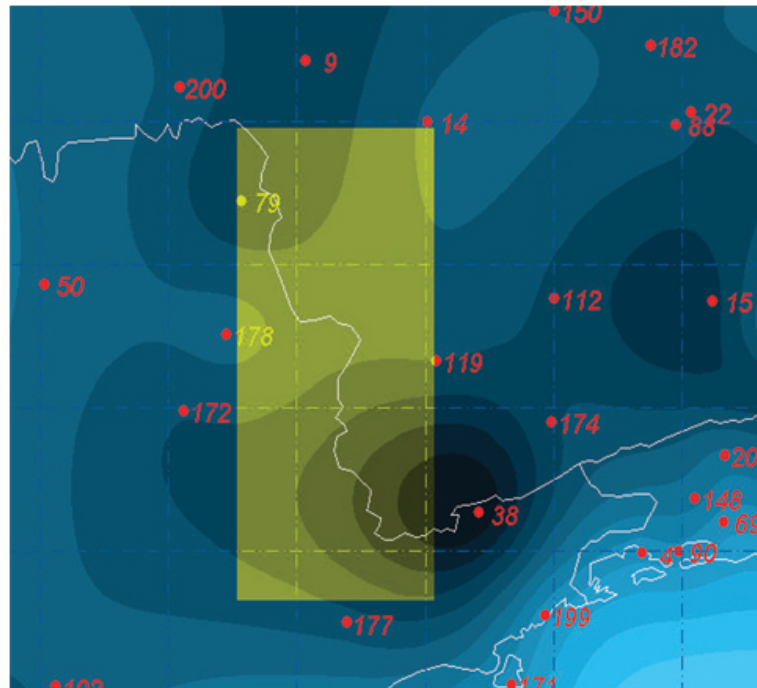


Relatório Técnico

Elementos Ambientais para a LT Estreito - Fernão Dias, 500 kV



Preparado por Amauri A Menezes em 07/2014

Este Relatório Técnico apresenta o memorial descritivo para a determinação dos elementos climáticos relevantes na implantação da LT acima citada. A reprodução parcial ou total deste documento só deve ser feita com a permissão da LEME Engenharia

1	Objetivo	3
2	Conceituação Preliminar	4
3	Dados termométricos	5
4	Densidade Relativa do Ar e Fatores de Correção Atmosféricos	6
4.1	Valor médio da DRA e dos FCAs	6
4.2	Os desvios padrão da DRA e dos FCAs	8
5	Representação gráfica e mapeamento das variáveis	10
5.1	Densidades relativas do ar e “nível de tempo - ruim”	11
5.2	Fatores de Correção Atmosféricos	11
5.3	Umidades relativa e absoluta	12
5.3.1	Cálculo dos pontos de orvalho e de gelo	12
5.3.2	Cálculo das pressões de vapor	13
5.3.3	Cálculo das umidades absolutas	13
6	Conclusões e recomendações	13
7	Comentários finais	14
8	Referências	15
Anexo 1	Dados para determinação espacial da DRA e dos FCAs	16
Anexo 2	Características das estações do INMET	26
Anexo 3	Distribuição espacial das estações	28
Anexo 4	Mapa das pressões atmosféricas	31
Anexo 5	Mapas das temperaturas ambientes	31
Anexo 6	Mapas das densidades relativas do ar e de “tempo - ruim”	35
Anexo 7	Mapas dos fatores de correção atmosféricos	37
Anexo 8	Mapas das umidades do ar	41

1 Objetivo

Este relatório quantifica as variabilidades espacial e temporal de fenômenos meteorológicos que têm interferências substanciais com a LT 500 kV Estreito-Fernão Dias CD. As variáveis aqui objetivadas ao longo das LTs citadas são as seguintes:

Variáveis Ambientais	nomenclatura & unidades
altitude média	alt - metros
temperatura média	t_{med} - °C
temperatura mínima média anual	$t_{min\ anual}$ - °C
temperatura mínima média no inverno	$t_{min\ inv}$ - °C
temperatura mínima absoluta	$t_{min\ abs}$ - °C
temperatura máxima média anual	$t_{max\ anual}$ - °C
temperatura máxima média no verão	$t_{max\ ver}$ - °C
temperatura máxima absoluta	$t_{max\ abs}$ - °C
pressão atmosférica	p_{atm} - mbares
densidade relativa do ar (50 e 90 %)	$DRA_{50\%}$ e $DRA_{90\%}$ - (pu)
fator de correção atmosférico, 60 Hz, (50 e 99 %)	$FCA_{60Hz-50\%}$ e $FCA_{60Hz-99\%}$ - (pu)
fator de correção atmosférico, surto de manobra (50 e 90 %)	$FCA_{man50\%}$ e $FCA_{man90\%}$ - (pu)
fator de correção atmosférico, impulsos atmosféricos (50 e 90 %)	$FCA_{atm50\%}$ e $FCA_{atm90\%}$ - (pu)
umidade relativa média do ar (anual)	u_{rel} - (%)
umidade absoluta média do ar (anual)	u_{abs} - (g/m ³)
tempo ruim (para níveis de RI) - anual	TR - (%)

Linhas de transmissão aéreas constituem-se em empreendimentos com dimensões territoriais consideráveis e, não raro, atravessam áreas com diferentes condições geograficamente bem diferenciadas, resultando numa multiplicidade de elementos climáticos sobre elas atuantes.

Portanto, torna-se relevante, para a execução de um projeto realista e coerente com seus próprios desafios, que haja a disponibilidade de métodos de inferências capazes de avaliar a evolução espacial das grandezas ambientais ao longo da rota da LT em estudo. A coleta de tais variáveis deve ser convenientemente feita em estações meteorológicas na mesma região e, obrigatoriamente, as suas variabilidades temporais devem ser quantificadas.

Como certo número de variáveis ambientais aqui enfocadas é dependente da altitude, o estudo em curso considera também a altitude na região, como forma de dimensionar algumas variações espaciais do clima, através de modelos matemáticos de correlação linear múltipla. A densidade relativa do ar (DRA) e os fatores de correção atmosféricos (FCAs¹) não são variáveis meteorológicas, no rigor do conceito, mas encontram-se aqui incluídas por serem diretamente derivados da temperatura do ar, da pressão atmosférica e, para os FCAs, também da umidade absoluta do ar.

2 Conceituação Preliminar

A base de dados usada neste relatório origina-se de duas fontes diversas: do INMET [1] (Instituto Nacional de Meteorologia - Ministério da Agricultura) e do DEPV [2, 7] (antiga Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Voo - Ministério da Aeronáutica). Tais fontes desempenham importantes e complementares papéis no modelo analítico aqui adotado para inferência estatística das variáveis ambientais, como exigido pelos procedimentos de projetos de LTs aéreas ora em curso no país.

Especificamente, pode-se dizer que os dados do INMET (mensais e anuais, em 205 estações) cuidam das determinações médias e das suas evoluções espaciais sobre o território brasileiro, enquanto que os dados do DEPV (horários, em 20 estações) definem as flutuações dos respectivos desvios-padrão. Detalhes da elaboração desse modelo dual são fornecidos ao longo do trabalho e aplicam-se às variáveis aqui objetivadas.

¹ ou ainda RIS (Relative Insulation Strength)

3 Dados termométricos

Os dados de temperatura utilizados no estudo foram medidos em estações climatológicas operadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)² e instaladas no estado de implantação do empreendimento.

Nessas estações, as temperaturas máximas e mínimas são medidas diariamente e as temperaturas correntes às 12, 18 e 24 horas, referidas ao horário de Greenwich (Greenwich Meridian Time - GMT). No procedimento de operação das estações do INMET, as temperaturas extremas diárias ficam perfeitamente caracterizadas.

A temperatura média diária é estimada através da seguinte equação, de uso rotineiro pelo INMET:

$$T_{med} = \frac{T_{12} + 2 \cdot T_{24} + T_{máx} + T_{mín}}{5}$$

T_{med} - temperatura média diária

$T_{máx}$ - temperatura máxima diária

$T_{mín}$ - temperatura mínima diária

T_{12} e T_{24} - temperaturas às 12 e 24 horas

As estatísticas dos valores de temperatura, medidos diariamente no período de 1961 a 1990, podem ser consultadas em [1]. Além dos valores médios anuais, buscou-se caracterizar as médias das temperaturas extremas, extraíndo-se do banco de dados os valores mínimos ou máximos ocorridos ao longo do ano, independentemente do mês em que foram anotados, e garantindo assim mapas que refletissem valores extremos que fossem os mais conservadores. Portanto, neste estudo, extremos médios de temperatura encontram-se também avaliados apropriadamente nos respectivos meses em que ocorrem.

A seguinte nomenclatura deve ser seguida:

média das temperaturas máximas	(°C)	- anual	(média dos 12 meses)
média das temperaturas máximas	(°C)	- de verão	(média no verão)
média das temperaturas mínimas	(°C)	- anual	(média dos 12 meses)
média das temperaturas mínimas	(°C)	- de inverno	(média no inverno)

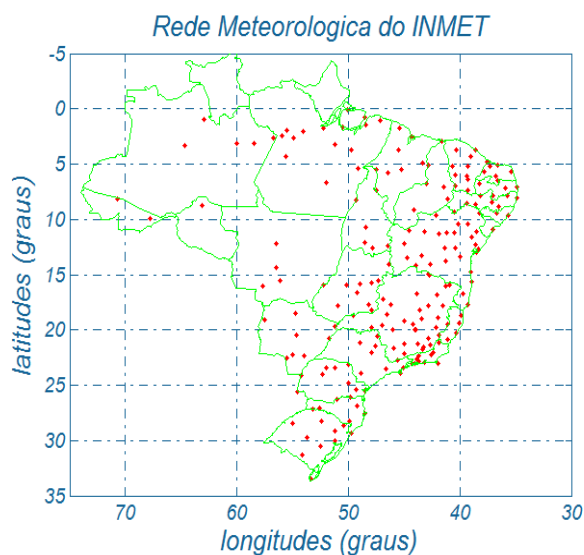


Figura 3.1 - Distribuição espacial das estações meteorológicas do INMET

² INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, Ministério da Agricultura

4 Densidade Relativa do Ar e Fatores de Correção Atmosféricos

A caracterização da média e do desvio padrão da densidade relativa do ar (DRA) e dos fatores de correção atmosféricos (FCAs), para frequência industrial e surtos de manobra ou atmosféricos, é aqui feita através de abordagens distintas.

4.1 Valor médio da DRA e dos FCAs

O valor médio dessas variáveis será feito por meio dos dados médios anuais medidos na rede do INMET (temperatura, pressão atmosférica para a DRA, acrescidos da umidade absoluta, para os valores dos FCAs). DRAs e FCAs têm distribuições normais para qualquer efeito prático [7] e seus valores médios podem ser calculados com as médias das variáveis indiretas (t_{med} , p_{med} e u_{abs}). Para dirimir qualquer dúvida quanto a essa afirmativa, as Tabelas 4.1.1 e 4.1.2 apresentam os respectivos resultados, quando se usa um banco de dados horário em 10 anos, e quando se faz o cálculo com médias anuais. O banco de dados usado como referência é o do DEPV³, tal como apresentado em [7].

Tabela 4.1.1 - Comparação dos valores para DRA calculados por (t_{med} , p_{med}) a cada hora e com valores médios anuais

Cidade	sigla	DRA _{50%} (pu) como em [7]	DRA _{50%} (pu) médias anuais
Belém	BE	0.976	0.980
Belo Horizonte	BH	0.913	0.900
Brasília	BR	0.883	0.870
Campo Grande	CG	0.927	0.930
Curitiba	CT	0.913	0.890
Caravelas	CV	0.987	0.990
Florianópolis	FL	1.001	1.000
Fortaleza	FZ	0.975	0.970
Galeão (RJ)	GL	0.990	0.990
Campinas	KP	0.926	0.926
Manaus	MN	0.968	0.970
Maceió	MO	0.973	0.980
Natal	NT	0.975	0.975
Porto Alegre	PA	1.004	0.990
Recife	RF	0.980	0.980
Rio de Janeiro (SD)	RJ	0.991	0.990
São Luiz	SL	0.971	0.980
São Paulo	SP	0.918	0.920
Salvador	SV	0.983	0.980
Vitória	VT	0.991	0.980

³ Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Vôo, do Ministério da Aeronáutica.

Tabela 4.1.2 - valores dos FCAs para 60 Hz (FCA_{60Hz}) e surtos de manobra (FCA_{man}), calculados por (t_{med} , p_{med} e U_{abs}) horários e com valores médios anuais, gapes de 1 a 5 metros

tensão a 60 Hz (gape de 3 m)			surtos de manobra (gape de 3 m)		
sigla	FCA50% (pu) como em [7]	FCA50% (pu) médias anuais	sigla	FCA50% (pu) como em [7]	FCA50% (pu) médias anuais
BE	1.062	1.061	BE	1.041	1.040
BH	0.960	0.959	BH	0.962	0.963
BR	0.925	0.922	BR	0.932	0.932
CG	0.992	0.994	CG	0.987	0.988
CT	0.939	0.936	CT	0.948	0.949
CV	1.050	1.050	CV	1.034	1.033
FL	1.033	1.034	FL	1.023	1.023
FZ	1.053	1.053	FZ	1.035	1.034
GL	1.045	1.045	GL	1.030	1.029
KP	0.965	0.964	KP	0.967	0.969
MN	1.059	1.059	MN	1.039	1.038
MO	1.044	1.044	MO	1.028	1.027
NT	1.049	1.049	NT	1.032	1.031
PA	1.022	1.023	PA	1.015	1.016
RF	1.053	1.053	RF	1.035	1.034
RJ	1.042	1.043	RJ	1.028	1.028
SL	1.059	1.058	SL	1.039	1.038
SP	0.956	0.953	SP	0.960	0.961
SV	1.053	1.053	SV	1.035	1.034
VT	1.049	1.049	VT	1.033	1.032

As diferenças verificadas nos três casos indicam que as médias podem ser aproximadas usando-se valores médios das variáveis indiretas (t_{med} , p_{med} e u_{abs}), em vez de se adotar ou exigir um cálculo bem mais requintado e trabalhoso, tal como é o de bancos de dados horários durante 10 anos, com todas as variáveis lidas simultaneamente. A simplificação é bastante apreciável, pois nem sempre, ou quase nunca, tais bancos encontram-se disponíveis. Portanto, os dados do INMET, que tem uma bem mais expressiva quantidade de estações (205, em todo o Brasil, por ocasião da elaboração de [1]) são capazes de fornecer valores médios para DRA e FCAs. Observe a Figura 4.2.1 onde a rede do DEPV encontra-se grafada com a sua restrita densidade. Entretanto, o valor médio isolado dessas variáveis (valor 50 %) não é suficientemente seguro para a aplicação em LTs. É preciso associá-los a valores mais conservadores que levem em conta as incertezas espaciais típicas que estão amiúde vinculados a linhas de transmissão que atravessam variados micro e macro climas.

