

# Avaliação de Distâncias Verticais de Segurança conforme NBR 5422/24 da ABNT

**Tema:** Linhas de Distribuição até 138 Kv aéreas e subterrâneas

**Autores:** Luis Felipe Benatti

**Co-Autores:** -

**Empresa:** CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz

---

## Resumo

Este trabalho técnico analisou métodos para determinar as distâncias verticais mínimas entre linhas aéreas de energia elétrica, obstáculos e outras linhas, comparando as versões atual (2024) e anterior da norma ABNT NBR 5422 (1985). A revisão da norma foi o fator motivador para o estudo, que buscou avaliar as implicações práticas das mudanças propostas.

O trabalho apresentou a aplicação da formulação proposta, baseada em dados típicos de projetos de linhas de transmissão, abordando aspectos como tensões nominais, risco térmico e parâmetros climáticos. A nova abordagem da norma foi analisada em termos de critérios de segurança, confiabilidade e regimes de operação.

Os resultados indicaram que, embora as atualizações promovam maior padronização e segurança operacional, podem exigir ajustes significativos em projetos existentes e novos. Assim, este estudo oferece uma base técnica para engenheiros e empresas adaptarem suas práticas às novas condições normativas, promovendo um equilíbrio entre custo e conformidade técnica.

## 1. Introdução

## 2. Desenvolvimento

O desenvolvimento do trabalho está dividido entre a avaliação das condições ambientais baseadas no risco térmico, cálculos das parcelas elétricas e aplicação das distâncias verticais em função da natureza do obstáculo.

### 1.1 Risco térmico

A avaliação do risco térmico é necessário para avaliação das distâncias verticais, uma vez que impacta diretamente na parcela elétrica das distâncias envolvidas. Não é o alvo deste trabalho, porém sua abordagem está apresentada na NBR 5422/24 e deve ser consultada.

Por definição da própria norma, o risco térmico constitui a probabilidade de que uma determinada temperatura superficial do cabo condutor venha a ser superada. A probabilidade de superação pode ser avaliada

através do equacionamento de equilíbrio térmico de condutores nus em linhas aéreas, conforme descrito no Standard IEEE 738.

Conforme Tabela 4 da NBR 5422/24, há 4 condições de risco térmico a serem avaliados, sendo as condições típica e limite para o regime nominal de operação, com risco térmico máximo admitindo de 15% e 1% respectivamente e condições típica e limite para o regime de operação em sobrecorrente, com risco térmico máximo admitido de 5% e 1% respectivamente.

Devido a exposição às intempéries e condições climáticas, a temperatura dos condutores é fortemente impactada pelas variáveis ambientais, como temperatura ambiente, vento de brisa e irradiação solar. Os dados de temperatura do ar utilizados neste trabalho são provenientes de estações meteorológicas automáticas do INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – INMET, disponíveis em sua página na internet.

#### 1.1.1 Incidência de Radiação Solar

A incidência da radiação solar é em função da localização de instalação da linha e sua posição relativa à trajetória do sol. Deve ser escolhida a condição possível que apresenta a maior incidência para a região (dia, hora). A normalização nacional recomenda que, na falta de estudo específico sobre a potência fornecida pela radiação solar aos cabos das linhas aéreas, não deve ser utilizado uma potência inferior a 1000w/m<sup>2</sup>. (recomendação da NBR 5422) A metodologia de cálculo é a mesma em praticamente todas as referências consultadas. Algumas consideram inclusive as reflexões do infravermelho no solo e atmosfera (radiação difusa) além da radiação direta. A intensidade da radiação varia (principalmente) em função da Latitude e altitude de implantação. Outros valores como a hora e dia do ano que ocorrem a maior insolação também são levados em consideração. Em média, a radiação solar mantém os cabos 10 °C aquecidos acima da temperatura ambiente, durante os períodos de maior insolação.

