



**GRUPO III
GRUPO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO (GLT)**

**ESFORÇOS DEVIDOS AO VENTO SOBRE COMPONENTES DE LTS E
FATORES DE CORREÇÃO NORMATIVOS COMPATÍVEIS COM A REALIDADE BRASILEIRA**

**João Ignácio da
Silva Filho***

**CEPEL
Centro de
Pesquisas de
Energia Elétrica**

**Amauri Alves
Menezes Jr**

**BATÁVIA
Engenharia &
Consultoria
Ltda.**

**Aureo Pinheiro
Ruffier**

**CEPEL
Centro de
Pesquisas de
Energia Elétrica**

**Luiz Felipe
Estrella Jr**

**FPLF
Fundação Padre
Leonel Franca**

**Jorge Luiz
Gomes Dias**

**CEPEL
Centro de
Pesquisas de
Energia Elétrica**

RESUMO

Com a aquisição extensiva de dados eólicos coletados no Brasil, iniciou-se uma necessária busca de harmonização de tais dados com a prática de projetos de LTs. Essa harmonização objetiva verificar mais detidamente as formulações preconizadas por [1, 2]. Já houve abordagens [3, 4] quanto às discrepâncias constatadas entre os fatores de rajada nos quais a IEC 60826 se baliza, e que são inferiores àqueles que têm sido verificados no Brasil, em grande extensão territorial. O acesso à documentação mais completa [5] permitiu que algumas questões obscuras à época dos primeiros esforços fossem deslindadas, de tal forma que o presente Informe Técnico (IT) avança nas considerações e promove um elenco de sugestões que visam subsidiar e beneficiar o projeto otimizado de LTs aéreas. Assim é que o IT esclarece quanto às diferenças básicas na base de dados que norteou as recomendações contidas em [2] e sugere correções que devem fazer parte da NBR 5422 [1], a partir de sua mais recente revisão.

PALAVRAS-CHAVE

Meteorologia, velocidade do vento, índice de turbulência, normatização, tratamento de dados

1.0 - INTRODUÇÃO

O processo natural de coletar dados, de qualquer natureza ou propósito científicos, freqüentemente exige uma tentativa de verificar se os dados coletados correspondem a uma determinada expectativa de uso consagrado, seja por expedientes normativos, ou por processos de utilização comum, ou ainda por uma aceitação histórica e tradicional, com bons resultados práticos. Apesar disso, há inúmeras situações em que dados coletados, por variadas e imagináveis razões, não se alinham, à perfeição, com práticas de cálculo vigentes. Os motivos para tais eventos são, em parte porque toda atividade de campo é, de longe, mais complicada e mais desafiadora do que qualquer modelo computacional ou do que qualquer modelo empírico escrito numa folha de papel ou, ainda, porque a busca do aprimoramento às vezes acaba sendo decepcionante, pelas posturas reacionárias que aparecem durante o processo. Esse IT dá continuidade a um problema específico que já foi identificado em inúmeros trabalhos do Cepel [3] e ainda em [4], no sentido de que os fatores de rajada constatados no Brasil são superiores aos que podem ser inferidos de [2, 5]. Essa é, na verdade, uma avaliação básica: há outros problemas subjacentes e que serão devidamente esclarecidos no desenvolvimento do Informe Técnico (IT). Os autores julgam apropriado que o tratamento de dados locais deva prevalecer a qualquer outro, por mais abrangente que seja, desde que as novas premissas adotadas sejam esclarecidas à suficiência; acreditam com firmeza que os

* Avenida Um, s/nº, Ilha da Cidade Universitária, CEP 91200-240 - Rio de Janeiro - RJ - BRASIL
Tel.: (021) 2598-6382 - Fax: (021) - e-mail: jignacio@cepel.br

procedimentos matemáticos e estatísticos contidos neste IT correspondem à boa prática de engenharia de sistemas elétricos e que as intenções exclusivas se reportam à segurança operacional.

2.0 - FÓRMULAS E NOMENCLATURA

$$V_p = V_m(1 + \eta I_z) \quad (1) \quad I_z = \frac{\sigma}{V_m} \quad (2) \quad V_p = V_m + k\sigma \quad (3) \quad V_{z,t} = V_{z,tref} \left[1 + I_z 0.4 \ln\left(\frac{t_{ref}}{t}\right) \right] \quad (4)$$

V_p	velocidade de rajada do vento
V_m	velocidade média do vento
η	multiplicador do índice de turbulência
I_z	índice de turbulência a altura z
σ	desvio-padrão da velocidade de vento com média V_m
k	multiplicador do desvio padrão
$V_{z,t}$	velocidade do vento medida a uma altura z e com tempo de média de t segundos
$V_{z,tref}$	velocidade de vento uma altura z e com tempo de média de referência de t_{ref} segundos

