



**XXIII SNTPEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GLT/11
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO - III

GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO - GLT

**LONGAS TRAVESSIAS AÉREAS DE RIOS - ESTUDOS ESPECÍFICOS,
LACUNAS NORMATIVAS, PROJETO ESTRUTURAL E LINHAS DE PESQUISA**

Leonardo Ney de Araújo Guerra Marte Engenharia	Sonia Maria Menezes Felix Marte Engenharia	Amauri A Menezes Batávia Engenharia
Juliana Nobre de Mello Motta Marte Engenharia	Carlos José de Paiva Silva Marte Engenharia	Luiz Carlos Mendes UFF
Juliana de Araujo Florencio Guimarães Marte Engenharia		

Nome Autor Responsável(*)

Nome Segundo Autor

Nome Terceiro Autor

RESUMO

As longas travessias de rios ocorridas ou planejadas na região amazônica vêm se constituindo num considerável desafio, levadas em conta as dimensões físicas dos empreendimentos, acrescidas das dificuldades especificamente pertinentes a obras nessa região. Este IT avalia parâmetros ambientais regionais, notadamente as quantificações da atividade eólica destrutiva local, as definições da densidade relativa do ar, fatores de correção atmosféricos e a intensidade da atividade cerâmica regional. Analisa também os procedimentos de coordenação de isolamento a tensões de 60 Hz e surtos de manobra, para determinação das distâncias de segurança, consideradas particularmente a segurança operacional que a obra requer. Como sinopse dos dados acima relatados, há os elementos de um projeto estrutural, para uma travessia sob LT de 230 kV e 140 MW, que detalha alguns pontos governantes. Para os níveis de tensão e potência citados tem-se a configuração com um cabo por fase como a mais usual. A fim de avaliar uma possível redução quanto à altura da torre, foi também estudada uma configuração com dois cabos por fase.

PALAVRAS-CHAVE

Travessias, otimização, coordenação de isolamento, cálculo estrutural, carregamento

1.0 - PARÂMETROS AMBIENTAIS

As iterações das LTs em análise com o meio ambiente receberam tratamento coerente com a sua importância. Assim é, que os valores dos seguintes parâmetros climáticos foi quantificada com base nos dados provenientes do Instituto Nacional de Meteorologia [1]: temperaturas médias e extremas, densidade relativa do ar, fatores de correção atmosféricos e nível cerâmico. Particularmente no que se refere aos fatores de correção atmosféricos, a sua inferência seguiu a metodologia de [2] acrescida dos avanços de abordagem apresentados em [3]. As velocidades do vento foram modeladas com as medições originadas do INMET e do antigo DEPV (Departamento de Eletrônica e de Proteção ao Voo, Ministério da Aeronáutica).

1.1 Velocidades do vento, 250 anos (10 minutos e 3 segundos), e para surtos de manobra

As velocidades extremas do vento seguiram o modelo estatístico de GUMBEL, por meio de máximos anuais, registrados ao longo de períodos que variavam de 4 até 17 anos de coleta. O fator de rajada da região adotado foi de 1,7 pu para tempo de média de 3 segundos, e 1,35 para velocidades de 30 segundos. Os coeficientes de variação das séries de máximos varia de 13 a 19%. Tais valores provêm de uma regionalização paramétrica levada a termo através de média ponderada pelo tempo de coleta de cada estação. O modelo de GUMBEL já se encontra em uso generalizado no Brasil há várias décadas e sua formulação, aqui omitida, pode ser encontrada detalhadamente descrita em [4]. Tradicionalmente, os surtos de manobra têm sido considerados no dimensionamento da distância de segurança associado a uma velocidade de vento com período de retorno de 2 anos e tempo de média de 30 segundos.

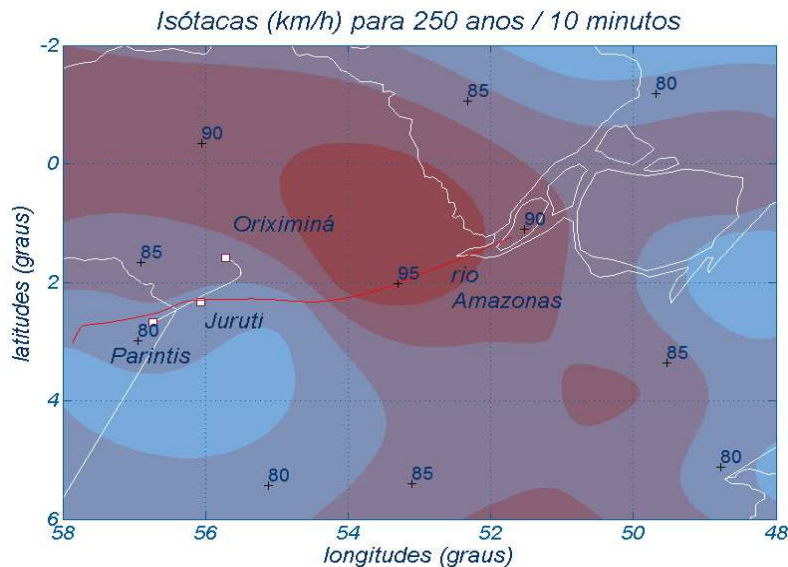


FIGURA 1- Isótacas para 250 anos / 10 minutos (km/h)