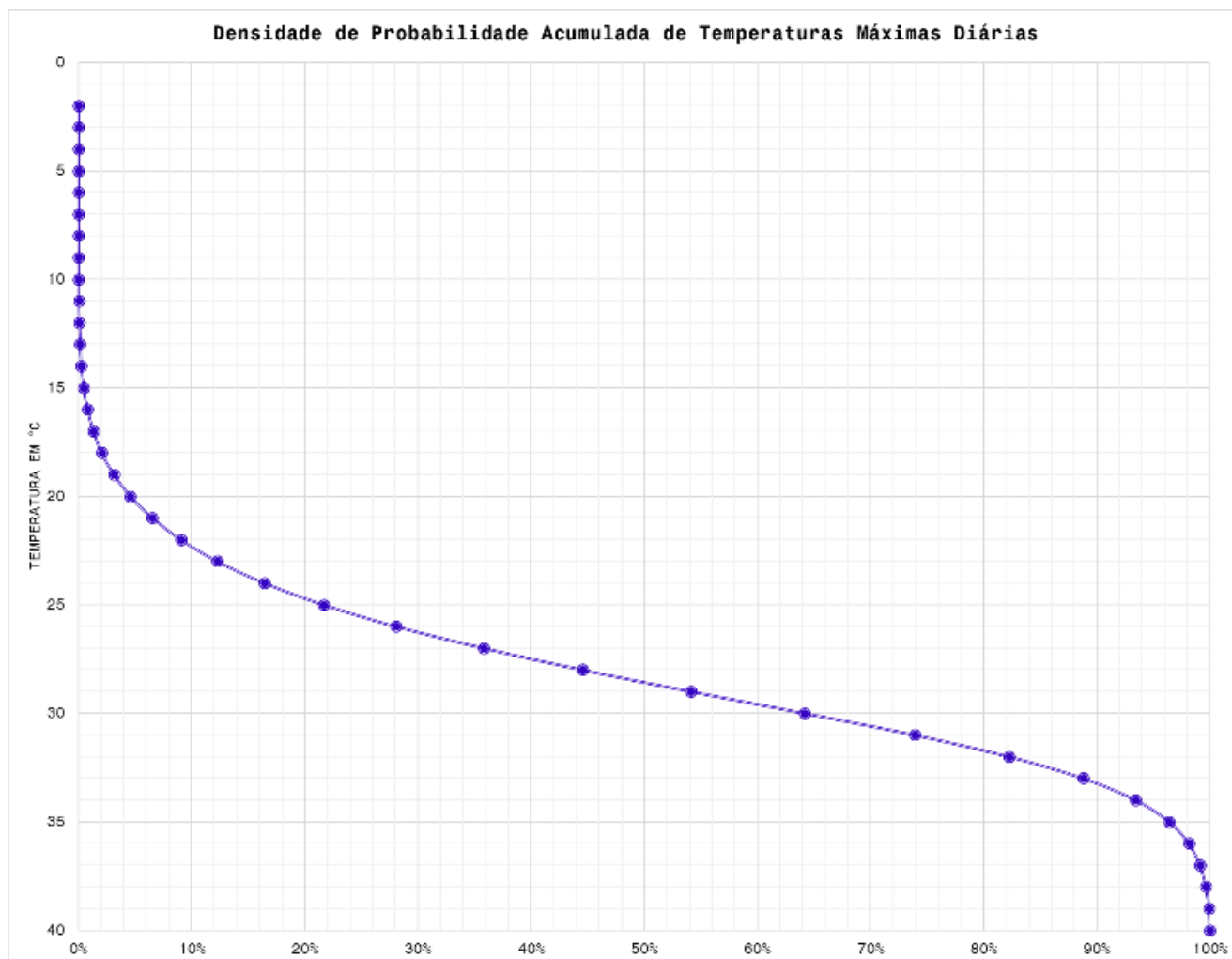
#### 1.1.2 Vento de Brisa

O Vento de Brisa, por definição, é um vento de baixa intensidade sem direção predominante. Ocorre principalmente pelas diferenças de temperatura na superfície terrestre, oceanos e lagos. A velocidade e direção do vento são fatores determinantes para a avaliação térmica de cabos de energia elétrica, pois compõem o principal mecanismo de resfriamento. Nesse quesito, há referências que avaliam o Risco Térmico dos cabos, considerando a temperatura que o condutor pode atingir se, transportando a corrente elétrica especificada, não houver vento para contribuir com a convecção forçada.

Por recomendações da NBR 5422/85, se não há estudo específico para identificar a intensidade e direção de brisas na região de interesse, não utilizar intensidade superior a 1m/s. A versão atual da NBR 5422 não possui tal recomendação. Nas principais referências desse tema, destacando as instituições IEEE, IEC e CIGRE, há unanimidade em se adotar vento de brisa com efeito transversal não superior a 0,6 m/s. Estudos avaliados pelas instituições concluíram que, grandes são as chances de, em trechos distintos ao longo da linha, não haver vento soprando.

#### 1.1.3 Temperatura Ambiente

A ampacidade baseia-se na ocorrência da média entre as temperaturas ambientes máximas diárias. Seguindo a recomendações de normas nacional e para a finalidade desse documento, foram necessários utilizar dados de registros de temperatura do ar, coletados por um período de 10 anos entre 2013 e 2022. As estações meteorológicas escolhidas foram analisadas separadamente, representando a maior amostragem disponível das regiões de concessão da CPFL no Estado de São Paulo. Na Figura 1 é possível observar a Densidade de Probabilidade das Temperaturas Máximas Diárias, enquanto na Figura 2 temos o Histograma de Temperaturas Máximas Diárias.



*Figura 1*

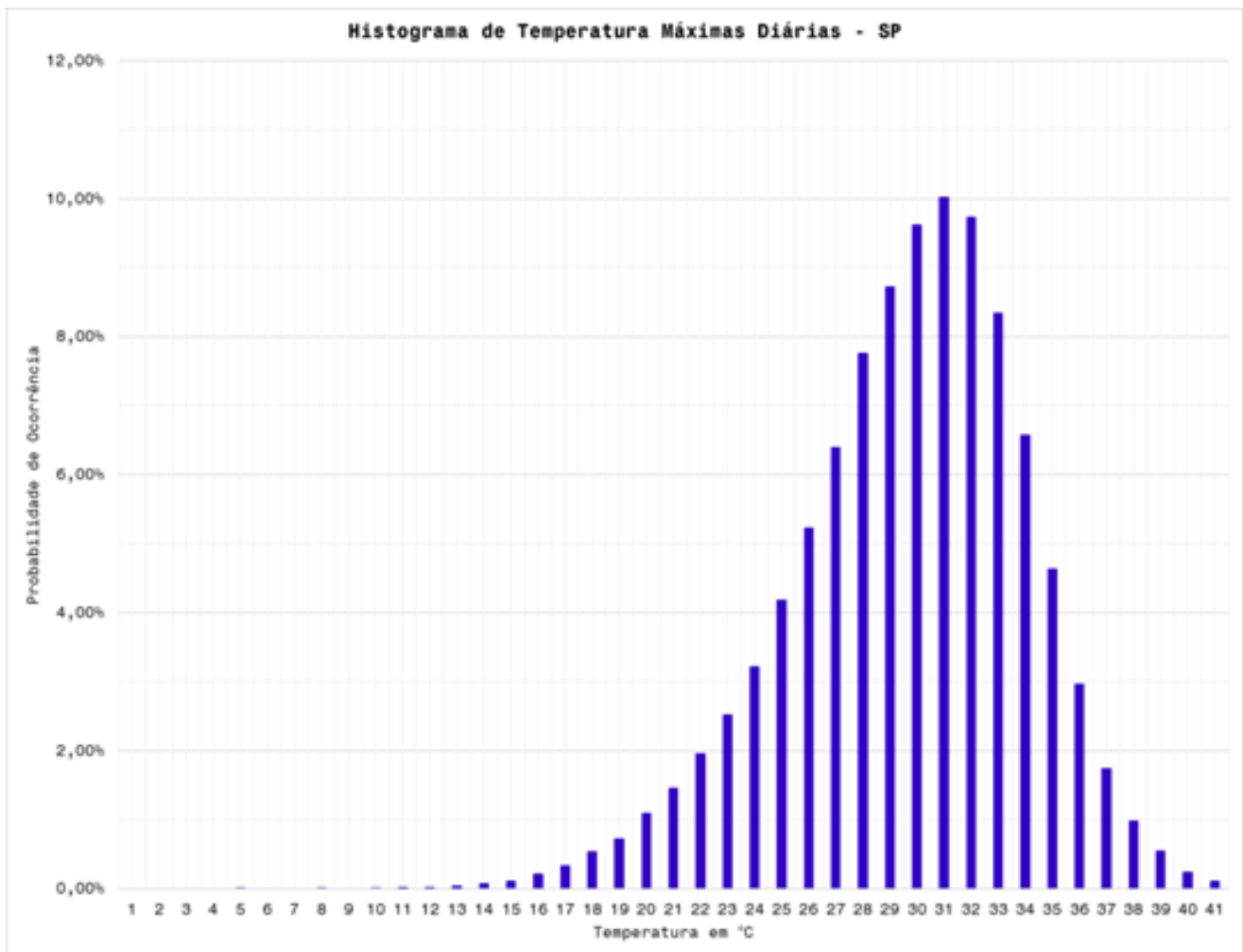


Figura 2

Se considerarmos, portanto, que as variáveis de incidência de radiação solar e vento de brisa são constantes, é possível abordar o risco térmico como a probabilidade da temperatura ambiente superar o valor determinado como a temperatura da condição nominal de cálculo, para a estimativa de temperatura do condutor em regime normal de operação.