3.0 - ELEMENTOS PRÁTICOS E OBJETIVOS

A velocidade e a direção do vento estão constantemente variando no tempo. Dispondo-se de longos registros no tempo, pode-se passar para uma análise espectral de velocidades de vento. A Figura 1 mostra um exemplo de uma representação espectral de vento, isto é, uma medida da energia cinética associada à componente horizontal da velocidade do vento. A esta função, que é obtida a partir de um registro significativo (pelo menos, um ano) de medidas da velocidade do vento, dá-se o nome de densidade espectral de energia. A rigor, o espectro de vento só é válido para caracterizar a zona onde se efetuaram as medições, mas tem-se verificado que a sua forma geral se mantém constante. A análise da Figura 1 revela a existência de dois picos de energia e de um vale, formando três zonas distintas:

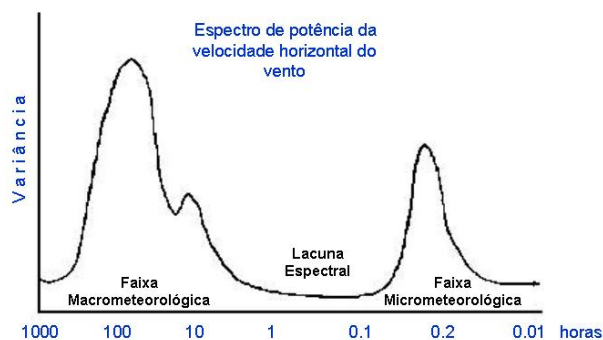


FIGURA 1 - Espectro de potência da velocidade horizontal do vento

- A zona macrometeorológica, associada a freqüências baixas (correspondendo a períodos da ordem de alguns dias) e relacionada com o movimento de grandes massas de ar, do tipo depressões ou anticiclones.
- A zona micrometeorológica, associada a freqüências mais elevadas (correspondendo a períodos da ordem de poucos segundos) e relacionada com a turbulência atmosférica.
- A zona de vazio espectral, associada a períodos compreendidos aproximadamente entre 10 minutos e 2 horas, e relacionada com zonas do espectro correspondentes a menores energias do fenômeno velocidade do vento.

Quando se trata, portanto, de escolher a faixa em que devem ser feitas as medições ou a coleta, o problema está justamente em definir a largura da faixa delimitada pelo espectro acima. Se for demasiado apertada, pode-se correr o risco de que a coleta seja excessivamente influenciada por velocidades do vento que ocorrem poucas vezes. Se for demasiado larga, é provável que não se contabilizem valores que têm um peso significativo na distribuição de velocidades de interesse. A existência da zona de vazio espectral, contendo muito pouca energia associada, permite tratar separadamente as duas componentes características do vento (valor médio e turbulência), encarando a turbulência como uma perturbação ao escoamento quase estacionário caracterizado por uma velocidade média. Em [1, 2, 5], o compromisso é com a faixa de 10 minutos.

A questão da turbulência é mais difícil de ser analisada. A turbulência atmosférica é uma característica do escoamento e não do fluido. Uma tentativa de visualização da turbulência consiste em imaginar uma série de turbilhões tridimensionais, de diferentes tamanhos, a serem transportados ao longo do escoamento médio. A turbulência é completamente irregular e não pode ser descrita de uma maneira determinística, sendo necessário recorrer a técnicas estatísticas. Repare-se que o interesse da turbulência não é esotérico. A componente flutuante do vento pode até mesmo conter energia significativa em freqüências próximas das freqüências de oscilação dos suportes aéreos e seus componentes, de onde resulta a sua influência na avaliação de cargas mecânicas.

4.0 - CONCEITUAÇÃO PRELIMINAR DE MODELOS

Antes mesmo que se entre nos objetivos práticos deste IT, vale lembrar alguns dos conceitos que balizam os modelos eólicos ora disponíveis [2, 5] para aplicação em cargas sobre LTs aéreas, ainda que esses conceitos sejam muito bem conhecidos. O primeiro princípio é o de que a velocidade do vento cresce exponencialmente com a altura sobre o terreno. Já a turbulência dessa mesma velocidade decresce com a altura sobre o terreno.

