

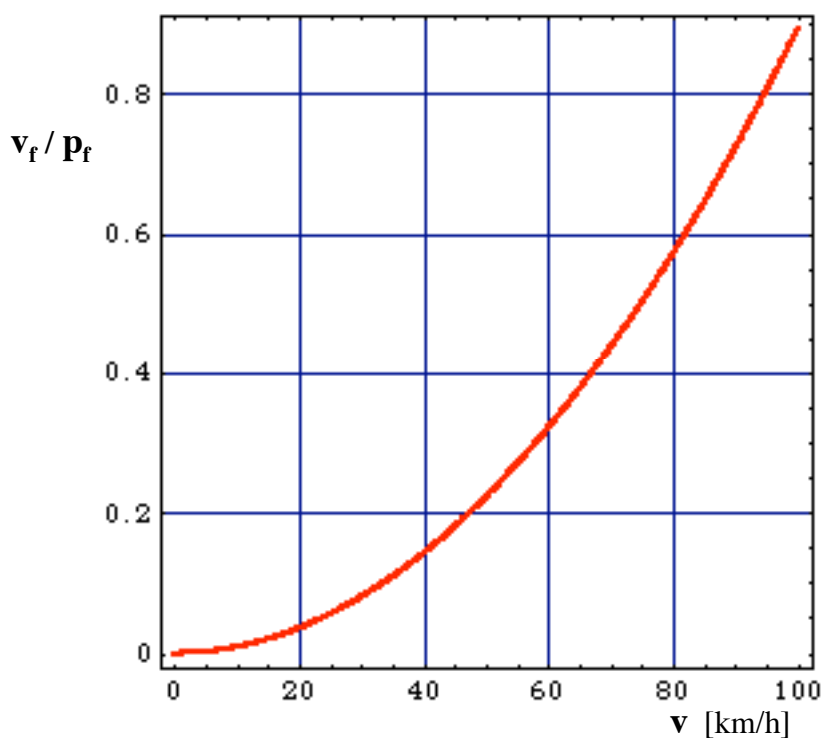
DT513

Análise exemplificativa de aspectos conceituais das linhas de transmissão das três alternativas constantes do documento R1 relativo à integração das Usinas de Santo Antônio e Jirau

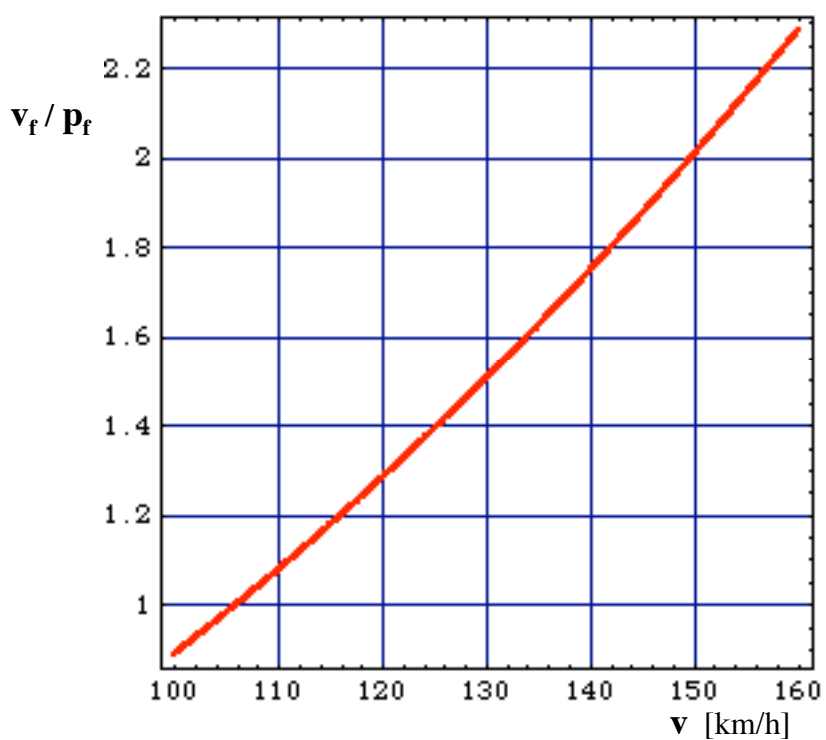
1- Introdução

Neste documento, comenta-se, a título exemplificativo, aspectos conceituais das linhas de transmissão das três alternativas constantes do documento R1 relativo à integração das Usinas de Santo Antônio e Jirau, disponibilizado no site da EPE [1].

[1] COMPLEXO HIDRELÉTRICO DO RIO MADEIRA – ESTUDOS DE INTEGRAÇÃO – Usinas de Santo Antônio e Jirau – 26/03/08, 87 p.

