio (Fortaleza e Florianópolis), apresentando, no entanto menor acidez. Por outro lado, observa-se também que as maiores concentrações de sulfato são encontradas em Niterói, Caraguatatuba, Florianópolis e Salvador, enquanto que as de nitrato nas três primeiras citadas. Esta constatação, assim como os resultados de testes estatísticos efetuados (não apresentados aqui), parecem sugerir que não existe correlação entre acidez e teores de sulfato e nitrato. No entanto, só com o estudo completo da composição química da precipitação a existência ou não de tal correlação poderá ser explicada. A acidez das chuvas de Caraguatatuba (assim como os elevados teores de sulfato, nitrato e amônio) pode ter duas origens possíveis: a presença da Mata Atlântica e/ou a contribuição da poluição de outras regiões através das frentes frias provenientes do Sul do país que precipitam em parte nessa cidade.

Observa-se também na Tabela 1 que as águas de chuva de Natal são as que apresentaram as mais baixas concentrações iônicas (inclusive para os outros íons estudados), evidenciando uma contribuição de origem essencialmente marinha (e, portanto natural), sugerindo a possibilidade de sua utilização como “chuva padrão” para estudos geoquímicos: a composição química das águas de chuva de Natal seria tomada como base de referência para a avaliação da contribuição oceânica, e, a partir desses

resultados, seriam inferidas as contribuições de origem antropogênica nos demais locais, observando-se, é claro, os parâmetros geoclimáticos inerentes á cada região.

Na Tabela 2 estão apresentadas as contribuições iônicas via atmosfera em sulfato, nitrato e amônio (em g/m²-ano), que correspondem à taxa de precipitação iônica total nesses locais.

É evidente, através destes dados, que a taxa de precipitação de sulfato aumenta diretamente em função do grau de industrialização das cidades, o mesmo ocorrendo (com exceção de Caraguatatuba) para o nitrato e amônio. Esta observação leva-nos a admitir que uma contribuição importante de nitrato e amônio em Caraguatatuba provém da mata Atlântica (contribuição biogênica), sugerindo a possibilidade de que parte da acidez detectada na região esteja ligada à presença de ácidos orgânicos.

Um trabalho completo, incluindo concentrações e comportamento geoquímico dos dados analisados, serão publicados posteriormente.

Tabela 1 - Pluviometria média dos dois anos de coleta (1988-1989) em mm. Concentrações iônicas médias ponderadas em mg/l. Precisão ± 10%. Médias aritméticas de pH.

| Local | Pluv. | SO ₄ ²⁻ | NO ₃ ⁻ | NH ₄ ⁺ | pH |
|---------------|-------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------|
| Fortaleza | 1757 | 0,40 | 0,13 | 0,08 | 5,3±0,6 |
| Natal | 1658 | 0,21 | 0,04 | 0,03 | 5,0±0,6 |
| Salvador | 2588 | 0,61 | 0,06 | 0,03 | 5,6±0,5 |
| Niterói | 1506 | 1,66 | 0,42 | 0,21 | 5,4±0,7 |
| Caraguatatuba | 1672 | 1,00 | 0,48 | 0,28 | 4,0±0,6 |
| Florianópolis | 1358 | 0,44 | 0,44 | 0,21 | 5,7±0,6 |

Tabela 2 – Entrada em g/m²-ano, via atmosfera, dos íons estudados (1988-1989) para os seis locais de coleta.

| Local | SO ₄ ²⁺ | NO ₃ ⁻ | NH ₄ ⁺ |
|-----------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Fortaleza | 0,70 | 0,23 | 0,14 |
| Natal | 0,35 | 0,07 | 0,05 |
| Salvador | 1,58 | 0,16 | 0,08 |

| | | | |
|---------------|------|------|------|
| Niterói | 2,50 | 0,63 | 0,32 |
| Caraguatatuba | 1,67 | 0,80 | 0,47 |
| Florianópolis | 1,28 | 0,60 | 0,29 |

RELATÓRIO RESUMIDO SOBRE A REUNIÃO FINAL DO PROJETO COST = “FÍSICO-QUÍMICA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NA COSTA DO BRASIL”

De 12 a 15 de novembro de 1990 teve lugar em Natal, na sede INPE/Natal a reunião para discussão dos resultados do projeto e avaliação do mesmo.

Estiveram presentes os participantes do projeto em cada um dos Estados envolvidos, assim como representantes das Secretarias de meio Ambiente dos mesmos:

- a) Profa. Dra. Marlúcia Santiago/ Univ. Federal do Ceará.
- b) Profa. Mestre Cleonice Furtado/ Univ. Federal do Rio grande do Norte.
- c) Prof. Mestre Clemiro Ferreira/ Univ. Federal da Bahia.
- d) Prof. Mestre Emanuel V. da Silva Filho/ Univ. Federal Fluminense.
- e) Prof. Antonio Luis Magalhães/ Responsável pelo Projeto em Caraguatatuba.
- f) Profa. Dra. Lúcia Maria Moreira Nordemann/ INPE – Coordenadora do Projeto e Responsável pelo mesmo perante a FINEP.

A Profa. Dra. Clarice Panitz da Univ. Federal de Santa Catarina, responsável pelo Projeto em Florianópolis não pode comparecer.

Também estiveram presentes:

- g) A técnica da FINEP, Patrícia Freitas, que acompanhou o projeto e substituiu a Sra. Sandra Haccon durante ao exterior.
- h) O Dr. Helder Costa da Secretaria de meio Ambiente do Rio de Janeiro e da FEEMA.
- i) O Dr. Rolf Pohlig/SEMAGE (Secretaria de meio Ambiente do Ceará).
- j) Profa. Rita Maria Pimentel Leal/ CRA (Centro de Recursos Ambientais – Bahia).

A reunião ficou prejudicada devido à mudança do feriado, que do dia 15 de Novembro passou para dia 12 de novembro voltando finalmente e inesperadamente para o dia 15. E este fato impediu que mais 2

representantes de Secretarias comparecessem e causou tumulto na programação e horário de chegada de alguns participantes.

Na reunião, a Dr. Lycia Maria Moreira Nordemann fez um relato sobre o histórico do projeto, e apresentou os resultados obtidos: O Projeto foi por ela apresentado e negociado junto à FINEP, obtendo assim financiamento deste órgão para coletores, equipamentos, material de consumo e serviços de terceiros e encargos.

As coletas e medidas de pH ficaram a cargo dos participantes em cada uma das cidades. Estes deveriam também fornecer dados climatológicos dos locais e indicações úteis para interpretação dos resultados. As amostras eram enviadas por via aérea ao INPE/SÃO JOSÉ DOS CAMPOS onde eram analisadas. Foram obtidos 312 pares de amostras, totalizando 5000 análises pois foram determinados 8 parâmetros (teores de Na, Ca, K, Mg, Cl⁻, No₃⁻, SO₄²⁻ e NH₄⁺).

Após o histórico do projeto e apresentação dos resultados houve uma discussão com todos os participantes, cujas conclusões estão resumidamente expostas a seguir:

- 1º) Ficou patente que este foi um trabalho pioneiro, envolvendo diversas instituições e espalhado em 6 pontos da costa do Brasil, distante 5.000 Km (entre Natal e Florianópolis) ponto a ponto.
- 2º) A qualidade da atmosfera tem papel preponderante no diagnóstico ambiental de uma região, e a composição química das águas de chuva reflete de modo preciso a qualidade da atmosfera. Em particular, a chuva como principal agente de recarga de aquíferos (rio, lagos, poços subterrâneos) se contaminada ou poluída, irá também poluir estes aquíferos.
- 3º) Entre as cidades estudadas (Fortaleza, Natal, Salvador, Niterói, Caraguatatuba e Florianópolis) destacou-se a excelente qualidade da chuva de Natal, refletindo essencialmente a contribuição de origem marinha. O oceano, como maior fonte de íons na atmosfera, influencia a composição química das águas de chuva, e em regiões costeiras tal contribuição se torna mais acentuada, como esperando. As chuvas de Natal estão isentas de contribuições de origem antropogênica o mesmo não acontecendo nas demais cidades estudadas.

- 4º) O pH das águas de chuva está em torno de 5, sendo menos ácido em Salvador (pH = 5,6) e Florianópolis (pH = 5,7) e bem mais ácido em Caraguatatuba (pH = 4,0).
- 5º) Foram discutidas as fontes de elementos na atmosfera, tanto de origem natural quanto antropogênica, em cada uma das cidades. Também foram discutidas as influências das condições climáticas, tanto de caráter local quanto global.
- 6º) A cidade de Niterói (e certamente é equivalente para o Rio de Janeiro, segundo os dados disponíveis para esta cidade) é a que mais apresenta sinais de degradação da qualidade da atmosfera. O representante do Rio acredita que a poluição é proveniente de São Paulo, com a ocorrência de frentes frias, e carregando na sua passagem os poluentes de São Paulo para o Rio. Um estudo tentando separar eventos decorrentes de frentes frias dos convectivos será feito para testar tal hipótese. Foi sugerido que em caso afirmativo, São Paulo deveria pagar “royalites” ao Rio como indenização pela poluição causada.
- 7º) As águas subterrâneas de Fortaleza e adjacências estão apresentando altos teores de nitrato. Isto se deve ao fato de que as águas de chuva nesta região, estão com 3 vezes mais nitrato que as de Natal.
- 8º) As águas de chuva de Natal serão consideradas como tendo uma composição química isenta de poluição e representativa das águas de chuva das regiões costeiras no Brasil. Serão tomadas como referência, em relação à qual as demais serão comparadas. Será a “chuva padrão” de região costeira.
- 9º) Várias outras conclusões de cunho científico foram discutidas. Porém, a discussão detalhada dos resultados, assim como as conclusões finais serão apresentadas no relatório final, que será encaminhado à FINEP em março de 1991. Artigos científicos serão publicados posteriormente.

Além da discussão de cunho científico foram também discutidas as dificuldades encontradas na realização do projeto:

- k) Dificuldade de comunicação entre os participantes.
- l) Atraso na liberação das verbas pela FINEP.
- m) Verbas defasadas, liberadas em dezembro de 89 com OTN de Janeiro de 89.
- n) Verba sem poder ser utilizada porque o crédito ficou “preso” no INPE devido a mudanças de Ministério que o INPE sofreu.

- o) Alguns dos colaboradores não enviaram os dados climatológicos pedidos, em tempo, o que atrasou a interpretação dos resultados.
- p) Atraso nas análises químicas porque, as colunas de troca iônica do cromatógrafo de íons não foram substituídas à tempo e as existente já tinham sido gastas nas primeiras análises.

No mais, ficou patente a dedicação e eficiência dos técnicos da FINEP, especialmente Sandra Haccon e Patrícia Freitas, que não pouparam esforços para contornarem as dificuldades surgidas na execução do Projeto e sendo sempre acessíveis no tocante à comunicação.

Também contamos com a colaboração e eficiência do Dr. Aduino Motta, Coordenador do INPE/Natal, que não só ofereceu toda infraestrutura para a realização da reunião como deu apoio ao projeto em Fortaleza e Natal, durante toda sua execução.

Estes e outros pontos também serão discutidos com mais detalhes no Relatório Final.

Mas apesar de todas as dificuldades encontradas e de ter sido realizado num período dos mais conturbados pelo qual o país atravessou, o projeto chegou à sua fase final e teve êxito, conforme assinou a Dra. Marlúcia Santiago. Também a técnica da FINEP declarou que esta organização já financiou vários trabalhos como este envolvendo várias Instituições, tanto por sugestão de pesquisadores quanto da própria FINEP, e foi este primeiro que chegou a ser concluído.

APÊNDICE B

PROJETOS ABORDANDO ASPECTOS DA ATMOSFERA BRASILEIRA, ENVOLVENDO O INPE, NASA E UNIVERSIDADES BRASILEIRAS, TRÊS DOS QUAIS NATAL TEVE PARTICIPAÇÃO EFETIVA.

Na década de oitenta, a NASA montou um enorme projeto a nível mundial chamado Global Tropospheric Experiment – GTE (Estudo Global da Troposfera), buscando essencialmente uma melhor compreensão da troposfera como um todo e definir as implicações locais geradas por situações pouco esclarecidas em certas partes do globo, como, por exemplo, o mito que afirmava ser a “floresta amazônica o pulmão do mundo”. No Brasil, contando com a participação efetiva do INPE e algumas universidades brasileiras (USP, UFPA, UFGO, UFSC, etc.) e INPA, foram conduzidos cinco experimentos, sendo que o INPE de Natal participou ativamente de todos, principalmente pelo fato de que o autor deste trabalho foi o Coordenador Logístico, a nível nacional, de todos os cinco projetos. Daí poder afirmar que qualquer projeto da NASA conduzido na Brasil jamais fez análise da atmosfera de Natal visando um parecer técnico sobre a qualidade do benfazejo ar que temos o privilégio de respirar.

Dos cinco projetos, em três deles, uma parte ou o todo do projeto teve âncora em Natal, contando com a efetiva participação da equipe do INPE. Particularmente o CITE-3, que teve seus aviões baseados na Base Aérea de Natal. Como tais projetos foram muito importantes para a compreensão da atmosfera e seus constituintes, claro que seria interessante fazer o registro de todos eles para que no futuro não haja dúvidas sobre a origem de tais informações e o quanto tais projetos elucidaram pontos controversos sobre a nossa tropopausa.

Os cinco projetos foram intitulados:

- GTE/ABLE – 2A e GTE/ABLE – 2B
- CITE – 3
- TRACE – A
- SCAR – B

Neste APÊNDICE será feito um resumo de todos eles com seus objetivos, conseqüências e resultados.

PROJETOS GTE/ABLE – 2 A (1985) e GTE/ABLE – 2 B (1987)

Na década de oitenta a NASA montou um enorme projeto, a nível mundial, que passou a chamar-se Global Tropospheric Experiment - GTE (Estudo Global da Troposfera), visando essencialmente estudos localizados, em cada parte do globo terrestre onde houvesse situações que pudessem suscitar dúvidas quanto ao conteúdo troposférico. No Brasil, contando com a participação ativa do INPE e algumas universidades brasileiras, foram conduzidos experimentos dentro do projetão GTE, inicialmente na região amazônica buscando quantificar e qualificar a composição básica de seus constituintes. Foram conduzidas duas Missões na **grande região amazônica**, as quais receberam a denominação de GTE/ABLE 2A e GTE/ABLE 2B (Atmospheric Boundary Layer Experiment).

O Projeto GTE/ABLE-2A, teve seu início em meado de julho de 1985, usando um bem montado arsenal de facilidades de forma a cercar a composição da troposfera em seus vários níveis, pelo uso de:

- Torres para micro meteorologia, fazendo medidas do solo até a copa das árvores de grande porte, sendo a principal na Reserva Ducke (Estação Experimental do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia), distante 40 quilômetros de Manaus;
- Três balões cativos com farta instrumentação, ancorados em pontos estratégicos da mata, dotados de dispositivo eletro-mecânico que permitia o balão subir e descer fazendo medidas contínuas e repetitivas desde o solo até 500 metros em dois deles, sendo que um fazia medidas até 1000 metros.
- Lançamentos diários de radiosondas para medidas aerológicas, a partir de cinco pontos localizados na Grande Amazônia (Belém-PA, Boa Vista-RR, Manaus-AM, Tabatinga-AM e Vilhena-RO) escolhidos dentro de uma busca de amarração das informações e intercomparações *in situ*, até o limite inferior da estratosfera;
- Lançamento de ozonosondas buscando levantar o perfil de ozônio do solo até o limiar da estratosfera;
- Sondagens feitas com o uso de um avião ELECTRA da NASA, com vôos cobrindo toda a área do experimento, ao nível primordial de 6000 metros;
- Medidas químicas das águas da Bacia Amazônica (rios, afluentes e pântanos) e das chuvas coletadas nos pontos de exploração.

Foi um levantamento global dos constituintes da atmosfera amazônica e suas inter-relações com o meio ambiente. Ou seja, o objetivo básico da

Missão GTE/ABLE – 2 A, conduzida entre meados de julho e agosto de 1985 foi dar ênfase aos processos químicos dentro da troposfera, na região amazônica, durante a estação seca. Enquanto, a Missão GTE/ABLE-2B que foi operada durante o mês de abril de 1987, em plena estação chuvosa da Amazônia, buscava uma intercomparação de informações das duas situações e efetivamente definir o comportamento de trocas entre a floresta e a atmosfera, como um todo.

Usando vários tipos de sensores e métodos de dedução diferentes as duas Missões GTE/ABLE fizeram medidas de vários compostos químicos e aerossóis, com um volume gigantesco de informações, as quais contando com grupos de pesquisadores em cada área de prospeção, realmente levantaram muitas dúvidas até então em voga. Para a Missão GTE/ABLE 2B foram convocados a participar ativamente cerca de 110 cientistas, engenheiros e técnicos brasileiros e 60 estrangeiros, a maioria trabalhando direta ou indiretamente para a NASA.