Lembra-se, a tempo, que é justamente a conjugação da intensidade do vento, associada às suas oscilações no entorno do valor médio da sua intensidade (turbulência), que causam ou podem causar danos às estruturas de LTs ou outros obstáculos quaisquer. Dessa forma, pode-se ilustrar o fenômeno resultante através da Figura 2, que indica como é uma variação teórica da velocidade do vento resultante, quando a altura vai se elevando. Os modelos analíticos progredem, definindo que, para uma determinada altura, as velocidades podem ser expressas pelas equações (1), (2) e (3). As equações (1) e (3) são equivalentes. Observe-se que no modelo de vento [5], o valor de K na equação (3), é considerado 2,56, valor que é questionável para os dados que serão analisados no IT. Repetindo, então, que essas formulações variam com a altura, pode-se colocar uma importante característica sobre a qual os modelos se fundamentam: esses modelos se baseiam em leituras de vento em períodos de tempo de 10 minutos. No Brasil, já encontra disponível uma imensa quantidade de dados eólicos que atendem a essa última característica, razão pela qual, sistemáticas aplicações de tais dados para a determinação das cargas mecânicas resultantes sobre estruturas já se encontram disponíveis em inúmeras publicações. Tudo isso se apresenta como sendo bastante simples e intuitivo, mas a realidade prática não é bem assim.

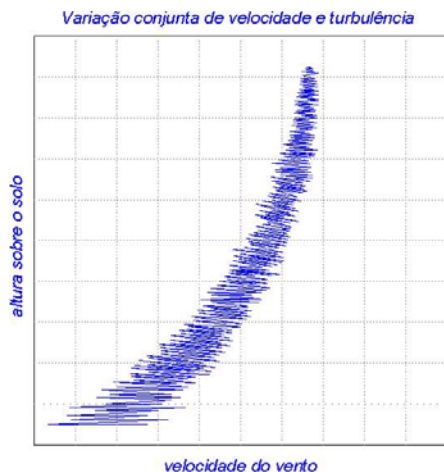


FIGURA 2 - Simulação prática da variação do vento turbulento com a altura acima do solo

Esses dados eólicos foram coletados por um moderno sistema de aquisição, operado com zelo profissional, num programa que reuniu inúmeras empresas do setor elétrico, além dos sistemas de coleta que correm por conta de entidades que o fazem por vocação institucional. Os dados são, portanto, de ótima qualidade. Não obstante, quando aplicados a modelagens vigentes [2, 5], não se consegue, sistematicamente, reproduzir resultados genéricos de carregamentos mecânicos e coeficientes variados que deveriam ser adotados no caso de ausência de dados. A divergência de respostas não é desmedida, mas pede alguma correção ou aferição de modelo. Os autores do IT se vêem, portanto, compelidos a apresentar essas correções sob a forma de sugestões de bom senso, justamente visando expandir a aplicação da metodologia mencionada, ao invés de cerceá-la inopinadamente.

5.0 - AS CURVAS CORRETIVAS DA IEC

A Figura 3 representa os diversos fatores de correção entre leituras feitas da velocidade de vento com diferentes tempos de média [1, 2, 5]. Há 2 elementos que são básicos no desenvolvimento e interpretação dessa figura:

a) Índice da turbulência (I_z , em pu): Mede a variabilidade da velocidade do vento ao longo de um intervalo de tempo considerado padrão (10 minutos, no caso da IEC) e pode ser obtido pela equação (2).

b) Altura de rugosidade (z_0 , em m): Um elemento característico importante neste tipo de avaliação é a altura de rugosidade (z_0) que pode ser definida como sendo a altura abaixo da qual o perfil vertical do vento é nulo. Este importante parâmetro nos estudos da circulação atmosférica na camada limite é fortemente influenciado pelo número, tamanho e espaçamento dos elementos que constituem a rugosidade do terreno e ainda da turbulência do vento incidente.

Tabela 1 - Valores de z_0 (m), por tipo de terreno

tipo de terreno	valores limites de z_0 (m)
A	0,0002 - 0,03
B	0,03 - 0,17
C	0,17 - 0,30
D	0,30 - 2,00

O seu valor numérico, em metros, é normalmente obtido indiretamente por medições do perfil vertical da velocidade do vento. É uma quantificação da rugosidade que determinado terreno apresenta à passagem do vento. Cada terreno dito do tipo A, B, C ou D tem uma faixa de valores típicos para z_0 . Por exemplo, como consta em [5] esses valores limites são indicados na Tabela 1. Portanto, a Figura 3 pode ser interpretada como sendo um valor médio representativo por tipo de terreno, tal como indicam as faixas de variação na Figura 4 e que pode visivelmente excursionar entre limites algo afastados entre si.