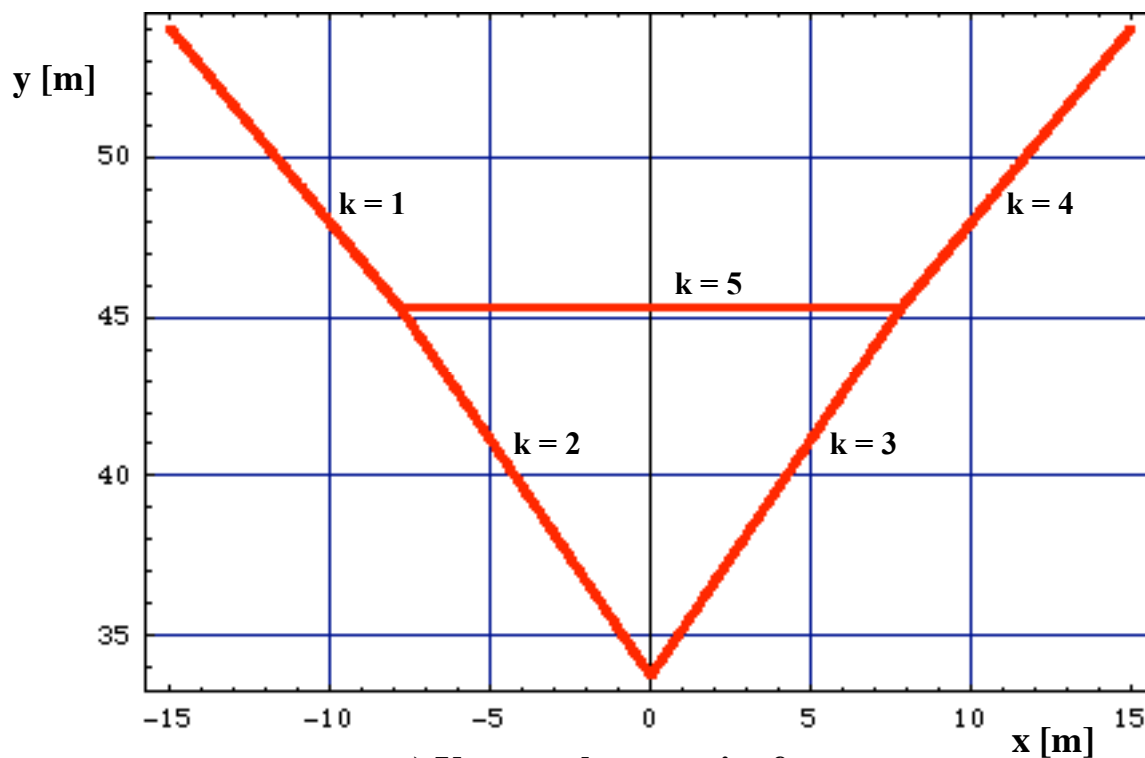


a) $v \leq 100$ km/h



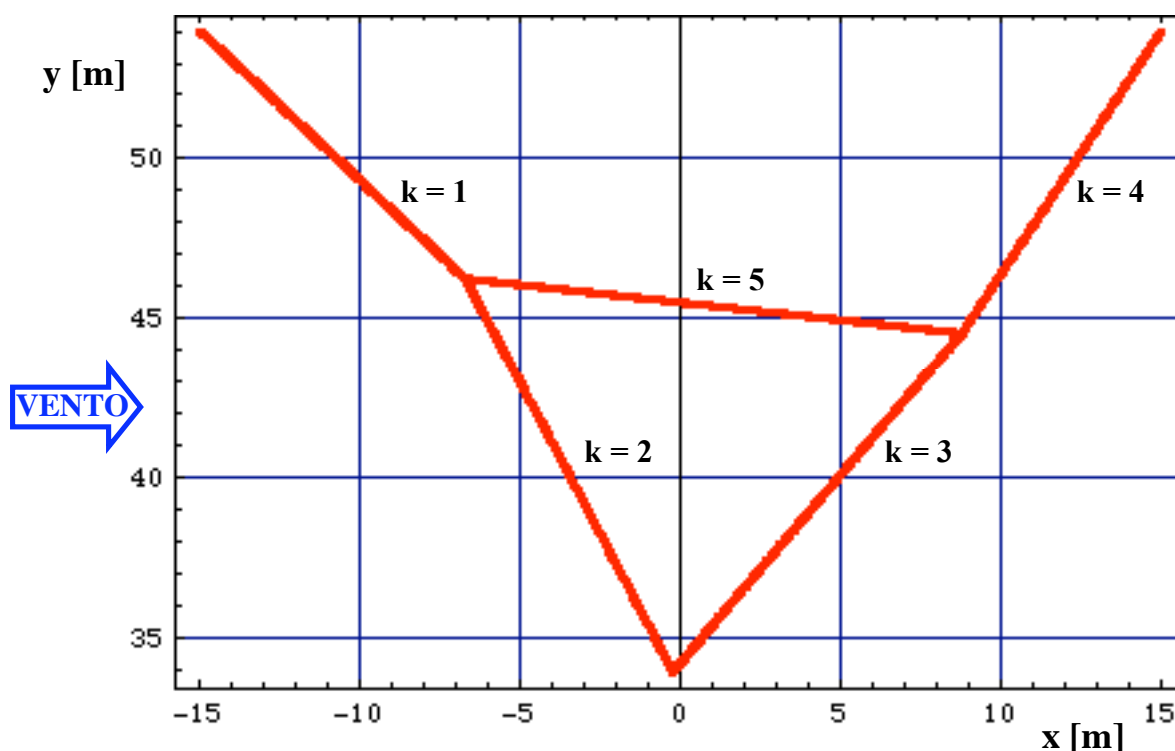
b) $100 \text{ km/h} \leq v \leq 160 \text{ km/h}$

Fig. 2 – Relação, v_f / p_f , entre a força, v_f , do vento (suposto estacionário, horizontal e perpendicular à diretriz da linha), no feixe de uma fase, e o peso, p_f , do feixe de uma fase, em função da velocidade do vento, v , para a linha representada na Fig. 1 .



a) Vento nulo ou muito fraco.

Fig. 3 – Disposição esquemática dos cabos e cadeias de isoladores de sustentação dos feixes de fase, para vento nulo ou muito fraco, para a linha representada na Fig. 1 . O parâmetro k (de 1 a 5) identifica os cinco conjuntos de cadeia de isoladores e cabos que sustentam os feixes de cabos condutores das três fases.



b) Vento da ordem de 82 km/h.

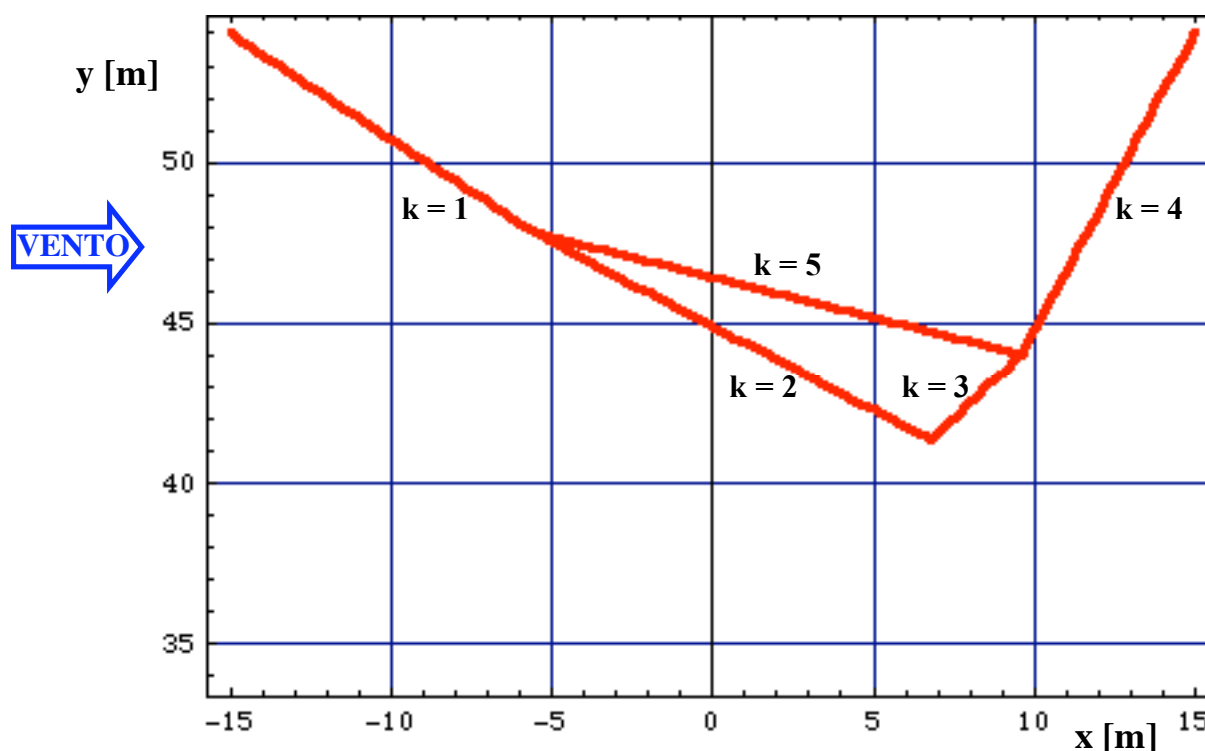
Fig. 4 – Disposição esquemática dos cabos e cadeias de isoladores de sustentação dos feixes de fase, para uma hipótese exemplificativa de deslocamento dos condutores, suposta traduzida pela relação, v_f / p_f , entre a força, v_f , do vento (suposto estacionário, horizontal e perpendicular à diretriz da linha), no feixe de uma fase, e o peso, p_f , do feixe de uma fase, para velocidade do vento, v , da ordem de 82 km/h, para a linha representada na Fig. 1, mas supondo que eventuais forças de compressão (longitudinal) não originam deformação de cabos e cadeias que suportam os feixes das fases, o que traduz um afastamento da realidade física nas condições da Fig. 4 (b).

Para que não ocorresse compressão em cabos e cadeias a relação v_f / p_f deveria ser inferior a cerca de 0,53 nas condições do gráfico b). Todavia, nas hipóteses do exemplo, essa relação é cerca de 0,60 e ter-se-ia uma força de compressão nos isoladores e cabos entre duas das fases da ordem de 0,064 vezes o peso de um feixe por vão (para solo plano e horizontal, vãos idênticos e segundo a mesma diretriz dos dois lados da estrutura), o que, para vão 500 m, corresponderia a uma força de compressão da ordem de 9,1 kN. Portanto, nas condições do exemplo, para o vento considerado, a hipótese de não ocorrerem forças de compressão em cabos e cadeias já não é aplicável, e haveria risco de danificação de cadeia de isoladores.

Cabe notar que se admitiu algumas hipóteses para possibilitar a obtenção de valores numéricos exemplificativos, o que implica numa margem de tolerância, moderada, entre a “eventual realidade” e os valores numéricos indicados. Por exemplo, os resultados dependem da hipótese de tensionamento de estais.

Para vãos de 500 m, em solo plano horizontal, no mesmo alinhamento, tem-se, nas hipóteses consideradas, as seguintes forças longitudinais, f_k , nos cinco conjuntos de cadeias de isoladores e cabos representados na figura (considerando valores positivos para tração, e negativos para compressão), na sequência dos números de identificação, k , constantes da figura:

$$f_1 = 451,4 \text{ kN} \quad f_2 = 167,9 \text{ kN} \quad f_3 = -9,1 \text{ kN} \quad f_4 = 139,1 \text{ kN} \quad f_5 = 167,8 \text{ kN}$$



c) Vento da ordem de 110,5 km/h.

Fig. 5 – Disposição esquemática dos cabos e cadeias de isoladores de sustentação dos feixes de fase, para uma hipótese exemplificativa de deslocamento dos condutores, para a linha representada na Fig. 1, supondo:

- Deslocamento suposto definido pela relação, v_f / p_f , entre a força, v_f , do vento (suposto estacionário, horizontal e perpendicular à diretriz da linha), no feixe de uma fase, e o peso, p_f , do feixe de uma fase, para velocidade do vento, v , da ordem de 110,5 km/h.
- Que os cabos e cadeias que suportam os feixes das fases não originam forças que impeçam ou atenuem a redução do respectivo comprimento, por meio de forças de compressão (longitudinal).

