METODOLOGIA E DADOS METEOROLÓGICOS PARA CALCULAR AS CAPACIDADES SAZONAIS DE LTS A SEREM LICITADAS OU AUTORIZADAS PELA ANEEL

XXIV SNPTEE
Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica

GLT – Linhas de Transmissão

Autores:
João Ignácio da Silva Filho*
Delmo Correia **
Dalton Brasil **
Carlos Campinho **

(*) JISF1
(**) ONS

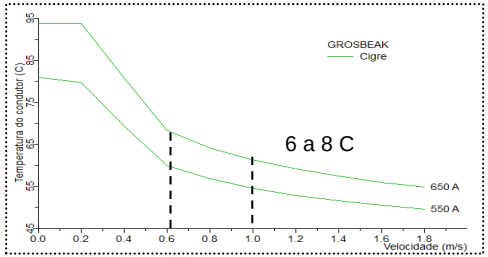
Capacidade de transporte de LT por limite térmico
- Prática atual no Brasil: NBR5422 -

Enfoque determinístico

- dados meteorológicos críticos

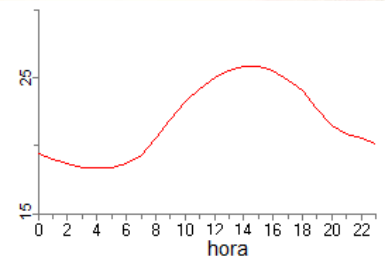
Velocidade do vento

0,61 m/s a 1,00 m/s ?????



Temperatura do ar

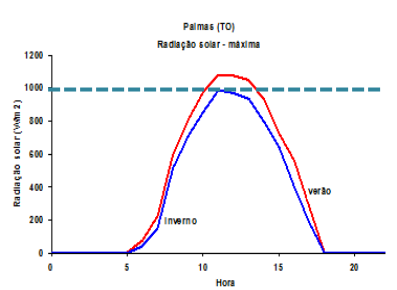
média máximas diárias (14h,15h)



Radiação solar

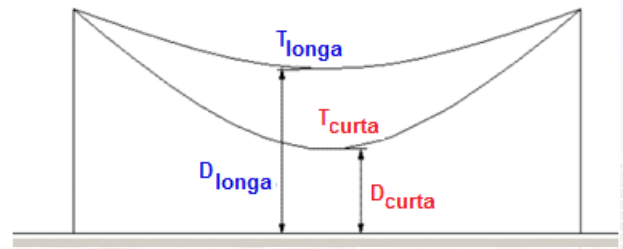
1000 W/m^2 sol a pino ?

13h e 14 h – céu claro verão



Capacidades normal e emergência

- mesmo conjunto de dados meteorológicos
- varia a distância cabo solo ➔ temperatura condutor



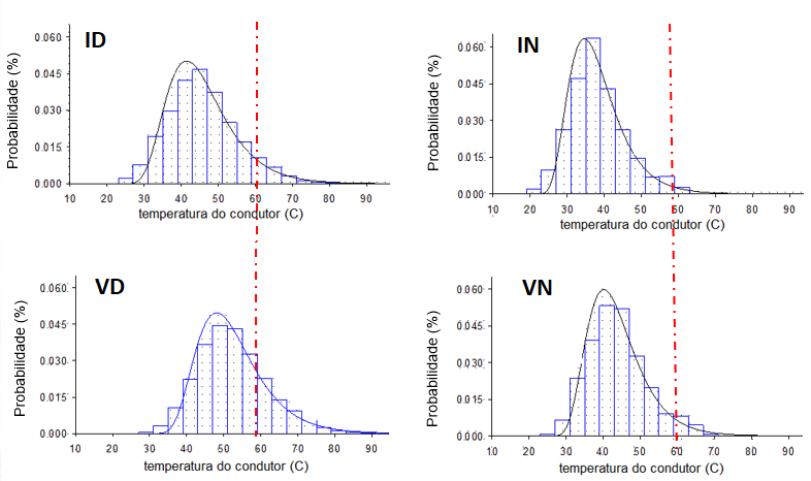
Capacidade de emergência é maior devido a:

$D_{emergência} < D_{normal}$ - distância cabo-solo

$T_{emergência} > T_{normal}$ - temperatura condutor

Temperatura do condutor por sazonalidade
- corrente constante -

Temperatura do condutor por sazonalidade



Histograma temperatura horária do condutor
- 10 anos -

Capacidades sazonais

- ReN 191/2005 ➔ ONS
- FT Ampacidade sazonal ➔ ABRATE, ONS, ELETROBRÁS, CEPEL, ABDIB
  - ✓metodologias estatística e **determinística**

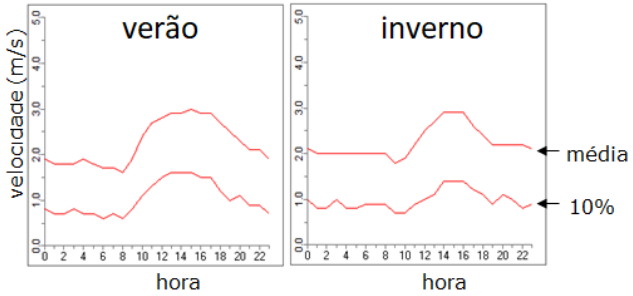
Períodos sazonais

- VD: outubro a março, das 6h às 17h50
- VN: outubro a março, das 18h às 5h59
- ID: abril a setembro, das 6h às 17h59
- IN: abril a setembro, das 18h às 5h59

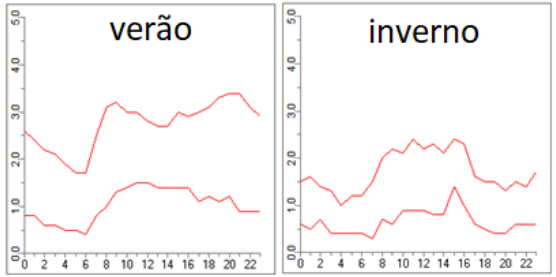
Velocidade do vento
- Sazonalidade -

Variação diária e anual

Francisco Beltrão - PR
IAPAR



Caico - RN
INMET



Conclusão

✓aplicar um fator de redução na velocidade do vento utilizada para o VD

✓primeiro valores sugeridos

ID = 0.9 * VD

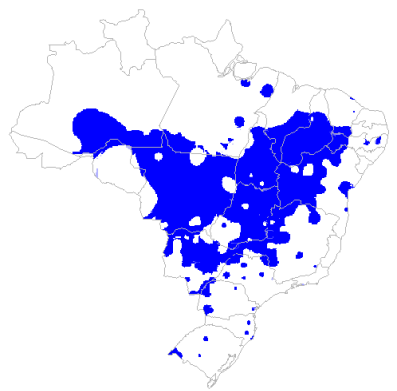
VN = 0.6 * VD

IN = 0.6 * VD

➢ valores por região geoclimática ??

Velocidade sazonal do vento
- Inverno dia (ID) -

Região com maior ocorrência de ventos fracos em VD do que em ID (cor azul)



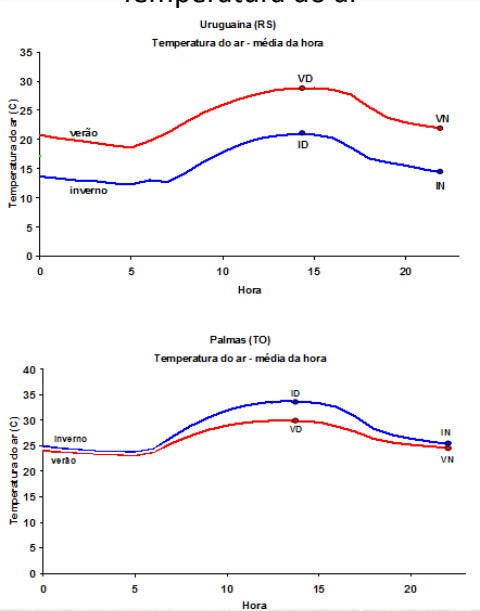
Velocidade do vento adotada em ID

Região onde a diferença entre a média das temperaturas máximas diárias do ar em VD e em ID é menor do que 2 graus centígrados

A classificação dos períodos sazonais foi feita para o território nacional como um todo, isto é, sem levar em consideração as diferenças climáticas entre as várias regiões brasileiras.