6.0 - O BANCO DE DADOS USADO NO IT

Os dados utilizados no estudo foram medidos, entre os anos de 1998 a 2004, em estações anemométricas da rede de coleta de dados anemométricos operada pelo Cepel e Eletrobrás em conjunto com várias empresas concessionárias de energia elétrica. A frequência de medição dos dados é de 1 Hz e a cada 10 minutos são registradas em meio magnético as seguintes informações de interesse para o IT: máxima velocidade de

1 segundo e média e desvio padrão das velocidades nos 10 minutos. Os sensores dos anemômetros estão instalados a 10 metros de altura ao solo. A título de registro a rede anemoceraunométrica possui outras estações que não serão aqui consideradas por não medirem o desvio padrão da velocidade, parâmetro estatístico necessário para o desenvolvimento desse estudo.

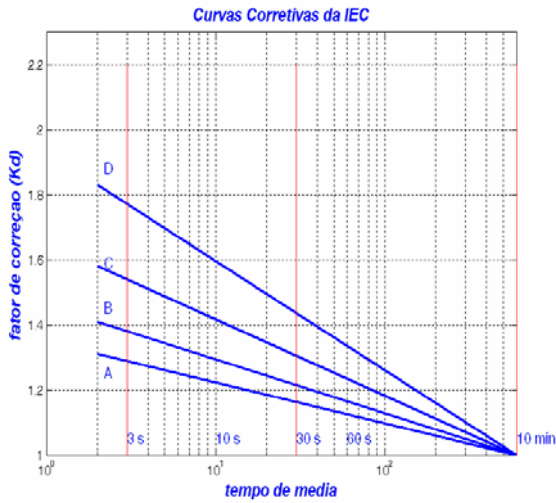


FIGURA 3 - Curvas corretivas da IEC 60826 para dados de velocidades de vento não referidos a 10 minutos, a uma altura de 10 metros

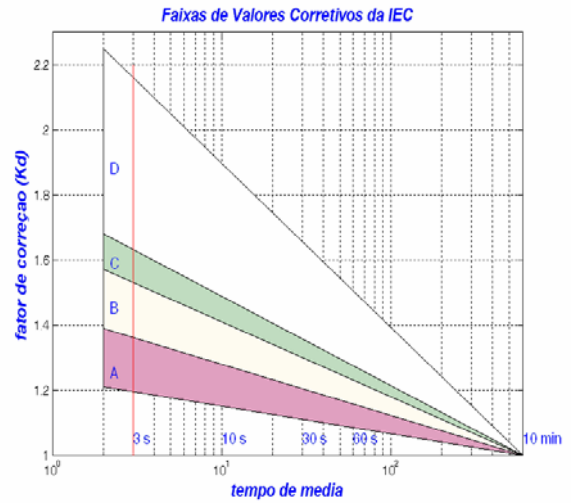


FIGURA 4 - Curvas corretivas da IEC 60826 para dados de velocidades de vento não referidos a 10 minutos, considerando a variação de z_0 por tipo de terreno

6.1 - Os cálculos dos parâmetros relevantes

Os parâmetros relevantes para o estudo são a intensidade de turbulência e o fator de rajada, dados pelas equações (2) e (4). A primeira etapa do estudo foi a análise exploratória da massa de dados para verificar a variação desses parâmetros com a velocidade média do vento em 10 minutos. A Figura 5 apresenta graficamente as variações encontradas em algumas das estações anemométricas e são representativas do seu comportamento generalizado. Essa Figura 5 mostra, sem dúvida, o quanto é grande a variação desses parâmetros com a velocidade média do vento de 10 minutos. Como o objetivo desse IT é subsidiar projetos estruturais de LTs, o foco na massa de dados deve ater-se aos ventos com maiores velocidades médias. Para sistematizar a análise em apreço, consideraram-se, para cada parâmetro, as médias relativas às 20 maiores velocidades médias do vento em 10 minutos, que se encontram caracterizadas nas Tabelas 2 e 3, para as regiões sudeste e centro-oeste e para a região sul, respectivamente.

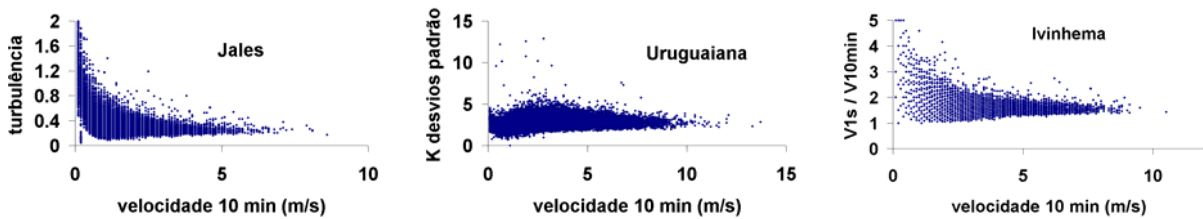


FIGURA 5 - Variação paramétrica (turbulência, K e fator de rajada) com V_{10} minutos