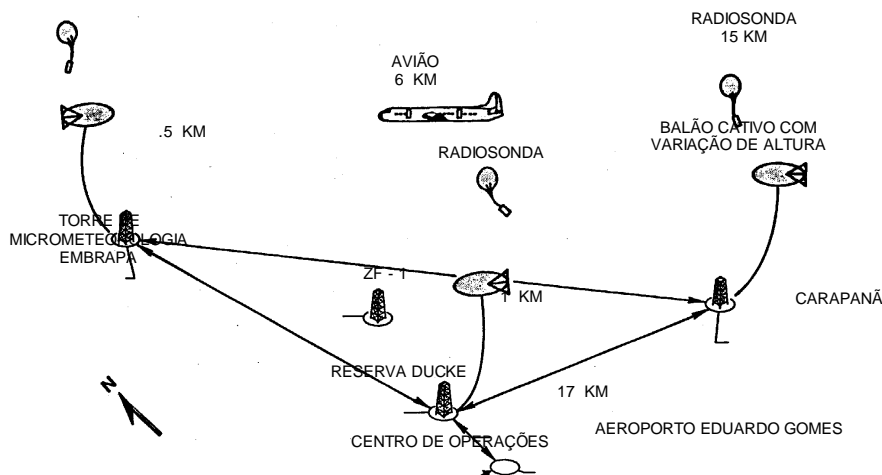


Fig. 13 - Meso-scale Convective Complex Triangle

Figura 13 - Em cada Missão do GTE/ABLE foi montado em Manaus e áreas próximas, um triângulo convectivo para medidas em mesoescala, chamado MCCT (Meso-scale Convective Complex Triangle), incluindo sensores instalados em terra e, mais abundante, sensores embarcados em plataformas aéreas, como balões livres, balões cativos e aeronave. Para cada Missão, foi instalado no Aeroporto de Manaus um Centro de Controle, tendo próximo a instalação de um RADAR METEOROLÓGICO.

CITE -3

Entre os dias 15 e 22 de setembro de 1992, foram conduzidos 16 vôos de um avião ELECTRA da NASA, a partir de Natal, atendendo a programação do Projeto denominado CITE-3 (Chemical Instrumentation Test and Evaluation). Como o nome do Projeto bem diz, o propósito era fazer avaliação do comportamento de sensores conduzidos a bordo da aeronave para medidas de concentrações ambientais, dentro da troposfera, de SO₂ (dióxido de enxofre), H₂S (hidrogênio sulfídico), CS₂ (carbono disulfídico), DMS (dimetil sulfídico) e COS (carbonil sulfídico), bem como, determinar, em um meio predominantemente marinho, a abundância e distribuição das maiores espécies sulfúricas, numa larga variedade de condições atmosféricas, incluindo altitude, níveis de fluxo solar, etc. Destarte foram levantados os níveis das espécies nomeadas, voando um total de 96 horas, conforme os padrões de vôo contidos no trabalho anexo. (Operational Overview...).

As missões CITE, em muitas instâncias, proporcionaram as instrumentações e técnicas empregadas durante os experimentos ABLE, PEM e TRACE. As duas primeiras missões do CITE, (-1 e -2) avaliaram instrumentos para a medição de monóxido de carbono (CO), óxido (NO), o radical hidroxil (OH), dióxido de nitrogênio (NO₂), ácido nítrico (HNO₃) e nitrato peroxiacetil (PAN). A missão CITE-2 também deu ênfase específica a questões relacionadas à abundâncias e particionamento entre os principais membros da família do nitrogênio.

A missão CITE-3 buscou as intercomparações que a NASA vem conduzindo, com ênfase nas principais espécies contidas na troposfera. Principalmente, as intercomparações focalizando a avaliação da instrumentação para medições aerotransportadas de SO₂, H₂S, CS₂, DMS e COS. Também o CITE-3 deu atenção especial às questões relacionadas à abundância e fotoquímica destas espécies de enxofre.

O Projeto CITE-3 realmente foi o maior e mais importante trabalho da NASA, associado ao INPE e universidades, conduzido a partir de Natal, buscando melhor conhecimento de nossa troposfera e fazendo levantamentos essencialmente científicos. E como se deduz, não houve intenção de fazer avaliação da qualidade do ar respirado pelo natalense. Mesmo porque o caminho científico para definir qualidade de ar é totalmente outro. É dito isto aqui, porque foi após a Missão CITE-3 que começou a surgir a já conhecidíssima versão de que **“Natal tem o ar mais puro do mundo, segundo pesquisa da NASA”**.

O que se segue é um extrato de artigo publicado na mais importante revista de conteúdo científico dos Estados Unidos, chamada **Journal of Geophysical Research**, editado no volume 98 de 20/12/1993, tendo como autores vários cientistas na NASA e outras organizações de ciência, e como um dos co-autores o responsável por este trabalho. Tal artigo descreve com bastante clareza a parte operacional do CITE-3, inclusive com todos os padrões de vôos que foram operados. Os resultados da Missão CITE-3 estão contidos em outras publicações disponíveis e que estão abertas para consultas.

Operational Overview of the NASA GTE/CITE 3 Airborne Instrument Intercomparisons for Sulfur Dioxide, Hydrogen Sulfide, Carbonyl Sulfide, Dimethyl Sulfide, and Carbon Disulfide

JAMES M. HOELL, JR.,¹ DOUGLAS D. DAVIS,² GERALD L. GREGORY,¹ ROBERT J. MCNEAL,³
RICHARD J. BENDURA,¹ JOSEPH W. DREWRY,¹ JOHN D. BARRICK,¹ VOLKER W. J. H. KIRCHHOFF,⁴
ADAUTO G. MOTTA,⁴ ROGER L. NAVARRO,⁵ WILLIAM D. DORKO,⁶ AND DENNIS W. OWEN⁷

This paper reports the overall experimental design and gives a brief overview of results from the third airborne Chemical Instrumentation Test and Evaluation (CITE 3) mission conducted as part of the National Aeronautics and Space Administration's Global Tropospheric Experiment. The primary objective of CITE 3 was to evaluate the capability of instrumentation for airborne measurements of ambient concentrations of SO₂, H₂S, CS₂, dimethyl sulfide, and carbonyl sulfide. Ancillary measurements augmented the intercomparison data in order to address the secondary objective of CITE 3 which was to address specific issues related to the budget and photochemistry of tropospheric sulfur species. The CITE 3 mission was conducted on NASA's Wallops Flight Center Electra aircraft and included a ground-based intercomparison of sulfur standards and intercomparison/sulfur science flights conducted from the NASA Wallops Flight Facility, Wallops Island, Virginia, followed by flights from Natal, Brazil. Including the transit flights, CITE 3 included 16 flights encompassing approximately 96 flight hours.

INTRODUCTION

The goal of NASA's Tropospheric Chemistry Program is to develop an understanding of global tropospheric chemistry so that assessments can be made of the susceptibility of the atmosphere to long-term chemical changes. A major component of this program is the Global Tropospheric Experiment (GTE), which consists of a series of integrated field expeditions. Fundamental goals of the GTE are the development of advanced instrumentation to measure critical trace atmospheric gases; the application of these instruments to field measurements of trace gases in order to quantify their sources, sinks, and distributions; and the synthesis of new data sets to gain improved understanding of the fundamental chemical behavior of the atmosphere.

The field programs in the GTE have evolved into three major categories: (1) boundary layer studies, i.e., Atmospheric Boundary Layer Experiments (ABLE), (2) instrumentation evaluation missions, i.e., Chemical Instrumentation Test and Evaluation (CITE), and (3) exploratory/transport studies, i.e. Pacific Exploratory Measurements (PEM) and Transport and Atmospheric Chemistry Near the Equator (TRACE). The ABLE missions [Ferek *et al.*, 1986; Talbot

et al., 1986; Gregory *et al.*, 1986; Harriss *et al.*, 1988; Harriss *et al.*, 1992] are designed specifically to study the rate of exchange of material between the Earth's surface and its atmospheric boundary layer and the processes by which gases and aerosols are moved between the boundary layer and the free troposphere. These expeditions have been conducted in ecosystems of the world that are known to exert a major influence on global atmospheric chemistry and that, in some cases, are undergoing profound changes as a consequence of natural processes and/or human impact.

The exploratory/transport missions were initiated with the completion of the first major expedition, PEM-West A, in October, 1991. PEM-West A was conducted over the western Pacific Ocean with the overall objective of studying the long-range transport of primary and secondary ozone (O₃) precursors from the Asian continent. A second exploratory/transport mission, TRACE-A, took place in September 1992 with the objective of studying chemical and dynamical processes which contribute to the formation of the large-scale ozone maximum observed annually via satellite over the tropical south Atlantic Ocean. It is anticipated that additional PEM-West and TRACE missions will be conducted to study the seasonality of transport processes important to the Pacific and Atlantic regions.

GTE/CITE MISSION OBJECTIVES

The CITE missions have focused on the evaluation of the ability of airborne instrumentation to measure key tropospheric constituents. The CITE missions, in many instances, provide the instrumentation/techniques that are employed during the ABLE, PEM, and TRACE experiments. The first two CITE missions, CITE 1 and CITE 2, evaluated instruments for measurements of carbon monoxide (CO), nitric oxide (NO), the hydroxyl radical (OH), nitrogen dioxide (NO₂), nitric acid (HNO₃) and peroxyacetyl nitrate (PAN). The CITE 2 mission also included an emphasis on questions related to the abundance and partitioning among the major

¹ Atmospheric Sciences Division, NASA Langley Research Center, Hampton, Virginia.

² School of Geophysical Sciences, Georgia Institute of Technology, Atlanta.

³ Office of Space Sciences and Applications, NASA Headquarters, Washington, D.C.

⁴ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Sao Paulo, Brazil.

⁵ NASA, Goddard Space Flight Center, Wallops Flight Center, Wallops Island, Virginia.

⁶ National Institute for Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland.

⁷ Science Applications International Corporation, Hampton, Virginia.

Copyright 1993 by the American Geophysical Union.

Paper number 93JD00453
10.1029/93JD00453\$05.00

members of the odd nitrogen family. Results from CITE 1 and 2 can be found in the references cited by *Beck et al.* [1987] and *Hoell et al.* [1990].

The CITE 3 mission, described herein, is a continuation of the NASA intercomparisons with emphasis on the major sulfur species in the troposphere. In particular, the CITE 3 intercomparison focused on evaluation of instrumentation for airborne measurement of sulfur dioxide (SO₂), hydrogen sulfide (H₂S), carbon disulfide (CS₂), dimethyl sulfide (DMS), and carbonyl sulfide (COS). In addition to the instrument intercomparison objective, the CITE 3 mission incorporated an emphasis on questions related to the abundance and photochemistry of these sulfur species. This paper provides an operational overview of CITE 3 and a brief summary of the results. Companion papers in this issue provide the detailed description of the intercomparison tests and results, findings associated with the sulfur abundance/photochemistry issue, and a description of the meteorological scene for each flight.

CITE 3 OBJECTIVES

Sulfur gases and their reaction products play important roles in the chemistry of the global troposphere and in the biogeochemical sulfur cycle [e.g. *Cullis and Hirschler*, 1980; *Toon et al.*, 1987; *Bates et al.*, 1990; *Andreae and Jaeschke*, 1992]. Major sulfur gases include SO₂, DMS, H₂S, CS₂, and COS. Atmospheric photochemistry results in the oxidation of the reduced sulfur gases (DMS, H₂S, CS₂, and COS) to SO₂, methanesulfonic acid (MSA), and sulfuric acid. MSA and sulfuric acid are incorporated into atmospheric aerosols and represent the dominant source of aerosol particles in the unpolluted marine atmosphere [NASA, 1984; *Andreae*, 1990].

The principal anthropogenic sulfur compound is SO₂, which is predominantly emitted during fossil fuel burning [Cullis and Hirschler, 1980]. Volcanoes are the major natural direct source of SO₂ [Berresheim and Jaeschke, 1983]. The largest natural sulfur source to the atmosphere is the emission of DMS from the oceans [Bates et al., 1987; *Andreae*, 1990; *Erickson et al.*, 1990]. The oceans are also a source of COS, H₂S, and CS₂, but with emission rates at least a factor of 10 lower than observed for DMS [Toon et al., 1987]. Terrestrial biogenic sulfur emissions are predominantly in the form of H₂S, and DMS. The natural flux of CS₂ into the atmosphere is relatively small, and anthropogenic sources dominate CS₂ production near industrial regions.

Carbonyl sulfide is the longest-lived (lifetime of several years) and, thus, the most abundant sulfur trace gas in the free troposphere (500 pptv compared to less than 100 pptv for SO₂ and less than 10 pptv for CS₂, H₂S, or DMS) [Torres et al., 1980; *Carroll*, 1985; *Bingemer et al.*, 1990]. The oceans are thought to be the largest single source of COS [Rasmussen et al., 1982; *Ferek and Andreae*, 1984; *Turner and Liss*, 1985; *Brasseur et al.*, 1990] accounting for about one-third of the total tropospheric COS [Khalil and Rasmussen, 1984]. Carbonyl sulfide is also an important secondary product of atmospheric CS₂ oxidation [Kurylo, 1978; *Sze and Ko*, 1979] as well as being emitted during biomass burning and fossil fuel combustion. As a result of the long lifetime of COS, it is important to lower stratospheric sulfate aerosol production via oxidation mechanisms [Crutzen, 1976; *Toon et al.*, 1979; *Turco et al.*, 1980].

Important scientific issues in atmospheric sulfur chemistry include (1) the relative role of the various sources and

sinks (natural and anthropogenic) of the major sulfur gases, (2) the rates and pathways of atmospheric oxidation of the sulfur species to SO₂ and the production of aerosols, (3) the vertical distribution of sulfur gases and aerosols and their transport between the mixed layer and free troposphere, (4) the role of sulfur in acid rain, and (5) the impact of sulfate aerosol production (stratosphere and troposphere) as it relates to the Earth's energy balance and climate [Charlson et al., 1987].

A major uncertainty in sulfur budget studies has been the validity of the various sulfur gas measurements. Moreover, although "modest" global data bases exist for some sulfur species, for others no data exist or are limited to a few measurements at isolated geographical locations. The CITE 3 sulfur data base and the results from both the intercomparison studies and the photochemical and budget studies reported in this issue are anticipated to significantly enhance our ability to evaluate the confidence level that can be placed in the existing data bases and to further the use of newer detection methods in this and future scientific investigations. Moreover, the CITE 3 field measurements, in themselves, have added substantially to the existing global data base on the abundance and distribution of major sulfur species.

APPROACH

The CITE 3 was initiated with the primary objective to test and evaluate via airborne field intercomparisons the capacity to make reliable measurements of the concentrations of the sulfur species SO₂, DMS, COS, CS₂, and H₂S. The secondary objective of CITE 3 was to determine, in a predominantly marine environment, the abundance and distribution of major sulfur species over a wide range of atmospheric conditions, including altitude, solar flux levels, atmospheric mixing ratios, and surface source strengths of sulfur. To address these two objectives, CITE 3 was conducted aboard the NASA Electra research aircraft with a suite of instruments for sulfur and ancillary measurements. The methodology adopted for the CITE missions has been intercomparison of airborne measurements obtained for the same species by instruments utilizing fundamentally different detection principles; thus, multiple measurements of SO₂ (five techniques), DMS (six techniques), H₂S (three techniques), CS₂ (three techniques), and COS (three techniques) were made aboard the aircraft. In some cases, techniques use the same detection principle, differing only in the method of sample collection and/or analyses procedures. However, each sulfur gas was measured by at least two techniques which employed fundamentally different detection principles.

The field activities of CITE 3 were conducted in three phases: (1) intercomparison of sulfur calibration standards, (2) measurements in ambient air over the North Atlantic Ocean with the aircraft based at the NASA Wallops Flight Facility, and (3) measurements in ambient air over the tropical Atlantic Ocean with the aircraft based in Natal, Brazil. Figure 1 shows the operational areas along with the transit flight tracks to and from Brazil.