Além disso, numa abordagem prática, a variação marginal na temperatura superficial do cabo, quando operando em temperaturas inferiores a 80°C, é equivalente à variação da temperatura ambiente, simplificando a análise para a abordagem estatística da temperatura ambiente.

Portanto, seguindo os critérios da nova versão da NBR 5422 e adotando as premissas elencados acima, da Figura 3 a seguir, é possível extrair as temperaturas ambientes e suas respectivas probabilidades de ocorrência, correlacionadas ao risco de serem superadas. Respectivamente, para as estações meteorológicas estudadas, respectivamente ao risco de 15%, 5% e 1%, obtemos as temperaturas de 32,5°C, 34,5°C e 37°C.

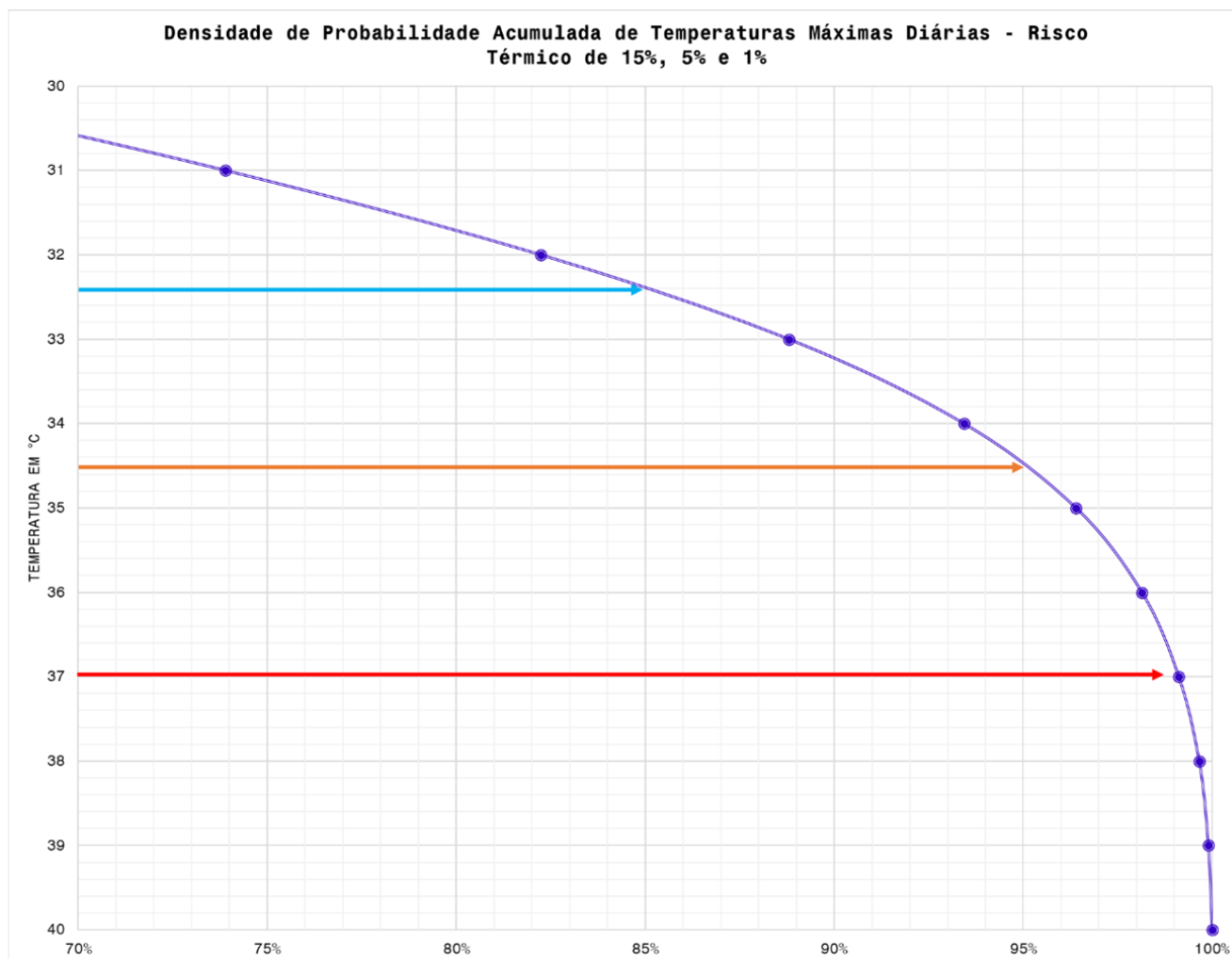


Figura 3

### 1.1.1 Parâmetros Ambientais para Cálculo

As propriedades do ar, sendo este o dielétrico utilizado em linhas aéreas, influencia nos espaçamentos. Definidas as condições de avaliações do risco térmico, é possível calcular, conforme os respectivos itens de norma, as propriedades do ar para as distâncias necessárias para garantir o isolamento.

Tabela 1

Condição de cálculo (Típico ou Limite)	Item Norma	Um. Med	Parâmetro	Tip,N (15%)	Tip,S (5%)	Lim (1%)
Densidade Relativa do Ar	4.5.1	-	$\delta$	0,9575	0,9513	0,9452
Desvio Padrão Densidade Relativa Média do Ar	4.5.3	-	$\sigma\delta$	-0,2187	-0,2187	-0,2187
Pressão atmosférica local	-	hPa	P	1013,0	1013,0	1013,0
Temperatura do ar (risco térmico)	-	°C	t	33,0	35,0	37,0
Pressão atmosférica de referência	4.5.1	hPa	P0	1013,0	1013,0	1013,0
temperatura do ar de referência	4.5.1	°C	t0	20,0	20,0	20,0
Fator de Umidade em CA	4.8.2.2	-	Hc	1,2015	1,2160	1,2010
Umidade absoluta média	4.6.1	g/m³	H	26,6144	27,5892	26,2243
Umidade relativa do ar, espressa em %	-	%	r	75,0000	70,0000	60,0000
Umidade absoluta média na falta de dados	4.6.3	g/m³	Hmed	24,4535	24,4535	24,4535
Altitude em relação ao nível do mar	-	m	Alt	500,0000	500,0000	500,0000
Latitude SP	-	graus	Lat	-22,0000	-22,0000	-22,0000
Longitude SP	-	graus	Lon	-48,0000	-48,0000	-48,0000

## 1.2 Parcela Elétrica

A parcela elétrica, nas condições típica e limite, é calculada conforme item 7.2.5 da NBR 5422/85. Todo equacionamento está disponível na própria norma, não sendo conveniente a transcrição para este trabalho. Porém são destacadas abaixo as considerações sobre os cálculos realizados e entendimentos sobre os parâmetros da norma supracitada.