TABELA 2 - Estações das regiões sudeste e centro-oeste e respectivos parâmetros medidos

	estação	estado	índice de turbulência (pu)	FR _{1s} calculado (pu)	FR _{1s} /1,46 (pu)
1	Itapemirín	ES	0,179	1,46	1,00
2	Rio Bonito	ES	0,306	1,78	1,22
3	Cachoeira dourada	GO	0,284	1,73	1,18
4	Rio Verde	GO	0,223	1,57	1,08
5	Ivinhema	MS	0,220	1,56	1,07
6	Sinop	MS	0,230	1,59	1,09
7	Cepel	RJ	0,240	1,61	1,11
8	Rocha Leão	RJ	0,262	1,67	1,14
9	Vassouras	RJ	0,242	1,62	1,11
10	Flórida Paulista	SP	0,217	1,56	1,07
11	Ibiúna	SP	0,286	1,73	1,19
12	Jales	SP	0,233	1,60	1,09
13	Penápolis	SP	0,259	1,66	1,14
14	S, Bárbara do Oeste	SP	0,202	1,52	1,04
				valor médio	1,11

FR_{1s} - fator de rajada calculado segundo a fórmula (4) para 1 segundo e 10 minutos, respectivamente
 $FR_{1s}/1,46$ - relação entre os fatores de rajada calculados e 1,46, que é o valor característico de [2, 5]

TABELA 3 - Estações da região sul e respectivos parâmetros medidos

	estação	estado	índice de turbulência (pu)	FR_{1s} medidos (pu)	$FR_{1s}/1,46$ (pu)
1	Campo Mourão	PR	0,250	1,64	1,12
2	Farroupilha	RS	0,196	1,50	1,03
3	Uruguaiana	RS	0,198	1,51	1,03
4	Campos Novos	SC	0,223	1,57	1,08
5	Siderópolis	SC	0,296	1,76	1,20
6	Xanxerê	SC	0,199	1,51	1,03
				valor médio	1,08

Com os valores do índice de turbulência medidos calculam-se os fatores de rajada para 1 s pela equação (4). Admitindo que para a IEC o fator de rajada é de 1,46 calcula-se a razão entre os FR_{1s} medidos e 1,46. Para o caso do nordeste, os resultados serão importados de [5], de onde se pode determinar que o fator de rajada (1s/10min) típico é 1,53. Ainda em [5], não se pôde, à luz das medições feitas, diferenciar as estações meteorológicas em terrenos A ou B, tudo se passando como se as estações estivessem em terrenos intermediários, Dessa forma, para que se seja conservador nesta aplicação, será tomado o valor-base de 1,32, típico para fatores de rajada em terrenos A. A correção nas velocidades de vento torna-se, então, 1,16, e a Tabela 4 resume as correções aqui sugeridas.

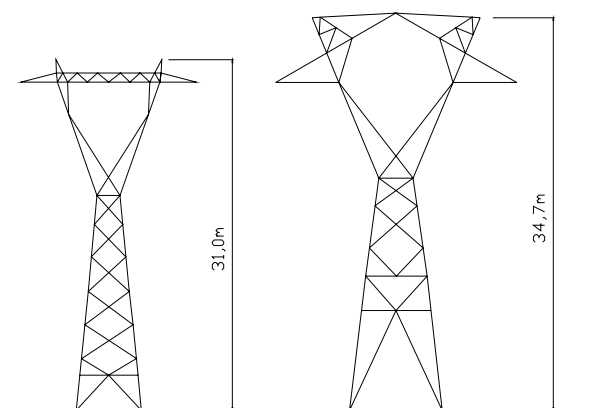
TABELA 4 - Valores corretivos das velocidades do vento, para cada região brasileira, aplicáveis a condutores, torres e isoladores

região do Brasil	correção na velocidade do vento (%)
sul	8
sudeste/centro-oeste	12
nordeste	16

Vale lembrar que as correções sugeridas para as velocidades do vento simulam, de forma prática, os acréscimos de carga constatados no IT e que representam as turbulências diferenciadas quando consideradas em relação ao modelo constante de [2]. A rigor, as correções deveriam ser feitas nos modelos de cargas eólicas em estruturas e componentes, feitas aqui indiretamente através de ajustes nas velocidades de vento.