The intercomparison of standards was implemented with the limited goal of elucidating systematic biases that might exist between the respective calibration standards employed to calibrate the sulfur instrumentation. This portion of CITE 3 was implemented on the ground after each instrument was completely integrated aboard the aircraft and prior to de-

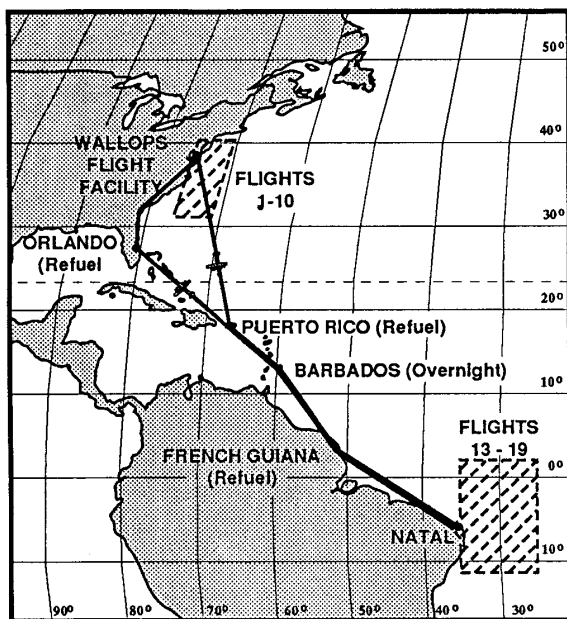


Fig. 1. CITE 3 test areas.

ploying to Natal, Brazil. A common calibration system, assembled, tested, and operated by the National Institute of Standards Technology (NIST), was used to provide to each instrument a “known” mixing ratio of the particular sulfur species in a dry nitrogen diluent. The intercomparison of standards was based upon comparison of known mixing ratio from the NIST calibration system with the measurements obtained by each instrument. A brief description of the NIST calibration system along with the results from each test is given by Gregory *et al.* [this issue (a),(b),(c)].

The two bases of operation for CITE 3 were selected to provide a wide range of ambient mixing ratios for the intercomparisons and to investigate sulfur chemistry (marine environment) in air masses of both natural and anthropogenic influence. The Wallops base provided ready access to relatively homogeneous air masses influenced by anthropogenic emissions from the east coast of the United States and exhibited sulfur mixing ratios ranging from the mid to upper high range of what could be anticipated in the global free troposphere. Further, Wallops provided a “logistically friendly” base of operations for the standards intercomparison and the initial phase of the ambient air intercomparisons. In contrast, the Natal phase of CITE 3 provided access to southern hemisphere marine boundary layer air with an extended oceanic fetch, and therefore with minimal impact from anthropogenic activities.

The CITE 3 intercomparison activities were guided by the protocol and experience gained during CITE 1 and CITE 2. The general protocol included (1) use of instruments utilizing different measurements concepts, (2) a focus on instruments with the potential for detection of tropospheric background concentrations of the respective sulfur species, (3) measurements from an aircraft platform, (4) ancillary measurements as required for evaluation of intercomparison results and for support of the sulfur chemistry science objectives, (5) blind

tests for both the ambient air measurements and calibration standards, and (6) analysis and reporting of intercomparison results by an impartial third party (e.g., the GTE Project).

The data protocol adopted by the CITE 3 science team included (1) reporting of all data during test periods, (2) immediate notification of instrumentation problems and/or “suspect data,” (3) no discussion of data during or after the test periods, (4) submittal of preliminary data to the GTE Project Office within 1-2 days after a flight or calibration standards ground test, and (5) submittal of final results within 60 days after completion of the CITE 3 flights. While all tests were conducted blind, the protocol adopted by the science team permitted disclosure of preliminary results reported in the field that indicated systematic or persistent discrepancies between instruments. All such disclosures were at the discretion of the project personnel and are reported in the respective intercomparison papers by Gregory *et al.* [this issue (a),(b),(c)].

As part of the protocol adopted by the science team, final results from the calibration standards tests were reported and discussed with members of the science team (including the sulfur investigators) during the field activities prior to departing to Natal, Brazil. As a result of data protocol, discussions of flight measurements and scientific findings (i.e., sulfur budget issues) while in the field were limited. Recognizing that such would be the case, the Mission Scientist was given the responsibility to interpret flight data and to provide direction as to scientific requirements in flight planning. The Instrument Scientist had similar responsibilities for the instrument intercomparisons. The Mission Scientist coordinated in-flight sampling and flight plan changes based upon flight data reported from the various sulfur and ancillary measurements. Data analyses and meteorological teams assisted the Mission and Instrument Scientists in the preparation and interpretation of data while in the field.

Preliminary results from some of the ancillary instruments (e.g., temperature, dew point, wind velocity, aircraft position, and O_2) were made available to each instrument team within 24 hours of completing each flight. The final results from all the ancillary measurements were made available to each team within 30 days of completing the CITE 3 flights. The final intercomparison data, reported to the GTE Project Office within 60 days of completing CITE 3 flight activities, were analyzed by GTE project personnel. Results of these analyses were presented to the CITE 3 science team during a data workshop convened 6 months after completion of the CITE 3 flight activities. At that workshop, all intercomparison data became available to each CITE 3 participant.

INSTRUMENTATION

Tables 1 and 2 list the intercomparison techniques and ancillary measurements, respectively, that were selected for CITE 3, and Table 3 defines the acronyms used in these tables. The layout of these instruments aboard the aircraft is shown in Figure 2. With the sulfur intercomparison instruments listed in Table 1, the CITE 3 payload had the potential of providing five measurements of SO_2 , six of DMS, and three measurements each of H_2S , CS_2 , and COS . However, because of operational problems or project/science team decisions to focus selected flights on particular sulfur species, the full potential of the sulfur measurements for a given specie were, at times, not utilized. Table 4 lists the sulfur intercomparison

TABLE 1. CITE 3 Sulfur Intercomparison Instruments

| Species | Measurement Technique* | Principal Investigator and Affiliation |
|---|--|---|
| SO ₂ H ₂ S, COS CS ₂ | CT/GC/FPD [†] (Analysis 1) (Analysis 2) (Analysis 3) | D. C. Thorton, Drexel University |
| SO ₂ , DMS, CS ₂ COS | CT/GC/MS/ILS [†] (Analysis 1) (Analysis 2) | A. R. Bandy, Drexel University |
| DMS CS ₂ , COS | GC/IF/ECD (with scrubber) GC/IF/ECD (without scrubber) | J. E. Johnson, NOAA Pacific Marine Environmental Laboratory |
| DMS DMS H ₂ S | GWA/GC/FPD (Na ₂ CO ₃) [‡] GWA/GC/FPD (Cotton) NATUSCH | M. O. Andreae, Max-Planck-Institute for Chemistry |
| DMS H ₂ S | CT/GC/FPD NATUSCH | E. S. Saltzman, University of Miami |
| DMS SO ₂ | GWA/GC/FPD (KOH) FC/IC | R. J. Ferek, University of Washington |
| SO ₂ SO ₂ | FC/CL CC/CL | H. -W. Georgii, Institut für Meteorologie und Geophysik |

* See Table 3 for acronym definitions.

[†] Any two analyses can be performed for each sample.

[‡] The type of scrubber used with the GWA techniques is noted

measurements on a flight-by-flight basis that were reported for each specie. Total sulfur (see ancillary measurements of Table 2) was measured (typically at 3-min resolution) on all flights except flight 5.

The five SO₂ instruments participating in the intercomparisons consisted of (1) flame photometric detection with cryogenic trapping and gas chromatography for speciation (CT/GC/FPD), (2) mass spectrometric detection with cryogenic trapping and gas chromatography for speciation (CT/GC/MS/ILS), (3) real-time chemiluminescent (RT/CL), (4) filter collection employing postflight chemiluminescent (FC/CL) analyses (same detection principle as technique 3 above), and (5) filter collection employing postflight ion chromatographic analyses (FC/CL). Three instrument techniques (e.g., CT/GC/FPD, CT/GC/MS/ILS, and CT/GC/IF/ECD) were configured to provide measurements of multiple species, although these measurements were typically

not simultaneous, since different GC columns were typically required in order to optimize selectivity for a given set of sulfur species.

The six DMS measurements represented four basic measurement approaches: (1) CT/GC/MS/ILS, (2) electron capture detection with cryogenic trapping and gas chromatography for speciation (GC/IF/ECD), (3) CT/GC/FPD, and (4) gold wool absorption collection-flame photometric detection (GWA/FPD). The three gold wool techniques differ mainly in the type of oxidant scrubber used and minor operational procedures. Two of the DMS techniques also provided measurements of other sulfur gases.

Three fundamentally different detection principles were fielded for measurements of COS and CS₂: (1) CT/GC/FPD, (2) CT/GC/MS/ILS, and (3) CT/GC/IF/ECD. Each of these techniques employ cryogenic trapping and gas chromatography, and differ primarily in the final detection procedures.

TABLE 2. CITE 3 Ancillary Measurements

| Variable | Measurement Technique* | Principal Investigator and Affiliation |
|-------------------------------------|-----------------------------------|---|
| O ₃ | Chemiluminescence | G. L. Gregory, NASA Langley |
| Aerosol number density/size | Knollenberg, FSSP, and ASASP | G. L. Gregory, NASA Langley |
| Total Sulfur | MFC/FD/FPD | S. O. Farwell, University of Idaho |
| CO | DACOM | G. W. Sachse, NASA Langley |
| NO/NO ₂ /NO _x | TP-LIF/PF/Au Conv. | J. W. Bradshaw, Georgia Institute of Technology |
| Aerosol collection | Filters/PIXIE | P. Artaxo, Universidade de Sao Paulo |
| Radon | Alpha Decay | E. Pereira, Instituto de Pesquisas Espaciais |
| In situ meteorological | Standard Aircraft Instrumentation | J. D. W. Barrick, NASA Langley |

* See Table 3 for acronym definitions.

TABLE 3. Instrument Technique Acronyms

| Acronym | Definition |
|---------|---|
| ASASP | Active Scattering Aerosol Spectrometer Probe |
| CF | Continuous Flow |
| CT | Cryogenic Trapping |
| DACOM | Differential Absorption Carbon Monoxide Measurement |
| ECD | Electron Capture Detection |
| FC | Filter Collection |
| FD | Flash Desorption |
| FPD | Flame Photometric Detection |
| FSSP | Forward Scattering Spectrometer Probe |
| GC | Gas Chromatography |
| GWA | Gold Wool Absorption |
| IC | Ion Chromatography |
| IF | Internal Fluorination |
| ILS | Isotopically Labeled Sampling |
| LIF | Laser Induced Fluorescence |
| MFC | Metal Foil Collection |
| MS | Mass Spectrograph |
| PF | Photo Fragmentation |
| PIXE | Particle Induced X-ray Emissions |
| TP | Two Photon |

The H₂S intercomparison measurements were made with three instruments representing two basic measurement techniques: CT/GC/FPD and two applications of the Natusch technique.

A brief description of each instrument is given in the intercomparison papers of Gregory *et al.* [this issue (a),(b) (c)]. Detailed instrument operation and CITE 3 performance are discussed in the various companion papers authored by the respective investigator teams.

FLIGHT OPERATIONS

Integration of the instruments aboard the aircraft and shakedown test flights were conducted at Wallops. The

shakedown flights included three test flights covering approximately 15 flight hours. Instrument integration and shakedown flights were conducted over approximately 3-1/2 weeks. The ground based sulfur calibration tests were conducted after an instrument was integrated on the aircraft and certified by the investigator as operational. As a result of schedules and instrument operational problems, some calibration tests were conducted during the 2-week intercomparison flight period (see below) at Wallops.

The initial phase of the airborne intercomparison and sulfur science tests was conducted at Wallops over a 2-week period. This included seven local flights encompassing approximately 40 flight hours. The transit flights to Natal, Brazil, providing a latitude survey, occurred over a 2-day period with refueling stops in Puerto Rico and French Guyana, and an overnight layover in Barbados (see Figure 1). The transit legs covered approximate 16 flight hours. The Natal portion of CITE 3 also included seven local flights encompassing approximately 39 flight hours. The return transit leg was declared a nonintercomparison flight due to logistical concerns that emerged just prior to the departure from Natal. Measurements during the return transit flight were, however, obtained by some investigators and are discussed in some of the accompanying papers in this issue. Table 5 summarizes for each intercomparison flight (4-19) flight dates, locations, times, and altitudes.

The flight profiles shown in Figure 3 illustrate the salient features of each flight. The flight numbers correspond to those used in the companion papers in this issue. All flights were predominantly over water off the coast of either the eastern United States or Natal, Brazil. While at Wallops and as required by the instrument intercomparisons, some flights (e.g., flight 10) entailed sampling over or near the continent for purposes of obtaining higher mixing ratios of the continental-source sulfur gases. Most flights from Wallops sampled the marine mixed layer and free troposphere at various distances from the continent. Natal flights were

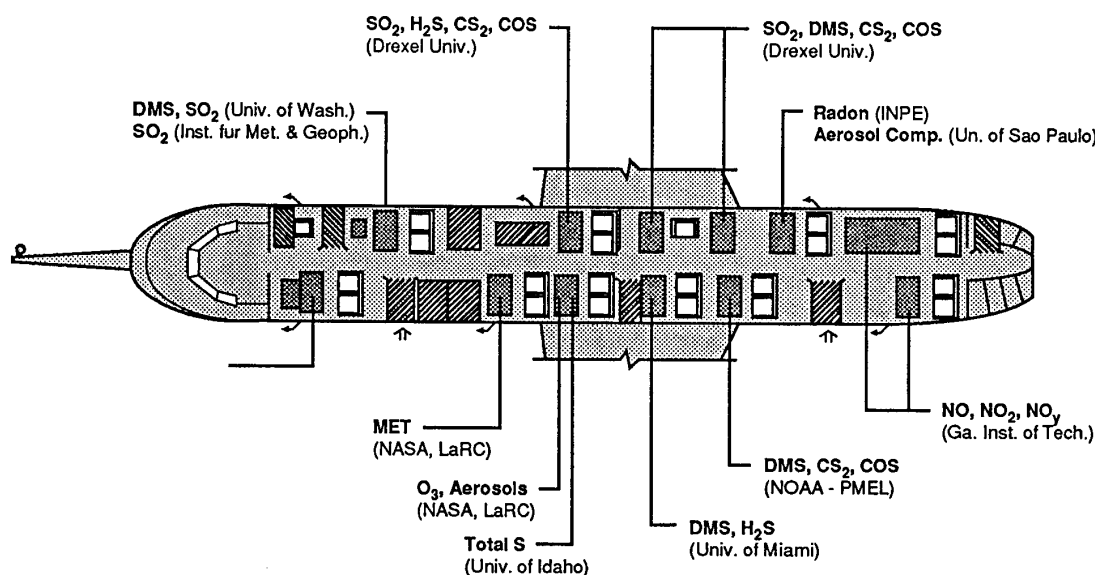


Fig. 2. CITE 3 instrumentation layout.

TABLE 4. Intercomparison Measurements Reported by Each Instrument for Each Flight

| Flight Number | Drexel Univ. CT/GC/FPD | | | Drexel Univ. CT/GC/MS/ILS | | | NOAA-PML GC/IF/ECD | | | Univ. of Miami GWA/GC/FPD | | Max. Planck CT/GC/FPD | | Univ. of Wash. GWA/GC/FPD | | Inst. Mets. and Geophys. | |
|---------------|------------------------|------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|------------------------|--------------------|------------------|-----|---------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|---|--------------------------|--|
| | | | | | | | | | | Natusch | | Natusch | | FC/CL | | CC/CL | |
| | SO ₂ | H ₂ S | CS ₂ COS | SO ₂ DMS | CS ₂ COS | DMSCS ₂ COS | DMS | H ₂ S | DMS | H ₂ S | SO ₂ | DMS | SO ₂ | SO ₂ | | | |
| 4 | y | y | - y | y y | - - | y y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y | y | |
| 5 | - | y | y y | y y | - - | y y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y | y | |
| 6 | - | y | y - | y y | - - | y y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y | y | |
| 7 | - | y | y - | y y | y - | y y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y | y | |
| 8 | y | y | - - | y y | y - | y y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y | y | |
| 9 | y | y | - y | y y | y - | - - - | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y | y | |
| 10 | - | y | y - | y y | y - | - - - | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y | y | |
| 11 | y | - | - y | y y | y y | y y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y | - | |
| 12 | y | - | - y | y y | y y | y y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y | - | |
| 13 | y | y | - y | y y | y - | y y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y | - | |
| 14 | y | y | - y | y y | y - | y y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y | y | |
| 15 | y | y | - y | y y | y - | y y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y | y | |
| 16 | y | y | - y | - y | y - | y - - | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y | y | |
| 17 | y | y | - y | - y | y - | y - - | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y | - | |
| 18 | y | y | - y | - y | y - | y - - | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y | - | |
| 19 | y | y | - y | - y | y - | y - - | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | y y | - | y | |

Here y indicates measurements reported; dash indicates no measurements reported.

generally north to east from Brazil over the tropical Atlantic Ocean. Three series of flights (two each of flights 14/15, 16/17, and 18/19) were flown from Natal and focused on diurnal (day/night) events. Flight altitudes ranged from 150 to 5000 m above sea level. Details of the flights, type of air masses, and meteorological scenarios are discussed in detail by *Shipham et al.* [this issue].

