



**XXI SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0
23 a 26 de Outubro de 2011
Florianópolis - SC

GRUPO - III

GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO - GLT

**AValiação das Temperaturas de Operação em Condutores em
Linhas de Transmissão – Aplicação de Critérios Estatísticos**

**Aldo Cosentino
KOSMANN ENGENHARIA**

**Claudionor Kosmann (*)
KOSMANN ENGENHARIA**

**João Ricardo Roriz Tormin
KOSMANN ENGENHARIA**

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo efetuar uma análise das temperaturas de operação de cabos condutores de Linhas Aéreas de Transmissão utilizando análise estatística, conforme considerada no projeto de revisão da NBR 5422 (Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão), em conjuntos de dados ambientais significativos, aplicando as correntes máximas calculadas conforme o Modelo aprovado pela Resolução Normativa 191/05 da ANEEL e dados construtivos fornecidos pelos Agentes proprietários das LTs.

PALAVRAS CHAVE

Linhas de Transmissão, Segurança, Temperaturas Máximas de Operação, Dados Ambientais.

1. INTRODUÇÃO

O projeto de uma LT de acordo com as disposições da NBR 5422 baseia-se na condição de não serem ultrapassadas as temperaturas:

- a – Temperatura de projeto na operação em Regime de Longa Duração, o que leva a violação da distância de segurança nessa condição.
- b – Temperatura de emergência na operação em Regime de Curta Duração, o que leva a violação das distâncias de segurança em emergências,

Essas condições norteiam os projetos das LTs desde a edição na NBR 5422, em 1985 até o presente momento, sendo consideradas pelo órgão regulador do setor Elétrico Brasileiro para os projetos de novas LTs ou para Recapacitações.

Adicionalmente, devido às dificuldades de obtenção de licenças ambientais para a construção de novas LT, (além de eventuais restrições causadas pelo atendimento dos Editais de Licitação da ANEEL), os Agentes de Transmissão passaram, nos últimos anos, a projetar as LTs para temperaturas cada vez maiores, superiores aos 50-60°C utilizados anteriormente.

Estes valores de temperaturas de projeto levam a temperaturas de operação elevadas se forem considerados dados ambientais mais adequados, em vez de critérios puramente determinísticos, conforme resultados de estudos elaborados [1], onde se pode ler, nas conclusões, que “a adoção do modelo determinístico da NBR 5422 não assegura que a LT em operação apresente temperatura superficial dos condutores não excedente à temperatura de projeto”.

Esta foi também uma das conclusões do trabalho da FT Ampacidade Estatística GCPS/GCOI em 1993 [2], de cuja elaboração participaram representantes da ELETROBRÁS e de outras 13 empresas e concessionárias do setor elétrico Brasileiro e de trabalhos correlatos [3] e em [4], onde se concluiu que “Como resultado deste estudo verificou-se que, independentemente dos valores de Riscos Térmicos obtidos, as temperaturas de operação dos condutores podem atingir valores elevados, colocando em risco a operação da LT”.

Todavia, cálculos mais exatos das temperaturas assumidas pelos condutores não eram possíveis face à inexistência de conjuntos de dados ambientais adequados que pudessem ser aplicados na análise da operação de uma LT.

A recente obtenção desses conjuntos através de técnicas de simulação aplicadas a uma base de dados ambientais disponibilizados pelo NCEP (National Center for Environmental Prediction) tornou possível efetuar análises sistematizadas nas LTs existentes ou a projetar.

(*)Claudionor Kosmann – Rua Itabira, 154 – Itacorubi – Florianópolis – SC – (48) 84220212
claudionor.kosmann@gmail.com

Esta lacuna não tinha como ser eliminada com o ferramental disponível até o ano de 2008, quando do início da criação do banco de dados ambientais do ONS e a elaboração do software específico. A partir desse ano, este ferramental tornou possível uma análise mais acurada da operação de algumas LTs da Rede Básica [9], [10], que subsidiou a elaboração deste trabalho, cujo objetivo é o de analisar, sob uma ótica estatística e considerando dados ambientais existentes e os critérios já consensados no Grupo de Projeto da Revisão da NBR 5422, as temperaturas de operação de linhas de transmissão quando submetidas a valores usuais de carregamento sazonal.