### 1.2.1 Fator de Correção Atmosférico para Impulso de Frente Lenta – $K_{a,fl}$

Para o fator de correção atmosférico para impulsos de frente lenta “ $K_{a,fl}$ ”, para condições de tempo seco, o expoente “ $m^2$ ” é em função de “ $G_0$ ” que por sua vez considera “ $d$ ”, onde “ $d$ ” é, conforme descrito na norma: “é a distância em ar, expressa em metros (m)”. Essa foi a única definição para “ $d$ ” encontrada no texto da norma 5422/24.

Para “ $d$ ”, nesse trabalho, foram considerados os espaçamentos mínimos em ar, em função da tensão suportável nominal normalizada de impulso atmosférico, ou manobra, conforme NBR 6939, da ABNT em função de seu nível básico de isolamento (NBI).

Na tabela a seguir estão apresentados os valores para  $K_{a,fl}$  encontrados para as condições Típica Nominal, Típica de Sobrecorrente e Condição Limite.

*Tabela 2*

Fator de Correção Atmosférico para Impulso de Frente Lenta $K_{a,fl}$										
$U_s$	NBI	$d$	$G_0$	$m^2$	$K_{a,fl}$ chuva			$K_{a,fl}$ seco		
[kV]	[kV]	[m]			típico, N	típico, S	limite	típico, N	típico, S	limite
34,5	200	0,38	0,915714	0,819238	0,965060	0,959923	0,952330	1,121707	1,126737	1,120483
44,0	250	0,48	0,897779	0,783064	0,966577	0,961658	0,954387	1,116033	1,120816	1,114869
69,0	350	0,75	0,853615	0,697419	0,970177	0,965779	0,959272	1,102713	1,106921	1,101689
88,0	450	0,9	0,831414	0,656208	0,971914	0,967768	0,961632	1,096361	1,100297	1,095402
138,0	650	1,3	0,778851	0,563548	0,975832	0,972256	0,966959	1,082211	1,085547	1,081398
230,0	1050	3,4	0,598173	0,297720	0,987158	0,985246	0,982406	1,042622	1,044318	1,042208
345,0	1175	4,1	0,561983	0,254286	0,989022	0,987384	0,984954	1,036292	1,037732	1,035941
440,0	1425	5,6	0,500000	0,187500	0,991893	0,990682	0,988883	1,026635	1,027687	1,026378
550,0	1675	7,4	0,441558	0,133328	0,994229	0,993365	0,992082	1,018867	1,019610	1,018686

## 1.3 Cálculo das distâncias de segurança ao solo e a obstáculos

A seguir são apresentadas as parcelas elétricas e distâncias verticais mínimas entre os obstáculos e linhas aéreas de energia elétrica com e sem cabos de para-raios, de níveis de tensão nominal entre fases, corrente alternada, típicos dos setores de subtransmissão e transmissão de energia elétrica no Brasil.

Para a parcela elétrica típica, em condição nominal ou sobrecorrente, não apresentam diferenças significativas que justificassem sua separação. A parcela elétrica limite, como esperado, apresentou valores inferiores à típica.

*Tabela 3*

Tabela 5 NBR 5422/85 EM1		Dft,fl - Típica Nominal e Sobrecorrente (metros)									Dft,fl - Limite (metros)								
		Pe,tip (Parcela Elétrica Típica)									Pe,lim (Parcela Elétrica Limite)								
Natureza da Região ou Obstáculo atravessado pela linha ou que dela se aproxima		34,5	44,0	69,0	88,0	138,0	230,0	345,0	440,0	550,0	34,5	44,0	69,0	88,0	138,0	230,0	345,0	440,0	550,0
Locais Acessíveis apenas a pedestres		0,16	0,21	0,34	0,44	0,74	1,42	2,46	2,56	3,61	0,15	0,19	0,31	0,41	0,68	1,29	2,21	2,30	3,21
Locais onde circulem máquinas agrícolas		0,20	0,26	0,43	0,56	0,95	1,89	3,40	3,56	5,18	0,19	0,24	0,39	0,52	0,88	1,71	3,04	3,17	4,56
Rodovias, ruas e avenidas		0,20	0,26	0,43	0,56	0,95	1,89	3,40	3,56	5,18	0,19	0,24	0,39	0,52	0,88	1,71	3,04	3,17	4,56
Ferrovias não eletrificadas		0,20	0,26	0,43	0,56	0,95	1,89	3,40	3,56	5,18	0,19	0,24	0,39	0,52	0,88	1,71	3,04	3,17	4,56
Ferrovias eletrif. ou com previsão de eletrif.		0,20	0,26	0,43	0,56	0,95	1,89	3,40	3,56	5,18	0,19	0,24	0,39	0,52	0,88	1,71	3,04	3,17	4,56
Suporte de linha pertencente à ferrovia		0,20	0,26	0,43	0,56	0,95	1,89	3,40	3,56	5,18	0,19	0,24	0,39	0,52	0,88	1,71	3,04	3,17	4,56
Águas Navegáveis		0,16	0,21	0,34	0,44	0,74	1,42	2,46	2,56	3,61	0,15	0,19	0,31	0,41	0,68	1,29	2,21	2,30	3,21
Águas não Navegáveis		0,16	0,21	0,34	0,44	0,74	1,42	2,46	2,56	3,61	0,15	0,19	0,31	0,41	0,68	1,29	2,21	2,30	3,21
Linhas Aéreas de Energia Elétrica	0	0,16	0,21	0,34	0,45	0,75	1,44	2,51	2,61	3,69	0,15	0,19	0,32	0,41	0,69	1,31	2,26	2,34	3,28
	34,5	0,32	0,37	0,50	0,61	0,91	1,60	2,67	2,77	3,85	0,30	0,36	0,47	0,56	0,84	1,46	2,41	2,49	3,43
	44,0	0,37	0,42	0,55	0,66	0,96	1,65	2,72	2,82	3,90	0,35	0,39	0,51	0,61	0,88	1,51	2,45	2,54	3,47
	69,0	0,50	0,55	0,68	0,79	1,09	1,78	2,85	2,95	4,03	0,47	0,51	0,63	0,73	1,01	1,63	2,57	2,66	3,60
	88,0	0,61	0,66	0,79	0,89	1,19	1,89	2,95	3,06	4,13	0,56	0,61	0,73	0,83	1,10	1,73	2,67	2,76	3,69
	138,0	0,91	0,96	1,09	1,19	1,50	2,19	3,26	3,36	4,44	0,84	0,88	1,01	1,10	1,38	2,00	2,95	3,03	3,97
	230,0	1,60	1,65	1,78	1,89	2,19	2,88	3,95	4,05	5,13	1,46	1,51	1,63	1,73	2,00	2,63	3,57	3,66	4,59
	345,0	2,67	2,72	2,85	2,95	3,26	3,95	5,01	5,12	6,20	2,41	2,45	2,57	2,67	2,95	3,57	4,51	4,60	5,54
	440,0	2,77	2,82	2,95	3,06	3,36	4,05	5,12	5,22	6,30	2,49	2,54	2,66	2,76	3,03	3,66	4,60	4,69	5,62
Linhas de Telecomunicação		3,85	3,90	4,03	4,13	4,44	5,13	6,20	6,30	7,38	3,43	3,47	3,60	3,69	3,97	4,59	5,54	5,62	6,56
Vegetação de preservação permanente		0,16	0,21	0,34	0,45	0,75	1,44	2,51	2,61	3,69	0,15	0,19	0,32	0,41	0,69	1,31	2,26	2,34	3,28
Cultura agrícola permanente		0,20	0,26	0,43	0,56	0,95	1,89	3,40	3,56	5,18	0,19	0,24	0,39	0,52	0,88	1,71	3,04	3,17	4,56
Instalações Transportadoras		0,20	0,26	0,43	0,56	0,95	1,89	3,40	3,56	5,18	0,19	0,24	0,39	0,52	0,88	1,71	3,04	3,17	4,56