Nas condições do exemplo da Fig. 5, ocorre uma redução muito importante da distância entre as extremidades do conjunto de cadeia de isoladores e cabos identificado, na figura, por $k = 3$, que passa de 13,9 m (em condições normais) para 3,9 m (nas hipóteses da Fig. 5), com risco de danificação da cadeia de isoladores identificada por $k = 3$, de pancadas entre as cadeias de isoladores identificadas por $k = 2$ e $k = 5$, com risco de danificação das mesmas, e de curto-circuito entre fases. Na Fig. 5 a cadeia e cabos identificados por $k = 3$ são representados esquematicamente por um segmento de reta entre as respectivas extremidades.

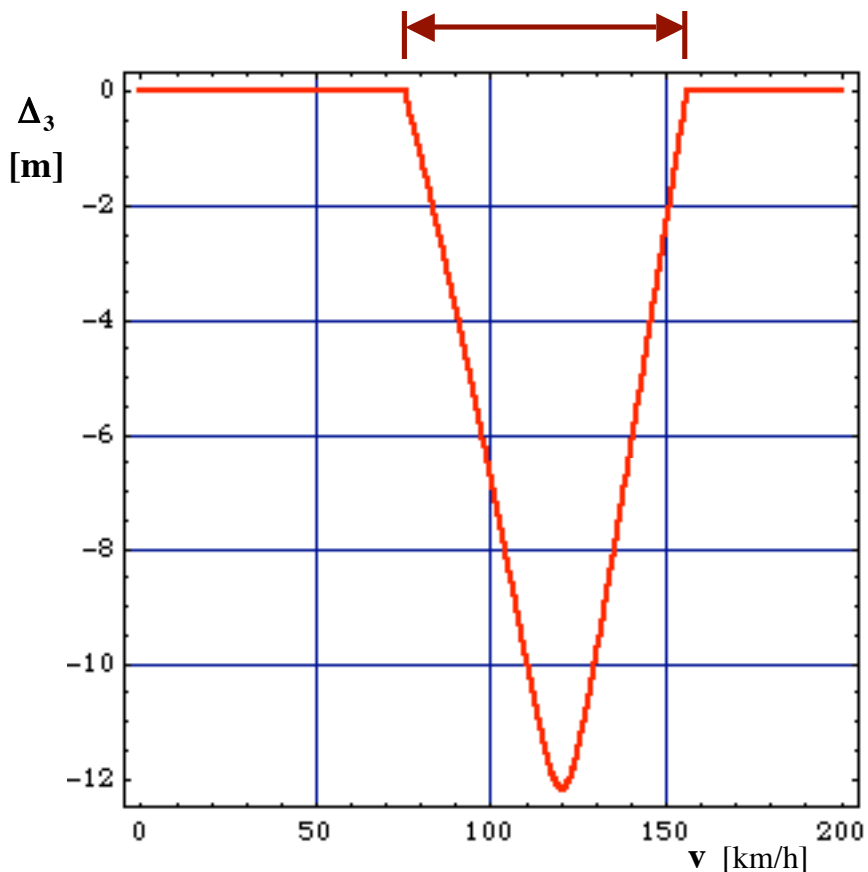


Fig. 6 – Diferença, Δ_3 , entre a distância entre os centros dos feixes das fases ligadas pelo conjunto cadeia de isoladores e cabos de ligação identificado por $k = 3$ na Fig. 5 e o comprimento do mesmo conjunto quando tensionado em condições normais.

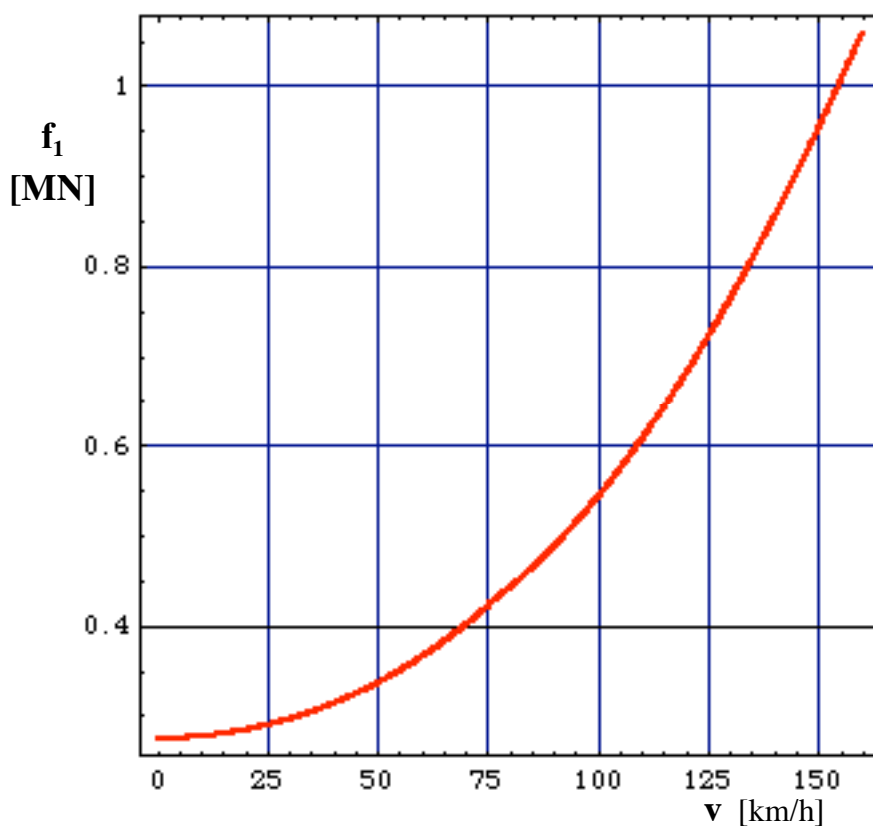


Fig. 7 – Força de tração, f_1 , no conjunto cadeia de isoladores e cabos de ligação identificado por $k = 1$ na Fig. 5, em função da velocidade do vento, v , nas hipóteses consideradas, para vãos de 500 m.

A gama de valores de velocidade de vento, v , em que a diferença Δ_3 , representada na Fig. 6, é negativa, traduz condições em que o conjunto identificado por $k = 3$ pode ser danificado mecanicamente, além de outros eventuais efeitos indesejáveis, já mencionados. Nota-se que, parcialmente sobreposta com a situação específica analisada, foram detectadas outras condições de perturbação mecânica, que não são aqui comentadas especificamente.

A gama de velocidade de vento em que ocorre a condição desfavorável mencionada, nomeadamente com risco de danificação de cadeia de isoladores, representada em vermelho escuro na Fig. 6, é da ordem de

$$75,4 \text{ km/h} \leq v \leq 156,3 \text{ km/h}$$

Trata-se de condições de vento que, pelo menos em muitas regiões do Brasil, têm probabilidade de ocorrência significativa. Salvo análise específica muito cuidadosa que permita assegurar que, no traçado da linha, é seguro admitir que a linha não será submetida a ventos com esse nível de severidade, afigura-se necessário rever e em princípio corrigir a concepção construtiva deste tipo de linhas.

A Fig. 7 evidencia que, para ventos fortes ortogonais à diretriz da linha, as forças de tração num dos conjuntos de cadeias de isoladores são elevadas, em virtude de, devido à concepção da linha, esse conjunto suportar (para ventos fortes) uma força de tração da ordem de grandeza da resultante do peso e forças do vento no conjunto dos feixes das três fases da linha.

A análise exemplificativa apresentada nas Figs. 2 a 7, embora muito simples, evidencia alguns aspectos importantes da solução construtiva da concepção de linhas de 765 kV selecionada no documento R1, nomeadamente:

- O limite de velocidade de vento correspondente a não ocorrência de forças de compressão em cabos e cadeias que suportam os feixes das fases é relativamente baixo, e, por exemplo, vento da ordem de 80 km/h (nas condições indicadas acima) pode originar compressão de cadeias de isoladores e danificação da linha.

Nota-se que as linhas do sistema de transmissão de Itaipu foram projetadas para velocidades de vento bastante superiores (e bastante superiores aos limites impostos pelas normas brasileiras) e, mesmo assim, em parte do traçado das mesmas, ocorreram danificações das linhas que, na opinião do signatário, evidenciam que seria desejável critério de projeto considerando velocidades de vento razoavelmente superiores ao que foi adotado no sistema de transmissão de Itaipu (considerando a informação disponível hoje, com mais dados que a disponível quando foi efetuado o projeto).

Afigura-se que a eventual adoção das hipóteses de vento consideradas, explícita ou implicitamente, na seleção de concepção e de parâmetros usados no documento R1, nomeadamente para a alternativa de linhas de corrente alternada, 765 kV, exigiria informação muito segura, baseada em levantamentos específicos, por período bastante longo e com metodologias bastante mais pormenorizadas que as usadas tradicionalmente no Brasil, e em análise estatística muito cuidadosa dos condicionamentos de vento na região atravessada pela linha, considerando, inclusivamente, características multi-modais dos condicionamentos meteorológicos de vento.