2. OBTENÇÃO DE CONJUNTOS DE DADOS AMBIENTAIS

A obtenção dos conjuntos de dados ambientais é feita através do uso de uma técnica denominada Downscaling, que é uma técnica de interpolação física dos campos de temperatura, radiação e vento, entre outros, a partir das chamadas re-análises do NCEP (National Environmental Prediction Center dos EUA) de modo a se obter dados com alta resolução e grande frequência temporal. As re-análises do NCEP se constituem no melhor conjunto de dados existentes e incluem basicamente todos os dados existentes, desde dados de superfície a dados de satélite [5], [6] e [7].

O Downscaling é efetuado através da utilização do programa ARPS (Advanced Regional Prediction System) que vem sendo desenvolvido pela Universidade de Oklahoma desde 1993. Hoje ele é um dos modelos mais modernos existentes no mundo e pode-se afirmar que os seus resultados são adequados aos objetivos deste trabalho [8].

O programa ARPS efetua simulações numéricas sobre a superfície terrestre a partir da malha de dados disponibilizada pelo NCEP. Para o caso brasileiro, esta malha tem dimensões de 10 x 10 km e cada um dos nós desta malha é representado por um conjunto de dados entre 1/1/1998 e 31/12/2007, com valores de Temperatura Ambiente, Velocidade e Direção do Vento e Radiação Solar simulados em forma horária.

3. CRITÉRIOS UTILIZADOS

Os critérios utilizados no estudo foram:

- 3.1. Regimes de Operação Nominal e Sobrecorrente já consensados pelo Grupo de Projeto de Revisão da NBR 5422. Pelos critérios, os dois regimes terão duas condições cada: Típica e Limite, respectivamente associadas a riscos Térmicos e Riscos de Falha, conforme a tabela 1, a seguir:

Tabela 1: Critérios da Revisão da NBR 5422

Regime de Operação	Típico		Limite	
	RT (%)	RF	RT (%)	RF
Nominal	15	0,000001	1	0,0001
Sobrecorrente	5	0,0001	1	0,0001

Os critérios de transição entre os diversos regimes foram considerados pela adoção das distâncias de segurança previstas no projeto de Revisão da NBR 5422, e são mostrados na tabela 2, a seguir. Os abaixamentos nas distâncias foram transformados em graus, considerando um abaixamento médio dos condutores igual a 0,0353 m/°C.

Tabela 2: Critérios de Transição entre Regimes

Critérios de Transição		
	Distância	Temp. Equivalente
Nominal Típico para Nominal Limite	0,9 m	25°C
Nominal Típico para Sobrecorrente Típico	0,9 m	25°C
Nominal Típico para Sobrecorrente	0,6 m	42°C

3.2. Estações, condutores e dados ambientais escolhidos

Foram escolhidas para este trabalho, as estações listadas na tabela 3, a seguir:

Tabela 3: Estações consideradas no estudo

Estações	Altitude (m)	Condutor
Recife	25	Grosbeak
Teresina	200	Grosbeak
Serra da Mesa	500	Grosbeak
Cuiabá	400	Grosbeak
São Paulo	900	Grosbeak
Araraquara	800	Grosbeak
Curitiba	900	Grosbeak
Florianópolis	25	Grosbeak
Campos Novos	700	Grosbeak
Porto Alegre	25	Grosbeak

Para cada estação foram simuladas as seguintes temperaturas de projeto (Regime Nominal Típico): 50°C, 60°C, 75°C e 85°C

3.3. Temperaturas de Operação dos Condutores:

As Temperaturas de Operação dos condutores foram obtidas pela aplicação do modelo CIGRÉ aos conjuntos de dados e demais condições selecionadas. Estas temperaturas foram então qualificadas, eliminando-se as ocorrências que resultassem em temperaturas de operação superiores à máxima calculada para a velocidade do vento = 0 m/s. Desta forma pode-se obter, para cada temperatura de projeto e para cada sazonalidade considerada a máxima temperatura de operação superficial nos condutores.

As sazonalidades consideradas foram:

Verão Dia – ocorrências entre dezembro e março, das 06h00min às 17h59min.
 Verão Noite – ocorrências entre dezembro e março, das 18h00min às 05h59min
 Inverno Dia – ocorrências entre abril e novembro, das 06h00min às 17h59min
 Inverno Noite – ocorrências entre abril e novembro, das 18h00min às 05h59min

3.4. Distâncias de Segurança na ocorrência das temperaturas máximas

Na condição de temperatura máxima superficial nos condutores ocorrerá a maior flecha possível no vão. Neste caso, as distâncias de segurança mínimas para o solo serão determinadas a partir da altura do objeto. A natureza do terreno mais comum é onde circulam máquinas agrícolas.