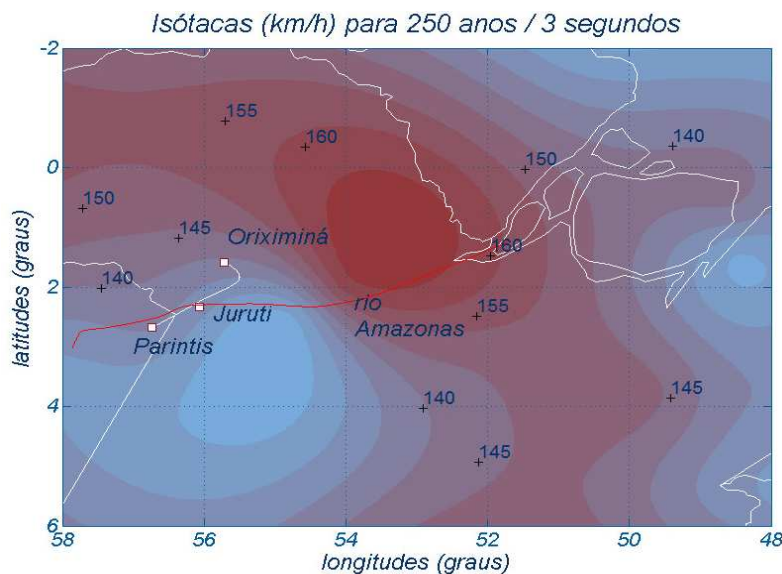


FIGURA 2 – Isótacas para 250 anos / 3 segundos (km/h)

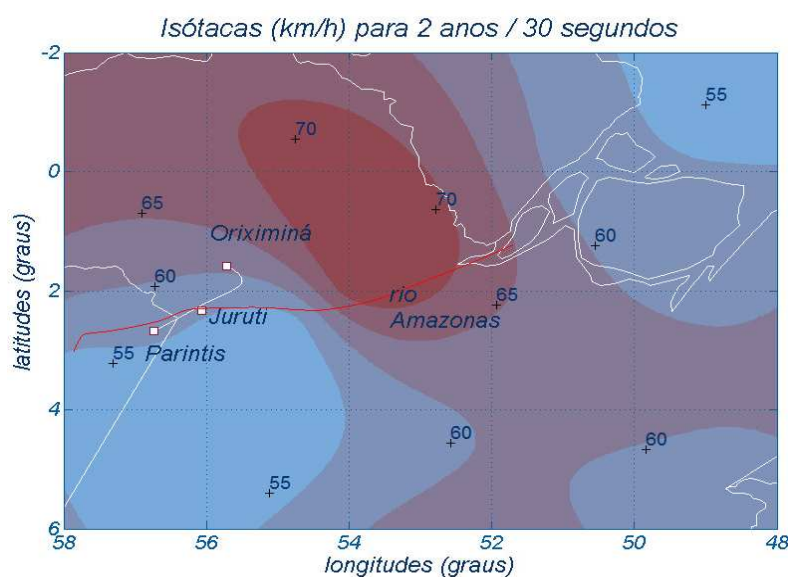


FIGURA 3 – Isótacas para 2 anos e 30 segundos (km/h)

Sobre a matéria, [5] descreve método para que que velocidades mais brandas sejam usadas, visto que uma velocidade que, na média, pode ocorrer pelo menos uma vez a cada 2 anos, simultaneamente com surtos de manobra, acena para a utilização de parâmetro associado a fenômeno bastante raro. Como alternativa, a citada referência sugere a metodologia que considera a distribuição estatística de WEIBULL como mais realista. O item 1.3 do IT aprofunda a controversa questão. Na determinação dos ventos prospectivos para seus variados tempos de média e períodos de retorno, foi usado o modelo:

$$V_T = V_m + s (Y - C_2) / C_1$$

onde

$$Y = -\ln [-\ln (1-1/T)]$$

V_T – velocidade do vento referida a um período de retorno de T anos

V_m – velocidade média da amostra de máximos anuais

C_1 e C_2 – coeficientes da distribuição de GUMBEL que dependem do número de elementos contidos na amostra (veja [1]). No desenvolvimento do citado método, os valores médios nas estações de coleta foram corrigidos pelo exposto em [6] que dá conta dos efeitos do excedente de turbulência constatada em dados anemométricos no Brasil. Isso certamente introduz um viés de prudência nos resultados finais de velocidades prospectivas, mas que é perfeitamente coerente com os poucos anos de coleta que inúmeras estações apresentam. Amostras de poucos anos (inferiores a 5 anos) resultam em inferências para 250 anos que não raro ultrapassam um intervalo de confiança de ± 20 km/h [7].

Os resultados apresentados nas Figuras 1 a 3 serão usados nas comparações de resultados de pressões unitárias sobre as torres e demais componentes da LT, segundo as orientações nas normas [4, 8 e 9], objeto do item 2.