Uma vez que, muito provavelmente, não se verifica a condição mencionada no parágrafo anterior, afigura-se fortemente aconselhável uma revisão das hipóteses de vento consideradas, explícita ou implicitamente, no documento R1, e, conseqüentemente, uma alteração de concepção e de parâmetros usados das linhas selecionadas no documento R1.

- Mesmo velocidades de vento não muito elevadas originam o deslocamento do conjunto das três fases, inclusivamente com componentes associadas a rotação do conjunto, e com “amplitude” elevada. Por exemplo, nas hipóteses consideradas na Fig. 4, as alterações de posição dos “pontos” de suspensão das fases, em relação à condição de ausência de vento, são:

1,46 m 0,33 m 1,21 m

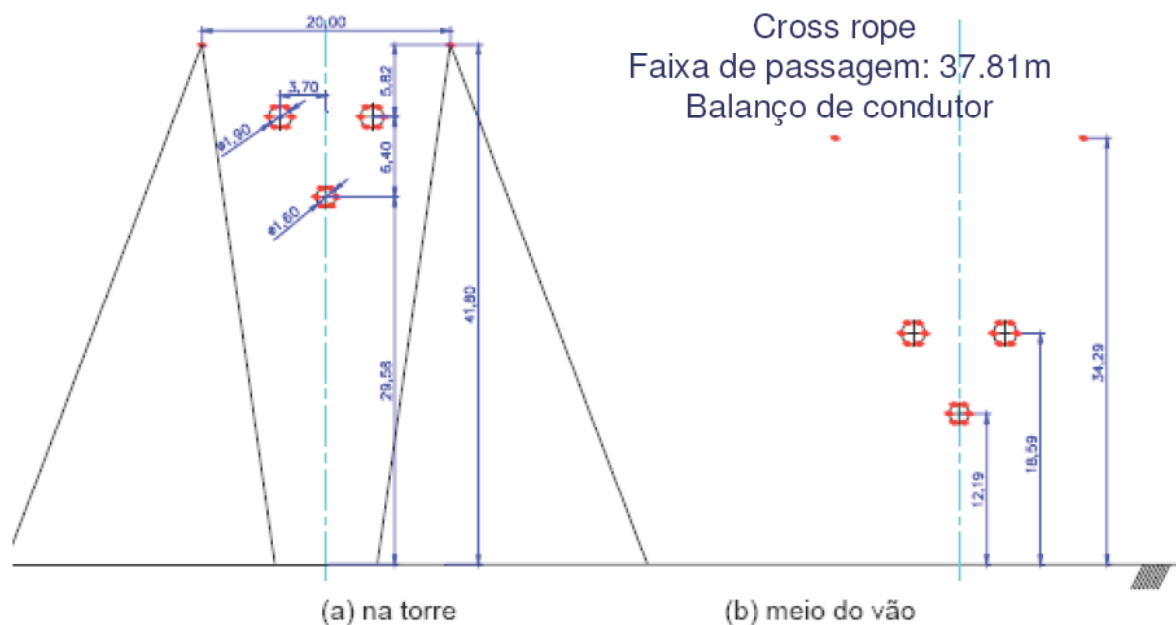
Uma vez que se trata de deslocamentos bastante diferentes dos deslocamentos para os quais são tradicionalmente projetados os amortecedores, e que, eventualmente, nas condições reais de vento, podem estar associados a, ou desencadear, modos de vibração de efeitos indesejáveis, para a segurança da linha, afigura-se que a concepção selecionada no documento R1 aconselha fortemente a análise cuidadosa do assunto, com verificações relativas aos “*modos*” de vibração mecânica e de movimento global dos feixes das três fases e eventuais riscos associados a esses modos, quanto a segurança e confiabilidade da linha.

- Para ventos fortes ortogonais à diretriz da linha, as forças de tração num dos conjuntos de cadeias de isoladores são elevadas, em virtude de, devido à concepção da linha, esse conjunto suportar (para ventos fortes) uma força de tração da ordem de grandeza da resultante do peso e forças resultantes do vento no conjunto dos feixes das três fases da linha.

3– Linhas de 500 kV

Reproduz-se, na Fig. 8, a página 14 do documento R1.

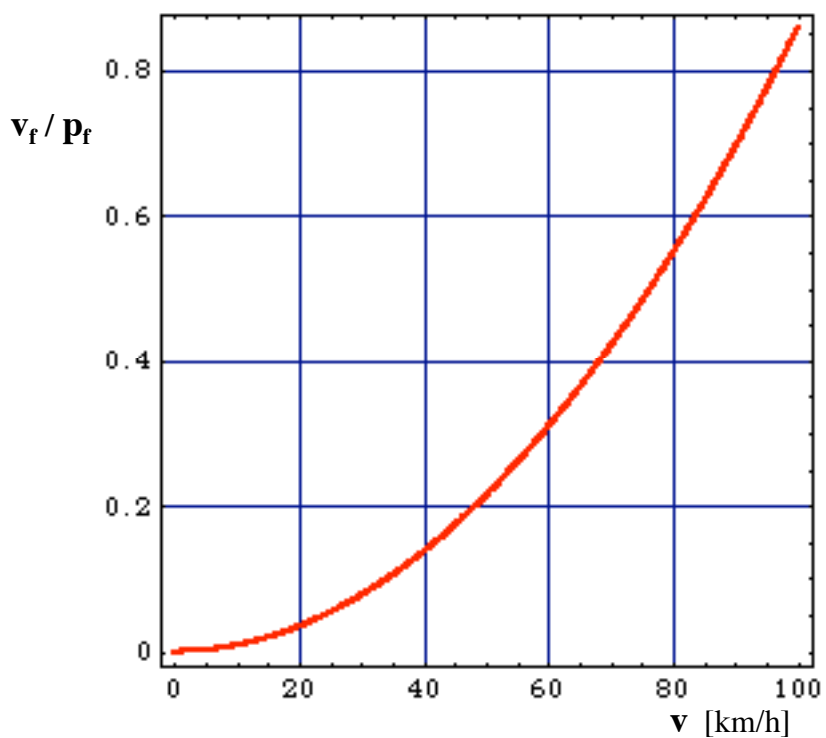
ESCOLHA DO CONDUTOR E DA CONFIGURAÇÃO DAS LT 500 kV CA - 1575 MW



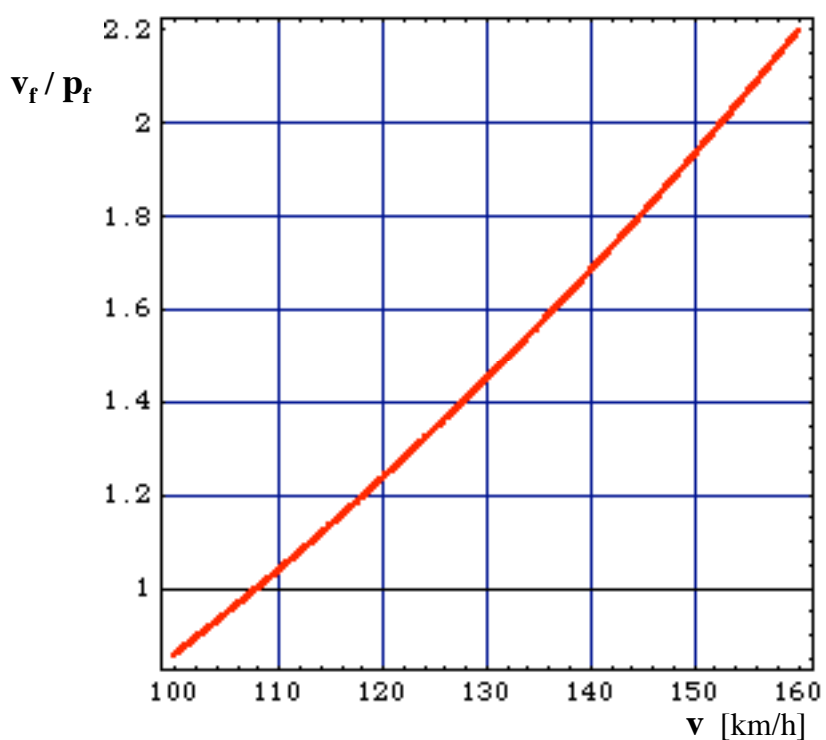
38 condutores estudados com bitolas variando entre 477 MCM e 2515 MCM

6 x 1033 MCM/ fase (Ortolan)