OVERVIEW OF RESULTS

Overview of the Atmosphere: Ozonesonde Results

As part of the Natal deployment, ozonesondes were released from the Natal area. These sondes not only provide data on the "general state" of the atmosphere from the surface to about 11-km altitude (200-mbar pressure), but when compared to the seasonally averaged ozone data from this site during the previous 10-year period [*Kirchhoff et al.*, 1991] serve as a tracer to provide a frame-of-reference for the CITE 3 data base in terms of "typical" seasonal climatological results.

Four sondes were released during the CITE 3 Natal deployment. All releases were at 1200 UT or 0900 local time, which is the normal launch time for the Natal observation program. All sondes reached pressure heights of at least 10 mbar, except for the launch on September 22 which obtained a pressure height of only 20 mbar. The tropospheric ozone abundance, in Dobson Units (DU), given in Table 6 for each launch, is defined as the ozone concentrations integrated with height up to 200 mbar. These values range between 12.8 and 16% of the total ozone column integral. The 10-

year mean for the total ozone column integral and the tropospheric abundance for September are 290.0 ± 10.3 and 36.2 ± 8.1 DU, respectively. Based on the 10-year data base, the September tropospheric abundance at the Natal site accounts for about 12.5% of the total ozone column integral. Note that tropospheric abundance for September 18 is unusually high at 50.5 DU (16% of the total column integral).

Figure 4 compares the individual sonde results to the 10-year spring averaged ozone profile. To aid in the identification of potential "layers" in the lower troposphere, temperature and relative humidity profiles are also shown for each sounding and inversion layers are indicated as hatched regions. It is quite apparent that tropospheric ozone concentrations during the period in which CITE 3 was operational in Natal, were larger than the 10-year climatological Spring mean. Also important to note is the frequent presence of ozone-enriched layers seen in each of the four CITE 3 soundings. In situ ozone soundings obtained aboard the aircraft also showed a high frequency of ozone-enriched layers [*Anderson et al.*, this issue].

Instrument Intercomparisons

The CITE 3 protocol included intercomparisons of calibration standards and ambient air measurements. A brief summary of the salient results from the instrument intercomparisons is given below. Detailed discussion of the instrument intercomparisons may be found in the papers by *Gregory et al.* [this issue (a),(b),(c)].

The intercomparison of standards was implemented with gas mixtures for SO₂, DMS, H₂S, and CS₂ with nominal mixing ratios in the 100 to 200 pptv range; COS standards

TABLE 5. CITE 3 Flights Summary

| Date | Flight Number | Type of Flight | Takeoff, UT | Landing, UT | Altitudes, km |
|----------|---------------|---|-------------|-------------|-------------------------|
| Aug. 22 | 4 | Maritime, 800 km S.E. of Norfolk, VA | 1500 | 2110 | 0.2, 1.5, 5.0 |
| Aug. 23 | 5 | Maritime, 500 km S.E. of Norfolk, VA | 1515 | 2050 | 0.2, 1.5 |
| Aug. 25 | 6 | Maritime, 500 km east of Wallops, VA | 1530 | 2000 | 0.2, 1.5 |
| Aug. 28 | 7 | Coastal, N.W. of Wallops, VA | 1450 | 2050 | 0.2, 1.5 |
| Aug. 30 | 8 | Coastal, Carolinas | 1515 | 2120 | 0.2, 1.5 |
| Aug. 31 | 9 | Maritime, 500 km east of Wallops, VA | 1525 | 2115 | 0.2, 3.7 |
| Sept. 1 | 10 | Coastal-shore, Virginia & New Jersey | 1500 | 2020 | 0.2, 1.5 |
| Sept. 9 | 11a | Ferry, Wallops to Puerto Rico | 1240 | 1800 | 0.2, 3.0, 4.0, 4.5, 5.5 |
| | 11b | Puerto Rico to Barbados | 1910 | 2120 | 0.2, 4.5 |
| Sept. 10 | 12a | Ferry, Barbados to Cayenne, French Guyana | 1200 | 1455 | 0.2, 4.0 |
| | 12b | Cayenne to Natal, Brazil | 1555 | 2115 | 4.0, 4.5 |
| Sept. 12 | 13 | Maritime, 400 km S.E. of Natal, Brazil | 1155 | 1755 | 0.2, 2.0, 3.3, 5.0 |
| Sept. 15 | 14 | Maritime, 300 km N.E. of Natal, Brazil | 1400 | 1935 | 0.2, 1.5, 3.5 |
| Sept. 16 | 15 | Maritime, night, same area as flight 14 | 0300 | 0830 | 0.2, 1.5, 3.5 |
| Sept. 19 | 16 | Maritime, 300 km east of Natal, Brazil | 1400 | 2000 | 0.2, 1.5, 3.5 |
| Sept. 20 | 17 | Maritime, night, same area as flight 16 | 0300 | 0830 | 0.2, 1.5, 3.5 |
| Sept. 22 | 18 | Maritime, night, east of Natal, Brazil | 0700 | 1240 | 0.2, 0.5, 1.5, 3.0, 5.0 |

were in the range of 400 to 600 pptv. Standards tests were successful for all but the continuous flow-chemiluminescent SO₂ instrument. Two scheduled tests of this instrument produced unusable results due to high instrumental "zero" blank measurements. Results from the standards phase of the CITE 3, suggested that any biases that might occur between flight measurements are (generally) not the result of the different calibration standards used by the investigators.

Ambient air measurements from the six DMS techniques representing three different detection principles, as well as, several collection/preconcentration and oxidant scrubbing methods agree to within expected uncertainties considering the 10 to 20% accuracy of the DMS calibration standards. The DMS flight results are from intercomparisons at DMS <100 pptv with the majority of the data at mixing ratios <50 pptv. While statistically (based on 95% confidence levels) significant differences (biases) exist among some of the techniques, they are small in magnitude (few pptv) and do not suggest that DMS measurements from any one technique are in error, although one technique, gas chromatograph/fluorination-electron capture, consistently reported values of DMS higher than the other techniques.

The ambient air H₂S results from the gas chromatograph-flame photometric technique and the Natusch techniques (two separate applications of Natusch) agreed on the average to about 15%. For mixing ratios <25 pptv, agreement averaged about 5 pptv. While the observed biases were statistically significant (95% confidence interval testing), one concludes, based on the stated accuracy and precision for the techniques and available standards, that measurements reported by the techniques may be considered equally valid ambient mea-

surements of H₂S. Intercomparison flight results are from measurements at H₂S <100 pptv with most measurements at mixing ratios <25 pptv.

The COS results from the gas chromatograph-flame photometric, gas chromatograph-mass spectrometric, and gas chromatograph/fluorination-electron capture techniques generally agreed to within 10% and, on the average, to about 5%. There was a tendency (not statistically significant at 95% confidence) for the gas chromatograph-flame photometric measurement to be high compared to the other two techniques. However, based on the stated accuracy and precision for the techniques, available standards, and the analyses performed, measurements from the techniques may be considered equally valid in terms of measuring true ambient levels of COS. COS intercomparisons were at levels of 400 to 600 pptv.

The CS₂ results suggest that only the gas chromatograph-mass spectrometer has adequate sensitivity to measure the low CS₂ mixing ratios observed in clean, remote regions sampled over the Atlantic Ocean east of Brazil. Mixing ratios reported by the mass spectrometric system for these regions were generally in the 1 to 2 pptv range with an estimated detection limit of about 0.2 pptv. During these same time periods the gas chromatograph/fluorination-electron capture technique reported CS₂ values as below a detection limit of 2 pptv. The gas chromatograph-flame photometric technique did not measure CS₂ during the Brazilian deployment as a result of tradeoff between longer sampling periods to improve detection limits for the CS₂ measurement and participation in CITE 3 intercomparisons of the other sulfur gases. For CS₂ data reported above the detection limits (few pptv to about 50 pptv), the results indicate that the gas

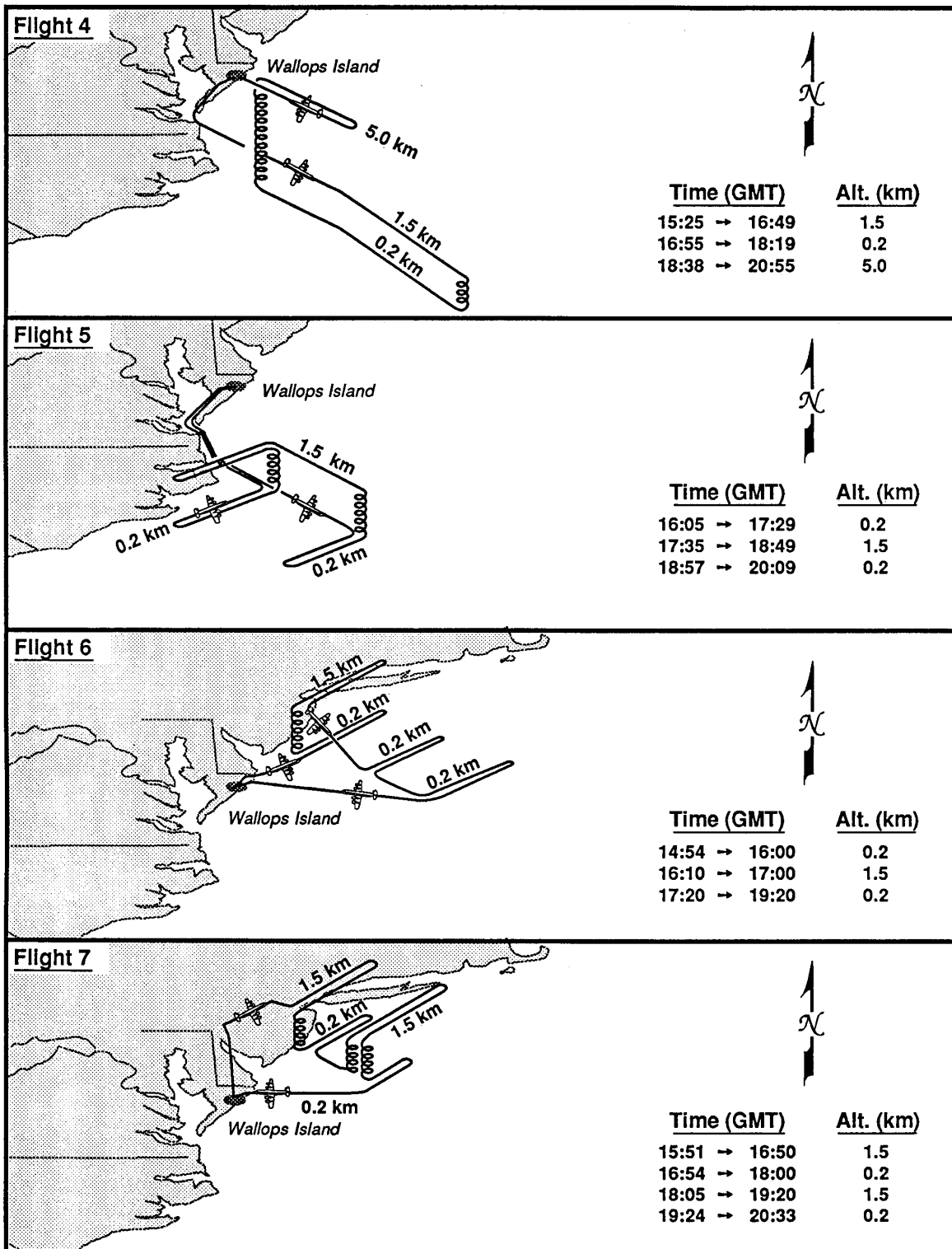


Fig. 3a. Profiles of flights 4-7 in the North Atlantic test area (August 22-28, 1989).

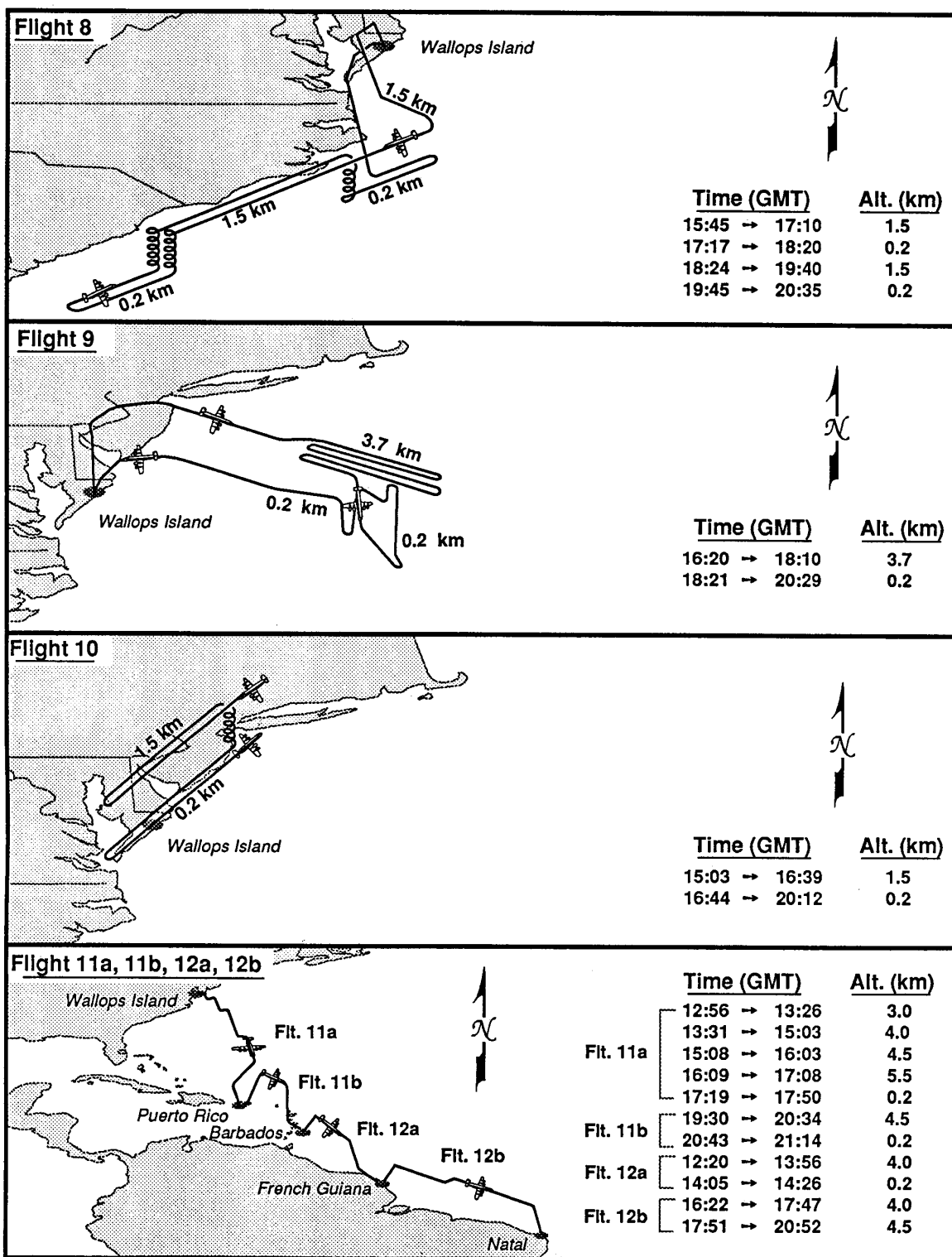


Fig. 3b. Profiles of flights 8-10 in the North Atlantic test area (August 30 - September 1, 1989) and profiles of transit flights 11 and 12 (September 9-10, 1989).