A seguir são apresentadas as distâncias verticais para operação nominal, na condição típica e limite, com destaque para os cruzamentos entre linhas aéreas, com ou sem (0) cabos de para-raios na linha inferior e para cruzamentos entre o mesmo nível de tensão.

Tabela 4

Tabela 5 NBR 5422/85 EM1		Distância Vertical Típica para Corrente Nominal									Distância Vertical Limite para Corrente Nominal								
		Item 7.2.2.1 $Dv_{tip,n}$ - Nível de Tensão									Item 7.2.2.2 $Dv_{lim,n}$ - Nível de Tensão								
Natureza da Região ou Obstáculo atravessado pela linha ou que dela se aproxima		34,5	44,0	69,0	88,0	138,0	230,0	345,0	440,0	550,0	34,5	44,0	69,0	88,0	138,0	230,0	345,0	440,0	550,0
Locais Acessíveis apenas a pedestres		6,15	6,19	6,31	6,41	6,68	7,29	8,21	8,30	9,21	5,25	5,29	5,41	5,51	5,78	6,39	7,31	7,40	8,31
Locais onde circulam máquinas agrícolas		6,29	6,34	6,49	6,62	6,98	7,81	9,14	9,27	10,68	5,39	5,44	5,59	5,72	6,08	6,91	8,24	8,37	9,76
Rodovias, ruas e avenidas		7,69	7,74	7,89	8,02	8,38	9,21	10,54	10,67	12,08	6,79	6,84	6,99	7,12	7,48	8,31	9,64	9,77	11,16
Ferrovias não eletrificadas		8,69	8,74	8,89	9,02	9,38	10,21	11,54	11,67	13,08	7,79	7,84	7,99	8,12	8,48	9,31	10,64	10,77	12,16
Ferrovias eletrif. ou com previsão de eletrif.		3,59	3,64	3,79	3,92	4,28	5,11	6,44	6,57	7,98	2,69	2,74	2,89	3,02	3,38	4,21	5,54	5,67	7,06
Suporte de linha pertencente à ferrovia		3,59	3,64	3,79	3,92	4,28	5,11	6,44	6,57	7,98	2,69	2,74	2,89	3,02	3,38	4,21	5,54	5,67	7,06
Águas Navegáveis		5,85	5,89	6,01	6,11	6,38	6,99	7,91	8,00	8,91	4,95	4,99	5,11	5,21	5,48	6,09	7,01	7,10	8,01
Águas não Navegáveis		5,85	5,89	6,01	6,11	6,38	6,99	7,91	8,00	8,91	4,95	4,99	5,11	5,21	5,48	6,09	7,01	7,10	8,01
Linhas Aéreas de Energia Elétrica	0	2,45	2,49	2,62	2,71	2,99	3,61	4,56	4,64	5,58	1,55	1,59	1,72	1,81	2,09	2,71	3,66	3,74	4,68
	34,5	2,60	2,65	2,77	2,86	3,14	3,76	4,71	4,79	5,73	1,70	1,75	1,87	1,96	2,24	2,86	3,81	3,89	4,83
	44,0	2,65	2,69	2,81	2,91	3,18	3,81	4,75	4,84	5,77	1,75	1,79	1,91	2,01	2,28	2,91	3,85	3,94	4,87
	69,0	2,77	2,81	2,93	3,03	3,31	3,93	4,87	4,96	5,90	1,87	1,91	2,03	2,13	2,41	3,03	3,97	4,06	5,00
	88,0	2,86	2,91	3,03	3,13	3,40	4,03	4,97	5,06	5,99	1,96	2,01	2,13	2,23	2,50	3,13	4,07	4,16	5,09
	138,0	3,14	3,18	3,31	3,40	3,68	4,30	5,25	5,33	6,27	2,24	2,28	2,41	2,50	2,78	3,40	4,35	4,43	5,37
	230,0	3,76	3,81	3,93	4,03	4,30	4,93	5,87	5,96	6,89	2,86	2,91	3,03	3,13	3,40	4,03	4,97	5,06	5,99
	345,0	4,71	4,75	4,87	4,97	5,25	5,87	6,81	6,90	7,90	3,81	3,85	3,97	4,07	4,35	4,97	5,91	6,00	6,94
	440,0	4,79	4,84	4,96	5,06	5,33	5,96	6,90	6,99	8,00	3,89	3,94	4,06	4,16	4,43	5,06	6,00	6,09	7,02
	550,0	5,73	5,77	5,90	5,99	6,27	6,89	7,90	8,00	9,08	4,83	4,87	5,00	5,09	5,37	5,99	6,94	7,02	7,96
Linhas de Telecomunicação		2,45	2,49	2,62	2,71	2,99	3,61	4,56	4,64	5,58	1,55	1,59	1,72	1,81	2,09	2,71	3,66	3,74	4,68
Vegetação de preservação permanente		3,79	3,84	3,99	4,12	4,48	5,31	6,64	6,77	8,18	2,89	2,94	3,09	3,22	3,58	4,41	5,74	5,87	7,26
Cultura agrícola permanente		3,79	3,84	3,99	4,12	4,48	5,31	6,64	6,77	8,18	2,89	2,94	3,09	3,22	3,58	4,41	5,74	5,87	7,26
Instalações Transportadoras		2,69	2,74	2,89	3,02	3,38	4,21	5,54	5,67	7,08	1,79	1,84	1,99	2,12	2,48	3,31	4,64	4,77	6,16