Fig. 8 – Linha de 500 kV selecionada para a variante de transmissão híbrida, segundo página 14 do documento R1.



a) $v \leq 100$ km/h



b) $100 \text{ km/h} \leq v \leq 160 \text{ km/h}$

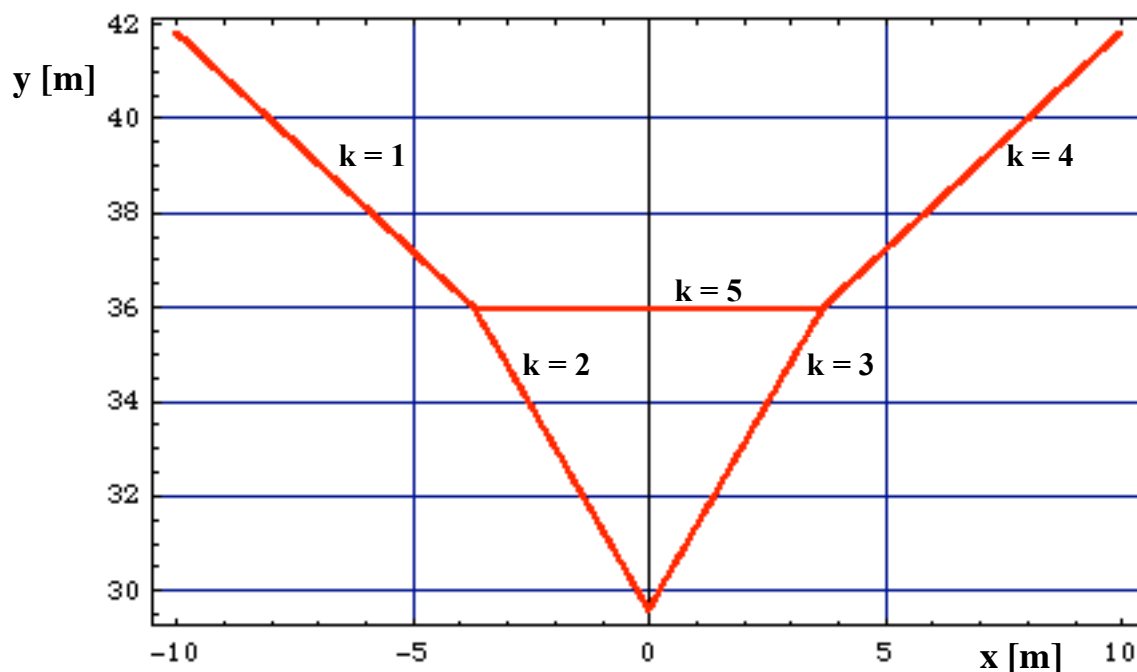
Fig. 9 – Relação, v_f / p_f , entre a força, v_f , do vento (suposto estacionário, horizontal e perpendicular à diretriz da linha), no feixe de uma fase, e o peso, p_f , do feixe de uma fase, em função da velocidade do vento, v , para a linha representada na Fig. 8.

A Fig. 9, relativa à linha de 500 kV representada na Fig. 8, é bastante similar à Fig. 2, relativa à linha de 765 kV representada na Fig. 1. A pequena diferença resulta de os cabos usados nos feixes das duas linhas serem ligeiramente diferentes, designadamente com seção total 517 mm^2 para as linhas de 765 kV e 560 mm^2 para as linhas de 500 kV. Em consequência, para igual velocidade de vento, há uma pequena diferença da relação entre a força horizontal originada pelo vento e a força vertical originada pelo peso, para os dois tipos de linha (para hipóteses análogas de cálculo).

Por outro lado, as concepções mecânicas das linhas de 765 kV e de 500 kV em causa são similares (com pequenas diferenças de “distâncias” resultantes da diferença de tensão).

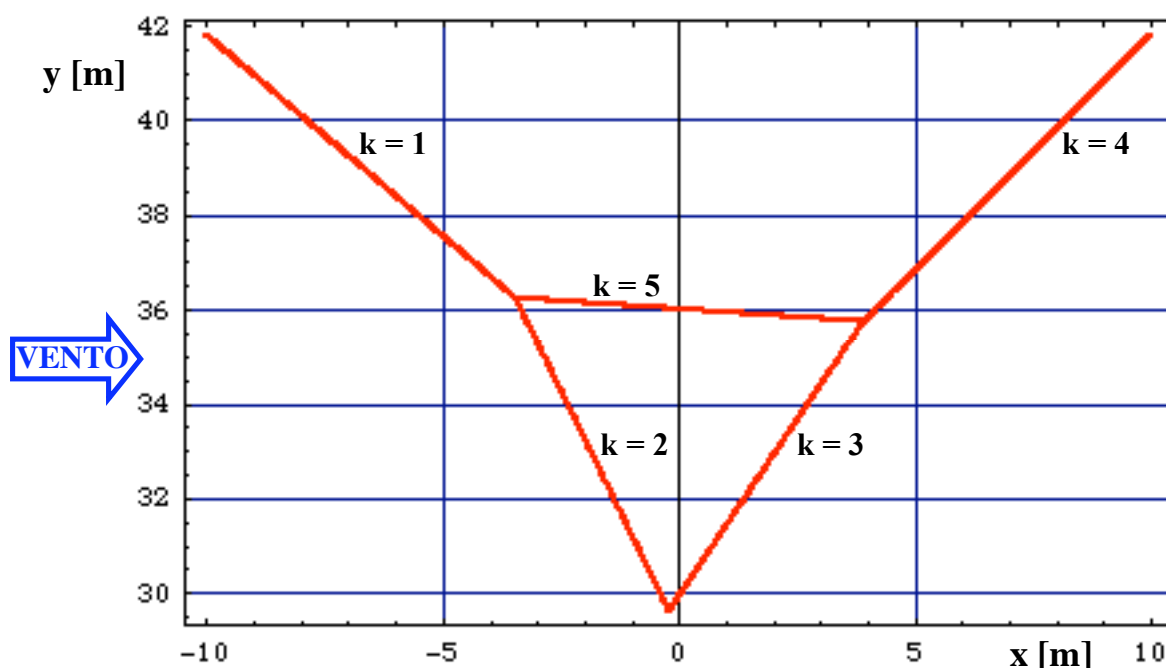
Portanto, em termos do objetivo desta análise, que é, tão somente, identificar condicionamentos significativos de concepção das linhas, e eventuais riscos correlatos, os comentários apresentados no item 2, a respeito da concepção da linha de 765 kV constante do documento R1, aplicam-se, também, à concepção da linha de 500 kV constante de R1, praticamente sem modificações qualitativas e, naturalmente, com alterações quantitativas moderadas.

Apenas com o intuito de verificação e facilidade comparativa, apresenta-se, nas páginas seguintes, para a alternativa de linhas de 500 kV de R1, uma análise essencialmente análoga à apresentada no item 2 a respeito da alternativa de linhas de 765 kV de R1.



a) Vento nulo ou muito fraco.

Fig. 10 – Disposição esquemática dos cabos e cadeias de isoladores de sustentação dos feixes de fase, para vento nulo ou muito fraco, para a linha representada na Fig. 8. O parâmetro k (de 1 a 5) identifica os cinco conjuntos de cadeia de isoladores e cabos que sustentam os feixes de cabos condutores das três fases.



b) Vento da ordem de 82 km/h.

Fig. 11 – Disposição esquemática dos cabos e cadeias de isoladores de sustentação dos feixes de fase, para uma hipótese exemplificativa de deslocamento dos condutores, suposta traduzida pela relação, v_f / p_f , entre a força, v_f , do vento (suposto estacionário, horizontal e perpendicular à diretriz da linha), no feixe de uma fase, e o peso, p_f , do feixe de uma fase, para velocidade do vento, v , da ordem de 82 km/h, para a linha representada na Fig. 8, mas supondo que eventuais de forças de compressão (longitudinal) não originam deformação de cabos e cadeias que suportam os feixes das fases, o que traduz um afastamento da realidade física nas condições da Fig. 11 (b).

Para que não ocorresse compressão em cabos e cadeias a relação v_f / p_f deveria ser inferior a cerca de 0,49 nas condições do gráfico b). Todavia, nas hipóteses do exemplo, essa relação é cerca de 0,58 e ter-se-ia uma força de compressão nos isoladores e cabos entre duas das fases da ordem de 0,088 vezes o peso de um feixe por vão (para solo plano e horizontal, vãos idênticos e segundo a mesma diretriz dos dois lados da estrutura), o que, para vão 500 m, corresponderia a uma força de compressão da ordem de 13,5 kN. Portanto, nas condições do exemplo, para o vento considerado, a hipótese de não ocorrerem forças de compressão em cabos e cadeias já não é aplicável, e haveria risco de danificação de cadeia de isoladores.