Na tabela 4 constam as distancias recomendadas pela NBR 5422 atualmente em vigor e as distâncias propostas para a temperatura máxima que será atingida pelos condutores. A diferença entre as duas foi convertida em °C, com a utilização do fator de conversão igual a 0,0353 m/°C. Nesta tabela, o valor de Pb refere-se à altura do objeto considerado no estabelecimento das distâncias.

Tabela 4 – Acréscimos de temperatura de operação permissíveis

Distâncias de segurança para o solo - NBR 5422 atual e Proposta							
	Natureza do obstáculo: maquinas agrícolas					Diferenças nas distâncias de segurança	
Norma	Atual NBR	Proposta de Revisão NBR					
Regime	Normal	Nominal					
Tensão (kV)	Total m	Pb	Pe 10-6	Pseg	Total m	Metros	ºC
230	7,39	4,0	1,48	0	5,48	1,91	54
345	8,09	4,0	1,48	0	5,48	2,61	74
525	9,18	4,6	1,48	0	5,48	3,70	105
	Natureza do obstáculo: maquinas agrícolas					Diferenças nas distâncias de segurança	
Norma	Atual NBR	Proposta de Revisão NBR					
Regime	Emergência	Sobrecorrente					
Tensão (kV)	Total m	Pb	Pe 10-4	Pseg	Total m	Metros	ºC
230	7,39	4,0	1,12	0	5,12	2,27	64
345	8,09	4,0	1,12	0	5,12	2,97	84
525	9,18	4,0	1,12	0	5,12	4,06	115

Buscando uma análise conservadora, decidiu-se pela adoção dos valores de acréscimos de temperatura obtidos para o nível de tensão de 230 kV. Com isto teríamos os valores máximos de temperaturas de operação:

$$\begin{aligned}\text{Regime Nominal} &= TP + 54^{\circ}\text{C} \\ \text{Regime de Sobrecorrente} &= TP + 64^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

4. RESULTADOS

O resultado da aplicação do modelo e dos critérios descritos nas estações escolhidas está mostrado nas tabelas 5 e 6, a seguir:

Tabela 5 – Resultados para Regime de operação Nominal

TP = 50 °C	Regime Nominal											
	Verão Dia			Verão Noite			Inverno Dia			Inverno Noite		
	I	TMAX	Gov	I	TMAX	Gov	I	TMAX	Gov	I	TMAX	Gov
ARARAQUARA	517	65	Típico	757	80	Limite	611	64	Típico	794	91	Típico
CAMPOS NOVOS	550	71	Típico	774	88	Limite	671	73	Típico	824	95	Típico
COXIPÓ	446	64	Típico	605	68	Típico	465	63	Típico	646	74	Típico
CURITIBA	643	77	Típico	837	85	Limite	737	84	Típico	843	96	Típico
FLORIANOPOLIS	611	73	Típico	796	83	Limite	687	74	Típico	790	87	Típico
PORTO ALEGRE	634	75	Típico	843	89	Limite	737	76	Típico	887	103	Típico
RECIFE	686	84	Típico	683	70	Típico	783	91	Típico	758	82	Típico
SAO PAULO	649	81	Típico	804	83	Limite	713	64	Típico	802	90	Típico
SERRA DA_MESA	458	61	Típico	605	63	Típico	534	68	Típico	620	67	Típico
TERESINA	441	63	Típico	548	60	Típico	497	66	Típico	560	61	Típico
TP = 60 °C												
ARARAQUARA	668	81	Típico	822	90	Limite	750	81	Típico	862	97	Limite
CAMPOS NOVOS	697	87	Típico	839	97	Limite	794	89	Típico	886	96	Limite
COXIPÓ	608	80	Típico	728	83	Típico	616	77	Típico	766	92	Típico
CURITIBA	783	95	Limite	902	95	Limite	825	96	Limite	918	90	Limite
FLORIANOPOLIS	756	90	Típico	860	93	Limite	810	90	Típico	881	93	Limite
PORTO ALEGRE	754	89	Limite	910	100	Limite	817	87	Limite	933	103	Limite
RECIFE	814	100	Limite	805	87	Típico	914	111	Limite	880	97	Limite
SAO PAULO	777	97	Limite	868	93	Limite	821	79	Limite	889	86	Limite
SERRA DA_MESA	611	75	Típico	717	77	Típico	671	83	Típico	727	84	Típico
TERESINA	589	76	Típico	659	71	Típico	638	80	Típico	671	76	Típico
TP = 75 °C												
ARARAQUARA	817	100	Típico	911	104	Limite	865	98	Limite	948	111	Limite
CAMPOS NOVOS	829	105	Limite	927	111	Limite	892	104	Limite	969	110	Limite
COXIPÓ	761	98	Típico	856	101	Típico	762	95	Típico	892	116	Típico
CURITIBA	867	107	Limite	989	110	Limite	915	110	Limite	1001	105	Limite
FLORIANOPOLIS	881	108	Limite	945	107	Limite	917	107	Limite	965	107	Limite
PORTO ALEGRE	857	104	Limite	1001	116	Limite	909	101	Limite	1019	118	Limite
RECIFE	911	115	Limite	906	102	Limite	1014	128	Limite	970	112	Limite
SAO PAULO	877	111	Limite	954	107	Limite	915	94	Limite	973	100	Limite
SERRA DA_MESA	753	92	Típico	889	102	Limite	803	100	Típico	842	105	Típico
TERESINA	725	91	Típico	774	86	Típico	771	96	Típico	787	95	Típico
TP = 85 °C												
ARARAQUARA	887	110	Limite	966	113	Limite	925	108	Limite	1001	120	Limite
CAMPOS NOVOS	892	114	Limite	981	120	Limite	949	114	Limite	1019	119	Limite
COXIPÓ	844	109	Típico	929	112	Típico	841	106	Típico	964	132	Típico
CURITIBA	925	116	Limite	1041	120	Limite	970	119	Limite	1052	114	Limite
FLORIANOPOLIS	941	118	Limite	998	116	Limite	973	116	Limite	1016	116	Limite
PORTO ALEGRE	920	114	Limite	1056	126	Limite	966	111	Limite	1073	128	Limite
RECIFE	970	125	Limite	962	112	Limite	1075	139	Limite	1025	122	Limite
SAO PAULO	935	121	Limite	1006	116	Limite	969	103	Limite	1025	110	Limite
SERRA DA_MESA	831	103	Típico	903	104	Típico	877	111	Típico	909	119	Típico
TERESINA	799	101	Típico	841	96	Típico	845	107	Típico	854	108	Típico