A seguir são apresentadas as distâncias verticais para operação em sobrecorrente, na condição típica e limite, com destaque para os cruzamentos entre linhas aéreas, com ou sem cabos de para-raios na linha inferior e para cruzamentos entre o mesmo nível de tensão.

Tabela 5



Tabela 5 NBR 5422/85 EM1		Distância Vertical Típica (segurança) para Sobrecorrente									Distância Vertical Limite para Sobrecorrente								
		7.2.3.1 Dv <sub>tip,s</sub> - Nível de Tensão									7.2.3.2 Dv <sub>lim,s</sub> - Nível de Tensão								
Natureza da Região ou Obstáculo atravessado pela linha ou que dela se aproxima		34,5	44,0	69,0	88,0	138,0	230,0	345,0	440,0	550,0	34,5	44,0	69,0	88,0	138,0	230,0	345,0	440,0	550,0
Locais Acessíveis apenas a pedestres		5,26	5,31	5,44	5,54	5,84	6,52	7,56	7,66	8,71	4,65	4,69	4,81	4,91	5,18	5,79	6,71	6,80	7,71
Locais onde circulam máquinas agrícolas		5,40	5,46	5,63	5,76	6,16	7,09	8,61	8,76	10,39	4,79	4,84	4,99	5,12	5,48	6,31	7,64	7,77	9,16
Rodovias, ruas e avenidas		6,80	6,86	7,03	7,16	7,56	8,49	10,01	10,16	11,79	6,19	6,24	6,39	6,52	6,88	7,71	9,04	9,17	10,56
Ferrovias não eletrificadas		7,80	7,86	8,03	8,16	8,56	9,49	11,01	11,16	12,79	7,19	7,24	7,39	7,52	7,88	8,71	10,04	10,17	11,56
Ferrovias eletrif. ou com previsão de eletrif.		2,70	2,76	2,93	3,06	3,46	4,39	5,91	6,06	7,69	2,09	2,14	2,29	2,42	2,78	3,61	4,94	5,07	6,46
Suporte de linha pertencente à ferrovia		2,70	2,76	2,93	3,06	3,46	4,39	5,91	6,06	7,69	2,09	2,14	2,29	2,42	2,78	3,61	4,94	5,07	6,46
Águas Navegáveis		4,96	5,01	5,14	5,24	5,54	6,22	7,26	7,36	8,41	4,35	4,39	4,51	4,61	4,88	5,49	6,41	6,50	7,41
Águas não Navegáveis		4,96	5,01	5,14	5,24	5,54	6,22	7,26	7,36	8,41	4,35	4,39	4,51	4,61	4,88	5,49	6,41	6,50	7,41
Linhas Aéreas de Energia Elétrica	0	1,56	1,61	1,74	1,85	2,15	2,84	3,91	4,01	5,09	0,95	0,99	1,12	1,21	1,49	2,11	3,06	3,14	4,08
	34,5	1,72	1,77	1,90	2,01	2,31	3,01	4,07	4,18	5,26	1,10	1,15	1,27	1,36	1,64	2,26	3,21	3,29	4,23
	44,0	1,77	1,82	1,95	2,06	2,36	3,06	4,12	4,22	5,30	1,15	1,19	1,31	1,41	1,68	2,31	3,25	3,34	4,27
	69,0	1,90	1,95	2,08	2,19	2,49	3,19	4,25	4,35	5,43	1,27	1,31	1,43	1,53	1,81	2,43	3,37	3,46	4,40
	88,0	2,01	2,06	2,19	2,30	2,60	3,29	4,36	4,46	5,54	1,36	1,41	1,53	1,63	1,90	2,53	3,47	3,56	4,49
	138,0	2,31	2,36	2,49	2,60	2,90	3,59	4,66	4,76	5,84	1,64	1,68	1,81	1,90	2,18	2,80	3,75	3,83	4,77
	230,0	3,01	3,05	3,19	3,29	3,59	4,29	5,36	5,46	6,54	2,26	2,31	2,43	2,53	2,80	3,43	4,37	4,46	5,39
	345,0	4,07	4,12	4,25	4,36	4,66	5,36	6,42	6,52	7,60	3,21	3,25	3,37	3,47	3,75	4,37	5,31	5,40	6,34
	440,0	4,18	4,22	4,35	4,46	4,76	5,46	6,52	6,63	7,71	3,29	3,34	3,46	3,56	3,83	4,46	5,40	5,49	6,42
	550,0	5,26	5,30	5,43	5,54	5,84	6,54	7,60	7,71	8,79	4,23	4,27	4,40	4,49	4,77	5,39	6,34	6,42	7,36
Linhas de Telecomunicação		1,56	1,61	1,74	1,85	2,15	2,84	3,91	4,01	5,09	0,95	0,99	1,12	1,21	1,49	2,11	3,06	3,14	4,08
Vegetação de preservação permanente		2,90	2,96	3,13	3,26	3,66	4,59	6,11	6,26	7,89	2,29	2,34	2,49	2,62	2,98	3,81	5,14	5,27	6,66
Cultura agrícola permanente		2,90	2,96	3,13	3,26	3,66	4,59	6,11	6,26	7,89	2,29	2,34	2,49	2,62	2,98	3,81	5,14	5,27	6,66
Instalações Transportadoras		1,80	1,86	2,03	2,16	2,56	3,49	5,01	5,16	6,79	1,19	1,24	1,39	1,52	1,88	2,71	4,04	4,17	5,56

### 1.3.1 Comparativo entre NBR 5422/85 e NBR 5422/24 em Cruzamento de Linhas Aéreas

Nas figuras a seguir são apresentados os valores cálculos conforme a metodologia simplificada da NBR 5422/85 e comparada aos novos critérios de distância da NBR 5422/24. Note que a versão anterior da norma era menos restritiva nas condições de cruzamento entre linhas, tendo, portanto, em sua nova versão, valores ligeiramente superiores nos pontos de cruzamentos.