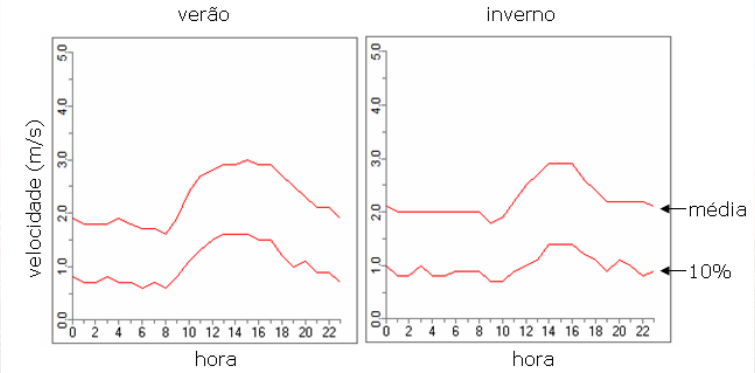
Temperatura do ar
- Sazonalidade -

Temperatura do ar



- Temperatura máxima noturna ocorre 18-19 h, com velocidades compatíveis com o período diurno.
- Velocidade mínima ocorre na madrugada.
- Temperatura de 0h é a máxima da madrugada.

Velocidade do vento



período diurno

- média das máximas diárias

período noturno

- média da meia noite

Temperatura do ar
T*downscaling* - Tmedida

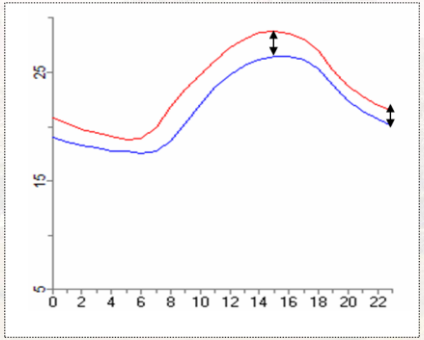
Simuladas por *downscaling* ARPS: 10 anos de dados horários - 64334 pontos

Medidas em estações: 3 e 15 anos dados horários – 369 locais

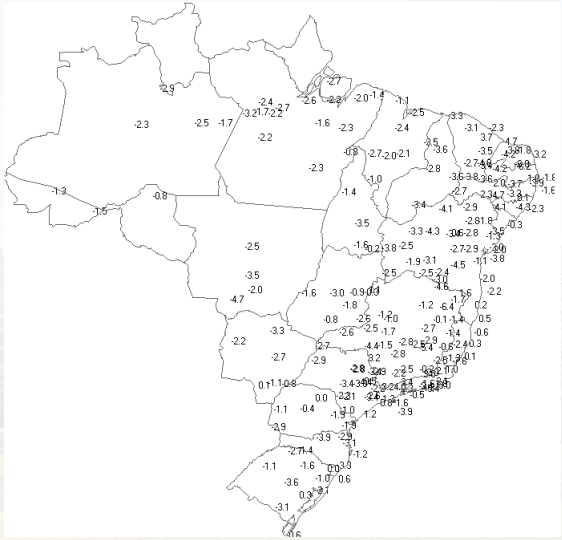
Estações x ARPS

- ✓ **variação sazonal e diária**
- ✓ **achatamento dos valores extremos**
- ➢ **necessidade de pós-processamento**

temperatura do ar



T*downscaling* - Tmedida



Condições meteorológicas de referência
- para LD e CD -

Grandeza / Sazonalidade	Condições para seleção da temperatura do ar (°C)	Velocidade do vento (m/s)	Radiação solar (W/m^2)
VD	Máxima média dos meses de outubro a março (T_{VD})*	1.00	1000
VN	Média de zero hora dos meses de outubro a março	0,6	0
ID	Máxima média dos meses de abril a setembro (T_{ID})*	0,9; ou 1,0 se T_{VD}-T_{ID} < 2°C	1000
IN	Média de zero hora dos meses de abril a setembro	0,6	0

