



XXIV SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

CB/GOP/25

22 a 25 de outubro de 2017
Curitiba - PR

GRUPO - IX

GRUPO DE ESTUDO DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GOP

REDUÇÃO DO NÍVEL DE CURTO CIRCUITO EM REDES DE SUBTRANSMISSÃO UTILIZANDO REATORES COM NÚCLEO DE AR

Fredner Leandro Cardoso (*)
CPFL

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma solução de mitigação dos níveis de curto-circuito no SDAT 138 kV da CPFL, através da utilização de um reator limitador instalado na subestação Nova Aparecida. Além da alternativa padrão (troca dos disjuntores próximos à superação e adequação da SE para um nível de curto-circuito da ordem de 50 KA), estudou-se a possibilidade de se instalar um reator entre os barramentos 138 kV da SE Nova Aparecida, com o objetivo de se reduzir o nível de curto-circuito para valores aceitáveis às atuais condições, ou seja, com a permanência dos disjuntores de 31,5 KA.

PALAVRAS-CHAVE

Reator Limitador de Curto Circuito, SDAT, Nível de Curto Circuito, Superação.

1.0 - INTRODUÇÃO

O Brasil vem vivenciando uma mudança no modelo de geração, com o esgotamento do potencial hidrelétrico aproveitável nas grandes bacias do Sul, Sudeste e Nordeste. Este cenário se tornou propenso ao início do processo de inclusão de centrais geradoras cada vez menores e mais próximas aos centros de carga, como é o caso das PCH's e UTE's.

Adicionalmente, devido ao enrijecimento das regras para atendimento ao consumidor com maior qualidade e menores tempos de interrupção vem levando os agentes de distribuição a buscar uma maior flexibilidade para o atendimento das cargas. Este movimento leva à adoção de um Sistema de Distribuição de Alta Tensão com um crescente número de interligações, formando uma malha e fazendo a interligação entre várias fontes da Rede Básica.

Esta evolução do sistema elétrico para um modelo em malhas e com fontes geradoras em pontos próximos à carga ocasiona uma sensível elevação dos níveis de corrente curto circuito, podendo ocasionar a superação de algumas instalações quanto à suportabilidade de correntes de falta e exigindo soluções para a mitigação deste problema.

A exemplo do que ocorre em outras regiões metropolitanas do país, que se caracterizam por apresentar sistemas de baixa impedância entre pontos de suprimento e centros de carga, o nível de curto-circuito das instalações de 138 kV da CPFL é elevado. Os maiores valores são registrados nas subestações de manobra e seccionamento, tais como Nova Aparecida, Carioba e Tanquinho, e nos setores de 138 kV das subestações de suprimento, pertencentes às empresas de transmissão, como Santa Bárbara e Sumaré, operados pela Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista (ISA Brasil - CTEEP) e Campinas, por FURNAS Centrais Elétricas.

Foram envolvidas as demais áreas da CPFL (operação, engenharia, empreendimentos, etc) para que fosse encontrada uma alternativa para solucionar os problemas de superação do nível de curto-circuito para os disjuntores e demais equipamentos da SE Nova Aparecida.

Pelo fato da CPFL ser uma empresa distribuidora de energia, possuindo em seu sistema elétrico apenas linhas de subtransmissão (138kV, 69kV, etc), este seria então o primeiro reator a ser instalado em sua malha, o que faz deste projeto, pioneiro nesta concessionária.

2.0 - EVOLUÇÃO DO CENÁRIO

Estudos Apontaram a necessidade de se substituir vários disjuntores nesse sistema, em razão da superação da corrente de curto-circuito simétrica, a maioria deles nas subestações Nova Aparecida e Santa Bárbara. Destaca-se que esse problema tem levado a CPFL e as empresas de transmissão a radializarem suas instalações, de forma provisória, por meio da abertura de linhas e barramentos de 138 kV, com redução dos níveis de confiabilidade e flexibilidade operativa.