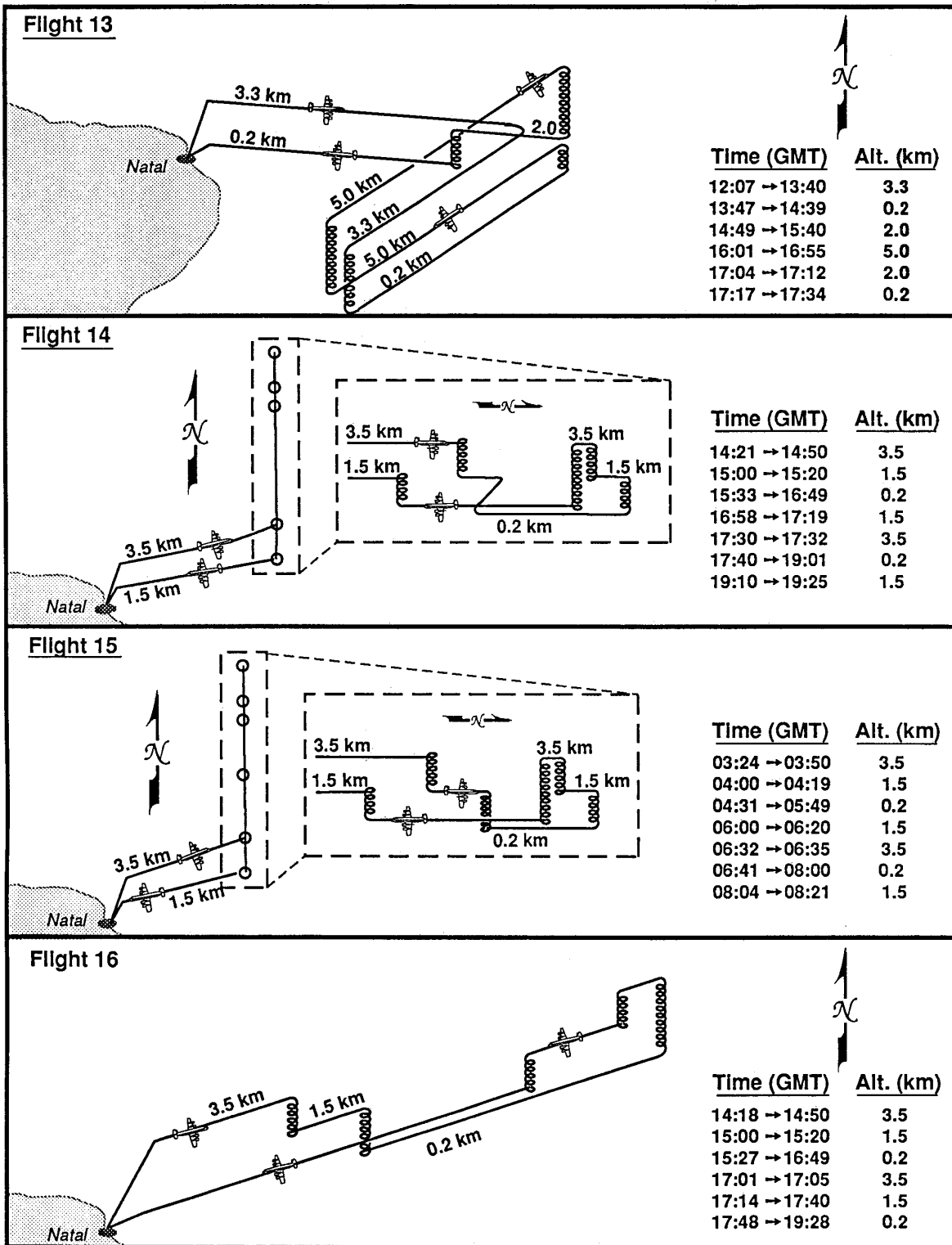


Fig. 3c. Profiles of flights 13-16 in the tropical Atlantic test area (September 12-19, 1989).

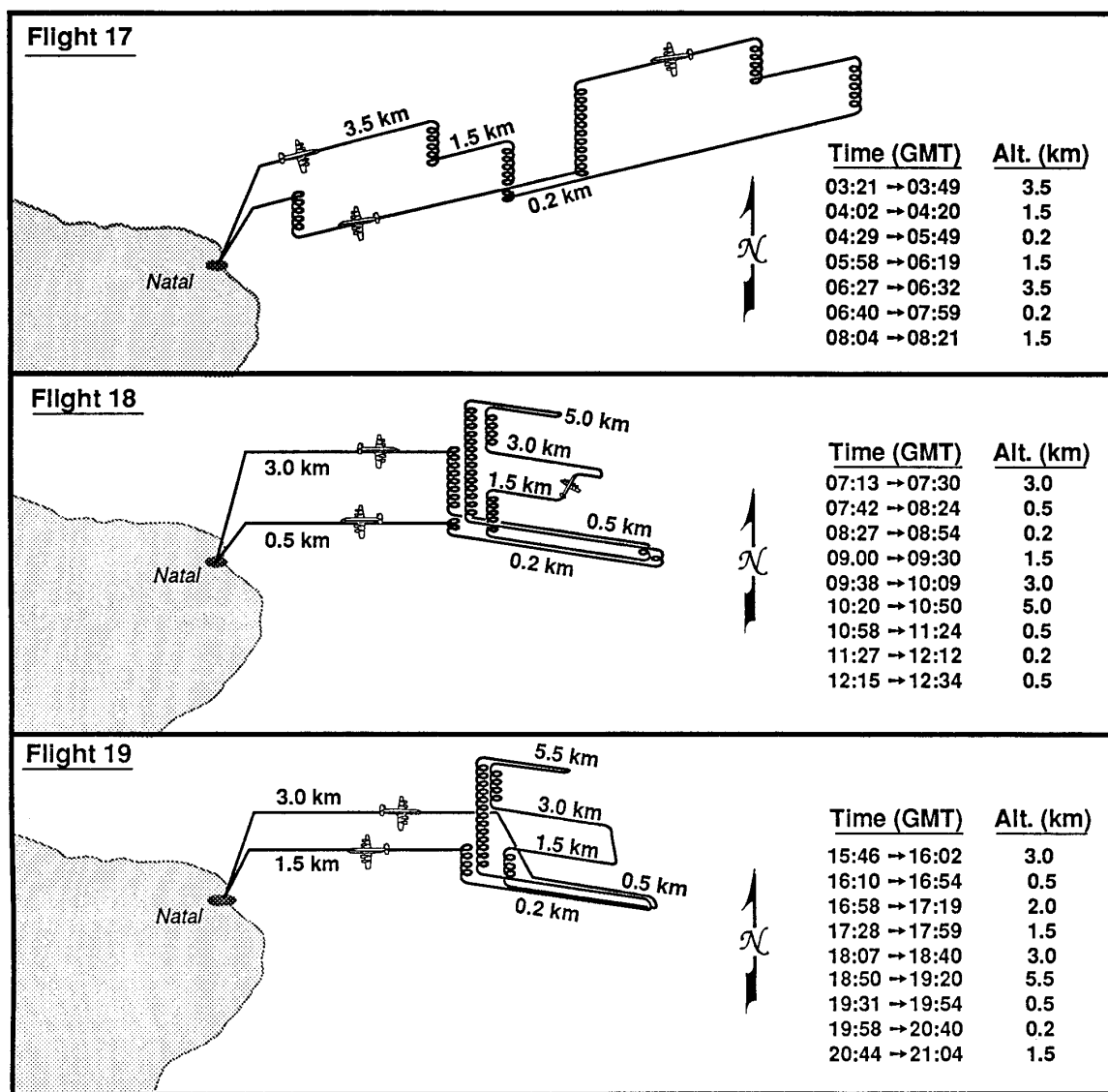


Fig. 3d. Profiles of flights 17-19 in the tropical Atlantic test area (September 20-22, 1989).

chromatograph-flame photometric, gas chromatograph-mass spectrometric, and gas chromatograph/fluorination-electron capture techniques agreed on average to within a few pptv to about 6 or 7 pptv. A constant offset bias of about 4 pptv was observed between the gas chromatograph-flame photometric and the gas chromatograph-mass spectrometric techniques (flame photometric high). The offset bias between the gas chromatograph/fluorination-electron capture technique and the other two techniques was observed to vary between flights and ranged from a few pptv to perhaps 6 or 7 pptv. While some of the observed biases were statistically significant and suggest that CS₂ values reported by the various instruments are different, one concludes, based on the accuracy of the CS₂ standards and the stated accuracy for each

TABLE 6. Summary of CITE 3 Ozonesonde Results at Natal, Brazil

| Date in 1989 | Launch Time, LT | Flight Duration, min | Burst Pressure, mbar | Tropospheric Abundance, DU |
|--------------|-----------------|----------------------|----------------------|----------------------------|
| Sept. 15 | 0900 | 114 | 6.1 | 39.3 |
| Sept. 18 | 0900 | 78 | 8.7 | 50.9 |
| Sept. 20 | 0900 | 81 | 10.0 | 41.7 |
| Sept. 22 | 0900 | 65 | 20.0 | 43.7 |

Tropospheric abundance is the integrated ozone column from the surface to 200 mbar pressure.

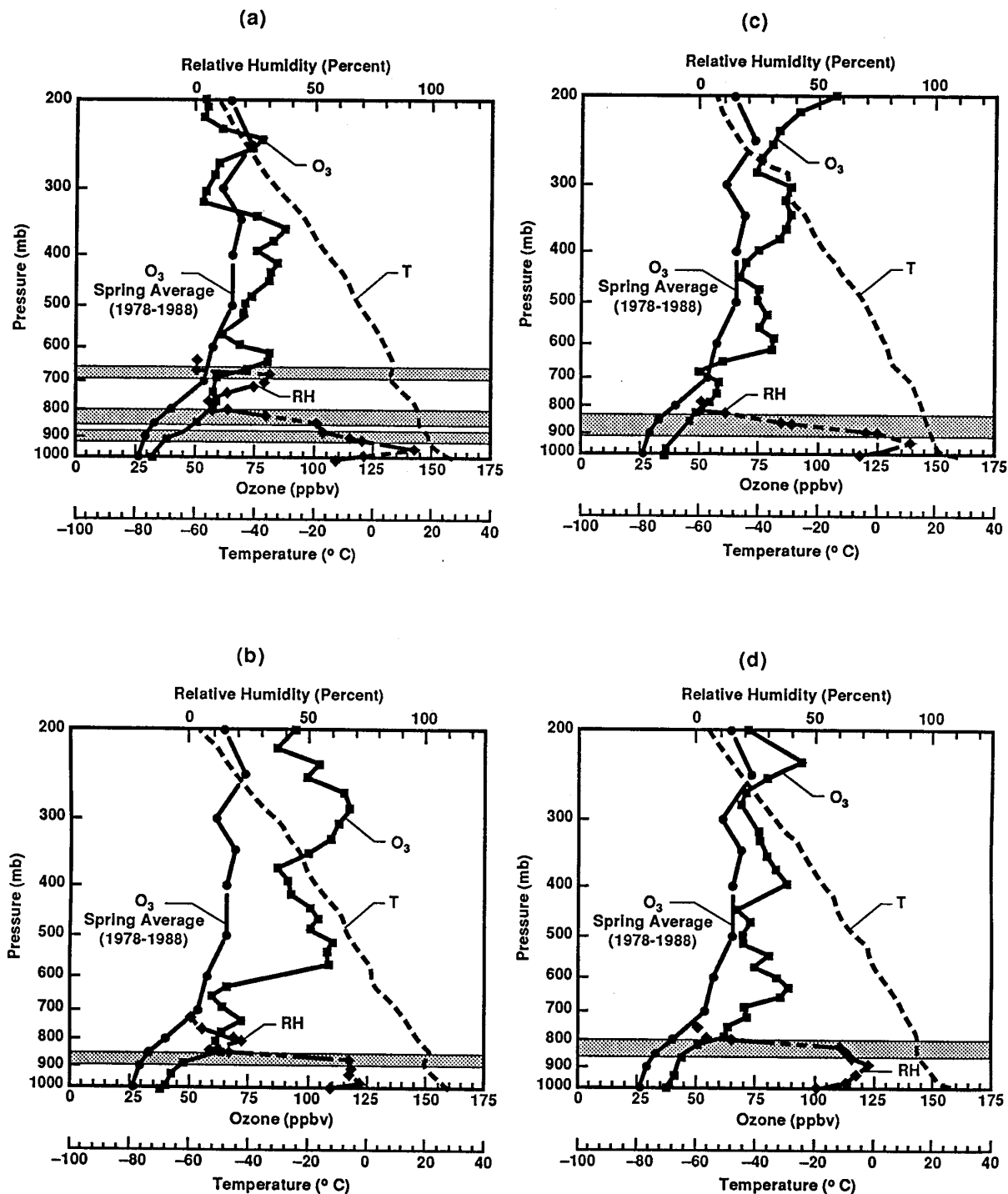


Fig. 4. Comparison of CITE 3 September 1989 ozone soundings to the 10-year spring average sounding at Natal, Brazil. O_3 , ozone; T, temperature; RH, relative humidity; shaded areas identify regions of temperature inversions: (a) 1200 UT on September 15, 1989; (b) 1200 UT on September 18, 1989; (c) 1200 UT on September 20, 1989; and (d) 1200 UT on September 22, 1989.

technique, that in general measurements from any of the techniques in this range of mixing ratios can be considered to be equally valid.

The CITE 3 results relative to the SO₂ instruments were less than definitive. There was considerable disagreement among techniques and no single technique could, unambiguously, be identified as providing valid or, for that matter, invalid SO₂ measurements (some exceptions). Further, the data show that large differences in measured SO₂ can result depending upon the technique of choice and that these differences (based on comparison of pairs of measurements) are not always consistent in terms of magnitude and direction. As discussed by Gregory *et al.* [this issue (c)], ambient SO₂ variations combined with the different sampling schedules of the instruments may account for some of the observed disagreement between measurements. The CITE 3 data clearly indicate that a detection limit of 50 to 100 pptv is not sufficient for many tropospheric applications, and thus, the continuous flow-chemiluminescent technique, as applied during CITE 3, does not have sufficient sensitivity for most global sampling applications. Likewise, the filter collection-chemiluminescent technique may not be suitable for some applications. The reader is referred to Gregory *et al.* [this issue (c)] for additional findings from the SO₂ instrument intercomparisons.

Sulfur Budget Issues

In summarizing these results, we note that the CITE 3 data base provides a comprehensive data base from which one may begin to analyze various sulfur budget issues. The data base confirms existing sulfur observations and theories while, at other times, provides emphasis to reconsider other issues. For example, the data clearly confirm (1) the importance of the ocean as a source of DMS and the rapid oxidization of DMS after transport from the marine mixing layer; (2) the continental source of H₂S, CS₂, and SO₂ as compared to a marine source; (3) the existence of a COS latitudinal gradient (decreasing southward) estimated to be about 1.8 pptv/deg; (4) the higher concentration and variability of all sulfur gases in the northern hemisphere, thus verifying the importance of northern hemispherical anthropogenic emissions to global budgets; and (5) in the tropical Atlantic regions, devoid of major anthropogenic influences, photochemistry results in a net loss of ozone (3 to 5 pptv) during the day with a tendency for the marine mixed layer to be replenished at night via subsistence.

On the other hand, the data base raises important questions. For example, (1) In terms of global sulfur budgets, is the transport and influence of northern hemispheric air more important than originally viewed? (2) Is the COS budget complete, or are there missing source terms? (3) In view of the lower observed mixing ratios of H₂S and CS₂ in the tropical Atlantic (respectively, a factor of 3 and 10 lower than earlier data), what is the role and importance of the oceans as a source for these gases compared to continental sources? These and other issues are discussed in CITE 3 companion papers in this issue.

CITE 3 Data Archive

As with previous GTE field missions, all data obtained during CITE 3 have been archived in the GTE Data Archive at NASA's Langley Research Center. A copy of the archive

can be obtained by contacting the GTE Data Manager, Mail Stop 483, Langley Research Center, Hampton, VA 23681.

Acknowledgments. The authors would like to acknowledge all CITE 3 participants and express thanks for the cooperation, support, and professionalism displayed throughout CITE 3. Special recognition is extended to the Wallops Electra flight and ground crews for the long hours spent in the field, preparing and flying the aircraft while based at Wallops Island, Virginia, and Natal, Brazil. To the hangar crew at Wallops, their support and helpful suggestions during installation of equipment and test flights at Wallops are appreciated. A special note of appreciation is extended to Jose' R. Alves and Francisco R. da Silva for their dedication in support of the CITE 3 program. Lastly, we acknowledge the support and hospitality of the Government and Citizens of Brazil during the Natal portion of the field program.