4.2 Os desvios padrão da DRA e dos FCAs

Os mais recentes Editais da ANEEL, no que se refere à DRA, exigem um valor ao longo da LT que seja garantido 90% do tempo, de forma a minimizar as influências do efeito Corona e suas manifestações (RI, RA, perdas). Portanto, os valores médios devem ser corrigidos pela conhecida fórmula genérica $Var_{90\%} = \mu - 1.28 \sigma$, onde Var é uma variável que se encontre estatisticamente em questão e (μ, σ) seus valores médios e desvios padrão respectivos.

Como as variabilidades temporais da DRA e dos FCAs, medida por σ , não podem ser caracterizadas pelo banco de dados do INMET [1], é preciso que se recorra ao relevante trabalho desenvolvido em [7]. A Figura 4.2.1 apresenta a dispersão pouco densa da rede do DEPV, mas que é atualmente a única fonte para se processar um modelo de transferência espacial para os coeficientes de variação aqui objetivados. Complementando, a Tabela 4.2.1 apresenta os coeficientes de variação⁴ da DRA e dos FCA_{60Hz} e FCA_{man} .

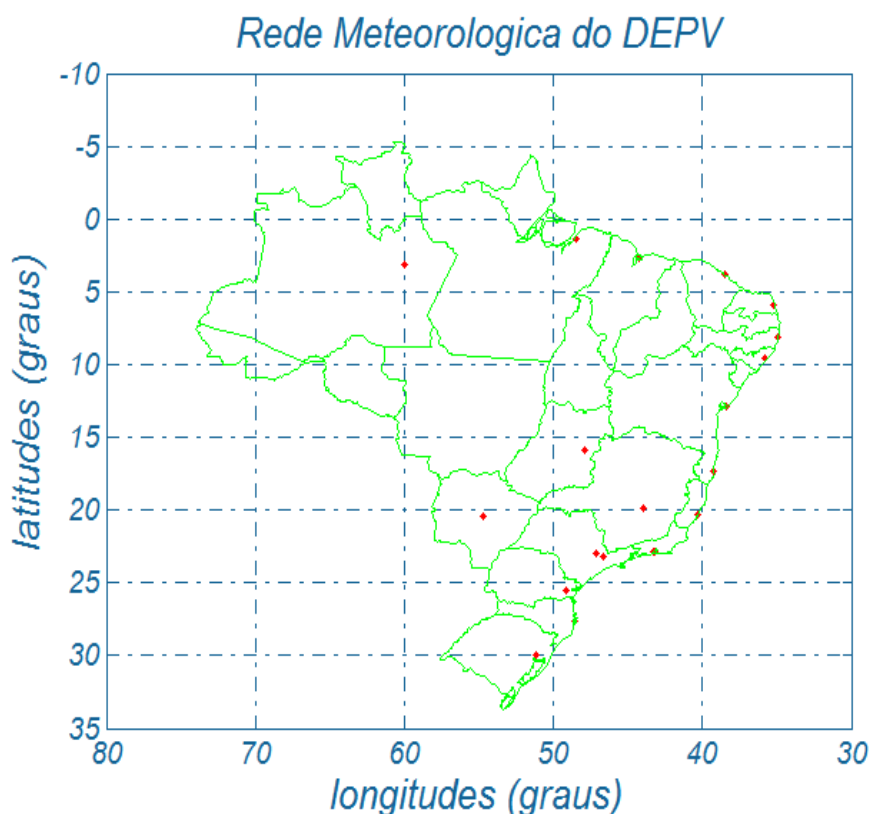


Figura 4.2.1 - Rede do DEPV, com as 20 estações usadas na modelagem de [7]

⁴ coeficiente de variação = CV% = 100 (σ/μ)

Tabela 4.2.1 - Características geográficas das estações do DEPV e respectivos valores percentuais dos coeficientes de variação da DRA e dos FCAs

sigla	latitude (°)	altitude (m)	$CV_{DRA}(\%)$	$CV_{60Hz}(\%)$	$CV_{man}(\%)$
BE	1.38	16	1.00	0.68	0.53
BH	19.85	787	1.70	2.70	1.89
BR	15.87	1060	1.50	3.66	2.88
CG	20.47	558	1.70	3.08	2.15
CT	25.52	909	1.90	2.90	1.99
CV	17.28	3	1.30	1.08	0.76
FL	27.67	7	1.90	1.85	1.20
FZ	3.78	24	0.80	0.98	0.75
GL	22.83	9	1.60	1.34	0.92
KP	23.00	661	1.80	3.06	2.17
MN	3.15	83	1.00	0.75	0.59
MO	9.51	116	1.10	1.04	0.78
NT	5.92	49	1.00	0.92	0.69
PA	30.00	20	2.40	1.95	1.27
RF	8.13	10	0.80	0.81	0.59
RJ	22.92	5	1.40	1.42	0.98
SL	2.72	53	0.90	0.71	0.57
SP	23.17	805	1.60	2.70	1.89
SV	12.90	6	1.00	0.97	0.69
VT	20.30	60	1.50	1.20	0.83

Com as informações acima, as seguintes equações de correlação linear múltipla podem ser inferidas objetivando a transferência espacial dos coeficientes de variação citados ou, respectivamente:

$$\begin{aligned}
 CV_{DRA} &= 0.7160 + 41.32 \text{ latitude}/1000 + 0.3268 \text{ altitude}/1000 \\
 CV_{FCA60Hz} &= 0.6050 + 39.28 \text{ latitude}/1000 + 1.5640 \text{ altitude}/1000 \\
 CV_{FCAman} &= 0.7790 + 15.61 \text{ latitude}/1000 + 0.8388 \text{ altitude}/1000
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 CV_{DRA} &\text{ coeficiente de variação da distribuição da DRA (\%)} \\
 CV_{FCA60Hz} &\text{ coeficiente de variação dos valores de FCAs para } 60 \text{ Hz}^5 (\%) \\
 CV_{FCAman} &\text{ coeficiente de variação dos FCAs para surtos de manobra}^6 (\%)
 \end{aligned}$$

⁵ Essa mesma equação será mantida para tensões CC. Tais CVs são suficientemente baixos para garantir a validade dessa analogia, acrescido à semelhança entre as modelagens matemáticas das tensões em 60 Hz e contínua. Veja também o item 5.2.

⁶ Essa mesma equação será mantida para os surtos atmosféricos, pelos mesmos motivos acima.

5 Representação gráfica e mapeamento das variáveis

As variáveis ambientais aqui abordadas correlacionam-se bem com a latitude e a altitude e serão, portanto, representadas pelas equações de regressão:

$$\text{variável} = a_0 + a_1 \text{ latitude} + a_2 \text{ altitude},$$

onde a latitude é dada em graus e altitude em km.

A Tabela 5.1 indica os coeficientes definidos por correlação linear múltipla e os valores dos respectivos erros médios quadráticos (emq) atestam a qualidade da aderência entre valores reais e modelados.

Tabela 5.1 - Coeficientes das equações de regressão linear múltipla

variável	coeficiente a_0	coeficiente a_1	coeficiente a_2	emq
temp média	2.817E+01	-2.480E-01	-3.813E+00	1.335E+00
temp min anual	2.393E+01	-2.411E-01	-4.692E+00	1.176E+00
temp min inverno	2.319E+01	-3.824E-01	-5.217E+00	1.504E+00
temp min abs	1.959E+01	-6.624E-01	-6.417E+00	3.268E+00
temp max anual	3.361E+01	-2.386E-01	-2.936E+00	1.875E+00
temp max verão	3.495E+01	-1.423E-01	-3.660E+00	1.861E+00
temp max abs	4.090E+01	-3.000E-02	-2.028E+00	2.050E+00
pressão	1.013E+03	1.404E-01	-1.250E+02	1.761E+01
umidade absoluta	2.046E+01	-1.934E-01	-4.523E+00	1.266E+00
umidade relativa	7.533E+01	1.372E-01	-5.806E+00	7.085E+00
DRA 50 %	9.704E-01	9.057E-04	-9.624E-02	6.253E-03
DRA 90 %	9.613E-01	3.838E-04	-9.817E-02	6.146E-03
fca60-50 %	1.063E+00	-9.426E-04	-1.109E-01	1.070E-02
fca60-99 %	1.046E+00	-1.830E-03	-1.414E-01	1.059E-02
fca man 50%	1.040E+00	-6.011E-04	-9.100E-02	8.015E-03
fca man 90 %	1.029E+00	-7.923E-04	-9.979E-02	7.865E-03
fca atm 50 %	1.068E+00	-1.123E-03	-1.309E-01	1.387E-02
fca atm 90 %	1.057E+00	-1.305E-03	-1.392E-01	1.376E-02
fca CC 50 %	1.188E+01	1.118E-02	-2.626E+00	3.736E+00
fca CC 90 %	2.817E+01	-2.480E-01	-3.813E+00	1.335E+00
tempo - ruim (RI)	2.393E+01	-2.411E-01	-4.692E+00	1.176E+00

5.1 Densidades relativas do ar e “nível de tempo - ruim”

Textualmente, os editais de Linhas de Transmissão da ANEEL exigem que (sic):

(a) Corona visual

A linha de transmissão, com seus cabos e acessórios, bem como as ferragens das cadeias de isoladores, não deve apresentar corona visual em 90% do tempo para as condições atmosféricas predominantes na região atravessada pela linha de transmissão aérea.

O $DRA_{90\%}$ corresponde a um maior rigor na aplicação do DRA, particularmente quando da sua utilização nas avaliações do efeito corona e suas manifestações em LTs, através da relação:

$$DRA_{90\%} = DRA_{\text{médio}} - 1,28 \sigma_{DRA}$$

onde o valor de σ_{DRA} já foi discutido e modelado tal como descrito em 4.2.

Ainda diretamente vinculado ao efeito Corona e suas manifestações, o Anexo 6 apresenta uma quantificação para o percentual de “tempo - ruim”, a ser aplicado na determinação dos níveis de rádio interferência ao longo de “todo o tempo”, tal como requer a metodologia de [8, Red Book]. Os resultados fundamentam-se na precipitação pluviométrica anual registrada nas estações do INMET e que serve de medição para variabilidade espacial do tempo ruim sobre o território brasileiro. Para a inferência do % de tempo ruim, foi adotada uma média anual de 1,5 mm/h quando da precipitação pluviométrica média anual registrada nas estações do INMET. Tal consideração de 1.5 mm/h é certamente subjetiva, mas é mais realista do que se adotarem os padrões climáticos constantes de [8] como típicos do Brasil.

5.2 Fatores de Correção Atmosféricos

Os fatores de correção atmosféricos são definidos através de uma relação entre os fatores de correção da densidade relativa do ar (k_1) e da umidade absoluta (k_2), como segue e detalhadamente descrito em [7].

$$FCA = k_1 \cdot k_2$$

$$k_1 = \delta^m$$

- fator de correção para a densidade relativa do ar, veja Figura 1.2 do Anexo 1

$$k_2 = k^w$$

- fator de correção para a umidade absoluta do ar, veja Figura 1.3 do Anexo 1

Para o caso de 60 Hz recomenda-se a utilização do valor referido a 99% pois as tensões dessa natureza devem ser suportadas em quaisquer condições atmosféricas, de forma que a qualidade de suprimento energético seja assegurada.

Para sobretensões de manobra ou atmosféricas, que correspondem a solicitações de ocorrência mais infreqüente, o valor médio do FCA ($FCA_{man}^{médio}$ - manobra, ou $FCA_{atm}^{médio}$ - atmosférico) pode ser adotado, mas recomenda-se o valor de 90% que é mais conservador, pois que há erros de avaliação que decorrem da variabilidade espacial dessa variável, além das simplificações descritas no Anexo 1, que se enquadram bem para o caso de LTs e não a objetos d dimensões reduzidas.

As formulações para os FCAs acima valem para distâncias em ar de 1 a 5 m, com dispersão em torno da média de 1,3% para 60 Hz e 1,7% para impulsos. Para os casos de distâncias superiores a 5 m, os valores de FCA tendem para o valor de 1,0, indicando que para gapes mais longos, o FCA não mais depende das condições atmosféricas. Como os casos mais severos são aqueles em que o $FCA < 1,0$, nenhuma correção será aqui recomendada, pois os resultados encontram-se a favor da segurança.

5.3 Umidades absolutas

A umidade absoluta, que é relevante para as determinações dos FCAs, pode ser modelada através da equação que segue:

5.3.1 Cálculo dos pontos de orvalho e de gelo

Inicialmente, são determinados os pontos de orvalho e de gelo, para as temperaturas ambientes em questão (bulbo seco):

$$T_d = \frac{237.3 \left[\frac{\ln(RH/100)}{17.270} + \frac{T}{237.3 + T} \right]}{1 - \left[\frac{\ln(RH/100)}{17.270} + \frac{T}{237.3 + T} \right]}$$

$$T_i = \frac{265.5 \left[\frac{\ln(RH/100)}{21.875} + \frac{T}{265.5 + T} \right]}{1 - \left[\frac{\ln(RH/100)}{21.875} + \frac{T}{265.5 + T} \right]}$$

RH é a umidade relativa (%),
 T_d e T_i são os pontos de orvalho e de gelo (°K), respectivamente,
 T temperatura de bulbo seco do ambiente (°K).

5.3.2 Cálculo das pressões de vapor

As pressões de vapor saturado correspondentes aos pontos de orvalho (e_d) e de gelo (e_i) são dadas pelas fórmulas seguintes:

$$e_d = 0.6108 \exp \left[\frac{17.27 T_d}{T_d + 237.3} \right] \quad e_i = 0.6108 \exp \left[\frac{21.875 T_i}{T_i + 265.5} \right]$$

5.3.3 Cálculo das umidades absolutas

E finalmente, as umidades absolutas em g/m^3 (u_{abs}) ou são calculadas como segue, onde e assume os valores de e_d ou de e_i :

$$u_{\text{abs}} = \frac{2165 e}{T + 273.16}$$

6 Conclusões e recomendações

Os mapas constantes deste relatório oferecem ao projetista de LTs recursos ora disponíveis para uma escolha paramétrica tecnicamente justificável no que se refere aos elementos climáticos aqui avaliados estatisticamente. De uma forma geral, os parâmetros recomendados são conservadores e visam garantir um desempenho superior ao mínimo exigido. Com uma importância de destaque, encontra-se a densidade relativa do ar, caracterizada pelo seu valor médio e $\text{DRA}_{90\%}$, que é o valor excedido 90% do tempo, garantindo o que é exigido nos editais da ANEEL. Somente com os mapeamentos exclusivos das médias e dos desvios da DRA, não se torna imediata a identificação do local onde as condições do DRA são as mais adversas, pois a média mínima não coincide, necessariamente, com o máximo desvio padrão da DRA. Assim sendo, para facilidade de interpretação e escolha, foram traçadas as isolinhas do Anexo 6 que apresenta os valores de $\text{DRA}_{\text{médio}}$ e de $\text{DRA}_{90\%}$, através da relação $\text{DRA}_{90\%} = \text{DRA}_{\text{médio}} - 1,28$ desvios-padrão. Os mesmos conceitos se aplicam aos fatores de correção atmosféricos aqui sugeridos ($\text{FCA}_{60\text{Hz}}^{99\%}$, $\text{FCA}_{\text{man}}^{90\%}$ e $\text{FCA}_{\text{atm}}^{90\%}$), muito embora a sua utilização ainda não esteja regulamentada e nem mesmo exigida, embora correspondam à prática segura de escolha paramétrica.