Deve-se destacar que, na versão antiga, a distância mínima era apresentada como “a condição mais desfavorável de aproximação do condutor ao obstáculo considerado” sendo, portanto, comparada à condição limite de sobrecorrente (curta-duração).

Foi incluído para análise comparatória em cruzamentos com cabos de para-raios aterrados, as distâncias que separam as regiões de Zona Livre, Zona Controlada e Zona de Risco, conforme NR 10, uma vez que, se os cabos de para-raios podem ser interpretados como “Extensões Condutores”, determinadas atividades poderão ser consideradas como “Trabalho em Proximidade” por adentrar na Zona Controlada ou até mesmo na Zona de Risco.

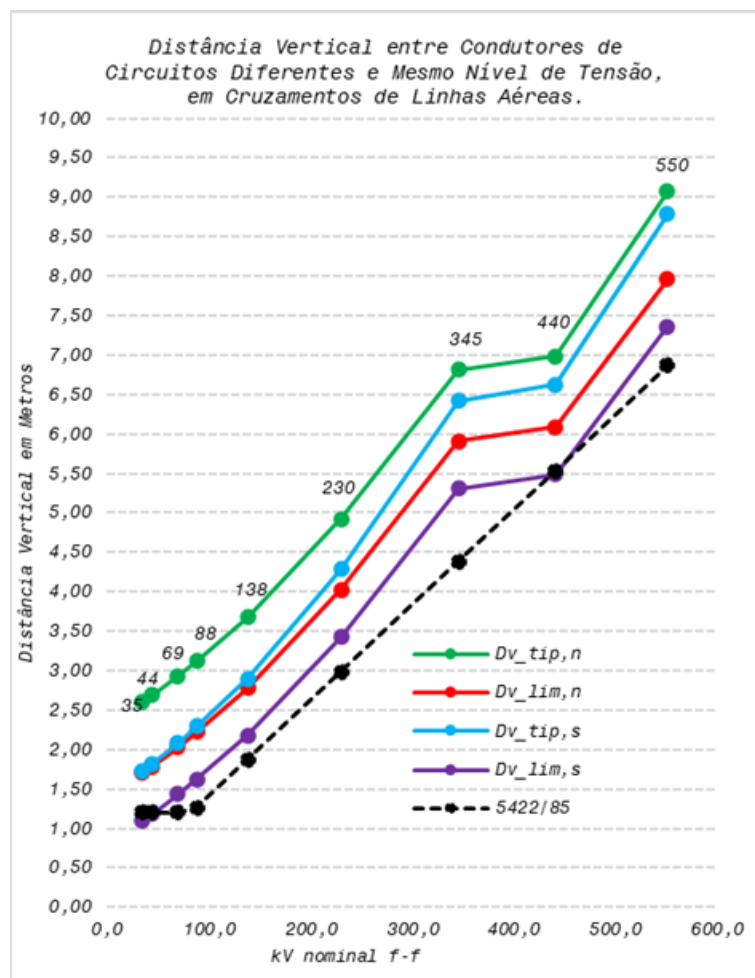


Figura 4

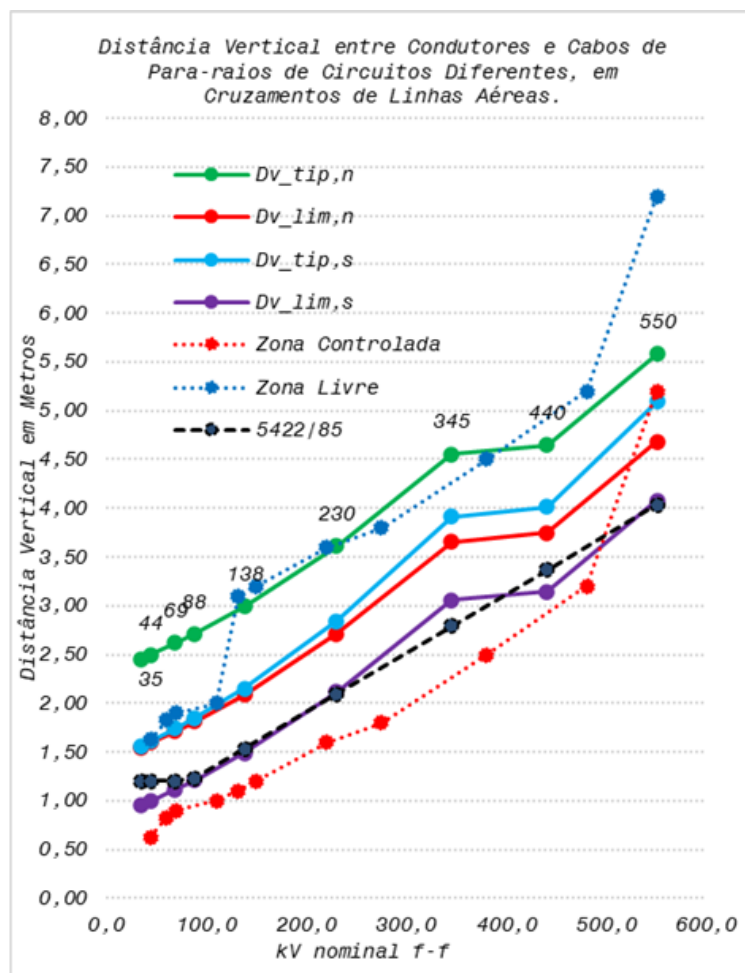


Figura 5

### 1.3.2 Análise para Aplicação em Linhas Aéreas em 69kV e 138kV.

Entre as distribuidoras do Grupo CPFL, os principais níveis de tensão de operação nominal das linhas aéreas de subtransmissão compreendem 69kV e 138kV, sendo tratados como da mesma forma, respectivamente, as tensões nominais de 44kV e 88kV.

Abaixo são apresentados os valores de distâncias verticais mínimas calculadas por ambas as versões da NBR 5422 e a curva de aplicação conforme norma técnica da CPFL, pública e disponível na internet, de número 22. Nota-se que, o pequeno aumento entre a condição mais desfavorável conforme a metodologia da antiga NBR 5422, para a nova versão, não foi suficiente para superar a margem de segurança adotada pela CPFL na maioria dos casos (análise prática). Porém, em alguns condições de travessias específicas e níveis de tensão superiores, novos padrões de distâncias devam ser avaliados.