REFERENCES

- Anderson, B. E., G. L. Gregory, J. D. W. Barrick, J. E. Collins, G. W. Sachse, C. H. Hudgins, J. D. Brawshaw, and S. T. Sandholm, Factors influencing dry season ozone distributions over the tropical South Atlantic, *J. Geophys. Res.*, this issue.
- Andreae, M. O., Ocean-atmosphere interactions in the global biogeochemical sulfur cycle, *Mar. Chem.*, 30, 1-29, 1990.
- Andreae, M. O., and W. A. Jaeschke, Exchange of sulfur between biosphere and atmosphere over temperate and tropical regions, in *Sulfur Cycling in Terrestrial Systems and Wetlands*, edited by R. W. Howarth and J. W. B. Stewart, John Wiley, New York, in press, 1992.
- Bates, T. S., J. D. Cline, R. H. Gammon, and S. R. Kelly-Hansen, Regional and seasonal variations in the flux of oceanic dimethyl sulfide to the atmosphere, *J. Geophys. Res.*, 92, 2930-2938, 1987.
- Bates, T. S., J. E. Johnson, P. K. Quinn, P. D. Goldan, W. C. Kuster, D. C. Covert, and C. J. Hahn, The biogeochemical sulfur cycle in the marine boundary layer over the Northeast Pacific Ocean, *J. Atmos. Chem.*, 10, 59-81, 1990.
- Beck, S. M., et al., Operational overview of NASA GTE/CITE 1 airborne instrument intercomparisons: Carbon monoxide, nitric oxide, and hydroxyl instrumentation, *J. Geophys. Res.*, 92, 1977-1985, 1987.
- Berresheim, H., and W. Jaeschke, The contribution of volcanoes to the global atmospheric sulfur budget, *J. Geophys. Res.*, 88, 3732-3740, 1983.
- Bingemer, H. G., S. Burgermeister, R. L. Zimmermann, and H. W. Georgii, Atmospheric OCS: Evidence for a contribution of anthropogenic sources?, *J. Geophys. Res.*, 95, 20,617-20,622, 1990.
- Brasseur, G. P., C. Granier, and S. Walters, Future changes in stratospheric ozone and the role of heterogeneous chemistry, *Nature*, 348, 626-628, 1990.
- Carroll, M. A., Measurements of OCS and CS₂ in the free troposphere, *J. Geophys. Res.*, 90, 10,483-10,486, 1985.
- Charlson, R. J., J. E. Lovelock, M. O. Andreae, and S. G. Warren, Oceanic phytoplankton, atmospheric sulphur, cloud albedo, and climate, *Nature*, 326, 655-661, 1987.
- Crutzen, P. J., The possible importance of COS for the sulfate layer of the stratosphere, *Geophys. Res. Lett.*, 3, 73-77, 1976.
- Cullis, C. F., and M. M. Hirschler, Atmospheric sulfur: Natural and man-made sources, *Atmos. Environ.*, 14, 1263-1278, 1980.
- Ericksen, D. J., III, S. J. Ghan, and J. E. Penner, Global ocean-to-

- atmosphere dimethyl sulfide flux, *J. Geophys. Res.*, **95**, 7543-7552, 1990.
- Ferek, R. J. and M. O. Andreae, Photochemical production of carbonyl sulfide in marine surface waters, *Nature*, **307**, 148-150, 1984.
- Ferek, R. J., R. B. Chatfield, and M. O. Andreae, Vertical distribution of dimethylsulfide in the marine atmosphere, *Nature*, **320**, 514-516, 1986.
- Gregory, G. L., et al., Air chemistry over the tropical forest of Guyana, *J. Geophys. Res.*, **91**, 8603-8612, 1986.
- Gregory, G. L., L. S. Warren, D. D. Davis, M. O. Andreae, A. R. Bandy, R. J. Ferek, J. E. Johnson, E. S. Saltzman, and D. J. Cooper, An intercomparison of instrumentation for tropospheric measurements of dimethyl sulfide: Aircraft results for concentrations at the parts-per-trillion level, *J. Geophys. Res.*, this issue (a).
- Gregory, G. L., D. D. Davis, D. C. Thornton, J. E. Johnson, A. R. Bandy, E. S. Saltzman, M. O. Andreae, and J. D. Barrick, An intercomparison of aircraft instrumentation for tropospheric measurements of carbonyl sulfide, hydrogen sulfide, and carbon disulfide, *J. Geophys. Res.*, this issue (b).
- Gregory, G. L., D. D. Davis, N. Beltz, A. R. Bandy, R. J. Ferek, and D. C. Thornton, An intercomparison of aircraft instrumentation for tropospheric measurements of sulfur dioxide, *J. Geophys. Res.*, this issue (c).
- Harriss, R. C., et al., The Amazon Boundary Layer Experiment (ABLE 2A): Dry season 1985, *J. Geophys. Res.*, **93**, 1351-1360, 1988.
- Harriss, R. C., et al., The Arctic Boundary Layer Expedition (ABLE 3A): July-August 1988, *J. Geophys. Res.*, **97**, 16, 383-16, 394, 1992.
- Hoell, J. M., Jr., D. I. Albritton, G. L. Gregory, R. J. McNeal, S. M. Beck, R. J. Bendura, and J. W. Drewry, Operational overview of NASA GTE/CITE 2 airborne instrument intercomparisons: Nitrogen dioxide, nitric acid, and peroxyacetyl nitrate, *J. Geophys. Res.*, **95**, 10,047-10,054, 1990.
- Khalil, M. A. K. and R. A. Rasmussen, Global sources, lifetimes and mass balances of carbonyl sulfide (OCS) and carbon disulfide (CS₂) in the earth's atmosphere, *Atmos. Environ.*, **18**, 1805-1813, 1984.
- Kirchhoff, V. W. J. H., R. A. Barnes, and A. L. Torres, Ozone climatology at Natal, Brazil from in situ ozone sonde data, *J. Geophys. Res.*, **96**, 10,899-10,909, 1991.
- Kurylo, M. J., Flash photolysis resonance fluorescence investigations of reactions of OH radicals with OCS and CS₂, *Chem. Phys. Lett.*, **58**, 238-242, 1978.
- NASA, Research needs in heterogeneous tropospheric chemistry, *NASA Conf. Publ. CP 2320*, 15-17, 1984.
- Rasmussen, R. A., M. A. K. Khalil, and S. D. Hoyt, The oceanic source of carbonyl sulfide, *Atmos. Environ.*, **16**, 1591-1594, 1982.
- Shipham M. C., A. S. Bachmeier, and B. E. Anderson, CITE 3 meteorological highlights, *J. Geophys. Res.*, this issue.
- Sze, N. D. and M. F. W. Ko, CS₂ and COS in the stratospheric sulphur budget, *Nature*, **280**, 308-310, 1979.
- Talbot, R. W., R. C. Harriss, E. V. Browell, G. L. Gregory, D. I. Sebacher, and S. M. Beck, Distribution and geochemistry of aerosols in tropical North Atlantic troposphere: Relationship to Saharan dust, *J. Geophys. Res.*, **91**, 5173-5182, 1986.
- Toon, O. B., R. P. Turco, P. Hamill, C. S. Ciang, and R. C. Whitten, A one dimensional model describing aerosol formation and evolution in the stratosphere, 2. Sensitivity studies and comparison with observations, *J. Atmos. Sci.*, **36**, 718-736, 1979.
- Toon, O. B., J. F. Kasting, R. P. Turco, and M. S. Liu, The sulfur cycle in the marine atmosphere, *J. Geophys. Res.*, **92**, 943-963, 1987.
- Torres, A. L., P. J. Maroulis, A. B. Goldberg, and A. R. Bandy, Atmospheric OCS measurements on Project GAMETAG, *J. Geophys. Res.*, **85**, 7357-7360, 1980.
- Turco, R. P., R. C. Whitten, O. B. Toon, J. B. Pollack, and P. Hamill, OCS, stratospheric aerosols and climate, *Nature*, **283**, 283-286, 1980.
- Turner, S. M., and P. S. Liss, Measurements of various sulphur gases in a coastal marine environment, *J. Atmos. Chem.*, **2**, 223-232, 1985.

J. D. Barrick, R. J. Bendura, J. W. Drewry, G. L. Gregory, and J. M. Hoell, Atmospheric Sciences Division, NASA Langley Research Center, Hampton, VA 23681.

D. D. Davis, School of Geophysical Sciences, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA 30332.

W. D. Dorko, National Institute for Standards and Technology, Gaithersburg, MD 20878.

V. W. J. H. Kirchhoff and A. G. Motta, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Sao Paulo, Brazil.

R. J. McNeal, Office of Space Sciences and Applications, NASA Headquarters, Washington, DC 20546.

R. L. Navarro, NASA Goddard Space Flight Center, Wallops Flight Center, Wallops Island, VA 23337.

D. Owen, Science Applications International Corporation, Hampton, VA 23666.

(Received June 16, 1992;
revised February 12, 1993;
accepted February 16, 1993.)

TRACE A

Através do estudo de imagens de satélites foi detectada uma enorme mancha tóxica de ozônio surgida no Atlântico Sul, perto da costa da Namíbia, o que causou enorme preocupação dos cientistas, pois, pela primeira vez tal fenômeno se manifestou em ecossistemas naturais, livres da poluição. Vale lembrar que o ozônio concentrado em baixas altitudes é extremamente nocivo a todos os seres vivos, ao contrário do ozônio na estratosfera, que funciona como um escudo protetor contra os raios ultravioleta. Aqui próximo do solo, o ozônio causa sérios problemas respiratórios no homem, às vezes com algum grau de toxicidade.

Daí, ter sido montado um enorme projeto, denominado TRACE/A – Transport and Atmospheric Chemistry near the Equator – Atlantic (ESTUDO DE QUÍMICA DA ATMOSFERA E TRANSPORTE NO ATLÂNTICO SUL), o qual tomou três vertentes:

- a) Um grupo no Brasil fazendo medidas com o uso de duas aeronaves, medidas de superfície de O_3 e CO e mais toda a rede de informações meteorológicas implantada no Brasil, além de 70 radiossondagens e uma enorme massa de informações de satélites;
- b) Um grupo na África fazendo os mesmos tipos de medidas em território africano, a partir da África do Sul;
- c) Uma aeronave-laboratório da NASA, tipo DC-8, fazendo vôos por sobre o Oceano Atlântico. Dotado de um sofisticadíssimo elenco de sensores, além do chamado **radar de laser**, o qual emitia radiação com retorno dos sinais aos sensores de bordo modificado pelo ozônio.

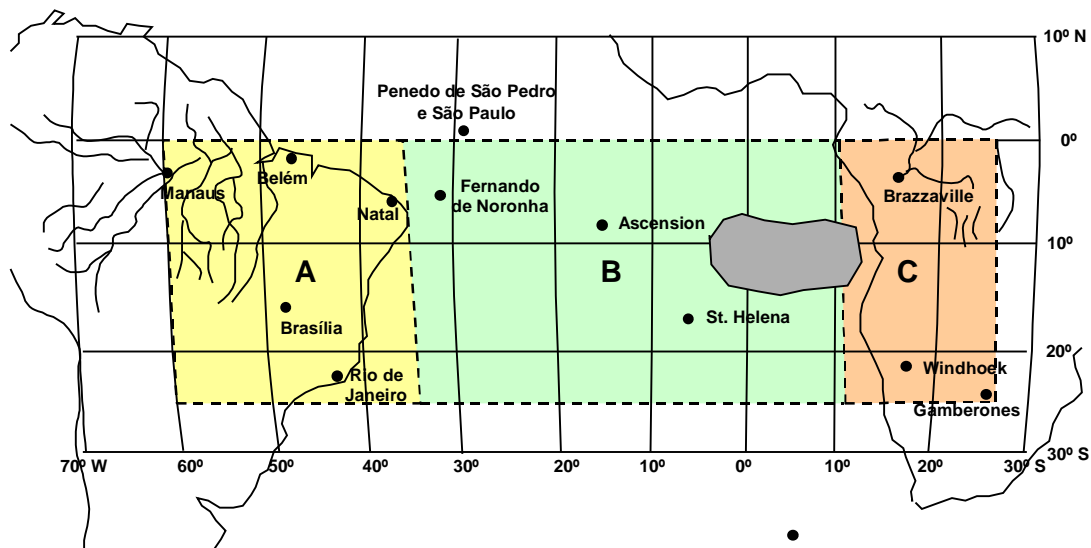


Fig. 14 – Áreas de operação do projeto TRACE-A.

Figura 14 – Mostra as três áreas de operação do Projeto TRACE-A, e os locais onde operações consideráveis foram conduzidas, tendo no Brasil, entre outras, a cidade de Natal como ponto de operação e apoio. Também aparece a nuvem tóxica.

Vale assinalar que tal nuvem tóxica gigante que caracteriza a **mancha no Atlântico Sul** aparece apenas no período de setembro a novembro, época de grandes secas no continente Africano e no Brasil.

Grandes queimadas ocorrem todos os anos na região Amazônica do Brasil, principalmente na época seca, acentuando-se no cerrado e nos limites de cerrado-floresta. O fogo transforma a massa vegetal em materiais sólidos e gasosos que são introduzidos na atmosfera. Dos gases diretamente injetados na atmosfera, no processo de combustão incompleta em campo aberto, destaca-se o monóxido de carbono (CO). Este gás em grandes concentrações é tóxico para todos os seres vivos – animais e plantas, de uma forma geral. Uma vez na atmosfera poderá reagir quimicamente e dar origem, aqui bem pertinho de nós, a outro gás tóxico, o ozônio (O₃).

Aerossóis são também emitidos para a atmosfera como produto das queimadas. Aerossóis são partículas na faixa de tamanho que vai desde alguns aglomerados moleculares até fragmentos de folhas e grãos de pólen. A composição elementar dos aerossóis na região amazônica mostra a predominância de potássio, enxofre, cálcio e fósforo, elementos participantes do ciclo básico de nutrientes. Há ainda os aerossóis derivados dos hidrocarbonetos aromáticos gerados no processo de respiração das

plantas. Esta composição elementar é muito alterada em épocas de queimadas, quando ocorre uma maior presença de cálcio, silício e, principalmente, de carbono elementar. Do ponto de vista ambiental, a quantidade de material por centenas de milhares de quilômetros quadrados de queimadas está muito acima dos limites estabelecidos pela OMS (Organização Mundial de Saúde). Daí a preocupação dos cientistas em saber e tentar controlar os níveis desses elementos que predominam na época das queimadas.

PROJETO SCAR – B

O projeto SCAR-B (Smoke/Sulfates, Clouds and Radiation – Fumaça/Sulfatos, Nuvens e Radiação), foi conduzido entre os dias 15 de agosto e 22 de setembro de 1995, por efeito de Convênio entre a NASA (National Aeronautics and Space Administration – Agência Espacial Norteamericana) e a Agência Espacial Brasileira – AEB, tendo como órgão executor do projeto o INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, consistindo essencialmente de uma série de experimentos de campo, com a finalidade de estudar as alterações na atmosfera provenientes da queima de combustível fóssil (urbana e industrial) e da biomassa (queimadas), e a consequente influência sobre o meio-ambiente e o clima.

O experimento foi conduzido no cerrado central, a partir de Brasília, sendo que tal região foi escolhida devido a grande incidência de queimadas na época da seca. A pesquisa visava determinar a constituição das nuvens de aerossóis e o aumento na quantidade de gases minoritários na baixa atmosfera, como o ozônio, o monóxido de carbono, o gás carbônico e o metano. O ozônio, ao contrário dos outros gases, não é liberado diretamente nas queimadas, mas é produzido por reações químicas do monóxido de carbono na troposfera. Essas substâncias têm influência no meio ambiente e, conseqüentemente, no clima. O ozônio, o gás carbônico e o metano contribuem para o aquecimento, pois, bloqueiam a liberação do calor da Terra para a atmosfera. Já os aerossóis refletem parte da luz solar incidente. Além disso, o grande aumento na concentração de ozônio e de monóxido de carbono na baixa atmosfera reduz a produtividade das plantas e tem efeito tóxico sobre os seres humanos e os animais.

Foram utilizados, um avião Bandeirante do INPE, um Convair C-131/A da Universidade de Washington e um ER-2 da NASA. Os dois primeiros voaram na troposfera e fizeram medidas locais, em altitudes de 0 a 8 quilômetros. O ER-12 é uma aeronave de pesquisa que voa na baixa estratosfera, sendo 20 km o seu nível de observação. Levava a bordo um sensor imageador, que após testado foi utilizado em satélites. Complementando as informações espaciais obtidas pelas aeronaves, instrumentos de solo mediram o comportamento temporal do processo desencadeado pelas queimadas.

Além de participar do estudo dos aerossóis e dos gases minoritários da atmosfera, abordados pelo Projeto SCAR-B, pesquisadores do INPE, da USP e de outras universidades brasileiras, montaram projetos associados com ênfase em Meteorologia e detecção de queimadas, onde foram

utilizadas imagens dos satélites NOAAs, bem como medidas a partir de um balão meteorológico cativo, e mais centenas de sondagens aerológicas conduzidas de vários pontos dentro da área do experimento.

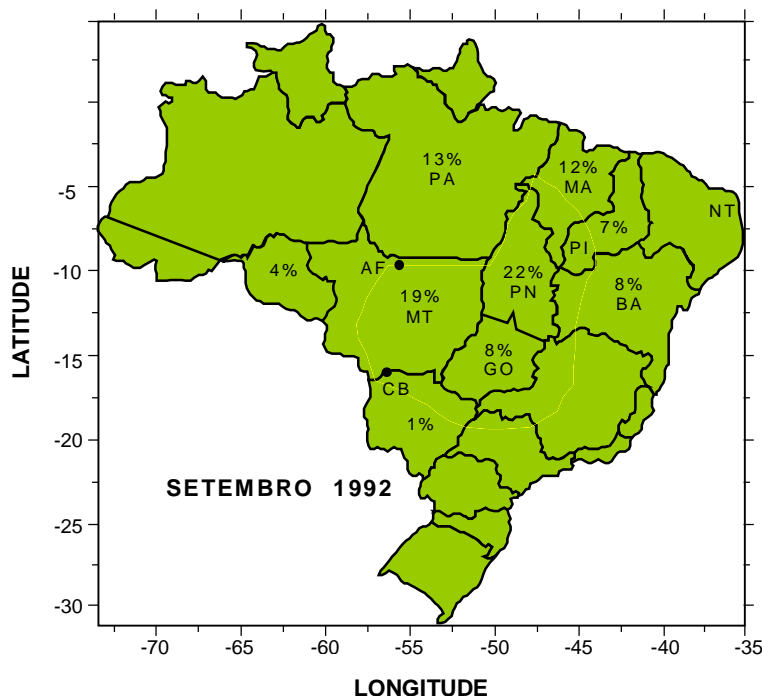


Fig. 15 – Indicação das percentagens de focos de queimadas.