Vale ainda sublinhar que FCAs acima de 1.00 pu são típicos de regiões com elevada umidade absoluta, tal como é o caso da região amazônica e do planalto no centro-oeste. No entanto, com a descontrolada continuidade de queimadas e desmatamentos, que vêm ocorrendo há décadas, a tendência é de que os valores de FCA venham se reduzindo com o tempo. O alerta serve para que valores de FCA acima de 1.00 pu sejam usados com certa reserva, a critério do projetista. Os valores indicados na Tabela 6.1 já seguem esse viés no sentido da segurança.

A Tabela seguinte apresenta um resumo das leituras nas Figuras dos Anexos 3 a 7:
Tabela 6.1 - Resumo das recomendações numéricas para os elementos climáticos objeto deste estudo.

<i>Parâmetros climáticos</i>	<i>Estreito Fernão Dias</i>
<i>altitude média - (m)</i>	900
<i>temp média anual - ($^{\circ}$C)</i>	19
<i>temp mín média anual - ($^{\circ}$C)</i>	14
<i>temp mín média inverno - ($^{\circ}$C)</i>	10
<i>temp mínima absoluta - ($^{\circ}$C)</i>	-3
<i>temp máx média anual - ($^{\circ}$C)</i>	26
<i>temp máx média verão - ($^{\circ}$C)</i>	29
<i>temp máxima absoluta - ($^{\circ}$C)</i>	39
<i>pressão atmosférica - (mbar)</i>	910
<i>DRA 50% / 90% - (pu)</i>	0.90/0.88
<i>FCA_{60 Hz} 50% / 99% - (pu)</i>	0.93/0.86
<i>FCA_{manobra} 50% / 90% - (pu)</i>	0.94/0.92
<i>FCA_{atmosférico} 50% / 90% - (pu)</i>	0.92/0.89
<i>umidade relativa (U_{rel}) - (%)</i>	73
<i>umidade absoluta (U_{abs}) - (g/m³)</i>	12
<i>tempo ruim, para RI - (%)</i>	10

7 Comentários finais

As recomendações relativas à quantificação de elementos climáticos constantes deste relatório seguem as orientações e cálculos apresentados basicamente pelas referências [2, 3, 4, 6, 7 e 8], enquanto que as bases de dados provêm de [1, 2 e 7].

Vale sempre lembrar que [2 e 7] contêm sínteses metodológicas pioneiras que permitiram uma avaliação estatística mais aprofundada quanto a determinados

fenômenos, notadamente no que se refere aos percentis da densidade relativa do ar e dos variados fatores de correção atmosféricos aqui considerados, através de modelos objetivando a determinação dos seus respectivos desvios-padrão. Além disso, há que se dar a devida ênfase ao que [3] declara a respeito dos FCAs sempre que o fator U_{abs} / DRA excede 15 g/m^3 (sic):

Para valores de U_{abs} / DRA acima de 15 g/m^3 , o valor do parâmetro k pode chegar a (- 15%), veja também a Figura 1.1

Tal observação tem influência expressiva sobre os resultados de cálculo, na medida em que valores acima de 15 g/m^3 são frequentemente encontrados no Brasil⁷.

8 Referências

- 1 INMET – Instituto Nacional de Meteorologia – “Normais climatológicas” (1961-1990).
- 2 Andrade, V. H. G et ali – Dados meteorológicos e parâmetros correlatos que influenciam os isolamentos em ar – Estatística de valores, VII SNPTEE.
- 3 IEC 60-1 - High Voltage Test Techniques - Part 1: General definitions and test requirements, 2010.
- 4 Menezes Jr A. A., Silva Filho J. I. - Transferência espacial de informações meteorológicas - Modelos matemáticos. Relatório Técnico CEPEL/1983
- 5 IEC 60826 - Overhead Transmission Line Design Criteria
- 6 NBR 5422 - Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica, Procedimentos, 1985.
- 7 Azevedo, R. M., Silva Filho, J. I. Andrade, V. H. G., - Fatores de correção atmosféricos aplicados ao dimensionamento de isolamentos em ar - Nova metodologia de cálculo, XVII SNPTEE, 2003
- 8 Transmission Line Reference Book, 345 kV and Above, Electric Power Research Institute, Palo Alto

⁷ veja os valores típicos em [2 e 8].

Anexo 1 Dados para determinação espacial da DRA e dos FCAs

Este Anexo objetiva apresentar parte dos resultados constantes de [7], que constituem a base das recomendações constantes deste relatório. As Tabelas 1.1, 1.2 e 1.3 ilustram os valores básicos para as correlações dos valores de DRAs (ou \square) e FCAs.

Tabela 1.1 - Resultados do processamento e dados provenientes do DEPV

estação	longitude (graus)	latitude (graus)	altitude (m)	h (g/m ³)		\square (pu)		h/ \square (g/m ³)	
				média	desvio	média	desvio	média	desvio
BE - Belém	48,48	1,38	16	21,10	1,37	0,976	0,010	21,628	1,515
BH - B. Horiz.	43,95	19,85	787	13,64	2,66	0,913	0,017	14,985	3,061
BR - Brasília	47,92	15,87	1060	12,92	2,78	0,883	0,015	14,646	3,227
CG - C. Grande	54,67	20,47	558	15,72	3,59	0,927	0,017	17,008	4,054
CT - Curitiba	49,18	25,52	909	11,92	2,93	0,913	0,019	13,107	3,399
CV - Caravelas	39,25	17,28	3	18,43	2,22	0,987	0,013	18,688	2,410
FL - Florian.	48,55	27,67	7	15,00	3,58	1,001	0,019	15,051	3,817
FZ - Fortaleza	38,53	3,78	24	19,77	1,47	0,975	0,008	20,292	1,520
GL - Galeão	43,25	22,83	9	17,36	2,73	0,990	0,016	17,567	2,965
KP - Campinas	47,13	23,00	661	13,15	2,91	0,926	0,018	14,246	3,284
MN - Manaus	59,98	3,15	83	21,22	1,26	0,968	0,010	21,938	1,381
MO - Maceió	35,78	9,51	116	18,45	1,63	0,973	0,011	18,969	1,764
NT - Natal	35,25	5,92	49	19,02	1,52	0,975	0,010	19,521	1,637
PA - P. Alegre	11,18	30,00	20	13,38	3,65	1,004	0,024	13,412	3,893
RF - Recife	34,92	8,13	10	19,39	1,48	0,980	0,008	19,793	1,584
RJ - S. Dumont	43,15	22,92	5	16,94	2,67	0,991	0,014	17,118	2,865
SL - São Luiz	44,25	2,72	53	20,94	1,10	0,971	0,009	21,578	1,171
SP - São Paulo	46,65	23,17	805	12,87	2,62	0,918	0,016	14,058	3,005
SV - Salvador	38,35	12,90	6	19,12	1,95	0,983	0,010	19,474	2,110
VT - Vitória	40,30	20,30	60	17,92	2,59	0,991	0,015	18,123	2,823

Tabela 1.2 - Média \bar{x} e coeficiente de variação cv da série horária do FCA_{60Hz} , em 10 anos, função do comprimento do gape (d)

local	$d = 1 m$		$d = 3 m$		$d = 5 m$	
	\bar{x} (pu)	cv (%)	\bar{x} (pu)	cv (%)	\bar{x} (pu)	cv (%)
BE	1,091	0,96	1,062	0,68	1,041	0,45
BH	0,956	2,74	0,960	2,70	0,973	1,83
BR	0,922	3,37	0,925	3,66	0,947	2,77
CG	0,993	3,66	0,992	3,08	0,994	2,08
CT	0,936	2,69	0,939	2,90	0,959	2,03
CV	1,074	1,60	1,050	1,08	1,033	0,72
FL	1,047	2,72	1,033	1,85	1,022	1,24
FZ	1,079	1,43	1,053	0,98	1,035	0,65
GL	1,066	2,01	1,045	1,34	1,030	0,89
KP	0,961	3,13	0,965	3,06	0,976	2,10
MN	1,087	1,07	1,059	0,75	1,039	0,50
MO	1,065	1,59	1,044	1,04	1,029	0,69
NT	1,072	1,37	1,049	0,92	1,032	0,61
PA	1,031	2,79	1,022	1,95	1,015	1,31
RF	1,079	1,15	1,053	0,81	1,035	0,53
RJ	1,062	2,13	1,042	1,42	1,028	0,94
SL	1,087	0,99	1,059	0,71	1,039	0,47
SP	0,951	2,65	0,956	2,70	0,970	1,86
SV	1,078	1,42	1,053	0,97	1,035	0,65
VT	1,072	1,79	1,049	1,20	1,032	0,80

Tabela 1.3 - Média e coeficiente de variação da série horária do FCA_{man} , em 10 anos, função do comprimento do gape (d)

local	$d = 1 m$		$d = 3 m$		$d = 5 m$	
	\bar{x} (pu)	cv (%)	\bar{x} (pu)	cv (%)	\bar{x} (pu)	cv (%)
BE	1,075	1,51	1,041	0,53	1,025	0,32
BH	0,936	1,75	0,962	1,89	0,976	1,18
BR	0,902	1,99	0,932	2,88	0,957	1,82
CG	0,968	2,54	0,987	2,15	0,992	1,34
CT	0,925	1,46	0,948	1,99	0,967	1,25
CV	1,056	1,74	1,034	0,76	1,021	0,47
FL	1,036	2,07	1,023	1,2	1,014	0,74
FZ	1,058	1,85	1,035	0,75	1,021	0,46
GL	1,049	1,93	1,030	0,92	1,018	0,56
KP	0,946	2,01	0,967	2,17	0,979	1,36
MN	1,067	1,61	1,039	0,59	1,023	0,36
MO	1,041	1,65	1,028	0,78	1,017	0,48
NT	1,049	1,58	1,032	0,69	1,019	0,42
PA	1,025	1,92	1,015	1,27	1,009	0,78
RF	1,059	1,48	1,035	0,59	1,021	0,36
RJ	1,045	1,95	1,028	0,98	1,017	0,6
SL	1,067	1,57	1,039	0,57	1,023	0,34
SP	0,936	1,57	0,960	1,89	0,975	1,18
SV	1,059	1,66	1,035	0,69	1,021	0,42
VT	1,055	1,83	1,033	0,83	1,020	0,51

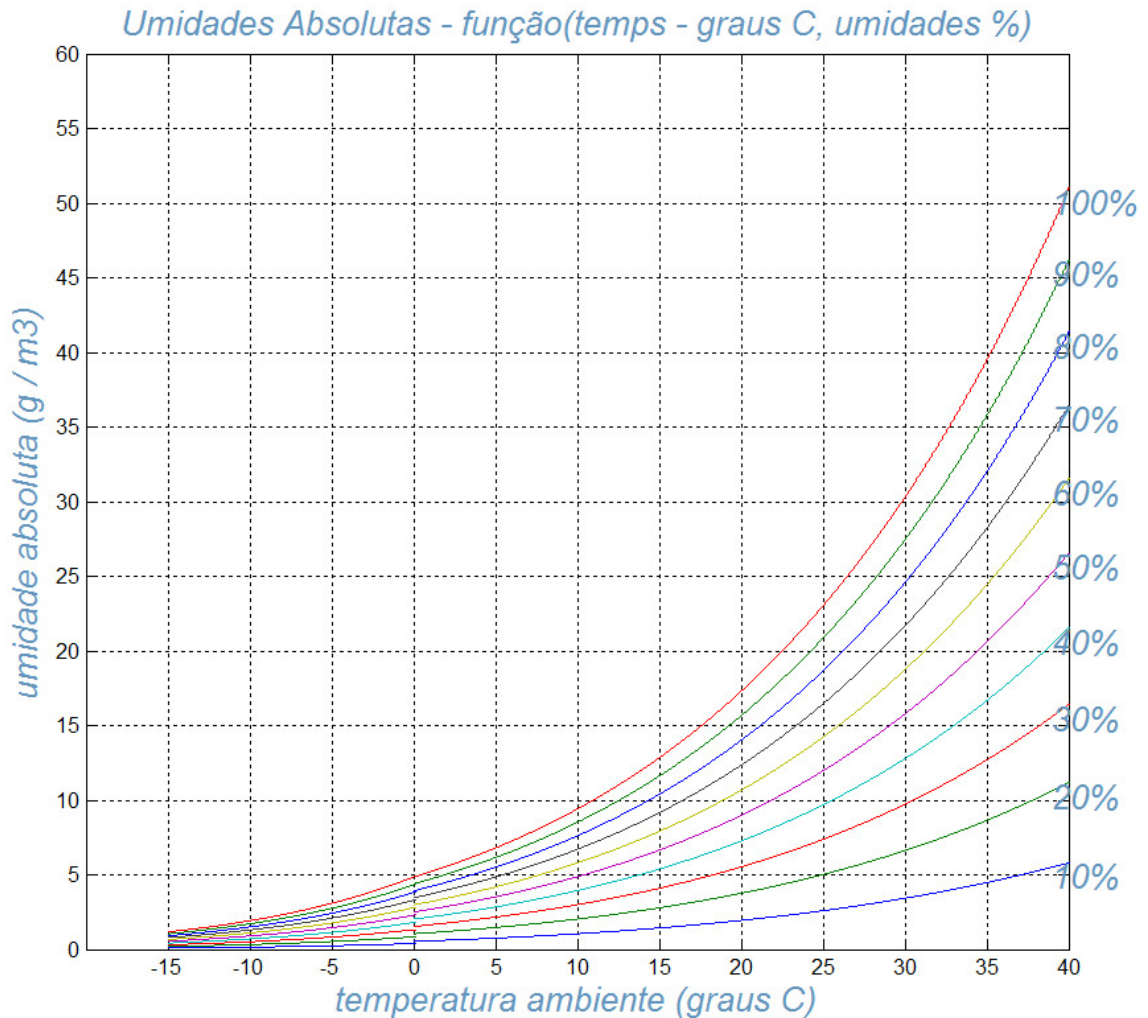


Figura 1.1 - Umidade absoluta do ar em função das leituras dos termômetros de bulbo seco e úmido

Uma vez de posse das condições climáticas na região de interesse, ou seja, das temperaturas de bulbo seco e úmido, da pressão atmosférica e da umidade relativa, determinam-se a umidade absoluta respectiva (U_{abs} ou h) e a densidade relativa do ar (DRA ou Δ). Da relação entre essas 2 variáveis (h e Δ) o coeficiente k é definido pela Figura 1.2, como segue.