1.2 Fatores de correção atmosféricos (60 Hz e de manobra) e índice ceráunico

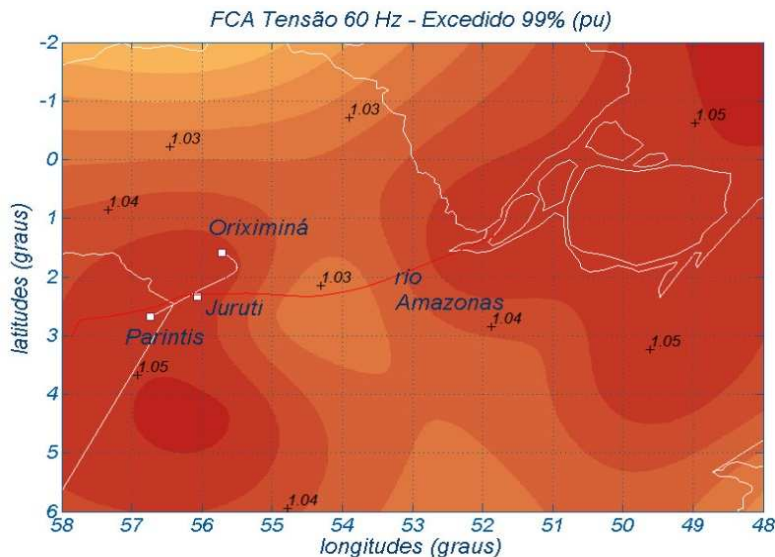


FIGURA 4- FCA para 60 Hz, excedido 99% do tempo

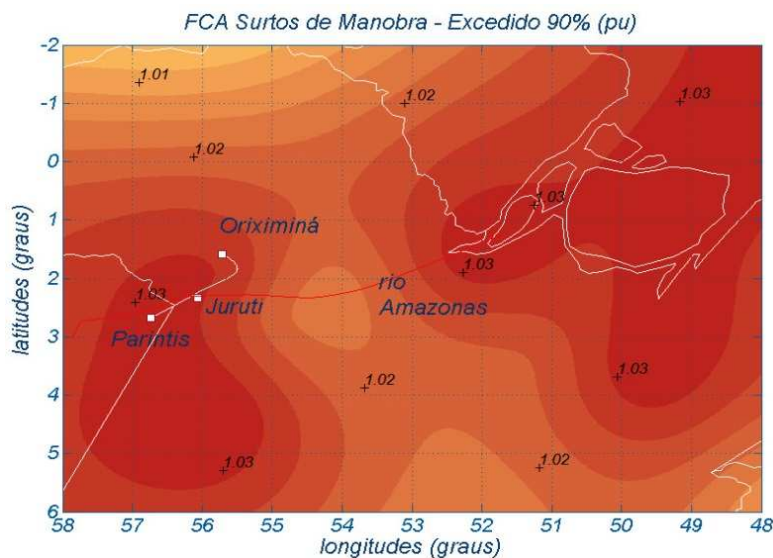


FIGURA 5 - FCA para manobras, excedido 90% do tempo

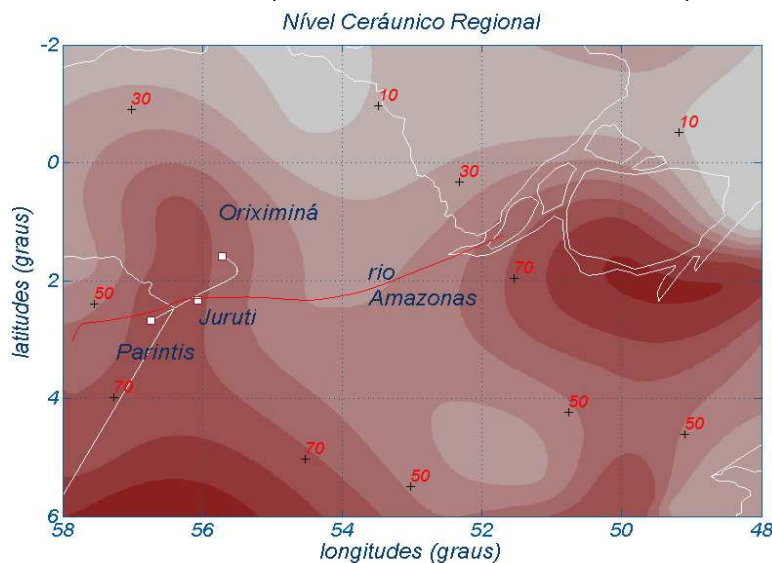


FIGURA 6 - Número de dias com tempestades na região norte

Analogamente ao que foi feito para as velocidades do vento, as demais variáveis ambientais influentes no dimensionamento estrutural foram objeto de avaliações estatísticas, tal como sugerem as mais atuais abordagens normativas. Nesse aspecto podem ser citadas: as temperaturas médias e extremas, as densidades relativas do ar, umidades relativa e absoluta, fatores de correção atmosféricos (FCAs), atividade ceráunica regional, dentre outros. Pela sua importância incontestável, as variáveis FCA para 60 Hz e de manobra, e os níveis ceráunicos regionais recebem aqui o destaque apropriado. A referência [2] descreve em detalhe a metodologia a ser seguida no cálculo dos FCAs, com particular foco sobre as tensões suportáveis de gapes em ar e respectivos fatores de gape. Mas foi em [3] que o salto de qualidade ocorreu, quando um sistemático cálculo com dados de inúmeras estações de coleta horária em aeroportos (Ministério da Aeronáutica), ao longo de 10 anos, proporcionou uma precisa avaliação dos momentos estatísticos (médias e desvios-padrão) necessários para as variáveis em análise. Os valores seguros de 99% e 90%, para os FCAs das Figuras 4 e 5, dão conta de variações espaciais e temporais a que essas variáveis estão sujeitas, além da discreta influência do comprimento do gape na quantificação dos FCAs. A determinação da atividade ceráunica nacional tradicionalmente se valeu de antigos mapas produzidos na UFRJ e reproduzidos em versões da NBR-5422. Mais atualmente, o ONS publicou um mapa específico e atualizado onde constam as densidades de descargas atmosféricas (descargas/km²/ano) que se relacionam com os níveis ceráunicos através de variadas formulações disponíveis na literatura específica, tais como as apresentadas a seguir:

$$\begin{aligned} \text{dens} &= 0,10 \text{ NC}, \text{ dens} = 0,20 \text{ NC} \\ \text{dens} &= 0,04 \text{ NC}^{1,25} \end{aligned}$$

dens - densidade de descargas
NC - nível ceráunico

Na determinação dos valores de NC para o presente trabalho, adotou-se a média das formulações indicadas anteriormente, face às incertezas inerentes ao fenômeno.

1.3 A distribuição de WEIBULL para coordenação de isolamento

Como já foi mencionado no item 1.1, há uma considerável tendência em inúmeros países de que velocidades do vento mais baixas do que aquelas definidas pela distribuição de GUMBEL (retorno de 2 anos) sejam adotadas para coincidirem com surtos de manobra. A motivação para tal medida resulta da associação de dois eventos raros: ventos fortes e surtos de manobra e da distribuição de GUMBEL estar usualmente calibrada para períodos de retorno em anos. Para períodos inferiores a 2 anos, a distribuição não é definida.

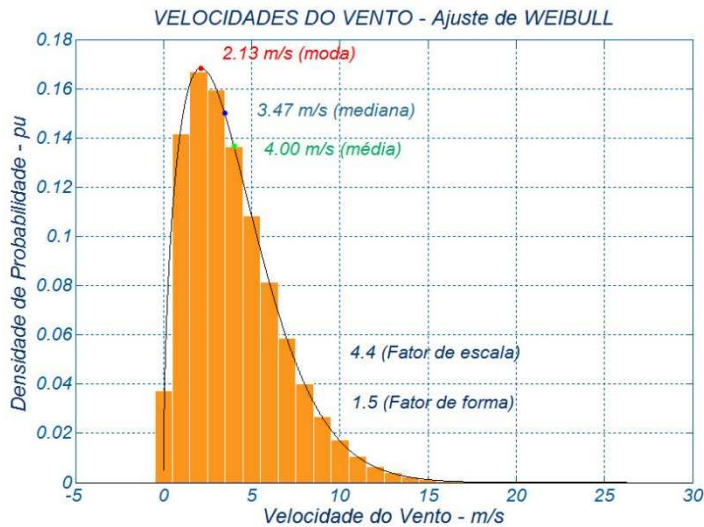


FIGURA 7 - Weibull para extremo máximo de velocidades nulas

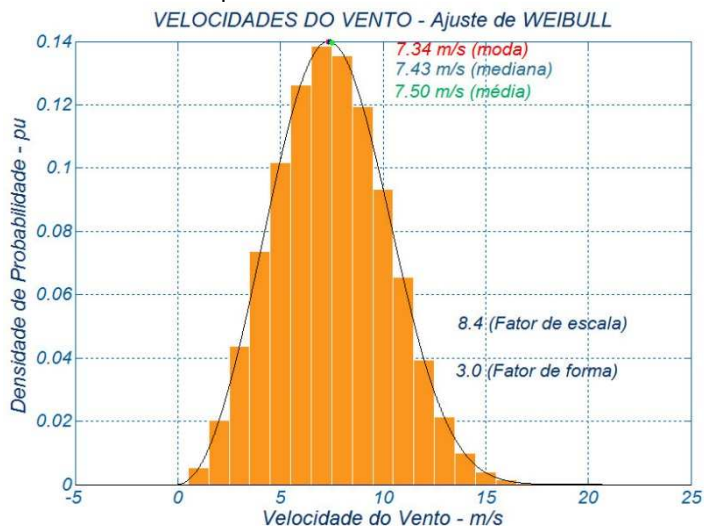


FIGURA 8 - Weibull para extremo mínimo de velocidades nulas

As FIGURAS 7 e 8 são representações gráficas das distribuições de Weibull para as regiões de casos extremos constantes da Tabela 1 (regiões norte e nordeste), enquanto que a Tabela 2 apresenta os resultados das velocidades do vento entre Gumbel e Weibull, esta última usando os valores máximos dos fatores de escala e $b = 2$.

As probabilidades de que essas velocidades sejam excedidas é de 5 % (outros valores podem ser cogitados). As velocidades dadas por Weibull estão coerentes com o que [5] sugere sobre o assunto. Pode-se ainda citar que surtos de energização e de religamento devem ter tratamentos diferenciados nessas modificações prospectivas de velocidades do vento, uma vez que as suas contingências de ocorrência são diferentes. Surtos de energização podem muito bem ser associados a velocidades mais baixas, enquanto que religamentos ocorrem, não raro, durante tempestades que causaram o desligamento.