Tabela 6 - Resultados para Regime Operação em Sobrecorrente

TP = 50 °C	Regime de Sobrecorrente											
	Verão Dia			Verão Noite			Inverno Dia			Inverno Noite		
	I	TMAX	Gov	I	TMAX	Gov	I	TMAX	Gov	I	TMAX	Gov
ARARAQUARA	718	87	Típico	836	92	Típico	781	86	Típico	815	90	Típico
CAMPOS NOVOS	734	92	Típico	880	103	Limite	813	92	Típico	844	97	Típico
COXIPÓ	690	89	Típico	792	91	Típico	693	86	Típico	756	94	Típico
CURITIBA	798	97	Típico	944	102	Típico	867	102	Típico	869	102	Típico
FLORIANOPOLIS	794	95	Típico	882	96	Típico	843	95	Típico	869	99	Típico
PORTO ALEGRE	801	96	Típico	954	107	Limite	864	94	Típico	862	93	Típico
RECIFE	861	107	Limite	834	91	Típico	912	110	Limite	923	104	Limite
SAO PAULO	806	101	Típico	901	98	Típico	850	83	Típico	867	86	Típico
SERRA DA_MES	689	84	Típico	783	85	Típico	734	91	Típico	796	99	Típico
TERESINA	671	85	Típico	735	81	Típico	709	88	Típico	774	97	Típico
TP = 60 °C												
ARARAQUARA	798	97	Típico	904	102	Típico	856	97	Típico	878	100	Típico
CAMPOS NOVOS	812	102	Típico	937	113	Limite	882	103	Típico	904	106	Típico
COXIPÓ	771	99	Típico	863	102	Típico	771	96	Típico	822	103	Típico
CURITIBA	874	108	Típico	999	112	Limite	936	113	Típico	927	112	Típico
FLORIANOPOLIS	872	107	Típico	949	107	Típico	914	106	Típico	929	109	Típico
PORTO ALEGRE	870	106	Limite	1013	118	Limite	937	106	Típico	921	103	Típico
RECIFE	923	117	Limite	903	102	Típico	983	124	Limite	981	114	Limite
SAO PAULO	881	112	Típico	964	109	Limite	922	95	Típico	926	95	Típico
SERRA DA_MES	768	94	Típico	848	95	Típico	806	101	Típico	858	108	Típico
TERESINA	746	94	Típico	801	90	Típico	781	98	Típico	837	105	Típico
TP = 75 °C												
ARARAQUARA	900	112	Típico	997	118	Típico	956	113	Típico	963	114	Típico
CAMPOS NOVOS	913	117	Típico	1017	127	Limite	974	118	Típico	986	120	Típico
COXIPÓ	875	114	Típico	957	117	Típico	872	111	Típico	910	117	Típico
CURITIBA	963	122	Limite	1076	126	Limite	1028	129	Típico	1006	125	Típico
FLORIANOPOLIS	974	123	Típico	1033	122	Limite	1008	122	Típico	1012	123	Típico
PORTO ALEGRE	959	120	Limite	1092	133	Típico	1032	122	Típico	1004	117	Típico
RECIFE	1008	131	Limite	996	118	Típico	1078	145	Limite	1062	129	Limite
SAO PAULO	974	127	Limite	1040	122	Limite	1016	111	Típico	1006	110	Típico
SERRA DA_MES	870	109	Típico	934	109	Típico	903	115	Típico	943	122	Típico
TERESINA	844	108	Típico	891	103	Típico	879	112	Típico	922	119	Típico
TP = 85 °C												
ARARAQUARA	961	123	Típico	1053	128	Típico	1015	123	Típico	1018	124	Típico
CAMPOS NOVOS	973	127	Típico	1067	136	Limite	1029	128	Típico	1036	129	Típico
COXIPÓ	937	124	Típico	1014	127	Típico	932	120	Típico	965	126	Típico
CURITIBA	1015	131	Limite	1124	136	Limite	1084	139	Típico	1057	134	Típico
FLORIANOPOLIS	1034	134	Limite	1082	132	Limite	1065	133	Típico	1064	133	Típico
PORTO ALEGRE	1014	130	Limite	1142	143	Limite	1088	133	Típico	1056	127	Típico
RECIFE	1059	141	Limite	1052	128	Típico	1135	159	Limite	1111	139	Limite
SAO PAULO	1026	136	Limite	1087	131	Limite	1073	122	Típico	1057	119	Típico
SERRA DA_MES	930	118	Típico	988	118	Típico	961	125	Típico	996	131	Típico
TERESINA	904	117	Típico	946	113	Típico	937	121	Típico	974	127	Típico

As temperaturas máximas de operação obtidas em cada regime governante foram então comparadas com a temperatura superficial de operação dos condutores máxima admissível, conforme definido em 3.3, verificando-se que haveria necessidade de redução das correntes em apenas 2 casos, ambos na estação Recife, sazonalidade Inverno Dia e temperaturas de projeto de 75°C (máximo admissível igual a 139°C) e de 85°C (máximo admissível

de 149 °C). Considerando que estas estações são pontos e não linhas de transmissão, as correções nas direções das velocidades de vento não foram consideradas.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados, conclui-se que:

- a) A aplicação do método proposto neste artigo mostra que os critérios consensados pelo Grupo de Projeto de Revisão da NBR 5422 atendem plenamente aos propósitos de sua elaboração;
- b) A consideração de Riscos Térmicos iguais a 15% no Regime de Operação Nominal Típico ou de 1% no Regime de Operação Nominal Limite, qualquer que seja a condição governante, não leva os condutores a temperaturas superficiais superiores às temperaturas máximas admissíveis;
- c) A consideração de Riscos Térmicos iguais a 5% no Regime de Operação em Sobrecorrente Típico ou de 1% no Regime de Operação em Sobrecorrente Limite, qualquer que seja a condição governante, leva eventualmente os condutores a temperaturas superiores às temperaturas máximas admissíveis, casos em que o valor das correntes deverá ser reduzido para que elas não sejam ultrapassadas;
- d) Os resultados mostram que a adoção do método proposto pode assegurar, com certeza estatística, que as temperaturas máximas admissíveis de uma Linha de Transmissão e consequentemente, as distâncias de segurança, não serão violadas;
- e) A consideração adicional da inconsistência já conhecida pelo modelo CIGRÉ no caso da convecção mista, além da consideração da diferença entre as temperaturas superficiais do condutor e da alma de aço (quando for o caso), levará ao assertimento de que os resultados são ainda conservadores.