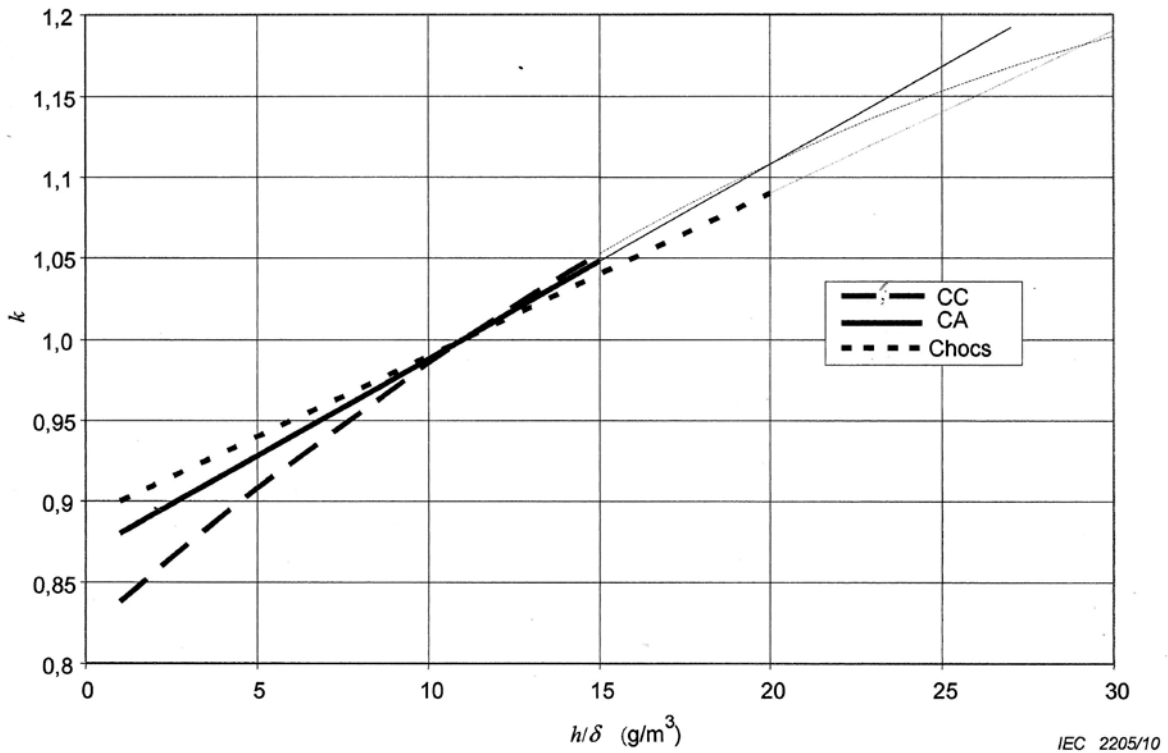


Figura 1.2 - Determinação do fator k em função de $h / \square \text{g} / \text{m}^3$) e do tipo de tensão (60 Hz, impulso ou CC)

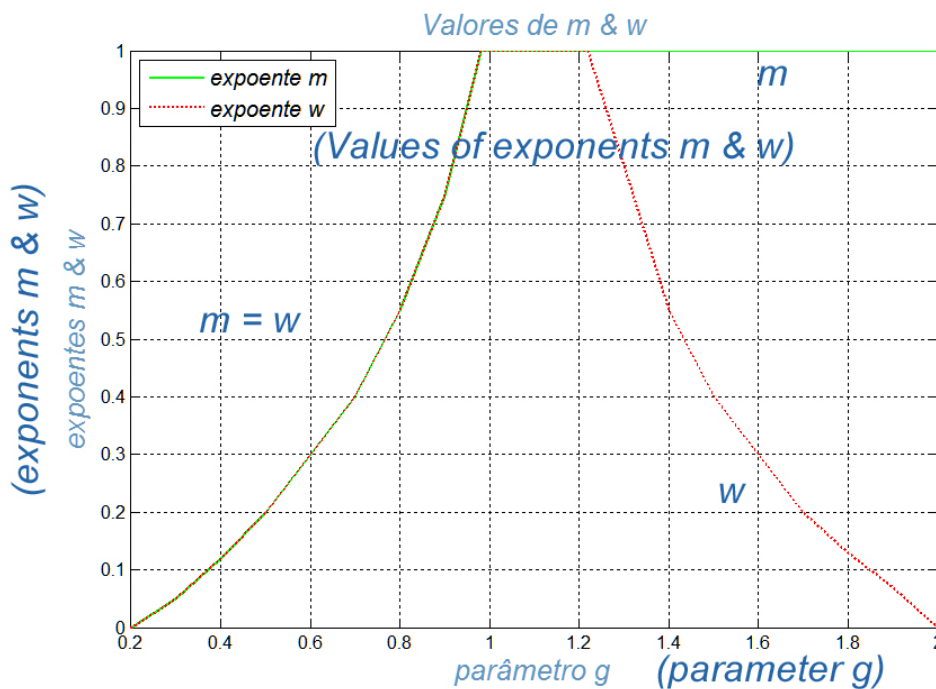


Figura 1.3 - Valores dos expoentes m para a DRA e w para a correção da umidade absoluta do ar, em função do parâmetro g

O parâmetro g que determina os expoentes m e w é determinado pela relação

$$g = \frac{U_{50}}{500 d \delta k}$$

d - distância do isolamento (ou gape em ar), em metros.

\square densidade relativa do ar (pu), ou DRA

k - coeficiente obtido da Figura 1.2, acima

U_{50} - valor de crista da tensão disruptiva com 50% de probabilidade de não ser excedido nas reais condições atmosféricas de trabalho, em kV, dado pelas expressões seguintes:

- tensões de frequência industrial

$$U_{50} = 750\sqrt{2} * \ln(1 + 0,55d^{1,2})$$

- sobretensões de frente lenta ou de manobra

$$U_{50} = 500 * d^{0,6} * K_g$$

$$K_g \text{ (fator de gape)} = 1,3^8$$

- sobretensões de frente rápida ou atmosféricas, polaridade positiva:

$$U_{50} = 530 * d$$

Os dados indicados nas Tabelas 1.1 a 1.3 foram determinados com base nas Figuras 1.1 a 1.3 e a metodologia adotada encontra-se detalhadamente descrita em [7 e 8]. Cabe aqui ressaltar que [1, 2, 3, 4 e 8] desempenharam um papel fundamental no equacionamento da DRA e dos FCAs para aplicação sistemática ao longo de linhas de transmissão, haja vista que as normas IEC que cuidam do assunto [3 e 6] foram originalmente desenvolvidas para aplicação em laboratórios de alta tensão.

Os trabalhos citados introduziram simplificações cabíveis que tornaram possível estender os conceitos normativos com fins laboratoriais para aplicações em linhas de transmissão, quando uma visão mais espacial sempre se faz necessária. Ainda com relação aos valores constantes das Tabelas 1.1 a 1.3, algumas considerações de simplificação tornam-se cabíveis, quando se leva em conta que a aplicação primordial, neste estudo, concentra-se em linhas de transmissão aéreas.

Inicialmente, observe-se que a dispersão dos valores dos FCAs em função do comprimento do gape, de 1 a 5 m é pequena, senão desprezível. Verifique nas Tabelas 1.4 a 1.7 a seguir:

⁸ detalhes em [6 e 8]

Tabela 1.4 - Valores médios de $FCA_{60\text{Hz}}^{\text{médio}}$
para $d = 1, 3$ e 5 m e os erros referidos a 3 m

cidade	longitude (graus)	latitude (graus)	altitude (m)	$FCA_{60\text{Hz}}^{\text{médio}}$ 1 m	$FCA_{60\text{Hz}}^{\text{médio}}$ 3 m	$FCA_{60\text{Hz}}^{\text{médio}}$ 5 m	$FCA_{60\text{Hz}}^{\text{médio}}$ médio	erro (%)
BE	48,48	1,38	16	1,091	1,062	1,041	1,065	2,35
BH	43,95	19,85	787	0,956	0,960	0,973	0,963	0,88
BR	47,92	15,87	1060	0,922	0,925	0,947	0,931	1,34
CG	54,67	20,47	558	0,993	0,992	0,994	0,993	0,05
CT	49,18	25,52	909	0,936	0,939	0,959	0,945	1,22
CV	39,25	17,28	3	1,074	1,050	1,033	1,052	1,95
FL	48,55	27,67	7	1,047	1,033	1,022	1,034	1,21
FZ	38,53	3,78	24	1,079	1,053	1,035	1,056	2,08
GL	43,25	22,83	9	1,066	1,045	1,030	1,047	1,72
KP	47,13	23,00	661	0,961	0,965	0,976	0,967	0,78
MN	59,98	3,15	83	1,087	1,059	1,039	1,062	2,26
MO	35,78	9,51	116	1,065	1,044	1,029	1,046	1,72
NT	35,25	5,92	49	1,072	1,049	1,032	1,051	1,90
PA	11,18	30,00	20	1,031	1,022	1,015	1,023	0,78
RF	34,92	8,13	10	1,079	1,053	1,035	1,056	2,08
RJ	43,15	22,92	5	1,062	1,042	1,028	1,044	1,63
SL	44,25	2,72	53	1,087	1,059	1,039	1,062	2,26
SP	46,65	23,17	805	0,951	0,956	0,970	0,959	0,99
SV	38,35	12,90	6	1,078	1,053	1,035	1,055	2,04
VT	40,30	20,30	60	1,072	1,049	1,032	1,051	1,90

Tabela 1.5 - Valores médios de $FCA_{60\text{Hz}}^{99\%}$
para $d = 1, 3$ e 5 m e os erros referidos a 3 m

cidade	longitude (graus)	latitude (graus)	altitude (m)	$FCA_{60\text{Hz}}^{99\%}$ (1 m)	$FCA_{60\text{Hz}}^{99\%}$ (3 m)	$FCA_{60\text{Hz}}^{99\%}$ (5 m)	$FCA_{60\text{Hz}}^{99\%}$ médio	erro (%)
BE	48,48	1,38	16	1,067	1,045	1,030	1,05	1,74
BH	43,95	19,85	787	0,895	0,900	0,932	0,91	2,01
BR	47,92	15,87	1060	0,850	0,846	0,886	0,86	2,11
CG	54,67	20,47	558	0,908	0,921	0,946	0,92	2,03
CT	49,18	25,52	909	0,877	0,876	0,914	0,89	2,04
CV	39,25	17,28	3	1,034	1,024	1,016	1,02	0,89
FL	48,55	27,67	7	0,981	0,988	0,992	0,99	0,60
FZ	38,53	3,78	24	1,043	1,029	1,019	1,03	1,15
GL	43,25	22,83	9	1,016	1,012	1,009	1,01	0,37
KP	47,13	23,00	661	0,891	0,896	0,928	0,91	2,06
MN	59,98	3,15	83	1,060	1,040	1,027	1,04	1,58
MO	35,78	9,51	116	1,026	1,019	1,012	1,02	0,64
NT	35,25	5,92	49	1,038	1,027	1,017	1,03	1,00
PA	11,18	30,00	20	0,964	0,976	0,984	0,97	1,03
RF	34,92	8,13	10	1,050	1,033	1,022	1,04	1,35
RJ	43,15	22,92	5	1,009	1,008	1,005	1,01	0,19
SL	44,25	2,72	53	1,062	1,041	1,028	1,04	1,64
SP	46,65	23,17	805	0,892	0,896	0,928	0,91	1,97
SV	38,35	12,90	6	1,042	1,029	1,019	1,03	1,12
VT	40,30	20,30	60	1,027	1,020	1,013	1,02	0,71

Tabela 1.6 - Valores médios de $FCA_{imp}^{médio}$
para $d = 1, 3$ e 5 m e os erros referidos a 3 m

cidade	longitude (graus)	latitude (graus)	altitude (m)	$FCA_{imp}^{médio}$ (1 m)	$FCA_{imp}^{médio}$ (3 m)	$FCA_{imp}^{médio}$ (5 m)	$FCA_{imp}^{médio}$ médio	erro (%)
BE	48,48	1,38	16	1,075	1,041	1,025	1,047	2,39
BH	43,95	19,85	787	0,936	0,962	0,976	0,958	2,09
BR	47,92	15,87	1060	0,902	0,932	0,957	0,930	2,96
CG	54,67	20,47	558	0,968	0,987	0,992	0,982	1,22
CT	49,18	25,52	909	0,925	0,948	0,967	0,947	2,22
CV	39,25	17,28	3	1,056	1,034	1,021	1,037	1,69
FL	48,55	27,67	7	1,036	1,023	1,014	1,024	1,07
FZ	38,53	3,78	24	1,058	1,035	1,021	1,038	1,78
GL	43,25	22,83	9	1,049	1,030	1,018	1,032	1,50
KP	47,13	23,00	661	0,946	0,967	0,979	0,964	1,71
MN	59,98	3,15	83	1,067	1,039	1,023	1,043	2,11
MO	35,78	9,51	116	1,041	1,028	1,017	1,029	1,17
NT	35,25	5,92	49	1,049	1,032	1,019	1,033	1,45
PA	11,18	30,00	20	1,025	1,015	1,009	1,016	0,79
RF	34,92	8,13	10	1,059	1,035	1,021	1,038	1,83
RJ	43,15	22,92	5	1,045	1,028	1,017	1,030	1,36
SL	44,25	2,72	53	1,067	1,039	1,023	1,043	2,11
SP	46,65	23,17	805	0,936	0,960	0,975	0,957	2,04
SV	38,35	12,90	6	1,059	1,035	1,021	1,038	1,83
VT	40,30	20,30	60	1,055	1,033	1,020	1,036	1,69

Tabela 1.7 - Valores médios de $FCA_{imp}^{90\%}$
para $d = 1, 3$ e 5 m e os erros referidos a 3 m

cidade	longitu de (graus)	latitud e (graus)	altitud e (m)	$FCA_{imp}^{90\%}$ (1 m)	$FCA_{imp}^{90\%}$ (3 m)	$FCA_{imp}^{90\%}$ (5 m)	$FCA_{imp}^{90\%}$ mé dio	erro (%)
BE	48,48	1,38	16	1,0542	1,0339	1,0228	1,0370	1,5 1
BH	43,95	19,85	787	0,9150	0,9387	0,9475	0,9337	1,7 4
BR	47,92	15,87	1060	0,8790	0,8976	0,8899	0,8889	0,6 1
CG	54,67	20,47	558	0,9365	0,9598	0,9551	0,9505	0,9 8
CT	49,18	25,52	909	0,9077	0,9239	0,9352	0,9222	1,4 9
CV	39,25	17,28	3	1,0325	1,0239	1,0164	1,0243	0,7 8
FL	48,55	27,67	7	1,0086	1,0073	1,0026	1,0062	0,2 9
FZ	38,53	3,78	24	1,0329	1,0251	1,0166	1,0249	0,8 0
GL	43,25	22,83	9	1,0231	1,0179	1,0114	1,0175	0,5 7
KP	47,13	23,00	661	0,9217	0,9401	0,9412	0,9343	1,0 5
MN	59,98	3,15	83	1,0450	1,0312	1,0203	1,0321	1,2 0
MO	35,78	9,51	116	1,0190	1,0177	1,0122	1,0163	0,3 3
NT	35,25	5,92	49	1,0278	1,0229	1,0153	1,0220	0,6 1
PA	11,18	30,00	20	0,9998	0,9985	0,9963	0,9982	0,1 7
RF	34,92	8,13	10	1,0389	1,0272	1,0183	1,0281	1,0 0
RJ	43,15	22,92	5	1,0189	1,0151	1,0095	1,0145	0,4 7
SL	44,25	2,72	53	1,0456	1,0314	1,0205	1,0325	1,2 1

SP	46,65	23,17	805	0,9172	0,9368	0,9465	0,9335	1,5 7
SV	38,35	12,90	6	1,0365	1,0259	1,0173	1,0265	0,9 4
VT	40,30	20,30	60	1,0303	1,0220	1,0146	1,0223	0,7 7

Em conseqüência, é possível que se faça uso dos valores de FCA no entorno de 3 m, com erros médios de 1,56%, 1,31% e 1,75% respectivamente para $FCA_{60Hz}^{médio}$, $FCA_{60Hz}^{99\%}$ e $FCA_{imp}^{médio}$, e aplicáveis na faixa de 1 a 5 m de comprimento de gaps em ar sem comprometimento da precisão.