* T_{VD} é a temperatura do ar a ser adotada em VD, T_{ID} é a temperatura do ar a ser adotada em ID

- ✓Condições meteorológicas de LD = condições meteorológicas de CD
- ✓Capacidades LD ≠ CD devidos as temperaturas do condutor serem diferentes
- ✓Na CD, admite-se uma redução da distância cabo-solo em relação à distância de LD, o que se traduz num aumento de flecha e temperatura do cabo condutor e, consequentemente, da corrente.

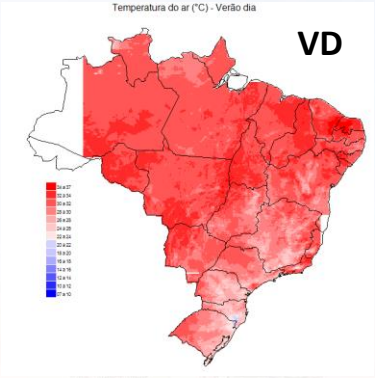
Temperaturas sazonais do ar utilizadas no ONS
- LT licitada ou autorizada -

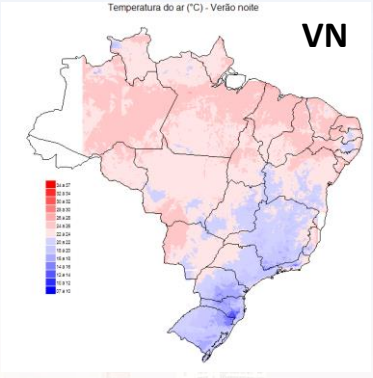
XXIV SNPTEE
Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica

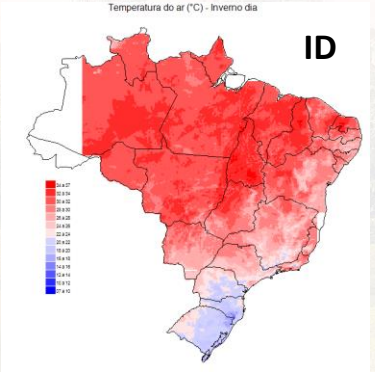
Arquivo texto

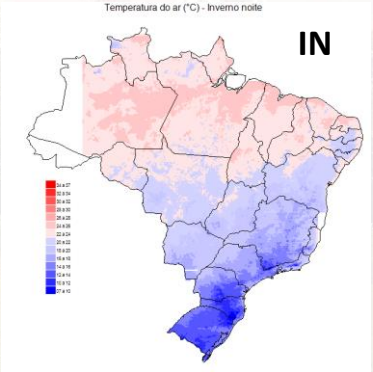
LAT	LON	VD	VN	ID	IN
-4.7	-60.1	30.0	22.4	30.3	22.7
-4.7	-60.2	30.1	22.4	30.4	22.7
-4.7	-60.3	30.2	22.1	30.4	22.3
-4.7	-60.4	30.2	22.0	30.4	22.1
-4.7	-60.5	30.2	21.9	30.4	22.1
-4.7	-60.6	30.2	21.9	30.4	22.2
-4.7	-60.7	30.1	21.9	30.3	22.2
-4.7	-60.8	30.2	22.1	30.4	22.4
-4.7	-60.9	30.3	22.3	30.5	22.6
-4.6	-60.2	30.6	22.8	30.7	23.0
-4.6	-60.3	30.6	22.7	30.7	23.0
-4.6	-60.4	30.6	22.5	30.8	22.9
-4.6	-60.5	30.4	22.4	30.7	22.7
-4.6	-60.6	30.4	22.2	30.6	22.5