Neste sentido, recomendam os autores que

- a) Este método seja utilizado na avaliação das capacidades operativas sazonais de Linhas Aéreas de Transmissão;
- b) Para as Linhas de Transmissão existentes, deverá ser efetuada, conforme recomendação do Grupo de Projeto de Revisão da NBR 5422, uma avaliação criteriosa da real situação da linha,

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] FERNANDES, J. H. et alii. Riscos de descarga associados às distâncias mínimas condutor-solo preconizadas pela Norma Brasileira. XSNPTTE-CWB/GLT/09. Outubro de 1989
- [2] Cosentino, A. et alii. Ampacidade Estatística de Linhas de Transmissão Aéreas com Condutores Alumínio/Aço (ACSR). Força Tarefa GCPS/GCOI. 1993
- [3] CEPEL - Ampacidade Estatística – Relatório Final da Primeira Etapa. – CEPEL, Relatório 345.87, 1987.
- [4] – Cosentino, A., Kosmann, C., Do Brasil, D., Melek, A., Ramos, M. e Puchale, L. – Análise Estatística das Capacidades Operativas Sazonais de Linhas de Transmissão Utilizando Curvas de Carga. XIV ERIAC, Ciudad del Leste, PY, 2011.
- [5] NCEP-DEO AMIP-II Reanalysis (R-2): M. Kanamitsu, W. Ebisuzaki, J. Woollen, S-K Yang, J.J. Hnilo, M. Fiorino, and G. L. Potter. 1631-1643, Nov 2002, Bul. of the Atmos. Met. Soc.
- [6] Haas, R., T. Ambrizzi, A. J. Pereira Filho, 2000: Comparação de desempenho entre um cluster PC-linux e um SP2 em simulações com o modelo ARPS. I Encontro Brasileiro de Modelagem Atmosférica, XI CBMET, Rio de Janeiro, Outubro de 2000.
- [7] – Moncunill, David F., et alii. Uma breve descrição do Sistema de Previsão Climática Regionalizada (downscaling dinâmico) Implantado na FUNCME. XII Congresso Brasileiro de Meteorologia. Foz do Iguaçu, 2002.
- [8] – Haas, Reinaldo. O uso da Técnica de Downscaling para Obtenção de um Conjunto de Dados Ambientais adequados ao Cálculo dos Carregamentos Sazonais em Linhas de Transmissão. Estudo Interno para o ONS. Rio de Janeiro, Dezembro de 2010.
- [9] – Kosmann, C. e Cosentino, A. Avaliação das Temperaturas Máximas dos Condutores em linhas de Transmissão Da Rede Básica. Estudo Interno do ONS, Julho de 2010
- [10] – Cosentino, A. e Kosmann, C. Avaliação da Aplicação dos Critérios Sugeridos na Revisão da NBR 5422 a Algumas Linhas de Transmissão da Rede Básica. Estudo Interno do ONS, Julho de 2010.

7. DADOS BIOGRÁFICOS

Aldo Cosentino

Nascido no Rio de Janeiro, Engenheiro Eletricista (UFRJ, 1967), Mestre em Administração de Empresas (UFSC, 1998) e Doutor em Engenharia de Produção e Sistemas (UFSC, 2002). Exerceu sua profissão inicialmente na Montreal Engenharia (até 1971) e posteriormente na ELETROSUL (1971 – 1995). Atualmente consultor do ONS e participante do projeto RMLT - Rede de Estações Meteorológicas em Torres de Linhas de Transmissão (FINEP/ANEEL/ONS).

Claudionor Kosmann

Nascido em Seára – SC, Engenheiro Eletricista (UFSC, 1974). Engenheiro na Celesc de 1975 a 1997. Atualmente consultor do ONS e participante do projeto RMLT - Rede de Estações Meteorológicas em Torres de Linhas de Transmissão (FINEP/ANEEL/ONS).

João Ricardo Roriz Tormin

Nascido em Brasília – DF, Engenheiro Eletricista (UFSC, 2011). Engenheiro de O&M na Artemis Transmissora de Energia e participante do projeto RMLT – Rede de Estações Meteorológicas em Torres de Linhas de Transmissão (FINEP/ANEEL/ONS).