Anexo 2 Características das estações do INMET

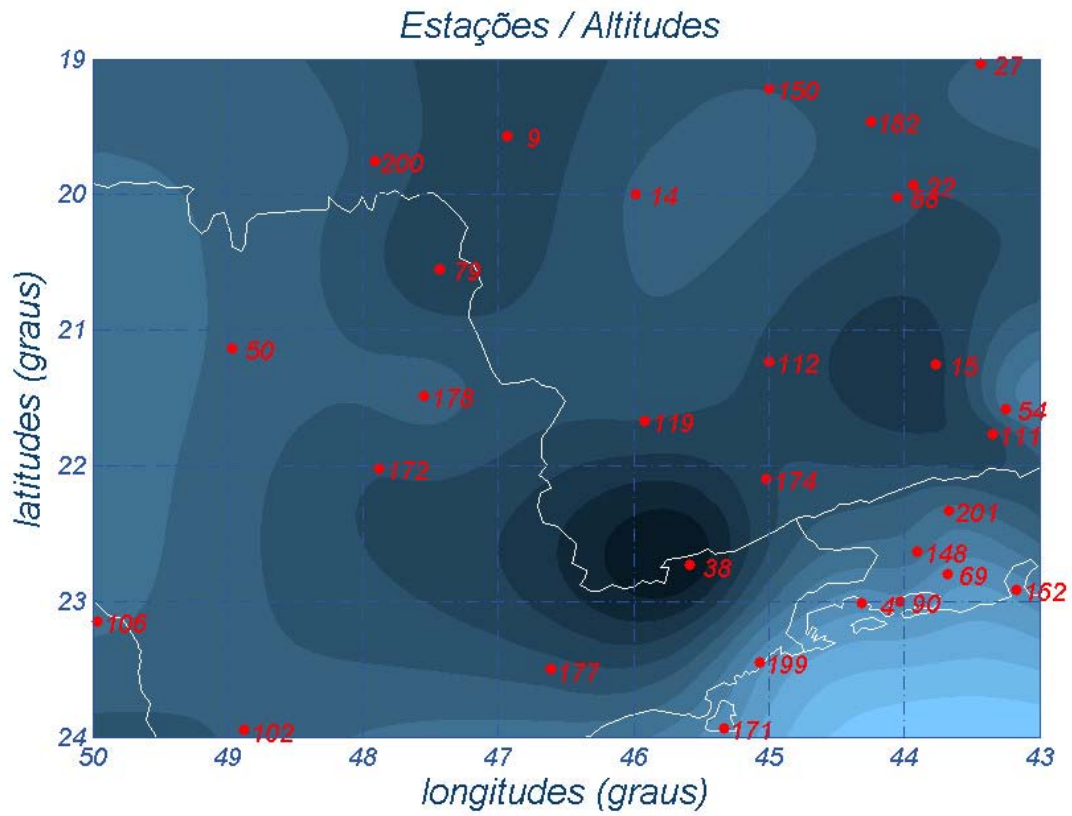
Tabela 2 - Características das estações meteorológicas

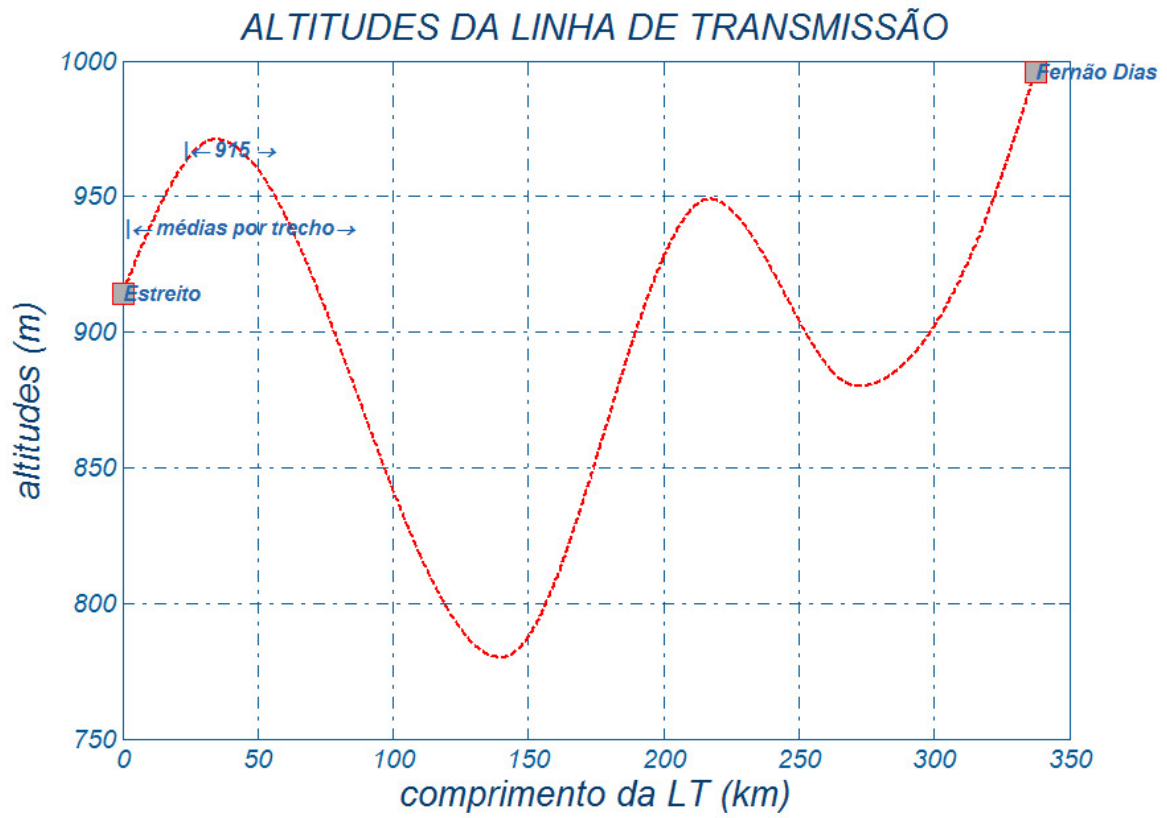
número no mapa	cidade	longitude (graus)	latitude (graus)	altitude (km)
4	Angra dos Reis	44.32	23.02	2
9	Araxá	46.93	19.57	1004
14	Bambui	45.98	20.00	661
15	Barbacena	43.77	21.25	1126
22	Belo Horizonte	43.93	19.93	850
27	C Mato Dentro	43.43	19.03	652
38	Campos do Jordão	45.58	22.73	1579
50	Catanduva	48.97	21.13	536
54	Cel Pacheco	43.25	21.58	435
69	Ecol. Agrícola	43.68	22.80	33
79	Franca	47.43	20.55	1026
88	Ibirité	44.05	20.02	815
90	Ilha Guaíba	44.03	23.00	64
102	Itapeva	48.88	23.95	647

106	Jacarezinho	49.97	23.15	471
111	Juiz de Fora	43.35	21.77	940
112	Lavras	45.00	21.23	919
119	Machado	45.92	21.67	873
148	Pirai	43.90	22.63	367
150	Pompeu	45.00	19.22	691

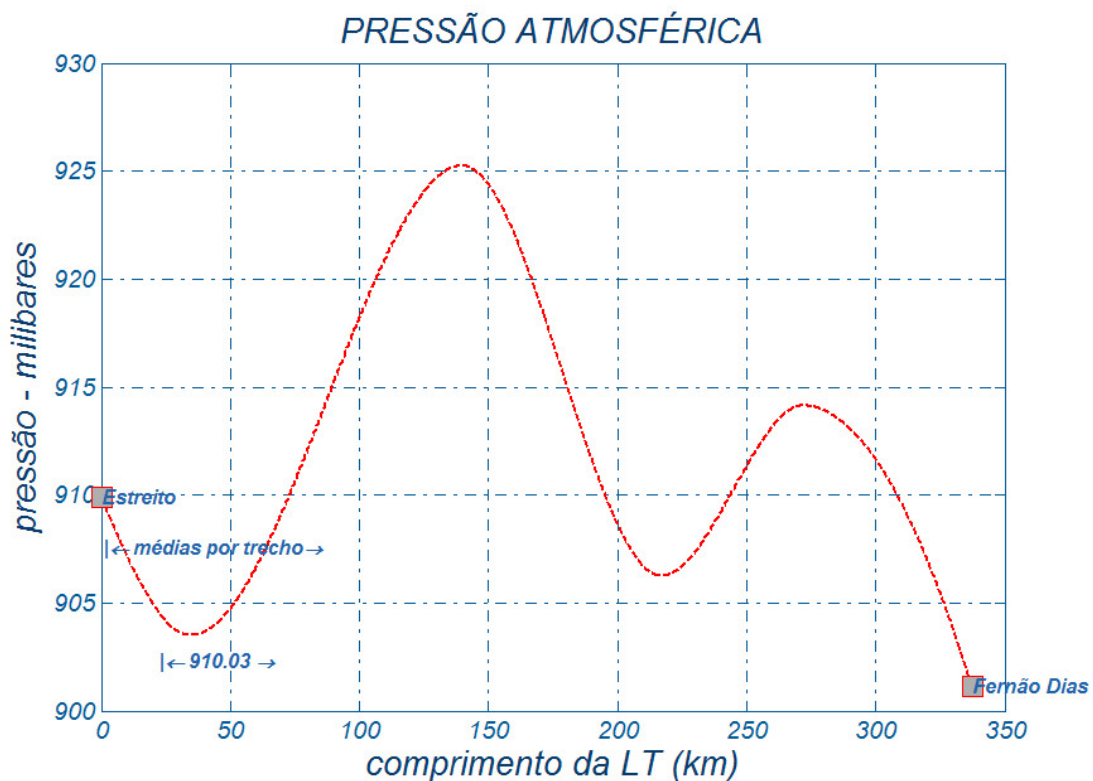
<i>número no mapa</i>	<i>cidade</i>	<i>longitude (graus)</i>	<i>latitude (graus)</i>	<i>altitude (km)</i>
162	Rio de Janeiro	43.17	22.92	5
171	Santos	45.33	23.93	14
172	São Carlos	47.88	22.02	856
174	São Lourenço	45.02	22.10	900
177	São Paulo	46.62	23.50	792
178	São Simão	47.55	21.48	617
182	Sete Lagoas	44.25	19.47	732
199	Ubatuba	45.07	23.45	8
200	Uberaba	47.92	19.75	743
201	Vassouras	43.67	22.33	437