7.0 – PROJETOS ESTRUTURAIS PARA AS DIVERSAS CONDIÇÕES ANALISADAS

Uma vez estipuladas as correções julgadas cabíveis quanto às velocidades de vento, importa também quantificar o quanto tais majorações representam ou podem representar no peso estrutural que, ao final de contas, é o parâmetro balizador do binômio custo x benefício final. Com esse objetivo, foram realizados projetos específicos para duas estruturas de uso comum, cujas silhuetas encontram-se indicada na Figura 6, juntamente com as condições específicas consideradas no estudo.



Características da LT para a análise de sensibilidade quanto a peso estrutural:
 Vão de peso: 500 metros
 Vão de vento: 450 metros
 EDS: 18%
 Torre A: condutor Tern
 Torre B: condutor Grosbeak
 Feixe de 4 condutores

Hipóteses de projeto:

- I - Carregamentos de vento, rompimento de cabos e esforços de construção e manutenção
- II - Carregamentos de vento e esforços de construção e manutenção

Obs: Nenhuma das hipóteses de projeto considerou o carregamento longitudinal assimétrico de prevenção do efeito cascata

FIGURA 6 - Padrões estruturais utilizados no estudo - torre A (à esquerda), torre B (à direita)

As hipóteses de projeto I e II diferem entre si pelo fato da primeira considerar todos os tipos de carregamentos usuais e a segunda não admitir os carregamentos devidos ao rompimento de cabos. Essa diferença intencional tem como meta identificar a influência da variação da velocidade do vento no peso final da estrutura, as vezes mascarada pelos carregamentos resultantes do rompimento de cabos. Os carregamentos devidos à ação do vento foram calculados segundo a IEC 60826 [2]. Como o objetivo desta etapa do IT é uma análise de sensibilidade da

variação do peso da estrutura com a velocidade do vento, os valores de pesos aqui apresentados referem-se somente aos pesos dos perfis metálicos e, portanto, não estão incluídos os pesos de parafusos, chapas de ligação e galvanização que fazem parte do projeto executivo de uma estrutura. Os pesos estruturais apresentados nos gráficos e tabelas que seguem estão expressos em kgf.

Para cada tipo de torre e hipótese de carga, as estruturas foram dimensionadas majorando-se a velocidade básica do vento de projeto em 5%, 10%, 15% e 20%. Por exemplo, para a velocidade básica de projeto de 80 km/h, cada estrutura foi dimensionada para uma velocidade de 80 km/h, velocidade de vento essa que foi sendo incrementada de 5%, 10%, 15% e 20%, respectivamente, resultando em novos pesos estruturais. A Figura 7 mostra graficamente, para o fator de correção de 10%, a variação dos pesos estruturais da torre A em relação à velocidade básica do vento para as hipóteses I e II aqui consideradas. A Figura 8 apresenta as mesmas avaliações para a torre do tipo B.

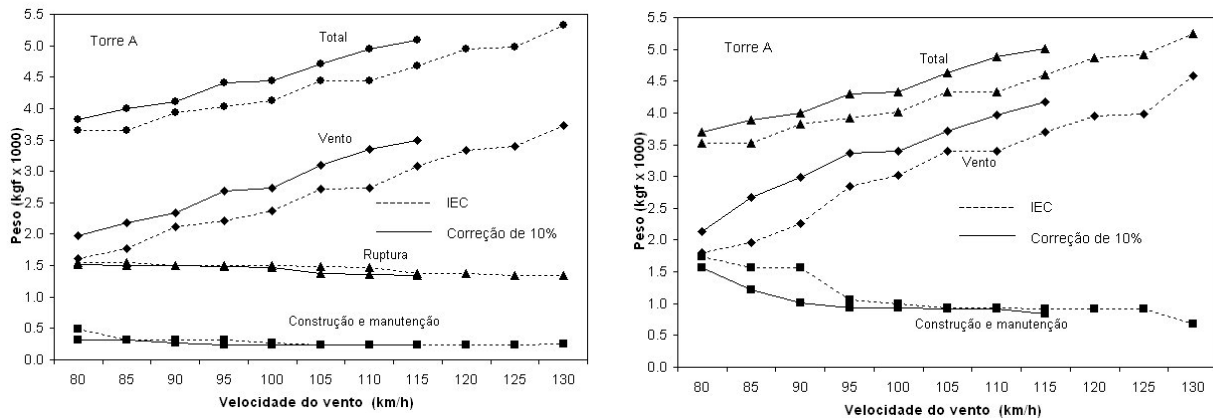


FIGURA 7 - Variação do peso estrutural da torre A para a velocidade básica do vento majorada em 10%, considerando as hipóteses de projeto I (à esquerda) e II (à direita)