Mapas digitais





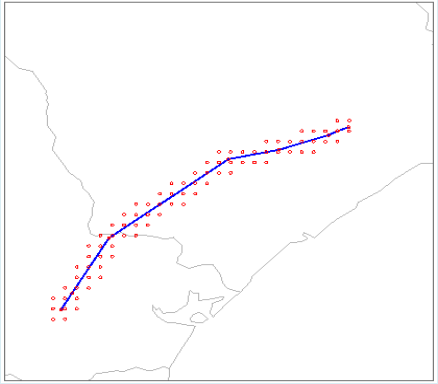




Exemplo de cálculo de capacidade sazonais
- LT licitada ou autorizada -

Dados do projeto

- Fase: 4 condutores Rail
- Capacidade de referência LD: 3240 A
- Capacidade de referência CD: 3868 A (se não for dado usar fator da ReN 191)
- Caminhamento da LT: coordenadas de pontos de inflexão do caminhamento

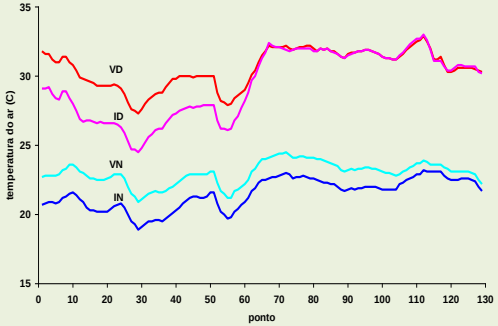


quadrículas do mapa digital cortadas a LT

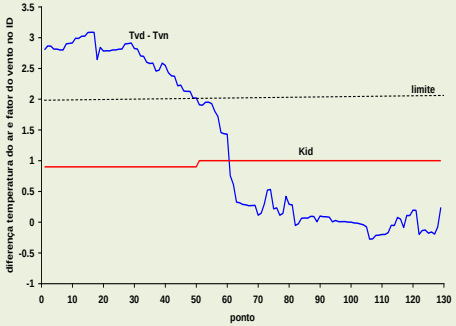
Dados meteorológicos sazonais

- Velocidade do vento: 1,0 / 0,6 / 0,9 ou 1,0 / 0,6
- Radiação solar: 1000 / 0 / 1000 / 0
- Temperatura do ar

  mapas digitais com dados das quadrículas que contém pontos discretização do caminhamento



temperaturas sazonais do ar em pontos caminhamento LT



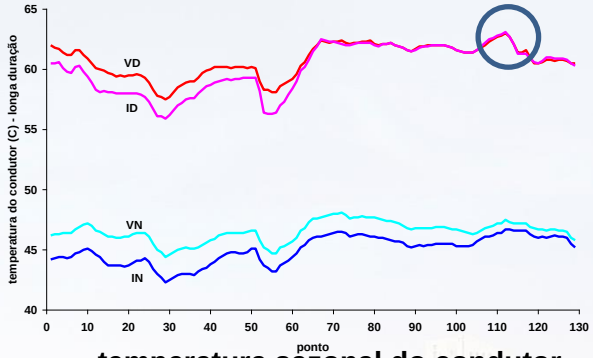
temperaturas VD- ID

Cálculo das Capacidade Sazonais
- LD -

Temperatura projeto LD

Corrente de 810 A (3240/4) + dados meteorológicos sazonais

- ✓ temperatura do condutor para cada sazonalidade e ponto do caminhamento
- ✓ máxima de todos os pontos e sazonalidades é Tproj (63,1°C – ID)