Cabe notar que se admitiu algumas hipóteses para possibilitar a obtenção de valores numéricos exemplificativos, o que implica numa margem de tolerância, moderada, entre a “eventual realidade” e os valores numéricos indicados. Por exemplo, os resultados dependem da hipótese de tensionamento de estais.

Para vãos de 500 m, em solo plano horizontal, no mesmo alinhamento, tem-se, nas hipóteses consideradas, as seguintes forças longitudinais, f_k , nos cinco conjuntos de cadeias de isoladores e cabos representados na figura (considerando valores positivos para tração, e negativos para compressão), na seqüência dos números de identificação, k , constantes da figura:

$$f_1 = 514,0 \text{ kN} \quad f_2 = 183,0 \text{ kN} \quad f_3 = -13,5 \text{ kN} \quad f_4 = 179,7 \text{ kN} \quad f_5 = 223,6 \text{ kN}$$

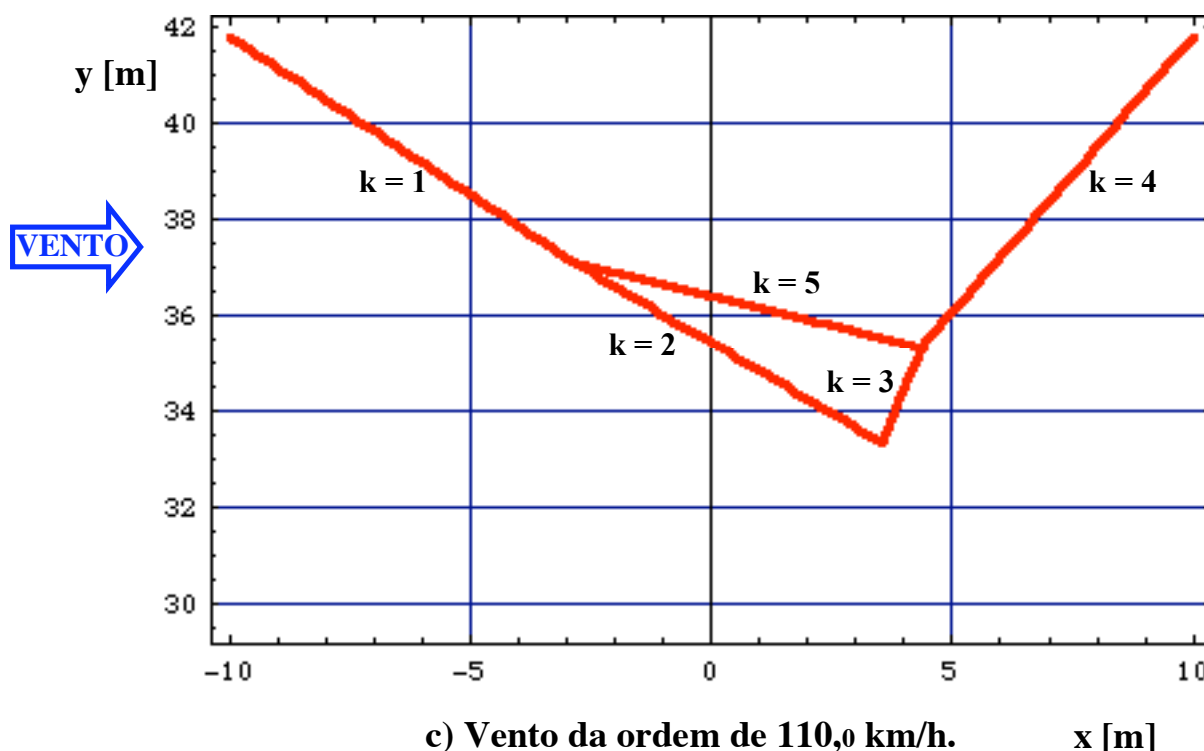


Fig. 12 – Disposição esquemática dos cabos e cadeias de isoladores de sustentação dos feixes de fase, para uma hipótese exemplificativa de deslocamento dos condutores, para a linha representada na Fig. 8, supondo:

- Deslocamento suposto definido pela relação, v_f / p_f , entre a força, v_f , do vento (suposto estacionário, horizontal e perpendicular à diretriz da linha), no feixe de uma fase, e o peso, p_f , do feixe de uma fase, para velocidade do vento, v , da ordem de 110,0 km/h.
- Que os cabos e cadeias que suportam os feixes das fases não originam forças que impeçam ou atenuem a redução do respectivo comprimento, por meio de forças de compressão (longitudinal).

Nas condições do exemplo da Fig. 12, ocorre uma redução muito importante da distância entre as extremidades do conjunto de cadeia de isoladores e cabos identificado na figura por $k = 3$, que passa de 7,39 m (em condições normais) para 2,14 m (nas hipóteses da Fig. 12), com risco de danificação da cadeia de isoladores identificada por $k = 3$, de pancadas entre as cadeias de isoladores identificadas por $k = 2$ e $k = 5$, com risco de danificação das mesmas, e de curto-circuito entre fases. Na Fig. 12 a cadeia e cabos identificados por $k = 3$ são representados esquematicamente por um segmento de reta entre as respectivas extremidades.

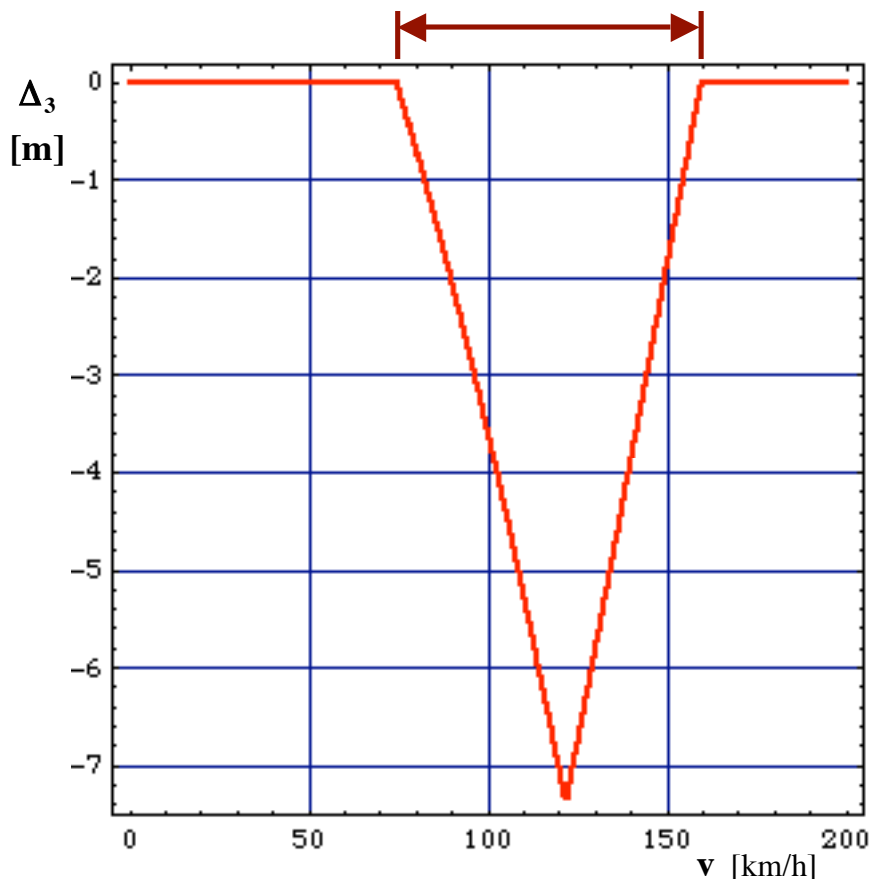


Fig. 13 – Diferença, Δ_3 , entre a distância entre os centros dos feixes das fases ligadas pelo conjunto cadeia de isoladores e cabos de ligação identificado por $k = 3$ na Fig. 12 e o comprimento do mesmo conjunto quando tensionado em condições normais.