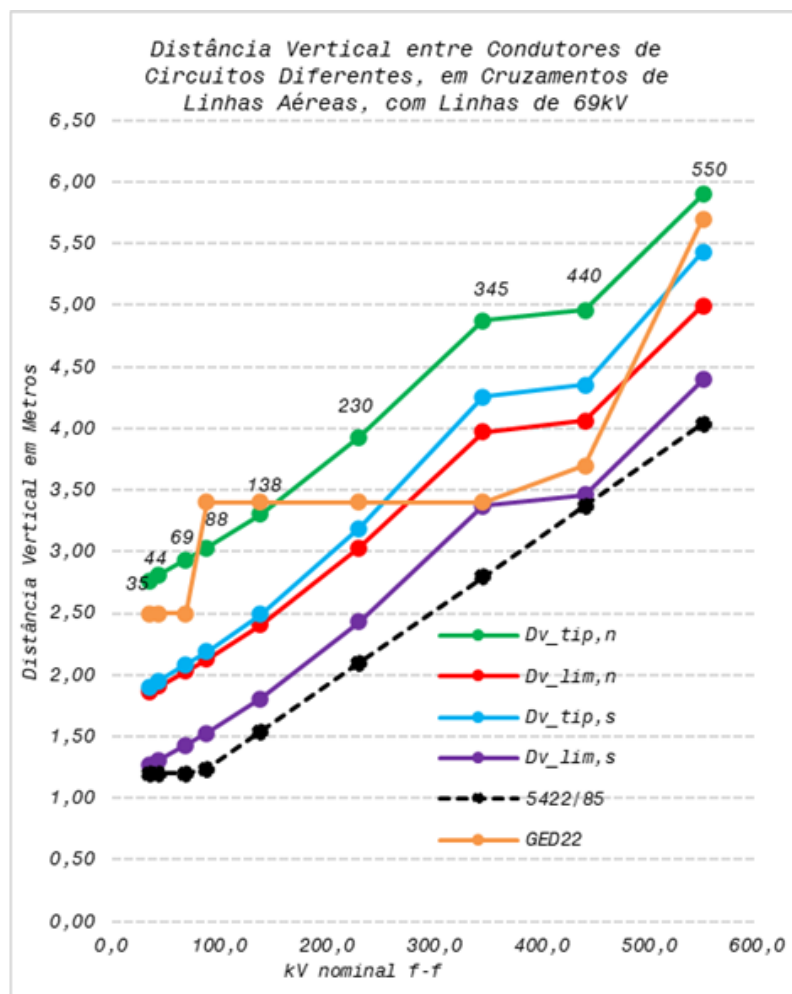


Figura 6

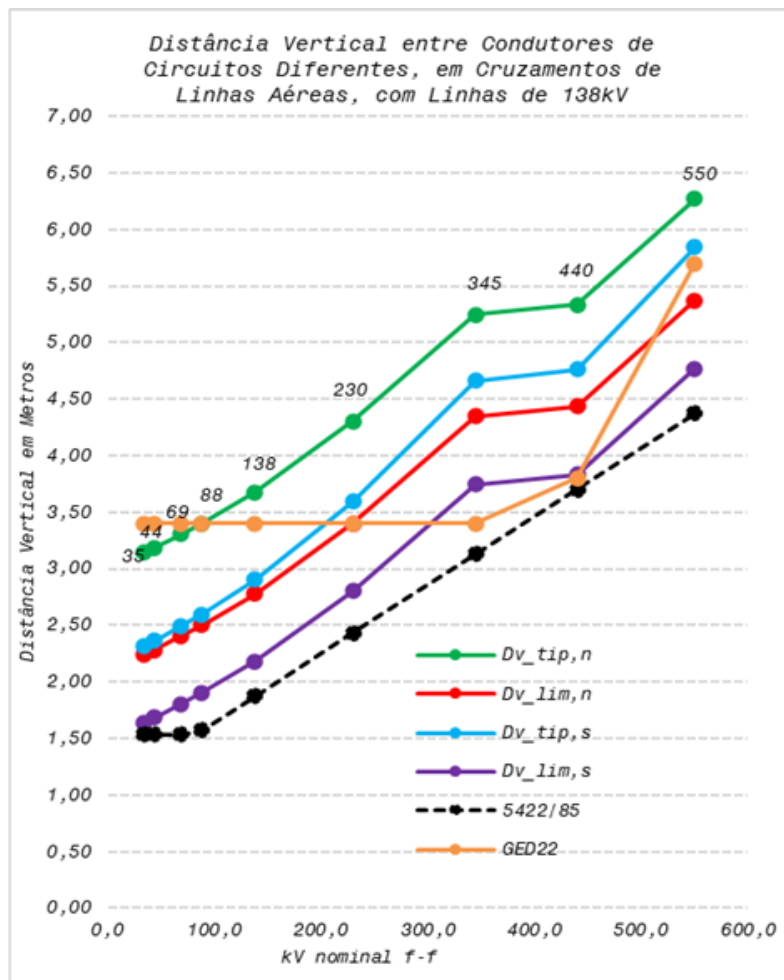


Figura 7

### 3. Conclusão

*Este trabalho apresentou uma abordagem sucinta sobre a aplicação da nova metodologia de cálculo para distâncias verticais entre linhas aéreas e obstáculos dentro da faixa de passagem, incluindo um foco maior nos cruzamento entre linhas aéreas de tensão compatíveis com o segmento de subtransmissão.*

*Foram apresentadas análise comparativas entre condições de cálculo conforme método simplificado da NBR 5422/85 e o método proposto pela nova versão da norma de 2024, com dados típicos da própria norma, demonstrando que, para esses casos, os valores propostos na versão mais atual são ligeiramente superiores aos da versão anterior.*

*Por fim, foram apresentadas conclusões sobre a aplicação dessa avaliação no segmento de subtransmissão da CPFL e como essa avaliação é importante para assegurar o atendimento das normas condições normativas apresentadas.*

## **4. Referências bibliográficas**

*IEEE STD 738 – Standard for Calculating the Current-Temperature of Bare Overhead Conductors.*

*INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – INMET. Banco de Dados Meteorológicos.*

*Disponível em <https://bdmep.inmet.gov.br/>.*

*ABNT NBR 5422/1985 – Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica – Procedimento.*

*ABNT NBR 5422/2024 EMENDA 1 – Projeto de Linhas Aéreas de Energia Elétrica – Critérios Técnicos.*