Nesse último caso, enquanto houver escassez de reservas girantes no país, a necessidade de sucesso no religamento torna-se mandatória. No desenvolvimento do projeto aqui descrito, nenhuma redução no vento para surtos de manobra foi cogitada. O assunto deve ser ainda aprofundado por discussões de especialistas na matéria, antes que decisões de projeto propriamente ditas sejam tomadas. A colocação desse assunto no IT serve-se da notável oportunidade que o citado seminário oferece.

A abordagem alternativa implica a distribuição de WEIBULL que pode ser definida por: $W = 1 - \exp \{ -(x/a)^b \}$, onde:

W - função cumulativa da distribuição

a - fator de escala e b - fator de forma

Detalhes da sua utilização podem ser apreciadas em [5]. As primeiras dificuldades concentram-se na determinação dos fatores de escala e forma. A referência [5] dá algumas indicações de como migrar de GUMBEL para WEIBULL, mas tal não parece ser a melhor das alternativas. Especificamente para o Brasil, foi publicada [11] contendo informações bem mais precisas e que buscavam subsidiar projetos de Parques Eólicos. A citada publicação pode, no entanto, ser usada para benefício do projeto de LTs, na coordenação de isolamento.

TABELA 1 - Parâmetros de escala a e de forma b de Weibull (veja [11])

região	a (m/s)	b (pu)
NO	4,4 - 5,6	1,5 - 2,0
NE	4,5 - 8,4	2,0 - 3,0
CO	4,4 - 7,3	1,5 - 2,0
SE	5,1 - 7,9	2,0 - 2,5
SU	5,0 - 8,5	1,5 - 2,5

(valores de a referidos a 50 m de altura)

TABELA 2 - Comparação das velocidades para surtos de manobra (Gumbel e Weibull)

região	Gumbel 2 anos (km/h)	Weibull 95% (km/h)
NO	60	45
NE	65	60
CO	70	50
SE	75	50
SU	80	55

2.0 - NORMAS INTERNACIONAIS DISPONÍVEIS PARA DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

De forma a se alargar o espectro de investigações sobre as Normas de Projetos de LTs internacionalmente vigentes, foram escolhidas três das mais conhecidas e mais frequentemente em uso [4,8,9]. As duas primeiras utilizam velocidades do vento coletadas em 10 minutos e [9] se fundamenta em leituras de 3 segundos. Teoricamente, os três resultados deveriam ter certa convergência, na medida e que buscam carregamentos para ventos de rajada elevada (tempestades, frentes-frias ou sistemas associados). [4,8] multiplicam valores de velocidades do vento coletados em 10 minutos pelos seus fatores de rajada no entorno de 1,4-1,6, enquanto que [9] reduz os valores das pressões resultantes das velocidades coletadas em 3 segundos em cerca de 70-80%. A Tabela 3 resume a aplicação das normas citadas no projeto de travessia em curso. Foram contempladas três soluções de travessia, em termos da configuração dos condutores: 2xACCC (ULS Monte Carlo), 1xACCC (ULS) e 1xCALA/AACSR (UGS), assim como foram considerados dois cabos para-raios OPGW de um mesmo tipo (OPGW DUAL - tubo de aço inox em tubo de alumínio) em cada lado da estrutura, conforme dados dos cabos apresentados na Tabela 4. Ressalta-se que as trações do cabo para-raios OPGW foram definidas considerando-se que, para cada tipo de condutor, a flecha do cabo para-raios na condição EDS equivale 90% da flecha do cabo condutor na mesma condição. Esse tipo de condutor ACCC (Aluminum Conductor Composite Core) mostra-se promissor para utilização em longas travessias.

TABELA 3 - Valores das pressões devidas ao vento nos componentes da LT

2xACCC			
componente	IEC60826	EN50341	ASCE2014
	pressões (kgf/m ²)		
condutores	90	98	98
para-raios	92	101	100
isoladores	138	156	128
estruturas ¹	68-125	55-143	84-139
1xACCC			
componente	IEC60826	EN50341	ASCE2014
	pressões (kgf/m ²)		
condutores	92	102	101
para-raios	93	104	102
isoladores	141	159	130
estruturas ¹	68-129	54-148	82-142
1xCALA (AACSR)			
componente	IEC60826	EN50341	ASCE2014
	pressões (kgf/m ²)		
condutores	94	107	105
para-raios	95	109	106
isoladores	145	164	132
estruturas ¹	68-134	52-154	80-145

Nota 1: Valores a 10 m de altura e no topo da estrutura, para ventos atuando perpendicularmente à LT. As demais pressões referem-se às alturas específicas dos obstáculos. As tabelas seguintes apresentam um elenco de informações pertinentes à travessia em análise.