Pela importância sistêmica dessas subestações, a troca de tais equipamentos apresentaria impactos significativos em termos financeiros, operacionais e logísticos, sendo ainda preciso verificar a necessidade ou não da substituição dos demais componentes associados, como chaves e transformadores de corrente.

A CPFL, de forma a oferecer uma maior confiabilidade e flexibilidade de atendimento às cargas da região, possui um sistema de 138 kV em malha e realiza a sua operação normalmente fechado. Desta forma o SDAT da CPFL faz a interligação entre os sistemas de 345 kV e 440 kV e por este motivo o carregamento tanto das transformações de fronteira e do próprio sistema de 138 kV são afetados pelos despachos praticados pelo ONS nas usinas conectadas à Rede Básica. Portanto, o dimensionamento tanto das transformações de fronteira 345/138 kV e 440/138 kV como do próprio SDAT da CPFL deve ser feito de modo a atender não apenas a carga a ser suprida, mas também do fluxo passante entre os sistemas de 500 kV, 440 kV e 345 kV da CTEEP e de Furnas.

De acordo com os Procedimentos de Rede do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), os estudos de curto-circuito avaliam o desempenho de todos os módulos de manobra instalados nos sistemas de transmissão e distribuição, relacionando-se, para cada um, a corrente de curto-circuito simétrica com a capacidade de interrupção. As simulações para os cálculos, normalmente realizados para faltas trifásicas e monofásicas, consideram o sistema em regime subtransitário, com todas as máquinas e linhas de transmissão em operação. Os resultados obtidos servem como subsídios para estudos de ajuste e coordenação de proteção, especificação de equipamentos, estabilidade, dimensionamento de malha de terra, entre outros.

Quando a relação entre a corrente de curto-circuito simétrica com a capacidade de interrupção atinge o valor de 100%, é preciso realizar, para a subestação afetada, uma verificação de corrente passante (line out), na qual é simulada uma falta junto ao disjuntor que está sendo avaliado com o disjuntor do outro extremo da linha aberto. Disjuntores que nessa análise apresentam solicitações iguais ou superiores a 100% são considerados superados; valores entre 90% e 100% colocam o equipamento em estado de "alerta", sendo necessários estudos específicos de curto-circuito assimétrico e/ou tensão de restabelecimento transitória para se atestar ou não sua superação.

Destaca-se que o disjuntor é o principal equipamento monitorado nos estudos de curto-circuito, por ser o elemento de atuação em hipóteses de faltas no sistema elétrico. Porém, quando um determinado disjuntor é considerado como superado ou em estado de "alerta", deve ser igualmente verificada a suportabilidade dos demais equipamentos do módulo de manobra, como chaves seccionadoras e transformadores de corrente; em casos críticos de superação de capacidade, todo o projeto da subestação deve ser revisto para atender aos níveis de curto-circuito indicados.

Atualmente, a base de dados oficial de curto-circuito que representa o sistema interligado brasileiro é fornecida anualmente pelo ONS para um horizonte de três anos. Como esse intervalo de tempo é considerado insuficiente para as análises de planejamento da expansão, realizadas em ciclos decenais, é preciso incluir nessa base determinados empreendimentos que terão impacto sobre os níveis de curto-circuito das instalações avaliadas.

2.1 Análise do Sistema de Referência

O problema da elevação dos níveis de curto circuito começou a se manifestar na região com a implantação do 4º ATR 440/138 kV de 300 MVA na SE Santa Bárbara D'Oeste (CTEEP), totalizando 1200 MVA de capacidade instalada e onde foi necessária a troca de todos os equipamentos com capacidade interruptiva.

Nesta subestação foi adotada a solução de substituição de todos os equipamentos superados, solução esta que é bastante atrativa do ponto de vista da manutenção das características operativas da instalação, mas apresenta custos financeiros bastante elevados, além das dificuldades envolvidas na execução da obra.