Anexo 3 Distribuição espacial das estações e altitudes



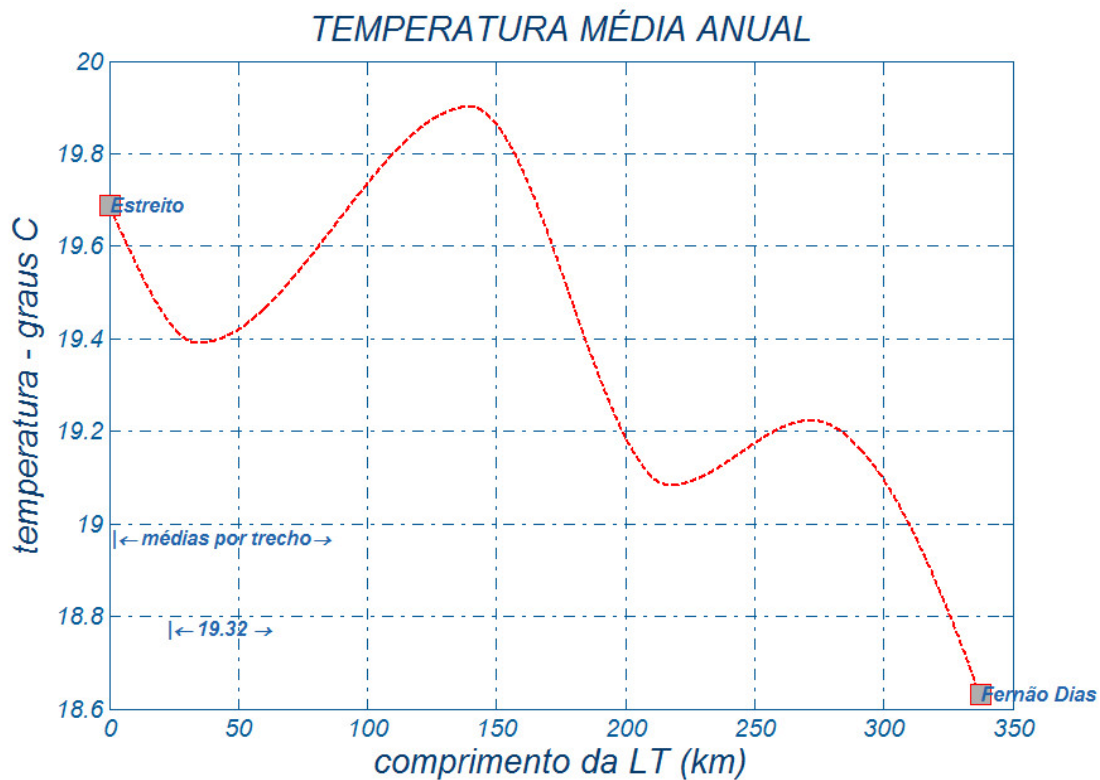


Anexo 4 Mapa das pressões atmosféricas

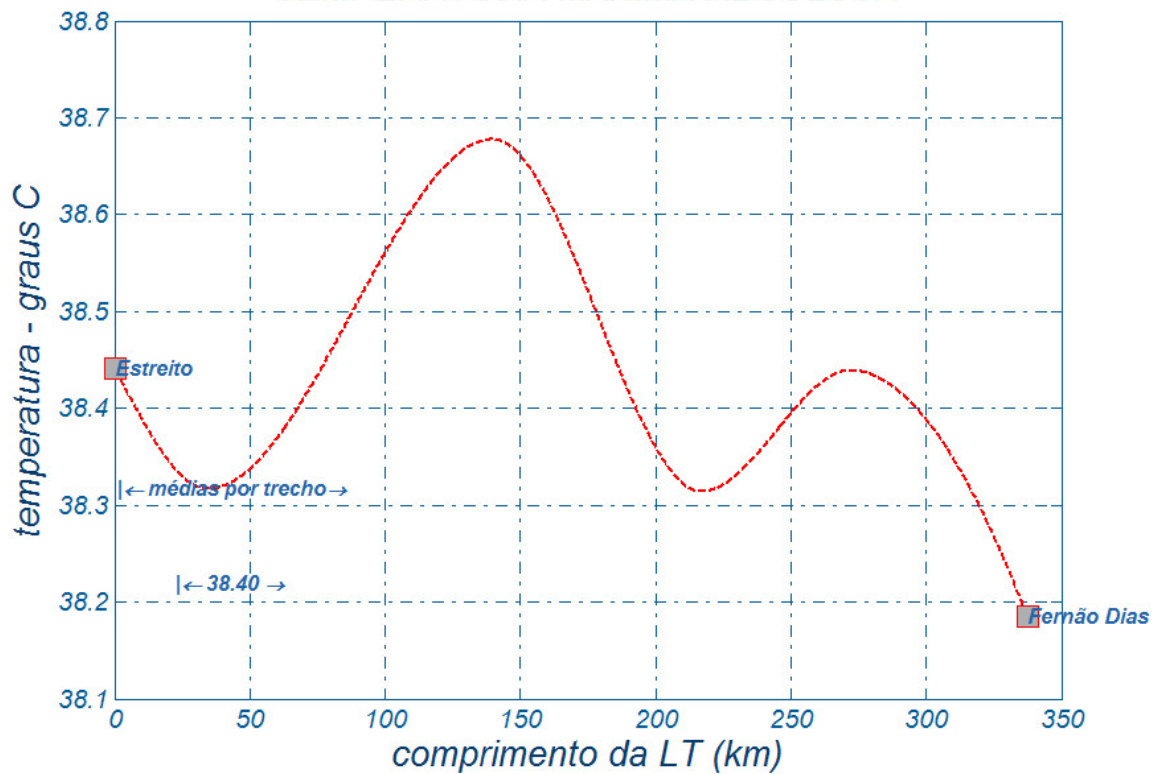


A

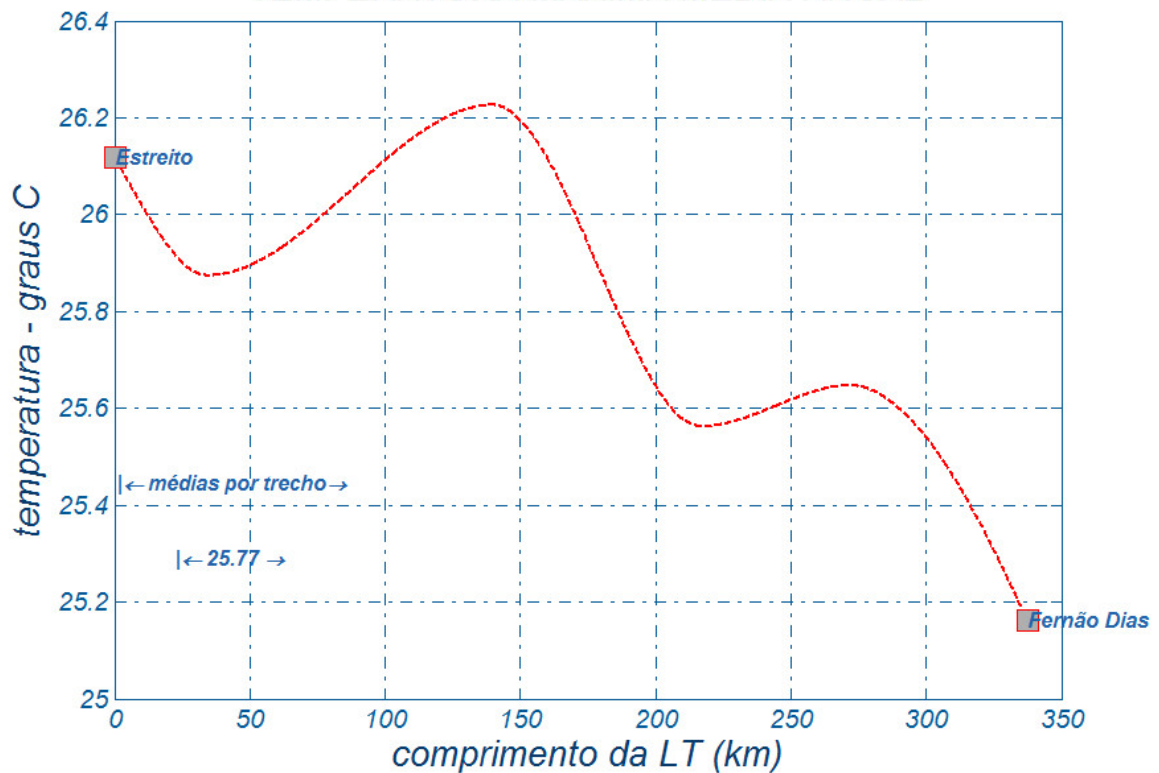
Anexo 5 Mapas das temperaturas ambientes