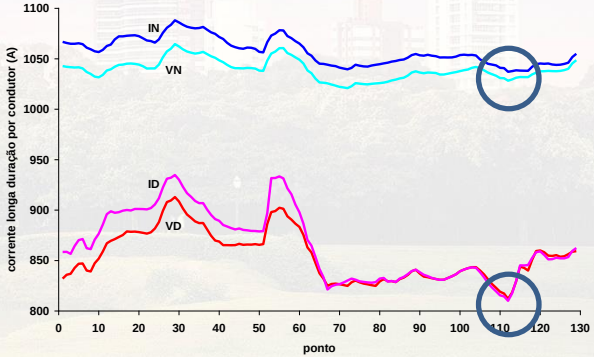


temperatura sazonal do condutor

Capacidades sazonais LD

Tproj (63,1 °C) + dados meteorológicos sazonais

- ✓ corrente para cada sazonalidade e ponto caminhamento
- ✓ capacidade na sazonalidade é a menor entre todos pontos
- ✓ correntes sazonais são 812 A, 1021 A, 810 A e 1037 A, respectivamente, para o VD, VN, ID e IN.



corrente sazonal de longa duração

Cálculo das Capacidade Sazonais
- Curta duração -

O fator de sobrecorrente da ReN 191 para temperatura 63,1˚C é 1,244, resultando em uma corrente de curta duração de 1008 A, que é maior que a corrente de 967 A (3868/4) especificada inicialmente. O maior valor é utilizado como referência para calcular as capacidades de curta duração.

Com os mesmos dados meteorológicos sazonais utilizados para calcular as correntes de longa duração, repete-se os cálculos anteriores para a corrente de 1008 A.

Obteve-se a temperatura do condutor de 74,8 e as correntes sazonais de curta duração iguais a 1110 A, 1152 A, 1008 A e 1166 A para VD, VN, ID e IN, respectivamente.

Capacidade Sazonais
- LT licitada ou autorizada-

XXIV SNPTEE
Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica

Capacidades no edital de licitação

LT com 4 condutores por fase

- LD: 3248 A, 4084 A, 3240 A e 4148 A, para VD, VN, ID e IN
- CD: 4440 A, 4608 A, 4032 A e 4664 A, para VD, VN, ID e IN

As capacidades contratadas são as menores entre as 4 sazonalidades:

- LD: 3240 A, correspondente ao ID
- CD: 4032 A, correspondente ao ID

As capacidades do VD, VN e IN estão utilizando a folga térmica, sem impactar a temperatura de projeto da linha.

Projeto LT com capacidades sazonais

Dados meteorológicos sazonais ao longo LT

- responsabilidade do projetista

Site ONS temperaturas sazonais do ar

- arquivo em formato texto
- mapas digitais

Meteorologia + correntes sazonais do edital

- Tcond em cada ponto da rota

Temperaturas de projeto (Tproj)

- LD: maior temperatura correntes sazonais LD
- CD: maior temperatura correntes sazonais CD

Locação das estruturas

- Tproj LD e CD
- distâncias mínimas de segurança LD e CD

Conclusões

O modelo determinístico recomendado na norma ABNT NBR5422 para calcular a temperatura de cabos condutores pode ser aplicado para calcular as capacidades sazonais de longa e curta duração.

Com o mesmo conceito da norma ABNT NBR5422 de representar o clima por um conjunto de dados críticos e com baixa probabilidade de ocorrerem simultaneamente, no IT são apresentadas as características dos dados críticos para as sazonalidades VD, VN, ID e IN, a serem adotadas no ONS para calcular as capacidades de LT a ser licitada ou autorizada.

Grandeza / Sazonalidade	Condições para seleção da temperatura do ar (°C)	Velocidade do vento (m/s)	Radiação solar (W/m²)
VD	Máxima média dos meses de outubro a março (T_{VD})*	1.00	1000
VN	Média de zero hora dos meses de outubro a março	0,6	0
ID	Máxima média dos meses de abril a setembro (T_{ID})*	0,9; ou 1,0 se T_{VD}-T_{ID} < 2°C	1000
IN	Média de zero hora dos meses de abril a setembro	0,6	0

XXIV SNPTEE
Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica

JOÃO IGNÁCIO DA SILVA FILHO

(21) 3353-1195

(21) 98667-1195

jisf1@globo.com