TABELA 4 - Dados dos condutores

condutores	diâmetro (mm)	peso unitário (kgf/m)	carga de ruptura (kgf)	tração EDS (%)	flecha EDS final (m)
2xACCC Monte Carlo	20,79	0,799	24.330	20	109
1xACCC	25,00	1,216	25.207	20	161
1xCALA	34,60	2,365	29.164	22	247

TABELA 5 - Dados do cabo OPGW

OPGW DUAL - tubo de aço inox em tubo de Alumínio	diâmetro (mm)	peso unitário (kgf/m)	carga de ruptura (kgf)
	24,3	2,260	41.339

TABELA 6 - Características da travessia

vão de vento (m)	1350
vão de peso (m)	2200
vão travessia (m)	2300

TABELA 7 – Principais dimensões das torres

Tipos de condutores	2xACCC	1xACCC	1xCALA (AACSR)
espaçamento horizontal entre fases/para-raios (m)	7,60	7,20	6,80
espaçamento vertical entre fases (m)	11,50	11,50	11,50
espaçamento vertical entre condutor e para-raios (m)	5,50	5,50	5,50
espaçamento entre os pés das torres (m)	46,0	46,0	56,6
altura máxima das torres (m)	216	268	352

3.0 – ANÁLISE DAS ESTRUTURAS

Foram calculadas as principais hipóteses de carregamentos (Tabela 8) com os dados apresentados no item 2.

TABELA 8 – Carregamentos aplicados nas mísulas

Carregamentos das torres de suspensão (kgf)										
condutores		2xACCC			1xACCC			1xCALA (AACSR)		
normas	item	IEC	EN	ASCE	IEC	EN	ASCE	IEC	EN	ASCE
condutores	1	7.898	8.613	8.548	4.985	5.533	5.415	6.922	7.877	7.663
	2	6.520	6.520	6.520	5.041	5.041	5.041	6.416	6.416	6.416
	3	4.674	4.674	4.674	3.622	3.622	3.622	6.639	6.639	6.639
para-raios	4	4.561	5.007	4.957	4.610	5.155	5.056	4.709	5.403	5.255
	5	17.519	17.519	17.519	11.861	11.861	11.861	7.731	7.731	7.731
	6	5.682	5.682	5.682	5.682	5.682	5.682	5.682	5.682	5.682

TABELA 9 - Nomenclatura da Tabela 8

1 e 4	Transversal (vento extremo)
2 e 5	Longitudinal (ruptura de fase/para-raios)
3 e 6	Vertical (vento extremo transversal)

Com tais dados, foi feita uma pré-análise para determinação dos pesos aproximados das estruturas de suspensão e ancoragem da linha de transmissão em questão, por meio de fórmulas empíricas desenvolvidas pela Bonneville Power Administration. Assim, estabeleceu-se uma relação com travessias já existentes, fazendo um cálculo iterativo entre as referências e as torres estudadas. Abaixo são apresentados na Tabela 10 os pesos totais das torres de suspensão:

TABELA 10 – Pesos totais

Pesos das torres de suspensão (kgf) (com perfis de cantoneiras)									
condutores	2xACCC			1xACCC			1xCALA (AACSR)		
normas	IEC	EN	ASCE	IEC	EN	ASCE	IEC	EN	ASCE
pesos totais (kgf)	252300	257700	271700	346500	347300	375100	661700	650200	714200

Para estudo completo de viabilidade das estruturas apresentadas, foi calculado o quantitativo com volume de fundações com base nas reações basais das torres. Não houve diferença desses volumes segundo a escolha da norma de vento. Logo, é apresentado na Tabela 11 o quantitativo por tipo de cabo adotado.

TABELA 11 – Quantitativo de fundação para as torres de suspensão

condutores	2xACCC	1xACCC	1xCALA (AACSR)
Volume de concreto (m³)	10,5	16	23
Número de estacas	10	14	18

Para ancoragens dos cabos foram utilizadas 2 torres de ancoragens em circuito simples com altura total de 62,5 m, fazendo assim a transição dos cabos especiais para os cabos regulares da linha. Essas torres de ancoragens não sofreram grandes variações de seus pesos devido à escolha do cabo (chegou-se aproximadamente ao peso de 42 tf para ambas), nem de variação de volume de suas fundações.

3.1 DIMENSIONAMENTO

De acordo com a configuração mais usual para o nível de potência, foi utilizado o cabo 1xACCC para dimensionamento da torre de suspensão. A norma de vento escolhida foi a EN 50341, que foi selecionada arbitrariamente, já que esta norma é de uso generalizado no sistema aéreo europeu.

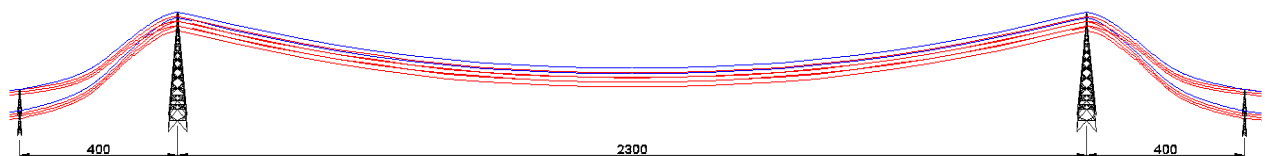


FIGURA 9 – Representação da travessia (vãos em metro)