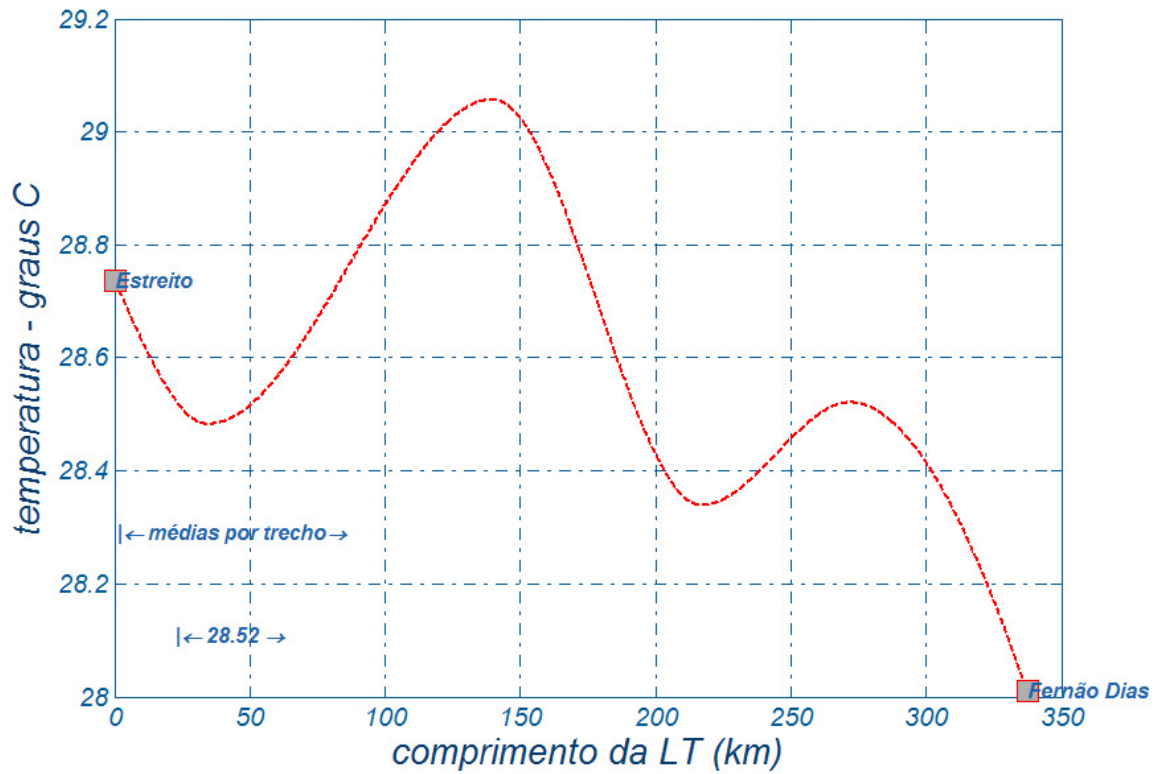
TEMPERATURA MÁXIMA ABSOLUTA



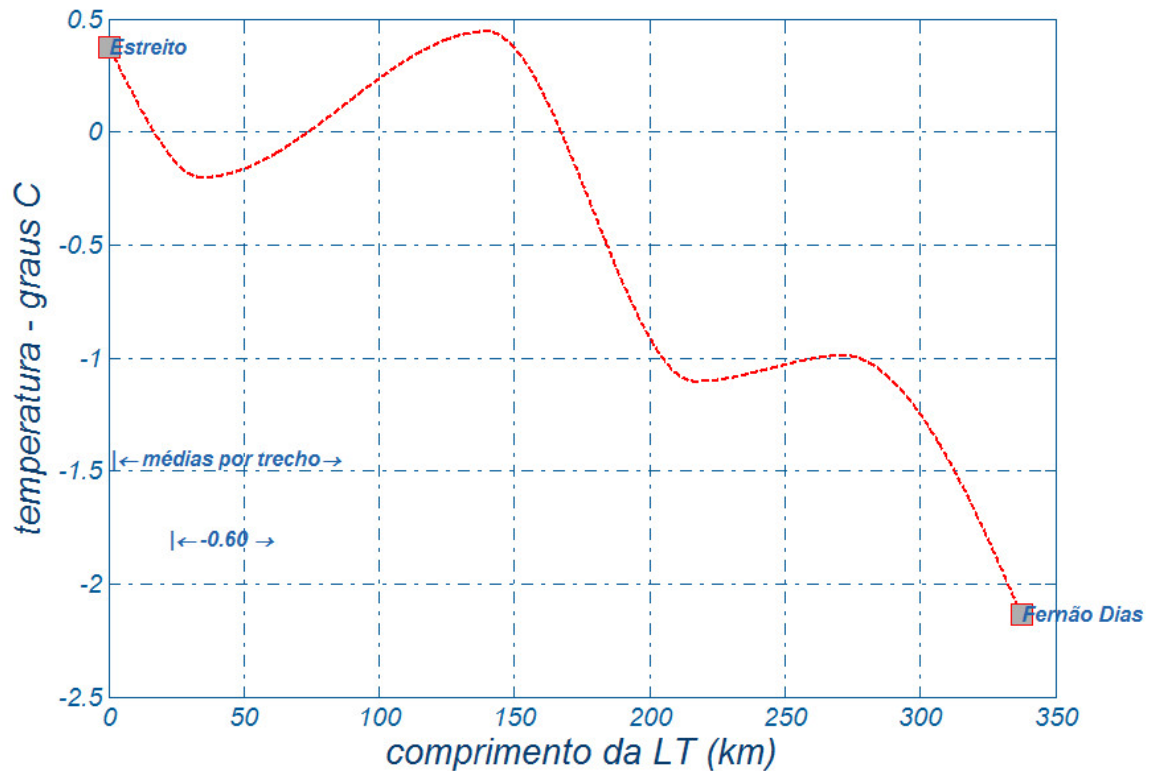
TEMPERATURA MÁXIMA MÉDIA ANUAL



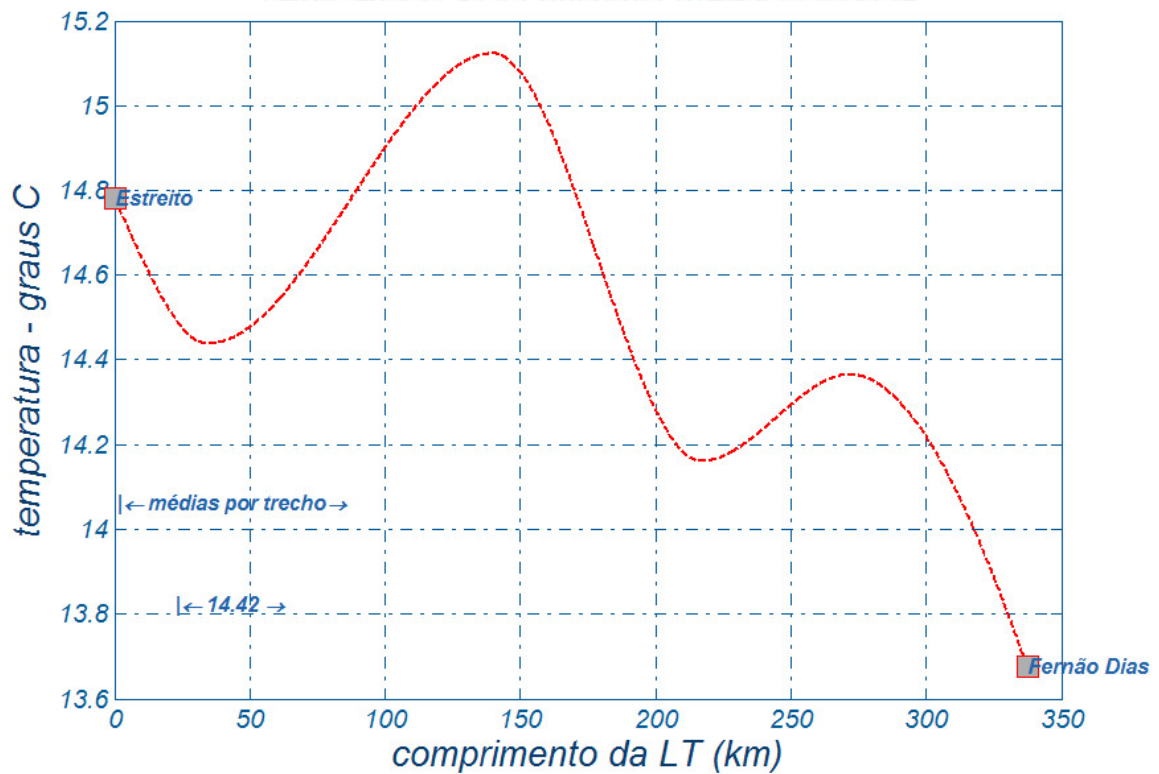
TEMPERATURA MÁXIMA MÉDIA DE VERÃO



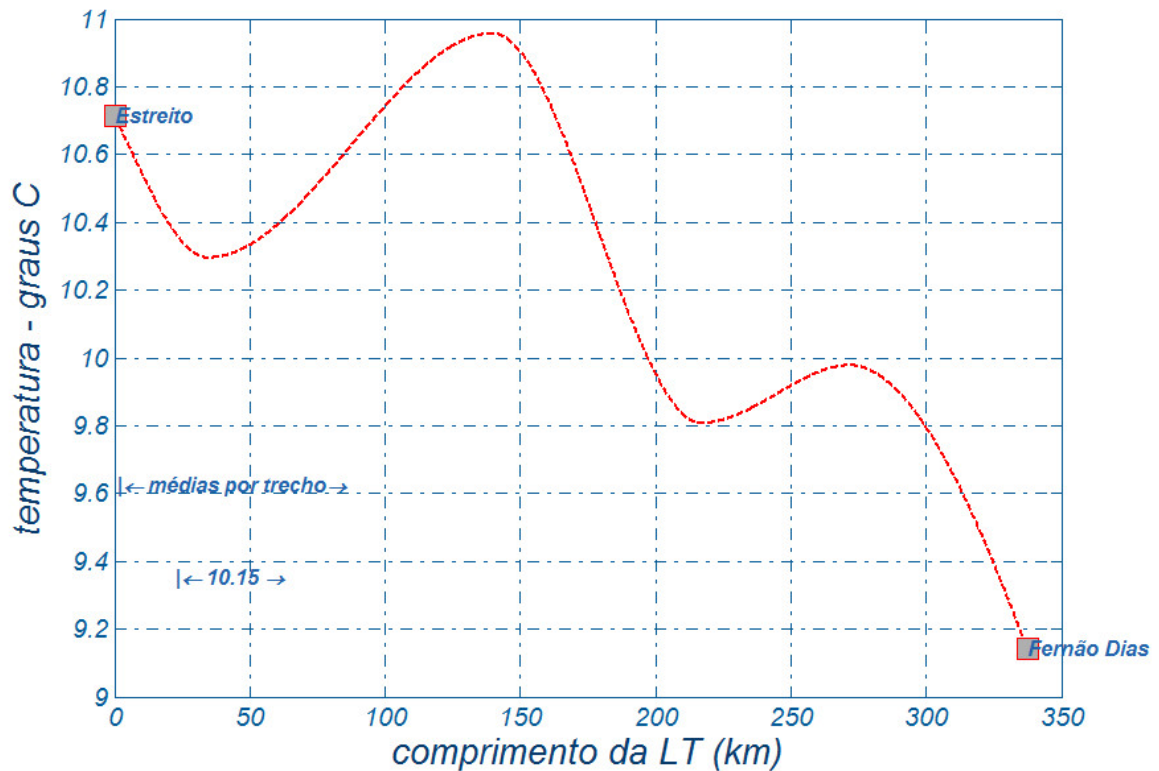
TEMPERATURA MÍNIMA ABSOLUTA



TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA ANUAL

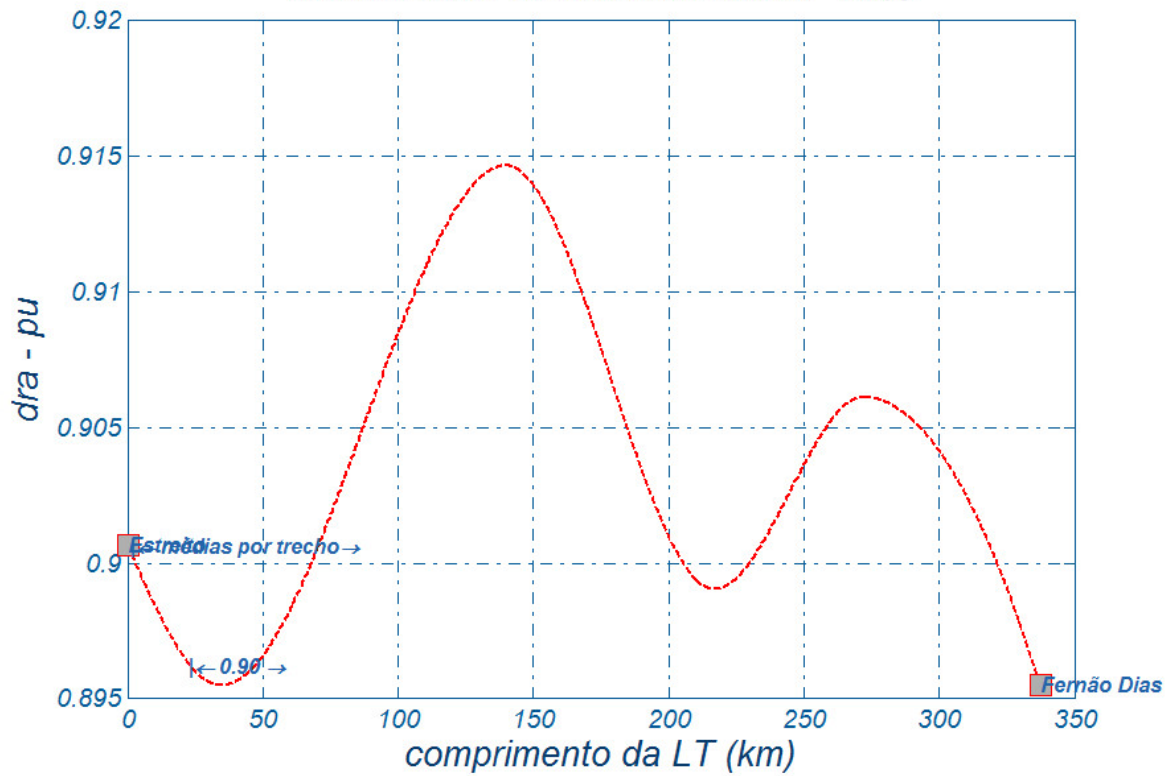


TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA DE INVERNO

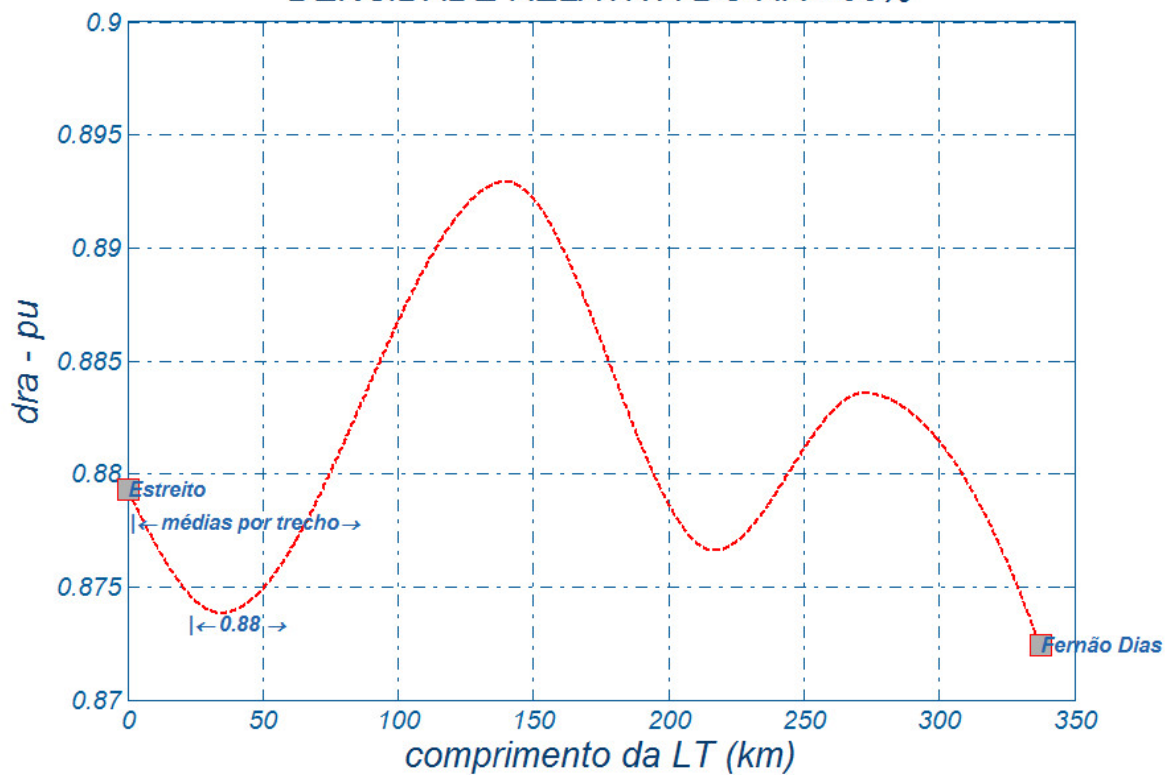


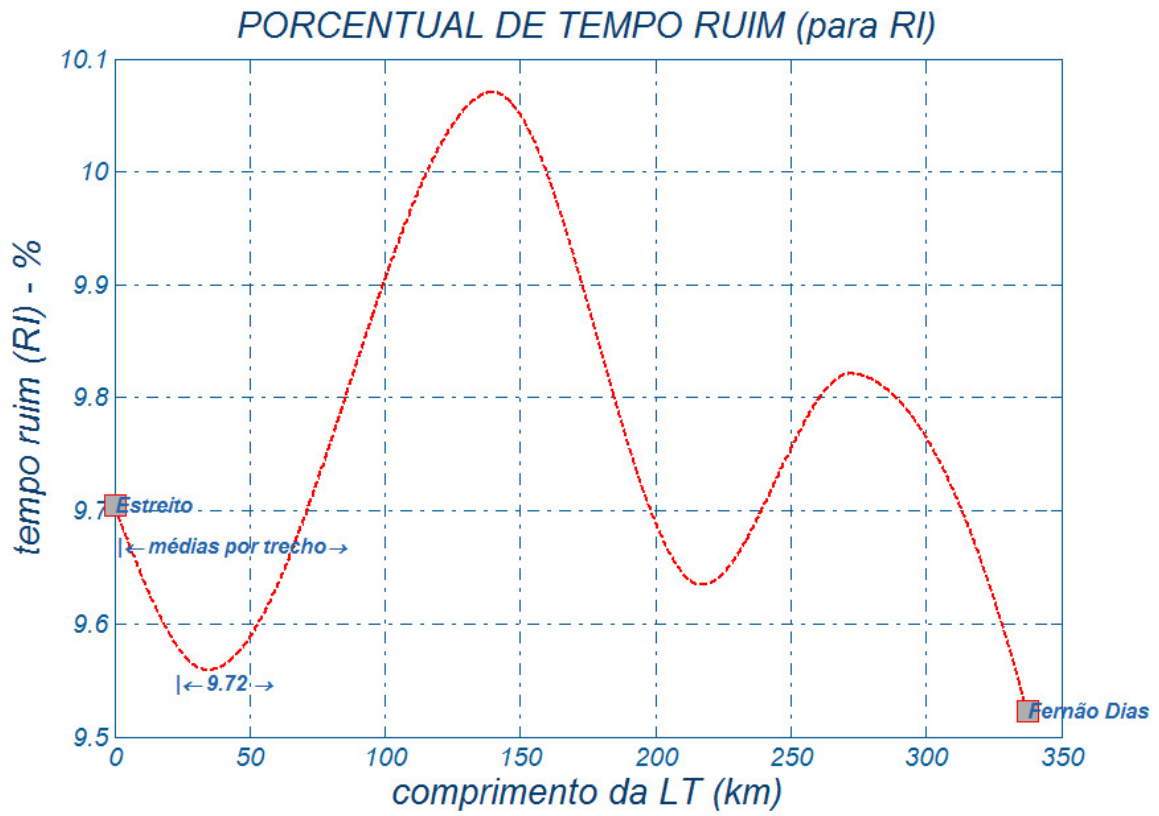
Anexo 6 Mapas das densidades relativas do ar e de “tempo - ruim”