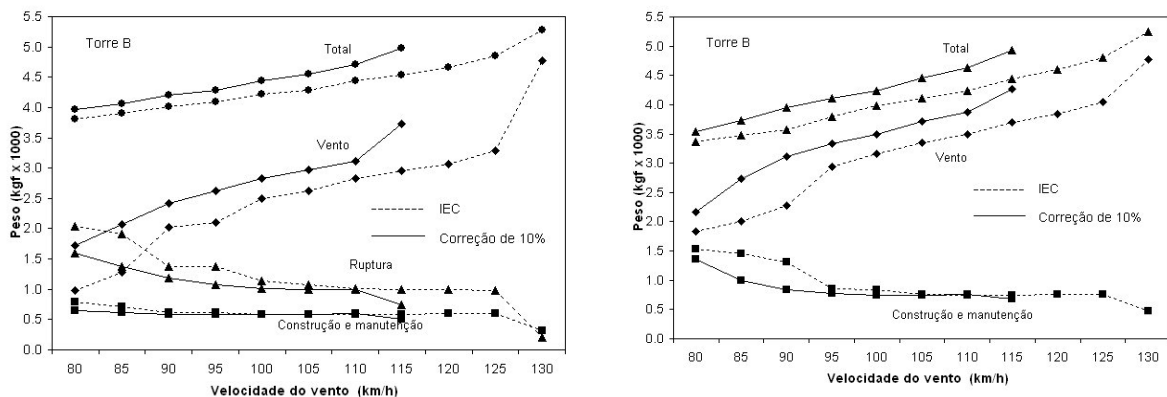


FIGURA 8 - Variação do peso estrutural da torre B para a velocidade básica do vento majoradas em 10%, considerando as hipóteses de projeto I (à esquerda) e II (à direita)

As Tabelas de 5 a 8 ilustram a razão entre os pesos estruturais considerando as velocidades do vento básico com e sem correção. As colunas dessas Tabelas referem-se a:

coluna 1: valor numérico da parcela do peso estrutural calculado devido à ação exclusiva da velocidade do vento, desconsiderada qualquer correção na velocidade do vento, com o peso expresso em kgf;

coluna 2: valor numérico do peso estrutural total calculado, desconsiderada qualquer correção no vento, com o peso expresso em kgf;

coluna 3: valor numérico da relação entre a parcela do peso estrutural calculado devido à ação exclusiva do vento, considerada uma correção de 5% na velocidade do vento, e a coluna 1, com o peso em pu;

coluna 4: valor numérico da relação entre o peso estrutural total calculado, considerada uma correção no vento de 5%, e a coluna 2, com o peso em pu;

colunas 5 e 6: tal como para colunas 3 e 4, para correção de 10%;

colunas 7 e 8: tal como para colunas 3 e 4, para correção de 15%;

colunas 9 e 10: tal como para colunas 3 e 4, para correção de 20%.

As células hachuradas dessas Tabelas indicam a faixa de uso esperado para as majorações de velocidade em função dos ventos máximos típicos, passíveis de serem prognosticados para cada uma das regiões geográficas brasileira, ou seja: a correção de 8% sugerida para a região sul deve ser aplicada a velocidades básicas do vento

de 10 minutos na faixa entre 100 e 120 km/h. Nas regiões sudeste e centro-oeste, estes valores são de 12%, aplicados de 95 a 110 km/h, enquanto que para as regiões norte e nordeste tem-se 16%, aplicados de 80 a 90 km/h.

As células hachuradas dessas Tabelas indicam que os acréscimos no peso total da estrutura, em relação às velocidades básicas sem correção, serão de aproximadamente 10% nas regiões sul, sudeste e centro-oeste e de 15% nas regiões norte e nordeste. As Tabelas indicam, também, que o acréscimo de peso dos elementos das estruturas que passaram a ser dimensionados pelo vento é bem maior, quando comparado com o peso total. Isto acontece pois há uma mudança do tipo de carregamento que dimensionou o elemento da estrutura, no caso o vento, sem que haja a necessidade de substituir o perfil anteriormente dimensionado, já que são discretos os padrões de perfis dos elementos estruturais comercialmente disponíveis. Por exemplo, no caso da hipótese I o peso dos elementos dimensionados pela ruptura do cabo ou pelos esforços de construção e manutenção diminuem a medida que a velocidade do vento é majorada, passando esses elementos a serem dimensionados pelo vento e, conseqüentemente, há um aumento de peso devido ao vento. O mesmo ocorre para a hipótese II, mas somente em relação aos carregamentos de construção e manutenção.