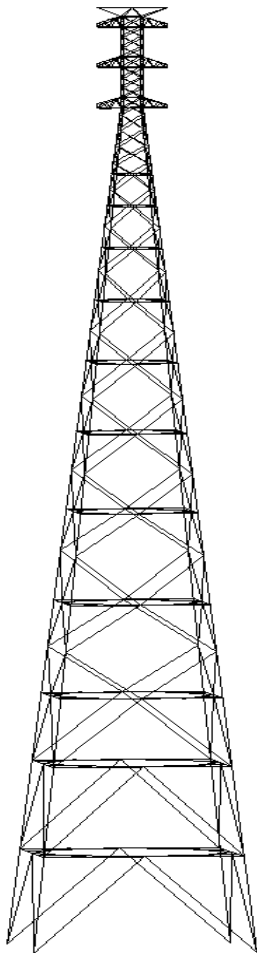


FIGURA 10 – Silhueta da modelagem da torre de suspensão

A torre foi modelada através dos programas de elementos finitos como perfis de cantoneiras (Tower) e como perfis tubulares (Strap). Para perfis cantoneiras adotou-se a norma ASCE 10-97 e para perfis tubulares a NBR 8800. A estrutura que utiliza perfis tubulares em vez de cantoneiras requer menos contraventamentos, já que as propriedades geométricas de componentes tubulares têm maior resistência à flambagem. Os travamentos secundários têm a função de reduzir o comprimento de flambagem nas torres de perfis de cantoneiras. Com o descarte da maior parte dessas peças secundárias numa geometria com perfis tubulares, o resultado é a obtenção de uma torre mais leve. A Figura 10 mostra a geometria da torre sem os travamentos secundários. Em cima desta geometria foram atribuídos esses travamentos para os 2 casos de torres separadamente. Portanto, a diferença entre as duas silhuetas está no travamento secundário. Tomando-se como referência a torre dimensionada em perfis tubulares e comparando-a com perfis de cantoneiras, a estrutura em perfis tubulares apresenta 35% de redução em peso do material para torre analisada. A geometria tubular também possibilita menores coeficientes de arrasto, resultando carga de vento inferior aplicada sobre a torre, submetendo-a menores esforços e deslocamentos. O dimensionamento do montante mais solicitado, considerando perfis de cantoneiras e perfis tubulares e utilizando o aço A572 GR60, está apresentado nas Tabelas 12 e 13 a seguir: (para nomenclaturas, ver acima as normas adotadas)

TABELA 12 – Dimensionamento do montante composto por cantoneira:

Perfil	Peso tf/m	A_l cm ²	A_g cm ²	r cm	L cm	λ_e	f_y MPa	N_c res. tf	N_t res. tf	N_c tf	N_t tf
4 L 152x152x12,7	0,116	121	148,4	6,4	550	86	414	363	510	310	105

TABELA 13 – Dimensionamento do montante composto por seção tubular:

D cm	t cm	Peso tf/m	A_g cm ²	I cm ⁴	r cm	L cm	f_y MPa	N_c resis. tf	N resi stf	N_c tf	N_t tf
32,4	1,0	0,081	101,4	12.476	11,1	700	414	302	428	263	118

As cargas de compressão (N_c) nos montantes das torres tubulares são menores devido ao menor peso da estrutura e do menor coeficiente de arrasto. Tendo a solda que une o flange ao perfil tubular um comprimento igual 2x largura da chapa, não há redução da seção efetiva $C_t = 1$. Sendo assim, mesmo com um perfil de área menor, a resistência à tração assume um valor significativo. Além do perfil tubular do montante apresentar um comprimento maior de flambagem, seu peso linear é 70% menor do que o do perfil composto de cantoneiras.

4.0 - CONCLUSÕES

1 - No que se refere aos cálculos estatísticos dos valores de DRAs e FCAs, para fins de projetos de LTs, [3] oferece uma modelagem apropriada. O aprimoramento da abordagem pode ser conseguida através da adição de um número mais expressivo de estações meteorológicas.

2 - Para avaliações futuras quanto às velocidades de vento que mais realisticamente possam ser adotadas nos cálculos de ângulos de balanço, a migração da distribuição de GUMBEL para a de WEIBULL pode ser subsidiada pelos dados práticos constantes de [11]. As decisões que envolvem surtos de manobra de energização e de religamento devem ser aprofundadas, de modo que as reais necessidades operacionais vigentes sejam atendidas. O item 1.3 deste IT apresenta exercícios numéricos, como exemplos factíveis.

3 - A utilização de extrapolações que contornem as limitações normativas de alturas máximas de suportes (60 m) devem sofrer avanços no sentido de que o perfil vertical do vento no caso de longas travessias seja levada a cabo com maior precisão. Nesse aspecto, há duas vertentes mais imediatas que podem ser adotadas: a) A instalação, a curto prazo, de anemômetros nas citadas instalações, em três alturas distintas (por exemplo, a 10 m, na altura média dos condutores e no topo das estruturas). Sistemas modernos de coleta podem promover leituras de velocidade e de direção a cada segundo e armazená-las local ou remotamente. b) Além disso, dados congêneres já coletados em parques eólicos, onde as alturas dos geradores atingem centenas de metros,, poderiam fazer parte de um acervo nacional, para que os objetivos aqui delineados sejam oportunamente atingidos.