DENSIDADE RELATIVA DO AR - 50%



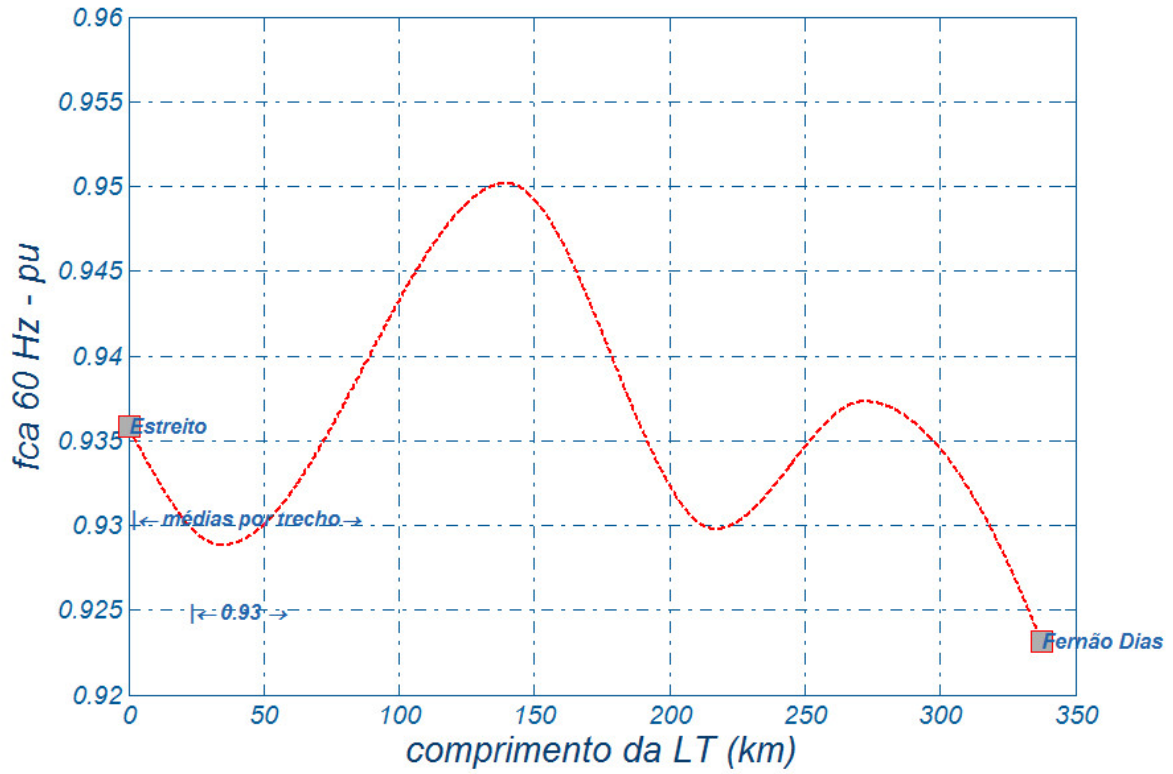
DENSIDADE RELATIVA DO AR - 90%

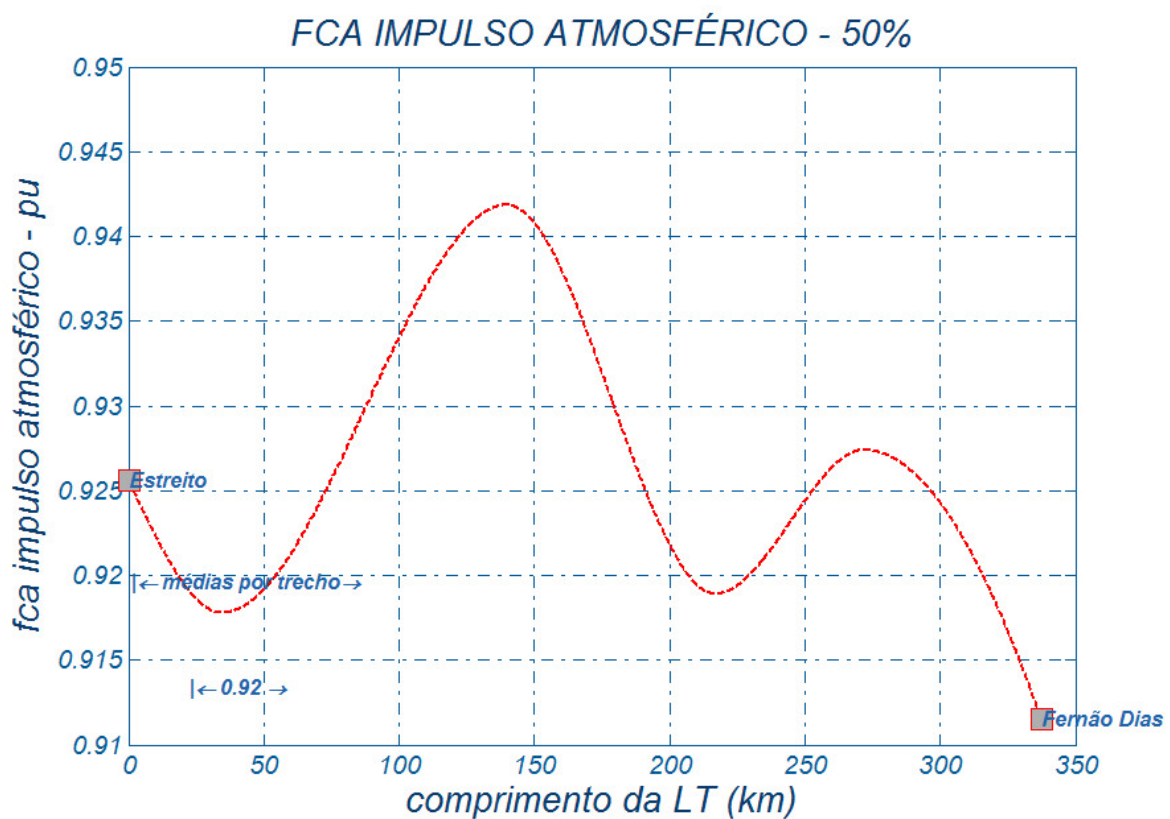
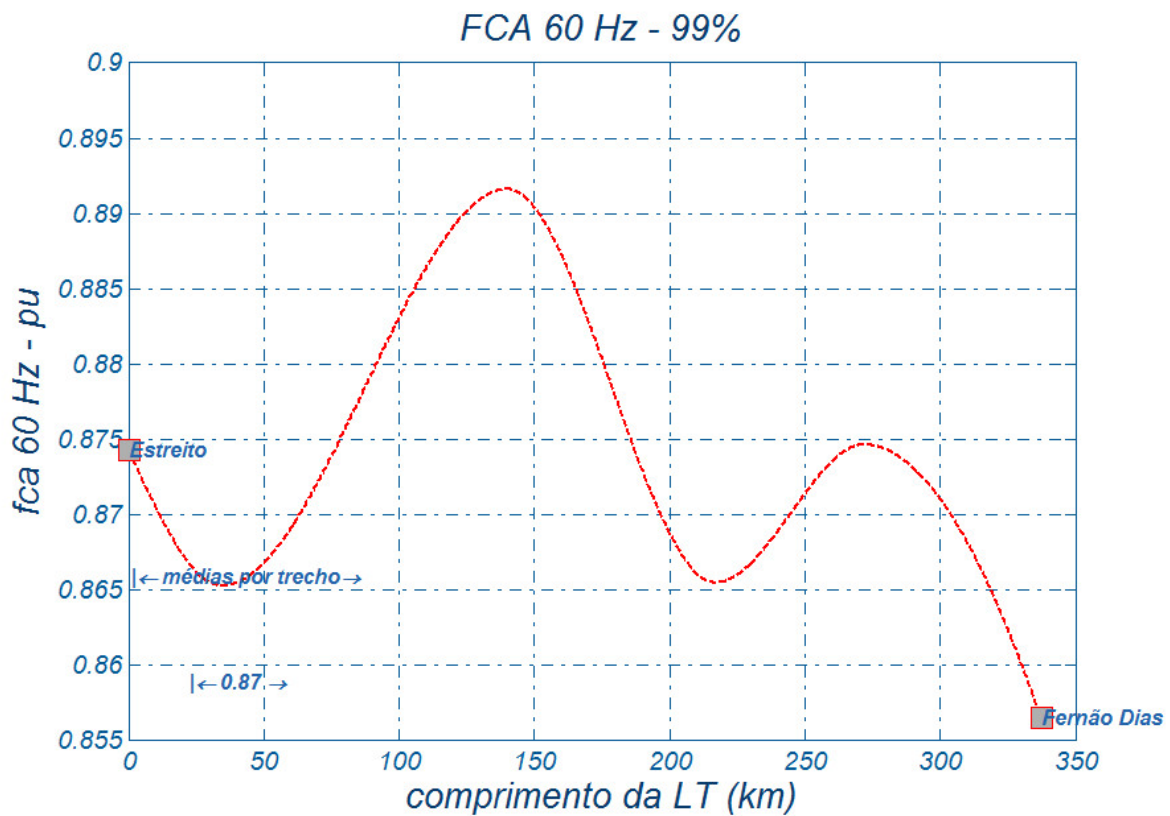


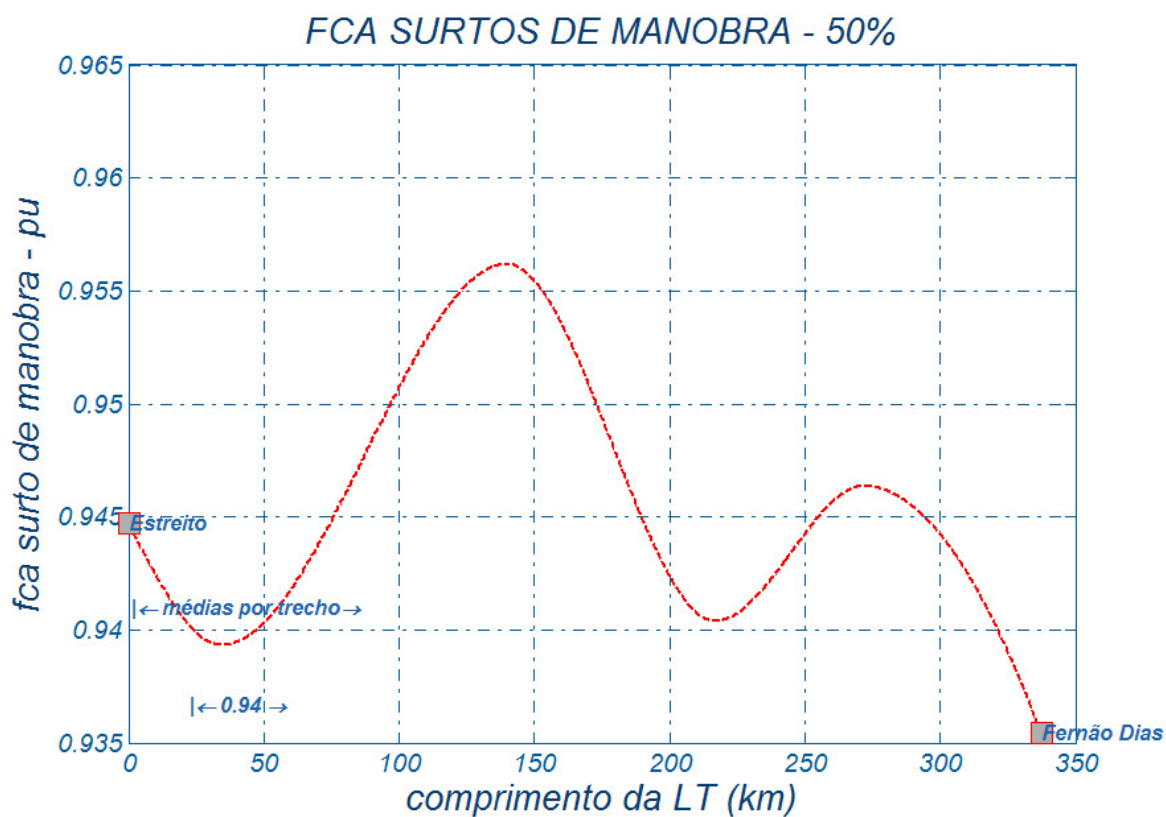
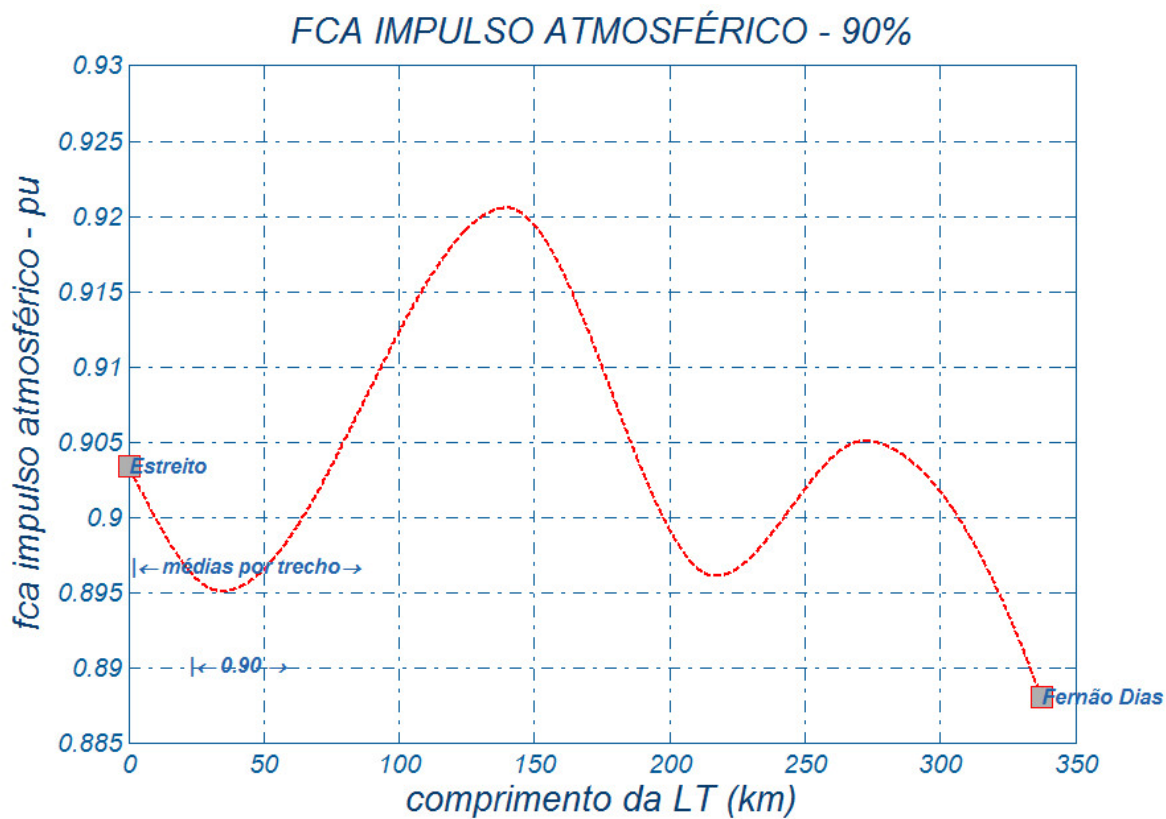


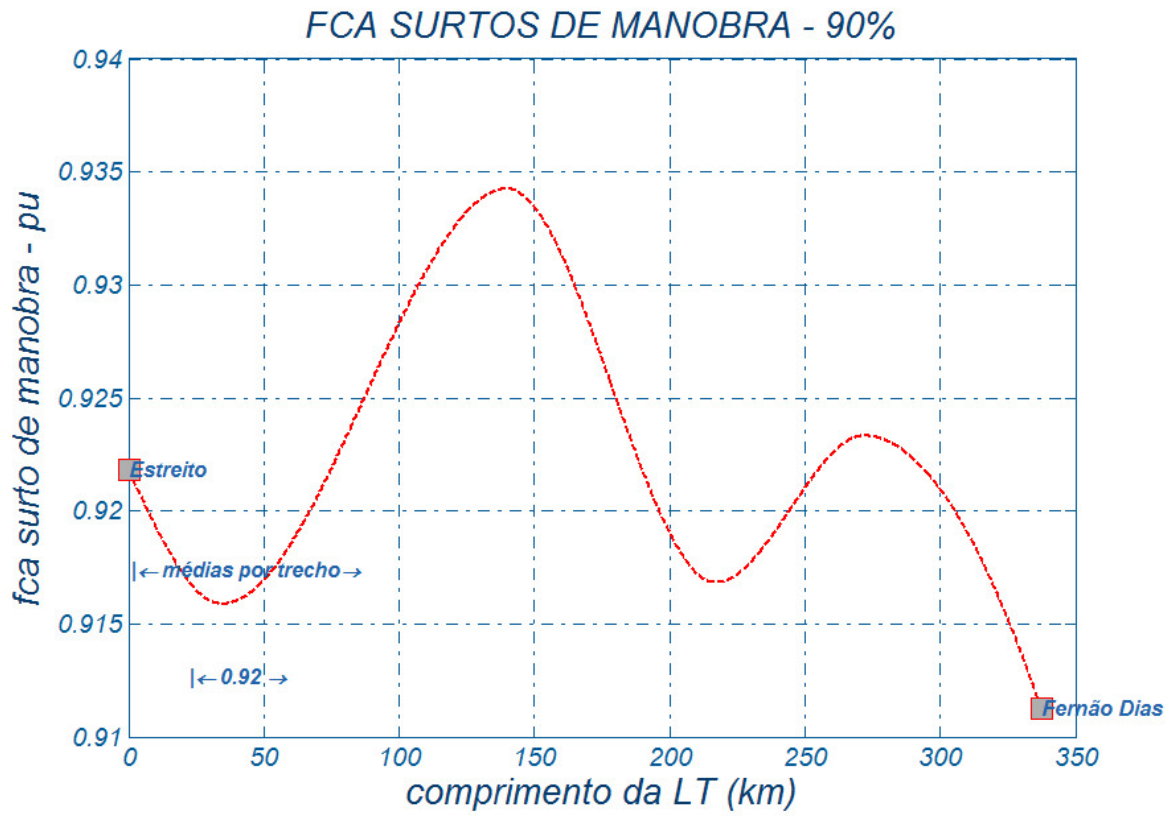
Anexo 7 Mapas dos fatores de correção atmosféricos

FCA 60 Hz - 50%









Anexo 8 Mapas das umidades do ar