As colunas 1 e 2 sempre apresentam pesos crescentes, como esperado seria, pelos acréscimos no vento. Quanto às demais colunas (3 a 10) é preciso ter em conta que os valores em pu referem-se sempre aos valores básicos por velocidade de vento, de forma que a lei de formação numérica fica quebrada sempre que um perfil padrão é substituído por outro, mais resistente que seu anterior. Fica evidente, também que as hipóteses de ruptura de condutores têm expressiva predominância no dimensionamento geral da estrutura (veja os efeitos através de comparação entre as Tabelas 5 com 6, e 7 com 8), o que indica que essa hipótese de carga têm uma importância notável quanto ao peso final estrutural, independentemente da velocidade de vento especificada. A constatação remete parte da importância do atual problema ao fato de se considerar que feixes de condutores múltiplos podem ser dominantes no dimensionamento estrutural, quando a sua ruptura completa é considerada plausível. Verificando-se, ainda, os resultados das Tabelas que representam pesos estruturais com acréscimos nas velocidades do vento (colunas 3, 5, 7 e 9) com os respectivos valores das Tabelas de pesos totais (colunas 4, 6, 8 e 10), conclui-se que esses últimos crescem muito mais moderadamente do que o se verifica nos pesos de vento ou, em outras palavras, o efeito das cargas de vento é atenuada pelas demais considerações de tipos de carregamentos de projeto.

Os acréscimos de peso estrutural, para as correções da velocidade de vento propostas no IT não resultam em dispêndios adicionais extravagantes mas representam uma alteração de cálculo que dá melhor provimento ao projetista preocupado em aproximar resistências estruturais das cargas mecânicas prospectivas.

8.0 – CONCLUSÕES

A referência [2] constitui-se numa sólida base de cálculo das cargas de vento que incidem sobre os sistemas aéreos de transmissão de energia elétrica e a sua adoção como forte elemento subsidiário na elaboração de normas nacionais deve ser estimulado. Em [5] encontram-se bem detalhados todos os passos metodológicos que antecederam as recomendações constantes de [2] ou da sua versão mais recente, ora em estágio experimental, a IEC 60826. Pode-se dessa forma introduzir nos procedimentos de cálculo que efetivamente constarão de próxima revisão da NBR 5422 alguns dos conhecimentos adquiridos ao longo de um grande esforço promovido no Brasil para melhor conhecer os regimes eólicos, a nível nacional, e seus efeitos sobre o dimensionamento estrutural de LTs aéreas e conseqüentes níveis de segurança a serem esperados do empreendimento, Vale destacar que esforços desvinculados ou isolados têm enfatizado que os fatores de rajada no Brasil são superiores [3, 4, 5] aos que norteiam [2] e tal noção deve ser devidamente levada à consideração do foro adequado para discussões, de forma a não se perder uma oportunidade bem-vinda de elevação na qualidade e na direta aplicação da experiência brasileira adquirida sobre o assunto. Mesmo que as recomendações aqui contidas, no sentido de se majorarem as velocidades de vento de 8%, 12% e 16% para as regiões sul, sudeste e nordeste, respectivamente, as influências diretas sobre os pesos estruturais finais são mais atenuados pelo fato de os padrões de perfis dos elementos estruturais comercialmente disponíveis serem discretos. Na verdade, importa muito mais o fato de que se esteja executando um projeto mais afeito à realidade brasileira, desde que se conceda ao IT uma credibilidade proporcional aos esforços envidados na sua consecução.

9.0 - REFERÊNCIAS

- [1] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, "NBR 5422 - Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica – Procedimentos", 1985.
- [2] IEC – International Electro Technical Commission, "IEC 60826 - Design Criteria of Overhead Transmission Lines", Technical Committee n^o 11, Secretariats 27 & 28, Recommendations for Overhead Lines, Ed. 3, 2000.
- [3] RUFFIER, A.P.; et alli.- "Uma Avaliação de Influência do Método de Cálculo da Carga de Vento para o Dimensionamento de Estruturas de Linhas de Transmissão", XVII SNPTEE, 2003.
- [4] MENEZES Jr., et alli. - "Velocidades de Vento de Elevada Intensidade Ocorridas em Florianópolis e Passo Fundo - Um Enfoque Estatístico e Metodológico para Projetos de LTs", XVII SNPTEE, 2003.
- [5] CIGRÉ WORKING GROUP 22.06 – "Probabilistic Design of Overhead Transmission Lines", Cigre Brochure N^o 109, 1996.
- [6] ARAÚJO, M.R.P. et alli - "Modelo Matemático do Perfil Vertical do Vento através de Sistema Integrado de Coleta e de Tratamento de Dados", XVIII SNPTEE, 2005.