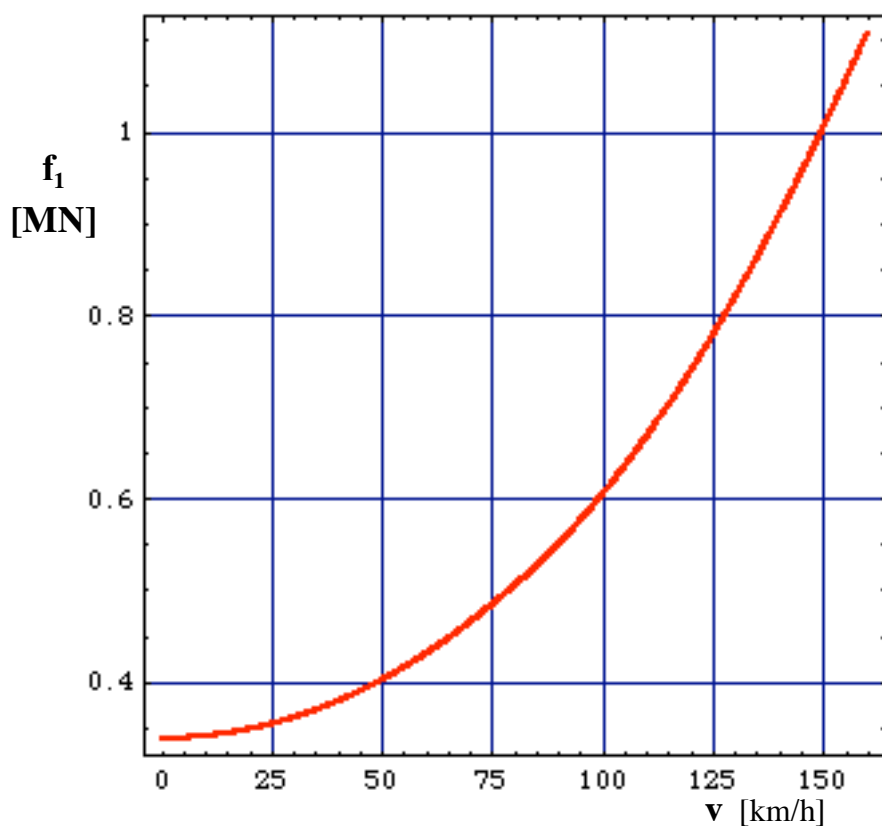


Fig. 14 – Força de tração, f_1 , no conjunto cadeia de isoladores e cabos de ligação identificado por $k = 1$ na Fig. 12, em função da velocidade do vento, v , nas hipóteses consideradas, para vãos de 500 m.

A gama de valores de velocidade de vento, v , em que a diferença Δ_3 , representada na Fig. 13, é negativa, traduz condições em que o conjunto identificado por $k = 3$ pode ser danificado mecanicamente, além de outros eventuais efeitos indesejáveis, já mencionados. Nota-se que, parcialmente sobreposta com a situação específica analisada, foram detectadas outras condições de perturbação mecânica, que não são aqui comentadas especificamente.

A gama de velocidade de vento em que ocorre a condição desfavorável mencionada, nomeadamente com risco de danificação de cadeia de isoladores, representada em vermelho escuro na Fig. 13, é da ordem de

$$74,5 \text{ km/h} \leq v \leq 159,9 \text{ km/h}$$

Trata-se de condições de vento que, pelo menos em muitas regiões do Brasil, têm probabilidade de ocorrência significativa. Salvo análise específica muito cuidadosa que permita assegurar que, no traçado da linha, é seguro admitir que a linha não será submetida a ventos com esse nível de severidade, afigura-se necessário rever e em princípio corrigir a concepção construtiva deste tipo de linhas.

A Fig. 14 evidencia que, para ventos fortes ortogonais à diretriz da linha, as forças de tração num dos conjuntos de cadeias de isoladores são elevadas, em virtude de, devido à concepção da linha, esse conjunto suportar (para ventos fortes) uma força de tração da ordem de grandeza da resultante do peso e forças do vento no conjunto dos feixes das três fases da linha.

A análise exemplificativa apresentada nas Figs. 9 a 14, embora muito simples, evidencia alguns aspectos importantes da solução construtiva da concepção de linhas de 500 kV selecionada no documento R1, nomeadamente:

- O limite de velocidade de vento correspondente a não ocorrência de forças de compressão em cabos e cadeias que suportam os feixes das fases é relativamente baixo, e, por exemplo, vento da ordem de 80 km/h (nas condições indicadas acima) pode originar compressão de cadeias de isoladores e danificação da linha.

Nota-se que as linhas do sistema de transmissão de Itaipu foram projetadas para velocidades de vento bastante superiores (e bastante superiores aos limites impostos pelas normas brasileiras) e, mesmo assim, em parte do traçado das mesmas, ocorreram danificações das linhas que, na opinião do signatário, evidenciam que seria desejável critério de projeto considerando velocidades de vento razoavelmente superiores ao que foi adotado no sistema de transmissão de Itaipu (considerando a informação disponível hoje, com mais dados que a disponível quando foi efetuado o projeto).

Afigura-se que a eventual adoção das hipóteses de vento consideradas, explícita ou implicitamente, na seleção de concepção e de parâmetros usados no documento R1, nomeadamente para a alternativa de linhas de corrente alternada, 500 kV, exigiria informação muito segura, baseada em levantamentos específicos, por período bastante longo e com metodologias bastante mais pormenorizadas que as usadas tradicionalmente no Brasil, e em análise estatística muito cuidadosa dos condicionamentos de vento na região atravessada pela linha, considerando, inclusivamente, características multi-modais dos condicionamentos meteorológicos de vento.

Uma vez que, muito provavelmente, não se verifica a condição mencionada no parágrafo anterior, afigura-se fortemente aconselhável uma revisão das hipóteses de vento consideradas, explícita ou implicitamente, no documento R1, e, consequentemente, uma alteração de concepção e de parâmetros usados das linhas selecionadas no documento R1.

- Mesmo velocidades de vento não muito elevadas originam o deslocamento do conjunto das três fases, inclusivamente com componentes associadas a rotação do conjunto, e com “amplitude” elevada. Por exemplo, nas hipóteses consideradas na Fig. 11, as alterações de posição dos “pontos” de suspensão das fases, em relação à condição de ausência de vento, são:

0,36 m 0,21 m 0,32 m

Uma vez que se trata de deslocamentos bastante diferentes dos deslocamentos para os quais são tradicionalmente projetados os amortecedores, e que, eventualmente, nas condições reais de vento, podem estar associados a, ou desencadear, modos de vibração de efeitos indesejáveis, para a segurança da linha, afigura-se que a concepção selecionada no documento R1 aconselha fortemente a análise cuidadosa do assunto, com verificações relativas aos “*modos*” de vibração mecânica e de movimento global dos feixes das três fases e eventuais riscos associados a esses modos, quanto a segurança e confiabilidade da linha.

- Para ventos fortes ortogonais à diretriz da linha, as forças de tração num dos conjuntos de cadeias de isoladores são elevadas, em virtude de, devido à concepção da linha, esse conjunto suportar (para ventos fortes) uma força de tração da ordem de grandeza da resultante do peso e forças resultantes do vento no conjunto dos feixes das três fases da linha.

4– Linhas de corrente contínua ± 600 kV

Reproduz-se, na Fig. 17, a página 17 do documento R1 e, na Fig. 18, estruturas de linhas de ± 600 kV do sistema de transmissão de Itaipu, segundo fotografia constante da página 19 do documento R1.