Como extensão deste procedimento, LTs julgadas de importância mais estratégica poderiam similarmente ser dotadas do mesmo sistema de medidas eólicas aqui sugerido, de tal sorte que a experiência nacional no trato de velocidades extremas de vento ficasse aprimorado e consolidado. Rigorosamente, também problemas na abordagem da capacidade de transporte das LTs (ampacidade) poderiam ser beneficiadas pela adoção do sistema de coleta sugerido, com modelagens das baixas velocidades do vento e das direções dominantes.

4 -O pré-dimensionamento estrutural e a interface entre todas as áreas de um projeto básico é de suma importância para um projeto bem sucedido. Ciente disso, o IT explorou diversas estruturas, sendo os pesos destas estruturas executados por métodos de aceitação prática pelo senso comum. Após este estudo, esses pesos foram conferidos para a estrutura escolhida por meio de uma modelagem compatível com a precisão desejada, levando o processo à esperada definição da silhueta da estrutura. No dimensionamento verificou-se que a solução ótima foi obtida com a estrutura tubular, que apresentou melhor desempenho em relação às estruturas de cantoneiras,

com uma redução de 35 % de peso de material.

5 – Vele ainda ressaltar que os cabos tipo ACCC, ainda que se encontrando em fase internacional de desenvolvimento, mostram-se promissores para o seu uso em vãos longos, tal como é a travessia objeto do IT. Linhas de pesquisa sobre a matéria ensejarão as futuras escolhas ótimas.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) INMET – Instituto Nacional de Meteorologia – “Normais climatológicas” (1961-1990)
- (2) IEC 60060-1 – High Voltage Test Techniques, Part 1 – General Definitions and test requirements, 2010
- (3) 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
- (4) IEC – International Electrotechnical Commission, “IEC 60826 - Design Criteria of Overhead Transmission Lines”, Technical Committee n° 11, Secretariats 27 & 28, Recommendations for Overhead Lines, Ed. 3, 2000
- (5) CIGRÉ – Working Group B2.06, Tower Top Design Geometry and Mid Span Clearances, 2008
- (6) Silva Filho, J. I., Alves Menezes Jr, A., et alli, “Assessment of Environmental Statistics as an Accessible Breakthrough to Improve OHTLs Design”, Bienal CIGRÉ, 2006
- (7) Kendall, G.R. – Statistical Analysis of Extreme Values – First Canadian Hydrology Conference, July 1959
- (8) BS EN 50341-1: 2012, Overhead Electrical lines Exceeding AC 1 kV, BSI Standards Publication, part 1: General Requirements – Common Specifications, 2012
- (9) Guidelines for Electric Transmission Line Structural Loading, Third Edition, American Society of Civil Engineers (ASCE)
- (10) Mapa de Densidade de Descargas Atmosféricas, Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), 2011
- (11) Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, do Amarante, O.A.C, de Sá, A.L., et alli, Eletrobrás, Cepel, Ministério das Minas e Energia, 2011
- (12) Gabrielli, T. V.– “Análise do Comportamento Estrutural de Torres de Transmissão Tubulares”, UFOP, 2004.
- (13) ABNT NBR 8800 - Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios, 2008
- (14) ASCE 10-97 Design of Lattice Steel Transmission Structures, 1997

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

- Juliana Nobre de Mello Motta, Rio de Janeiro, 12/05/1984
Engenharia Civil (UFF, 2007), mestrado (UFF, 2011), doutoranda (UFF, 2014)
Empresas: Leme Engenharia e Marte Engenharia.
Experiência profissional no projeto de estruturas de Linhas de Transmissão, com trabalhos publicados no CIGRÉ
- Sonia Maria Menezes Felix, Rio de Janeiro, 18/06/1945
Engenharia Elétrica (PUC RJ, julho 1971), mestrado (Rensselaer Polytechnic Institute, 1972)
Empresas: Chesf, Monasa, Iesa e Marte Engenharia.
Experiência profissional no projeto de linhas de transmissão, com trabalhos publicados no CIGRÉ e SNPTEE
- Juliana de Araujo Florencio Guimarães, Rio de Janeiro, 15/07/1985
Engenharia Civil (Universidade Veiga de Almeida, 2014)
Empresas: Construtora Augusto Velloso, Beton Stahl e Marte Engenharia
Experiência profissional em projeto de fundação para Linhas de Transmissão
- Leonardo Ney de Araújo Guerra, Rio de Janeiro, 01/09/1983
Engenharia Elétrica (UFRJ, 2006), mestrado (COPPE, 2009)
Empresas: Isolux e Marte Engenharia
Experiência profissional no projeto de linhas de transmissão, com trabalhos publicados no CIGRÉ e SEPOPE
- Luiz Carlos Mendes, Rio de Janeiro, 12/02/1959
Engenharia Civil (UFF, 1981), mestrado (UFF, 1986), doutorado (COPPE, 1993)
Empresa: UFF
- Amauri Alves Menezes Jr, Rio de Janeiro, 15/07/1944
Engenharia Elétrica (UFRJ, 1968), mestrado (Rensselaer Polytechnic Institute, 1969)
Empresas: CHESF, ELETROBRÁS, CEPEL e BATÁVIA Engenharia e Consultoria.
Experiência profissional no projeto de LTs, com trabalhos publicados no CIGRÉ (7), IEEE (1) e SNPTEE (22)