Figura 15 - Mostra o mapa do Brasil, indicando em percentagem o maior número de focos de queimadas registradas pelos satélites NOAAs (sensor AVHRR). Nota-se que os estados de Tocantins e Mato Grosso são sempre os mais atingidos pelas queimadas. Também estão assinaladas cinco cidades que participaram do Projeto com medidas de superfície e/ou apoio para as aeronaves, que é o caso de Natal/RN. Grandes queimadas são acontecimentos comuns nas regiões rurais no centro do Brasil, na época de poucas chuvas. Só no período de 1º a 15 de agosto de 1995, foram detectados 72.219 focos de incêndio. Isto devido o fato de que em tais regiões a estação seca é longa, se estendendo por vários meses, gerando no fim do período seco as grandes queimadas de biomassa, que produzem quantidades substanciais de particulados (aerossóis) e monóxido de carbono (CO) pela combustão incompleta do processo de queima em campo aberto. Este CO liberado para a atmosfera, em conjunto com outras substâncias, reage quimicamente e produz ozônio (O_3) na troposfera. Ambos os gases em concentrações elevadas, são tóxicos e, portanto são prejudiciais às lavouras, podendo levar a prejuízos nas safras agrícolas. Os gases O_3 e CO têm sido observados sistematicamente pelo grupo de ozônio

do INPE, concluindo-se que as concentrações normais de O₃ e CO na época chuvosa são de 30 e 100 ppvb (partes por bilhão por volume), respectivamente. Com as queimadas na época seca estes valores sobem para 80-100 ppbv para O₃ e até 1000 ppbv para o CO. Mostrou-se que em ambientes afastados da influência antropogênica, as concentrações de ozônio são relativamente baixas. Por exemplo, na região da floresta tropical úmida as concentrações de ozônio de superfície são da ordem de 10 a 15 ppbv, e na região atlântica de Natal-RN as concentrações não são maiores do que 25 a 35 ppbv. Vale assinalar que enquanto o ozônio produzido na troposfera é prejudicial à vida animal e vegetal, principalmente ao homem, devido sua toxicidade, o ozônio estratosférico da chamada **camada de ozônio** que envolve a terra na altura entre 26 e 30 km é vital para a existência humana e de todos os seres vivos. É essa camada de ozônio estratosférico que constitui a grande preocupação dos homens de ciência, devido à degradação que a dita camada vem sofrendo no polo sul, onde está localizado o chamado “buraco de ozônio”, durante o inverno polar.

O projeto SCAR-B contou com a participação de 60 cientistas e técnicos brasileiros e de 25 norte-americanos. A reunião de resultados foi conduzida em Fortaleza (Hotel Ceasar Park) no mês de novembro de 1996.

APÊNDICE C

A METODOLOGIA EMPREGADA PARA LEVANTAMENTO DO CLIMA MÉDIO DA CIDADE DE NATAL.

Como dito anteriormente, o motivo maior para a elaboração deste estudo foi à necessidade de informar aos pesquisadores, de forma ampla, o estado médio de cada um dos fenômenos importantes para a realização de qualquer atividade de pesquisa, em um certo dia, em determinada hora. Exemplo: se um pesquisador europeu deseja lançar um foguete a partir do CLBI, digamos em um certo dia de um mês em que o elemento a ser medido (suponhamos: a ionosfera) se apresenta melhormente, cuja janela de lançamento é, digamos, entre 16 e 18 horas. No caso, ele precisa saber que tipo provável de tempo ele vai ter que enfrentar naquele dia e hora de lançamento, para ajuste e proteção de seus sensores, bem como para a montagem de uma contagem regressiva adequada. Daí o motivo porque este trabalho foi elaborado com o fracionamento do dia em quatro microclimas de seis horas. Um primeiro contado a partir de meia-noite até 6 horas, um segundo das 6 horas até o meio-dia, um terceiro do meio-dia até as 18 horas e um quarto de 18 até meia-noite. E pelos resultados pode-se perceber a adequação do modelo adotado, pois, nota-se que para qualquer um dos fenômenos estudados, os turnos obedecem a curvas próximas, porem com diferenças visíveis, as quais diferenças são importantes para um planejamento de atividades tão sensíveis como lançamento de foguetes e balões de pesquisa.

A metodologia usada para a entrada de dados, foi apenas uma adequação dos dados disponíveis à forma de transcrevê-los para introdução ao processamento eletrônico. Foram adotados códigos visando abreviar cada informação ao mínimo de bits possíveis. Desta forma, a entrada dos dados no computador foi em muito abreviado e o conseqüente processamento agilizado.

Informações sobre o clima em certo dia e hora não é importante apenas para fins de pesquisa. Qualquer pessoa está sempre ligada ao tipo de clima que está lá fora, além da porta da rua. Para saber se leva guarda-chuva ou agasalho, se vai de sapato leve ou impermeável, todos nós estamos sempre atentos às condições de tempo. E tal importância é visível pela forma como os meios de comunicação (TV, rádio AM e FM, jornais, etc.) estão sempre apresentando as previsões meteorológicas do país e do mundo.

Destarte, a importância de trabalhos como este que visam tabular adequadamente todos os fenômenos que, de uma forma ou de outra, estão próximos de todos nós. É a necessidade de saber as condições de tempo, o tempo todo.

A METODOLOGIA EMPREGADA

A Base Aérea de Natal mantém desde a II Guerra Mundial uma Estação Meteorológica operando segundo normas internacionais e, desde a criação da Organização Mundial de Meteorologia (OMM) foi adotado o modelo de observação meteorológica preconizado por aquela organização. Assim sendo, todo o trabalho desta pesquisa foi baseado em informações geradas segundo normas vigentes internacionalmente.

Em assim sendo, o plano básico deste trabalho busca o tabelamento de dez anos de observações meteorológicas de superfície, registradas hora-a-hora, de forma que possa gerar uma publicação com a seguinte estrutura:

- a) Uma parte descritiva do clima de Natal baseada em uma análise dos dados compactados por processamento eletrônico;
- b) Tabelas contendo os dados processados segundo uma divisão do dia por turnos, característicos dos quatro microclimas diários observados no clima do Nordeste;
- c) Gráficos expressando cada fenômeno observado, para facilitar a compreensão dos mesmos por análise visual.

I - DEFINIÇÕES PARA TABELAMENTO DOS FENÔMENOS.

Os dados processados serão apresentados sob forma de tabelas, buscando-se uma seqüência de valores, mês a mês, turno a turno, que permita uma visualização de cada fenômeno e de suas várias associações. Em assim sendo, as tabelas serão montadas por fenômeno, como se segue:

1.O fenômeno VENTO tem duas componentes: DIREÇÃO e VELOCIDADE.

Direção do vento – Com o número de dias, por mês, em cada turno, em que o vento sopra de uma certa direção. Serão considerados doze pontos de 30 graus cada, mais o vento calmo.

Velocidade do vento – Medida em NÓ, e considerado o número de dias por mês, em cada turno, em que o vento sopra com 1 a 5 nós, 6 a 10 nós, 11 a 15 nós, 16 a 20 nós e ventos com velocidade maior que 20 nós, além de vento calmo.

Será montada uma coluna representativa do valor da média mensal de intensidade do vento, claro está, englobando os quatro turnos.

Também será pinçado o vento ocasional que soprou com maior intensidade, um valor para cada mês.

2. VISIBILIDADE - Em quilômetros, levantada em quatro colunas com valores: menor que um (< 01), entre 1 e 4, 5 e 10 e maior que 10 (>10) quilômetros.

3. PRECIPITAÇÃO - Em milímetros e décimos, sendo processada para obtenção dos seguintes valores mensais:

- Média por turno – significando que, dentro de cada mês, serão contados os valores de cada turno;
- Média diária – Com a média dos quatro valores obtidos nos turnos de cada dia.
- Número de dias – média por turno e diária - significando o valor médio dos dez anos, para cada turno e mês, expressando o número de dias que ocorreu precipitação de alguma forma, isto é, chuva, chuvisco, etc.
- Ocorrência - maior e menor – é o registro, dentro de cada mês, da maior e menor quantidade de precipitação ocorrida.

4. CONDIÇÕES GERAIS DE TEMPO – Significa as condições de tempo classificáveis e que ocorreram com características bem definidas e segundo uma tabela internacional. Foi computado o número de dias que ocorreu cada condição no horizonte visual do observador, registrado por turno, em cada mês:

NIL – Significa que nada registrável ocorreu.

PRP VTA - (PRECIPITAÇÃO À VISTA) - Significa que do local onde se encontra o observador, foi visível alguma forma de precipitação.

NVS ou FUM – (NÉVOA SECA ou FUMAÇA) - Que são fenômenos obstrutores de visibilidade.

ARE ou POE – (AREIA OU POEIRA) – Também fenômenos redutores de visibilidade.

NVU ou NVO - (NÉVOA ÚMIDA ou NEVOEIRO)

ISC – (CHUVISCO) – Que pode apresentar-se de várias formas

registráveis: leve contínuo (LEV CNT), leve intermitente (LEV INT), etc.

CHV – (CHUVA) – também recebendo quase as mesmas variações registráveis.

TRV ou RPG – (TROVOADA ou RELÂMPAGO)

GRZ – (GRANIZO)

5.PRESSÃO ATMOSFÉRICA - Em milibares, considerada ao nível da estação meteorológica geradora do registro. Foram consideradas as clássicas médias por turno e a média dos turnos, ou seja, diárias.

6.UMIDADE RELATIVA - Em percentual, foi computada em médias por turno e a média dos turnos.

7.TEMPERATURA DO AR - Em graus centígrados, foram processados os dados indicados pelo psicômetro, isto é, os valores do bulbo seco (ou temperatura do ar) e do bulbo molhado. Foram feitas as seguintes computações:

- Leitura do bulbo seco e úmido – por turno;
- Média diária de cada bulbo – ou seja, a média dos quatro turnos;
- Registros extremos – dentro dos quatro turnos, isto é, em cada mês um valor de temperatura máxima e um de mínima, valores pinçados dentro dos dez anos processados.
- Temperatura do ponto de orvalho – que é o indicador da proximidade de precipitação à medida que a temperatura do ponto de orvalho se aproxima da temperatura do ar. Por turno e a média dos turnos.

8.NUVENS - Em oitavos de céu, analisadas segundo a classificação internacional, sendo dada mais ênfase às nuvens baixas, por serem as que mais significativamente influem nas condições de tempo, principalmente para fins aeronáuticos.

- Nuvens baixas – (**médias**) - média por turno e a média dos turnos.
- Todas as nuvens – (**médias**) - também média por turno e por dia.
- Nuvens baixas – número de dias com total entre 0 e 3 oitavos, 4 e 6 oitavos, 6 e 7 oitavos e 8 oitavos de encobrimento.

- Todas as nuvens – analisadas com igual tratamento.

II - GRÁFICOS A SEREM OBTIDOS

Para melhor visualização dos valores apresentados nas tabelas, serão montados gráficos abordando cada fenômeno, segundo planos cartesianos. Cada gráfico deverá mostrar a distribuição do fenômeno por turno e contendo as médias mensais dos dez anos analisados.

Como já explicado, a divisão do dia em quatro turnos de seis horas, partindo da meia-noite, foi devido à singularidade de clima dentro de cada um dos turnos. Inclusive, fazendo uma distinção clara dos quadros climatológicos diurnos e noturnos. Entretanto, tal divisão por turnos em nada prejudicou a essência da compreensão de cada fenômeno, considerando que a *média mensal* é o valor predominante em todos os gráficos.

Deverão ser elaborados 28 gráficos, representando os fenômenos básicos levantados nas tabelas.

III – ENTRADA DOS DADOS

Os dados serão digitados diretamente dos formulários IEMA-105-25 do Ministério da Aeronáutica que foram preenchidos diuturnamente na Estação Meteorológica da Base Aérea de Natal, durante dez anos, digitando somente as colunas necessárias à composição das médias dos fenômenos singulares propostos pelas tabelas. Assim, deverão ser digitados:

- ANO, MÊS, DIA E HORA: 8 dígitos, 2 para cada. Ex.: 88022219, significa 19 horas (hora local) do dia 22 de fevereiro de 1988.
- TOTAL DE NUVENS: em oitavos de céu encoberto – 1 dígito. Ex.: o céu apresenta 5/8 de nuvens do tipo CUMULUS (nuvem baixa), sendo que a base da camada está a 450 metros, mais 6/8 de nuvens do tipo ALTOCUMULUS (nuvem média) com base na altura de 3000 metros. As aberturas da camada inferior permitem uma avaliação do encobrimento da camada de nuvens médias e/ou altas. O total de nuvens poderá ser 8/8, ou menos, até o valor da camada de maior encobrimento. Um dígito, de 1 a 8 caracteriza o fenômeno.

- **DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO:** 4 dígitos. Direção do vento tirada dos 36 pontos da rosa-dos-ventos, cada ponto valendo 10 graus. O resultado nas tabelas serão agrupados em 12 pontos de 30 graus cada, ou seja, o ponto central e seus laterais. Assim, N significa o ponto 36 (central), o 35 e o 01. A velocidade do vento em NÓS, também com dois dígitos. Ex.: 1806, significa vento soprando de 180 graus com velocidade de 6 NÓS.
- **CONDIÇÕES GERAIS DO TEMPO:** 1 dígito. O registro das Condições Gerais do Tempo (CGT) é feito segundo uma tabela com as condições básicas de tempo. Assim sendo, o preenchimento das colunas 8 de 9 do formulário IEMA 105-25 é assim processado:

| CGT | COLUNA 8 | COLUNA 9 |
|-------------------------|----------|------------|
| Nada a relatar | 0 | NIL |
| Precipitação à vista | 1 | PRP VTA |
| Névoa seca ou fumaça | 2 | NVS ou FUM |
| Areia ou poeira | 3 | ARE ou POE |
| Névoa úmida ou nevoeiro | 4 | NVU ou NVO |
| Chuvisco | 5 | ISC |
| Chuva | 6 | CHV |
| Neve | 7 | NVE |
| Trovoada ou relâmpago | 8 | TRV ou RPG |
| Granizo | 9 | GRZ |

Exemplo de preenchimento usual das colunas 8, 9 e 39, com suas indicações correspondentes:

| COLUNA 8 | COLUNA 9 | COLUNA 39 | SIGNIFICA |
|----------|----------|-------------|-----------------------------|
| 6 | CHV | PNC FRT | Pancada forte |
| 6 | CHV | LEV INT | Leve intermitente |
| 9 | GRZ | PNC FRT-TRV | Pancada forte-Trovoada |
| 5 | ISC | MOD CNT | Moderado contínuo |
| 8 | TRV | CHV MOD INT | Chuva moderada intermitente |

- **NUVENS:** 5 dígitos para cada camada, até um máximo de 4 camadas. Internacionalmente, foi adotada uma classificação de nuvens, segundo a qual, as nuvens são distribuídas em três níveis (altas, médias e baixas) com dez tipos especiais cada nível. Para facilitar a forma de transcrição e identificação das nuvens no formulário IEMA-105-25, foi estabelecida a seguinte tabela:

| TIPO DE NUVEM | ABREVIATURA | CÓDIGO |
|--------------------------------|-------------|--------|
| Desconhecido | - | 0 |
| Cirro ou Cirro-cúmulo (alta) | CI ou CC | 1 |
| Cirro-estrato (alta) | CS | 2 |
| Alto-cúmulo (média) | AC | 3 |
| Alto- estrato (média) | AS | 4 |
| Nimbo-estrato (intermediária) | NS | 5 |
| Estrato-cúmulo (baixa) | SC | 6 |
| Estrato (baixa) | ST | 7 |
| Cúmulo (baixa) | CU | 8 |
| Cúmulo-nimbo (desenv.vertical) | CB | 9 |

A identificação das nuvens por camadas impede o registro com associação de tipos (CU/SC, AS/AC, CI/CS) como era adotado antigamente.

Exemplo de registro para cada camada: 48050 significa 4/8 de nuvens do tipo cúmulos, sendo que a altura da base da camada é de 500 metros.