ESCOLHA DO CONDUTOR E DA CONFIGURAÇÃO DAS LT 600 kV CC - 3150 MW

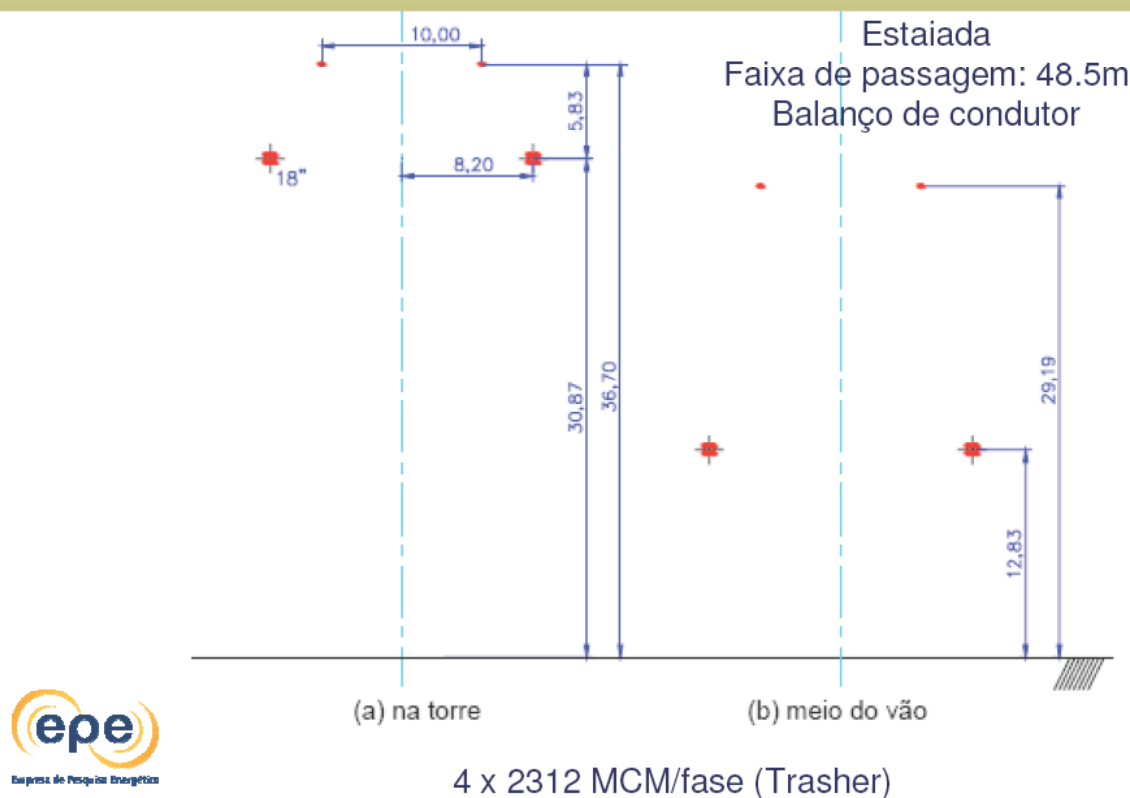


Fig. 17 – Linha de ± 600 kV selecionada para a variante de transmissão em corrente contínua, segundo página 17 do documento R1.



Fig. 18 – Estruturas de linhas de ± 600 kV do sistema de transmissão de Itaipu, segundo fotografia constante da página 19 do documento R1.

A simples comparação das Figs. 17 e 18 mostra uma diferença importante entre a linha CC de ± 600 kV selecionada para a variante de transmissão em corrente contínua, segundo no documento R1, e as linhas de corrente contínua ± 600 kV do Sistema de Transmissão de Itaipu, no que respeita a proteção contra descargas atmosféricas e, conseqüentemente, quanto a número de curto-circuitos originados por descargas atmosféricas. Nomeadamente, escolhendo, para explicitação simplista e expedita da diferença em causa, o “ângulo de proteção”, θ , dos feixes dos pólos, junto às estruturas de alinhamento, na hipótese de ausência de vento, tem-se:

- Nas linhas selecionadas no documento R1, θ é da ordem de 32 graus.
- Nas linhas de CC do Sistema de Transmissão de Itaipu, θ é da ordem de 10 graus.

Não é objetivo desta análise fazer uma avaliação pormenorizada do comportamento, quanto a descargas atmosféricas, das linhas selecionadas no documento R1, até porque tal análise exigiria o conhecimento específico da distribuição estatística de parâmetros de descargas atmosféricas, de parâmetros de diversas outras grandezas meteorológicas e de parâmetros do solo ao longo do traçado da linha.

Cabe notar, todavia, que, no caso de Itaipu, contra opinião expressa e veemente de diversos consultores, o signatário propôs e conseguiu, após longas discussões, uma alteração do projeto que estava em curso, que levou a precauções no sentido de, com margem de segurança, “garantir” um bom comportamento quanto a descargas atmosféricas. Essa “margem de segurança”, de custo praticamente nulo, conduziu a um desempenho, quanto a descargas atmosféricas, melhor que o desempenho “garantido”, e que, inclusivamente, permitiu compensar parcialmente o mau desempenho efetivo das estações conversoras, em comparação com o desempenho “previsto”.

Parece-me aconselhável, atendendo à provável falta de informação específica confiável relativa a parâmetros, ao longo do traçado das linhas em causa, respeitantes a descargas atmosféricas, vento, diversos outros parâmetros meteorológicos e diversos parâmetros do solo, adotar margens de segurança razoáveis quando tal não implique em custos significativos. Seria o caso, muito

provavelmente, de melhorar a proteção contra descargas atmosféricas, o que, expresso de maneira muito simplista e expedita, conduziria, provavelmente, a reduzir o “ângulo de proteção”, θ , acima mencionado.

Além de diversas questões importantes relativas a condicionamentos de concepção e de projeto de linhas, aplicáveis à generalidade das alternativas de transmissão e que são comentadas no item 5, há algumas questões importantes específicas da alternativa de corrente contínua e com repercussões nas linhas de CC que passo a citar, muito rapidamente.

Um primeiro grupo de questões é a definição clara dos requisitos quanto a eventual retorno metálico, que, eventualmente, pode implicar na necessidade de um feixe adicional de retorno, isolado da terra, o que, se ocorrer:

- Implica numa alteração conceitual da linha.
- Origina um aumento muito importante da queda de tensão na hipótese de funcionamento com retorno metálico (que duplicará, nessa hipótese, se os feixes de retorno tiverem cabos idênticos aos dos feixes dos pólos), o que tem consequências importantes quanto aos requisitos das conversoras.
- Afeta significativamente os requisitos e condicionamentos dos eletrodos de terra.
- Afeta significativamente o custo das linhas.

Um segundo grupo de questões é a definição clara dos requisitos quanto a eletrodos de terra. Convém salientar que se trata de elementos essenciais para o funcionamento correto dos sistemas de corrente contínua, mas que, devido a enganos e erros da “cultura” sobre o assunto, inclusivamente em publicações supostamente acima de qualquer suspeita, são, normalmente, tratados e projetados de forma errônea, conducente, muitas vezes, a erros de ordem de grandeza.

Um terceiro grupo de problemas é a compatibilização e caracterização otimizada dos requisitos das estações conversoras e das linhas de corrente contínua, nomeadamente quanto aos seguintes aspectos:

- Harmônicas.
- Fenômenos transitórios na linha originados pelas conversoras e ou pelas redes de corrente alternada ligadas às conversoras, incluindo fenômenos transitórios nestas redes.

5– Aspectos que afetam, de forma similar, as linhas de corrente alternada e as linhas de corrente contínua ± 600 kV

A otimização e projeto do sistemas transmissão da energia das usinas de Santo Antônio e Jirau para o Sudeste depende de informações básicas potencialmente críticas ou importantes, incluindo:

- a– Informações confiáveis sobre os condicionamentos de traçado das linhas.
- b– Informações confiáveis sobre os condicionamentos, ao longo do traçado das linhas, relativos a:
 - b.1– Ventos, em aspectos importantes para solicitações mecânicas desfavoráveis.
 - b.2– Ventos, temperatura do ar e radiação solar direta e difusa, em aspectos importantes para aquecimento e envelhecimento de condutores e perdas.
 - b.3– Chuva, nevoeiro e poluição do ar (incluindo efeito de queimadas), em aspectos importantes para coordenação de isolamento e poluição de isoladores.
 - b.4– Densidade de descargas atmosféricas.
 - b.5– Características do solo, em aspectos importantes para fundações.
 - b.6– Características do solo, em aspectos importantes para parâmetros elétricos das linhas, nomeadamente medições efetuadas de parâmetros elétricos do solo ao longo do traçado.
 - b.7– Características do solo, em aspectos importantes para corrosão de fundações.
 - b.8– Condicionamentos relativos a probabilidade e severidade de queimadas.
- c– Informações confiáveis sobre os parâmetros elétricos, mecânicos e de sistemas de controle e proteção dos grupos geradores das usinas de Santo Antônio e Jirau, incluindo, sempre que pertinente ou importante, explicitação de tolerâncias e de convenções de medição e de “definição” de “unidades” a que se referem os valores numéricos dos parâmetros.
- d– Outras informações relevantes.

Afigura-se irrealista e inadequado “*pressupor*” que:

- A informação em causa será obtida, pelos interessados, durante a preparação da proposta a apresentar no leilão.
- A informação em causa será obtida, pela entidade selecionada no leilão, em tempos compatíveis com os requisitos de prazo estabelecidos no leilão.
- Grande parte da informação em causa pode ser substituída por critérios de normas, regulamentos e instruções existentes, tratados como “*mandatórios*” e não sujeitos sequer a análise crítica de validade e aplicabilidade. Legislar sobre a natureza é simples demonstração cabal da ticanhez da natureza humana.

Considero que a falta de informações básicas potencialmente críticas para o projeto em causa constitui um risco importante quanto à qualidade do mesmo e que há necessidade de um esforço importante no sentido de, num tempo razoavelmente curto, atenuar substancialmente as limitações existentes quanto a essas informações.

6– Conclusão

Afigura-se necessário rever cuidadosamente e, onde necessário, completar e corrigir, as concepções e indicações relativas aos sistemas de transmissão de todas as alternativas selecionadas no documento R1 elaborado pela EPE relativo à integração das Usinas de Santo Antônio e Jirau.

Rio de Janeiro, 06/07/2008

Carlos Portela