- TEMPERATURA DO PONTO DE ORVALHO: 2 dígitos. Exemplo 23 significa temperatura do ponto de orvalho igual a 23 graus centígrados.
- PRESSÃO ATMOSFÉRICA: 3 dígitos. A pressão atmosférica pode ser levantada a diferentes níveis. No formulário IEMA 105-25 são registrados três formas diferentes de pressão atmosférica, ou seja:
O ajuste do altímetro;
A pressão ao nível do mar;
A pressão ao nível da estação (ou da pista).

Conhecendo um dos níveis, os demais são encontrados por processo tabular. Daí, porque foi adotado o registro que melhor expressa o fenômeno localmente, ou seja, a pressão ao nível da estação, que, neste caso, é coincidente com a da pista. Exemplo: 088 significa pressão atmosférica ao nível da pista igual a 1008,8 milibares.

- TEMPERATURA DO AR: 6 dígitos. A medida de temperatura para relacionamento com a temperatura do ponto de orvalho, precisa ser feita através de um PSICRÔMETRO, isto é, dois termômetros montados num só suporte e paralelos, sendo um deles com o bulbo vestido em tecido de algodão, o qual no momento da leitura é molhado e deslocado ao vento. O termômetro de bulbo seco indica a temperatura do ar, à sombra. Exemplo: 233225 significa, 23,3 graus centígrados é a temperatura do bulbo seco e 22,5 graus centígrados é a temperatura do bulbo molhado.

- **PRECIPITAÇÃO:** 3 dígitos. A quantidade de chuva é medida em milímetros e décimos. Exemplo: 117 significa 11,7 milímetros de chuva caída no último registro. Ocorrência a cada 3 horas.
- **UMIDADE RELATIVA:** 2 dígitos. É uma medida em percentual, indicando quanto de saturação d'água existe na atmosfera. Tirada de uma tabela em função das medidas psicrométricas. Exemplo: 97 significa que a atmosfera está com 97% de saturação.

IV - PESQUISAS CONSEQUENTES:

O Ministério da Aeronáutica mantém Estações de Observações Meteorológicas em todas as principais cidades do Brasil. Onde existe um aeroporto regularmente utilizado, certamente existirá alguma forma de registro das condições de tempo. Evidentemente, esses postos de observação são de categorias diferentes, dependendo da importância das instalações aeroportuárias. Assim sendo, existem estações com registro horário, durante as 24 horas do dia, além de sondagens aerológicas, com radiossondas. Algumas mais modestas, fazendo registros entre 5 e 19 horas, etc. Todos os registros sendo feitos por profissionais devidamente qualificados na avaliação das condições de tempo e leitura instrumental. É um acervo grande de informações que permite um sem número de pesquisas e indagações sobre o clima de vários pontos deste imenso Brasil. O difícil na empreitada, realmente, é a entrada de uma massa muito grande de dados, trabalhosa que exige um grande volume de mão-de-obra adestrada. Mas a metodologia poderá ser semelhante a que foi adotada neste trabalho.

APÊNDICE D

A MASSA DE DADOS QUE DEU ORIGEM À TRANSCRIÇÃO PARA O PROCESSAMENTO ELETRÔNICO DESTES TRABALHOS.

O formulário IEMA-105-25 é preenchido diariamente por um observador Meteorológico dos quadros do Ministério da Aeronáutica, em cada Estação Meteorológica situada nas instalações de cada aeroporto brasileiro. Conforme a densidade de tráfego aéreo do aeroporto, as estações são dotadas de maior ou menor disponibilidade de recursos técnicos, tanto de instrumentação quanto de pessoal. No caso particular de NATAL, a Estação Meteorológica é de primeira ordem, ou seja, dispõe de toda a instrumentação básica exigida para a instituição como uma estação plena.

O exemplo de formulário preenchido neste apêndice dá uma idéia da quantidade de informações que são registradas pelo observador, horariamente. Além do que, sempre que ocorre alteração em qualquer um dos fenômenos básicos, normalmente nas condições gerais do tempo, é feito o registro de uma **observação especial**.

No exemplo foram preenchidas as observações horárias, desde a primeira de zero hora até a última às 23 horas, ou seja, 24 observações feitas no dia 20/06/1988. As informações sinóticas e codificadas de acordo com a Organização Mundial de Meteorologia (OMM), que constam na parte inferior do formulário, foram suprimidas por serem desnecessárias para a consecução e compreensão deste trabalho.

Esta pesquisa compreendeu a transcrição de 10 anos de informações, hora-a-hora, dia-a-dia, num total de 3650 formulários.

MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA
 DIRETORIA DE ELETRÔNICA E PROTEÇÃO AO VÔO
 DIVISÃO DE METEOROLOGIA AERONÁUTICA

PERFURAÇÃO AUTOMÁTICA
 CÓDIGO NÚM. SINÓTICO ANO MÊS DIA
 1 0 8 2579 88 06 20

ESTAÇÃO NATAL LAT 05° 55' S LONG 35° 15' W 1ª VIA
 HORA LEGAL CORRESPONDENTE AO MERIDIANO DE 45° W
 PARA CONVERTER A GMT, SOMAM-SE 3 HORAS
 ALTITUDE DA CUBA DO BARÔMETRO 49,0 METROS (NMM)

OBSERVAÇÃO METEOROLÓGICA À SUPERFÍCIE

| TIPO | HORA LOCAL | VENTO DIREÇÃO | VELOCIDADE | VISIBILIDADE METEOROLÓGICA | CORR./TEMPO | NUVENS | | | | | | | | | | AJUSTE DO ALTIMETRO | TEMPERATURA PUNTO ORILMO | BAIXAS DO VENTO | PRESSÃO | | | | VARIACÃO PRESSÃO 3 HORAS | TEMPERATURA DO AR | | PRECIPITACÃO | UMIDADE RELATIVA | ALTITUDE DO NÍVEL 850 PD | TEMPERATURA MÉDIA 12 HORAS | OBSERVAÇÕES | INDICATIVO DO OBSERVADOR |
|------|------------|---------------|------------|----------------------------|-------------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|---------------------|--------------------------|-----------------|--------------|----------------|---------|------|--------------------------|-------------------|-------------|--------------|------------------|--------------------------|----------------------------|-------------|--------------------------|
| | | | | | | QUANTIDADE | ALTURA | QUANTIDADE | ALTURA | QUANTIDADE | ALTURA | QUANTIDADE | ALTURA | QUANTIDADE | ALTURA | | | | NÍVEL DO MAR | NÍVEL DA PISTA | DIREÇÃO | BASE | | BULBO SECO | BULBO ÚMIDO | | | | | | |
| H | 00 | 8 | 10 | 03 | 1200 | 1 | 4 | 8 | 050 | 1 | 3 | 270 | | | | 147 | 22 | 144 | 083 | 3 | 2 | 8 | 03 | 23,3 | 22,5 | 00,1 | 93 | | PRP TFS | EKG | |
| H | 01 | 8 | 00 | 30 | 2000 | 0 | 3 | 8 | 050 | 4 | 3 | 270 | | | | 147 | 22 | 139 | 083 | 3 | 2 | | | 23,4 | 22,6 | 00,0 | | | | EKG | |
| H | 02 | 8 | 00 | 30 | 2700 | 6 | 4 | 8 | 050 | 8 | 4 | 240 | | | | 130 | 22 | 136 | 080 | 3 | 2 | | | 22,8 | 22,4 | 01,5 | | | LEV INT | EKG | |
| H | 03 | 8 | 00 | 00 | 0600 | 6 | 4 | 8 | 050 | 8 | 4 | 240 | | | | 137 | 22 | 134 | 078 | 3 | 2 | 6 | 1,0 | 22,6 | 22,3 | 02,4 | 97 | | LEV CNT | EKG | |
| H | 04 | 8 | 00 | 30 | 0600 | 6 | 4 | 8 | 050 | 8 | 4 | 240 | | | | 135 | 22 | 132 | 076 | 3 | 2 | | | 22,5 | 22,2 | 11,7 | | | MOD INT | EKG | |
| H | 05 | 8 | 00 | 30 | 0500 | 6 | 3 | 8 | 050 | 8 | 4 | 240 | | | | 139 | 21 | 136 | 080 | 3 | 2 | | | 21,4 | 21,0 | 02,2 | | | LEV INT | EKG | |
| H | 06 | 8 | 00 | 00 | 0500 | 6 | 3 | 8 | 050 | 7 | 4 | 240 | | | | 143 | 21 | 140 | 084 | 3 | 2 | 3 | 0,6 | 21,1 | 20,9 | 01,9 | 98 | | LEV CNT | EKG | |
| H | 07 | 8 | 00 | 00 | 0200 | 6 | 3 | 7 | 015 | 8 | 4 | 240 | | | | 144 | 21 | 147 | 090 | 3 | 2 | | | 21,1 | 20,9 | 02,1 | | | LEV CNT | AGF | |
| H | 08 | 8 | 00 | 00 | 1200 | 1 | 5 | 4 | 015 | 8 | 4 | 240 | | | | 144 | 21 | 146 | 080 | 4 | 2 | | | 21,6 | 21,4 | 02,0 | | | | AGF | |
| H | 09 | 8 | 21 | 06 | 1400 | 1 | 4 | 4 | 010 | 8 | 4 | 240 | | | | 153 | 22 | 150 | 084 | 4 | 2 | 3 | 1,0 | 22,7 | 22,3 | 00,0 | 97 | | VSB SWW 2400 | AGF | |
| H | 10 | 8 | 21 | 15 | 1200 | 1 | 4 | 4 | 010 | 8 | 4 | 240 | | | | 154 | 23 | 151 | 085 | 4 | 2 | | | 24,3 | 23,0 | 00,0 | | | | AGF | |
| H | 11 | 8 | 19 | 12 | 2000 | 0 | 4 | 8 | 045 | 3 | 1 | 600 | | | | 140 | 23 | 137 | 081 | 3 | 2 | | | 25,6 | 23,5 | 00,0 | | | | AGF | |
| H | 12 | 8 | 18 | 12 | 2000 | 0 | 5 | 8 | 045 | 5 | 1 | 600 | | | | 144 | 22 | 141 | 085 | 3 | 2 | 5 | 0,9 | 26,5 | 23,7 | 00,0 | 79 | | | AGF | |
| H | 13 | 8 | 12 | 08 | 0800 | 6 | 7 | 8 | 045 | 5 | 1 | 600 | | | | 138 | 23 | 135 | 079 | 3 | 2 | | | 24,0 | 23,0 | 00,0 | | | LEV INT | AGF | |
| H | 14 | 8 | 13 | 06 | 1500 | 1 | 3 | 6 | 030 | 4 | 6 | 045 | 5 | 3 | 300 | 133 | 23 | 130 | 074 | 3 | 3 | 4 | | 24,0 | 23,5 | 00,4 | | | | AGF | |
| H | 15 | 8 | 09 | 06 | 1500 | 1 | 3 | 6 | 030 | 4 | 8 | 045 | 6 | 3 | 300 | 131 | 22 | 128 | 072 | 3 | 3 | 4 | 5 | 1,3 | 24,8 | 23,0 | 00,0 | 76 | | | AGF |
| H | 16 | 8 | 10 | 08 | 1500 | 1 | 4 | 8 | 050 | 2 | 3 | 300 | | | | 127 | 22 | 124 | 069 | 3 | 4 | | | 23,2 | 22,2 | 00,2 | | | PRP TFS | AGF | |
| H | 17 | 7 | 18 | 06 | 0700 | 6 | 3 | 8 | 050 | 4 | 3 | 300 | | | | 134 | 22 | 132 | 075 | 3 | 4 | | | 22,8 | 22,5 | 00,8 | | | LEV INT | AGF | |
| H | 18 | 8 | 18 | 06 | 1500 | 1 | 3 | 8 | 050 | 4 | 3 | 300 | | | | 139 | 22 | 137 | 080 | 3 | 4 | | | 22,8 | 22,5 | 00,1 | 92 | | | AGF | |
| H | 19 | 8 | 19 | 05 | 2000 | 0 | 5 | 8 | 060 | 6 | 3 | 300 | | | | 132 | 22 | 140 | 082 | 3 | 4 | | | 22,8 | 22,5 | 00,0 | | | | MBA | |
| H | 20 | 7 | 18 | 05 | 2000 | 0 | 4 | 8 | 060 | 5 | 3 | 300 | | | | 143 | 22 | 142 | 086 | 3 | 4 | | | 23,0 | 22,5 | 00,0 | | | | MBA | |
| H | 21 | 7 | 17 | 05 | 2000 | 0 | 4 | 8 | 060 | 5 | 3 | 300 | | | | 150 | 22 | 148 | 091 | 3 | 4 | 3 | 1,1 | 23,0 | 22,5 | 01,0 | 96 | | | MBA | |
| H | 22 | 8 | 18 | 07 | 2000 | 0 | 5 | 8 | 060 | 5 | 3 | 300 | | | | 152 | 22 | 149 | 083 | 3 | 4 | | | 22,8 | 22,2 | 00,0 | | | | MBA | |
| H | 23 | 8 | 16 | 03 | 1500 | 1 | 5 | 8 | 050 | 6 | 3 | 300 | | | | 150 | 22 | 147 | 091 | 3 | 4 | | | 22,8 | 22,2 | 00,0 | | | | MBA | |

| OBSERVAÇÕES | | | | | | | | | | SINÓTICAS | | | | | | | | | | CODIFICADAS | | | | | | | | | | SUMÁRIO DO DIA (DE MEIA NOITE À MEIA NOITE) | | | | | | | | | |
|-------------|-------|--------------------|-------|--------------------|---|---|-------|-------|----------------------------------|-------------------|------|-------|---------|---|---|---|---|--------|------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| YYGG | IIIII | 1 _n hVV | Nddtt | 1 _n TTT | 2 _n T _n T _n T _n | 3 _n 0 _n 0 _n 0 _n | 4PPPP | 5pppp | 7uuu ₁ W ₂ | 8NCC ₁ | 9LHM | 10IND | 11SEGÃO | 121 _n T _n T _n T _n | 132 _n T _n T _n T _n | 143 _n T _n T _n T _n | 154 _n T _n T _n T _n | 16RRRT | HORA LEGAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | NASCER DO SOL 0531 PÔR DO SOL 1715 TEMPERATURA MÁX 26,5 °C HORA: 1200 TEMPERATURA MÍN 21,1 °C HORA: 0600 HORAS E MINUTOS DE HVO _____ HORAS E MINUTOS DE TRV _____ HORAS E MINUTOS DE PRP _____ PRECIPITACÃO TOTAL 28,3 mm VENTO MAX 15 NOS, DIR 210 ° HORA: 1000 OBS. _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

VERIFICADO POR: EM / / CORRIGIDO POR: EM 20 / 06 / 88

DADOS DO AUTOR

Concluído curso na NASA - Wallops Flight Center (Virgínia, USA), em 1965, o autor veio tripular o Centro de Lançamento de Foguetes da Barreira do Inferno, na condição de Chefe de Operações. Após seis anos e com centenas de foguetes lançados, passou para a Reserva Remunerada da Aeronáutica, quando recebeu a incumbência de construir em Natal o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Em 1972, por efeito de um Convênio com a Universidade Federal do RN- UFRN e Governo do Estado, recebeu a missão de montar o primeiro computador do RN, sendo designado Diretor do Centro de Computação do RN – COMPERN. Para implantar um projeto de teleducação, via satélite, foi nomeado Diretor da primeira estação de televisão do RN, a TELEVISÃO UNIVERSITÁRIA, TV-U e suas repetidoras de Mossoró e Serra de Santana. Também foi Coordenador do Projeto SACI, projeto de teleducação através do qual 500 escolas do Estado, foram dotadas de aparelho de TV e rádio, com material didático altamente revolucionário, e que funcionou por cinco anos com 20000 alunos matriculados com acompanhamento por processamento eletrônico. Aulas transmitidas pelo satélite ATS-F da NASA, foram recebidas em várias escolas usando antenas parabólicas. Tudo isto aconteceu entre 1972 e 1976, quando tais tecnologias eram totalmente desconhecidas no Brasil. Construiu, também, as unidades do INPE em Fortaleza-CE, Campina Grande-PB e São Luis-MA, sendo hoje o Chefe do Centro Regional do INPE, no Nordeste.

Adauto Gouveia Motta é formado em Física, em Economia, em Engenharia Elétrica e em Jornalismo. Recebeu treinamento na NASA para operar foguetes a propelente sólido e líquido, bem como dirigir operações de lançamento com aplicações científicas e tecnológicas. Têm vários livros e muitos “papers” publicados em destacadas revistas científicas nacionais e internacionais. E orgulhosamente é Cidadão Natalense, conforme desejo da Câmara de Vereadores de Natal.