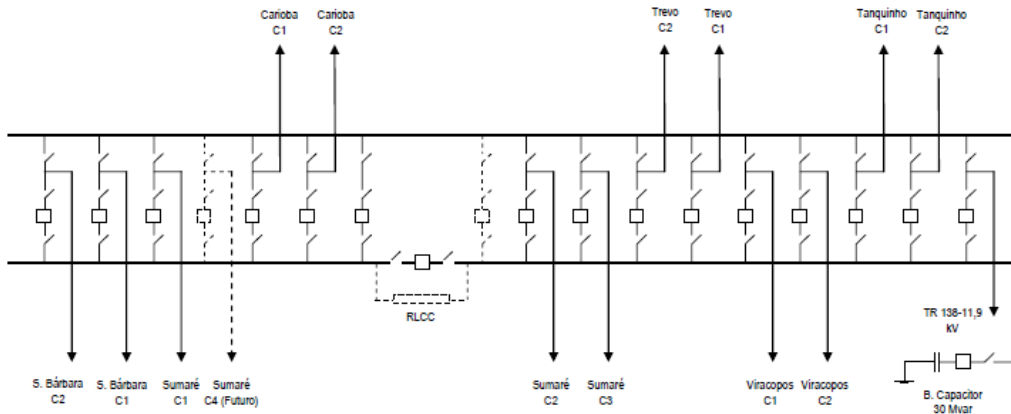


Figura 2 – Configuração Proposta para a Subestação Nova Aparecida com a Instalação do RLCC.

2.3 Análise dos Níveis de Curto Circuito

Nesta análise, apresentaremos a evolução dos níveis de curto circuito no Sistema de Distribuição de Alta Tensão 138 kV da CPFL e nos barramentos de 138 kV das subestações que fazem fronteira com a rede básica.

Os resultados foram obtidos utilizando o programa SAPRE - ANAFAS do CEPEL (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica). Ver Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Níveis de Curto Circuito no SDAT sem Reforços

CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
ANAFAS - Programa de Análise de Falhas Simultâneas

ONS = SIN = CFG DEZ/2013 = V:14/12/2012 = BR1312PU + CPFL JG+SC+PR+PA

RELATORIO DE NIVEIS DE CURTO-CIRCUITO

SAPRE - REDE:<vazia> CASO:<trabalho>

IDENTIFICACAO NUM.	NOME	VBAS	T R I F A S I C O			M O N O F A S I C O			B I F A S I C O - T E R R A				
			MOD (kA)	ANG (gr)	X/R	MOD (kA)	ANG (gr)	X/R	MOD (kA)	ANG (gr)	X/R		
12270	N. APAR	138	138.0	26.48	-83.17	8.35	17.25	-78.69	5.00	24.50	171.83	2.50	B
12271	CARIOBA	138	138.0	24.02	-81.67	6.83	15.38	-78.80	5.05	21.96	173.45	2.30	B
12273	TANQUINHO138	138.0	138.0	27.12	-84.33	10.08	27.46	-84.96	11.33	27.56	35.96	9.57	C
12288	TREVO	138	138.0	18.18	-79.78	5.55	10.55	-77.41	4.48	16.38	177.14	1.95	B
12290	VIRACOP	138	138.0	17.26	-78.62	4.97	9.48	-75.23	3.79	15.55	179.31	1.78	B
12293	PAINEIRAS138	138.0	138.0	15.68	-81.67	6.83	9.39	-79.22	5.25	14.18	174.69	2.17	B
19070	SBARBARA138A	138.0	138.0	26.81	-83.81	9.21	19.70	-81.33	6.56	24.98	168.10	3.06	B
19090	SUMARE	138	138.0	24.68	-84.73	10.84	18.42	-82.20	7.30	23.08	166.78	3.32	B

Tabela 2 – Níveis de Curto Circuito no SDAT após a instalação do 4º ATR 440/138 kV na SE Santa Bárbara

CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
ANAFAS - Programa de Análise de Falhas Simultâneas

ONS = SIN = CFG DEZ/2013 = V:14/12/2012 = BR1312PU + CPFL JG+SC+PR+PA

RELATORIO DE NIVEIS DE CURTO-CIRCUITO

SAPRE - REDE:<vazia> CASO:<trabalho>

IDENTIFICACAO NUM.	NOME	VBAS	T R I F A S I C O			M O N O F A S I C O			B I F A S I C O - T E R R A				
			MOD (kA)	ANG (gr)	X/R	MOD (kA)	ANG (gr)	X/R	MOD (kA)	ANG (gr)	X/R		
12270	N. APAR	138	138.0	27.33	-82.92	8.05	17.75	-78.63	4.97	25.25	172.12	2.46	B
12271	CARIOBA	138	138.0	26.18	-81.81	6.95	17.00	-78.90	5.10	23.98	173.03	2.35	B
12273	TANQUINHO138	138.0	138.0	27.62	-84.01	9.54	27.85	-84.72	10.82	28.04	36.03	9.47	C
12288	TREVO	138	138.0	18.51	-79.51	5.40	10.67	-77.28	4.43	16.66	177.51	1.92	B
12290	VIRACOP	138	138.0	17.56	-78.34	4.85	9.58	-75.10	3.76	15.80	179.67	1.76	B
12293	PAINEIRAS138	138.0	138.0	15.88	-81.46	6.66	9.46	-79.12	5.20	14.35	174.99	2.15	B
19070	SBARBARA138A	138.0	138.0	30.38	-84.38	10.16	23.99	-82.13	7.23	28.71	165.49	3.61	B
19090	SUMARE	138	138.0	25.01	-84.54	10.47	18.75	-82.35	7.44	23.35	166.77	3.32	B

Com a conclusão da SE Itatiba 500/138 kV 2x400 MVA, o SDAT que atende a região da grande Campinas ficou na seguinte configuração:

- SE Santa Bárbara D'Oeste 440/138 kV 4x300 MVA
- SE Sumaré 440/138 kV 3x300 MVA
- SE Campinas 500/345/138 kV 5x150 MVA
- SE Itatiba 500/138 kV 2x400 MVA

Os resultados dos níveis de curto circuito após a entrada da SE Itatiba, podem ser verificados nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3 – Níveis de Curto Circuito no SDAT após a Conclusão da SE Itatiba 500/138 kV

CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
ANAFAS - Programa de Análise de Falhas Simultâneas

ONS = SIN = CFG DEZ/2013 = V:14/12/2012 = BR1312PU + CPFL JG+SC+PR+PA

RELATORIO DE NIVEIS DE CURTO-CIRCUITO

SAPRE - REDE:<vazia> CASO:<trabalho>

IDENTIFICACAO		T R I F A S I C O			M O N O F A S I C O			B I F A S I C O - T E R R A					
NUM.	NOME	VBAS	MOD (kA)	ANG (gr)	X/R	MOD (kA)	ANG (gr)	X/R	MOD (kA)	ANG (gr)	X/R	F	
2415	ITATIBA	138	138.0	34.08	-83.33	8.55	27.72	-83.21	8.40	31.78	165.11	3.70	B
12270	N. APAR	138	138.0	35.26	-80.85	6.21	21.02	-77.00	4.33	32.12	175.76	2.07	B
12271	CARIOBA	138	138.0	33.13	-79.50	5.39	19.32	-77.27	4.43	29.85	177.33	1.94	B
12273	TANQUINHO	138	138.0	36.24	-82.52	7.61	35.15	-83.60	8.92	36.27	35.52	10.35	C
12288	TREVO	138	138.0	24.14	-78.26	4.81	13.62	-76.78	4.26	21.60	179.07	1.80	B
12290	VIRACOP	138	138.0	23.41	-77.13	4.38	12.44	-74.68	3.65	20.95	-178.77	1.65	B
12293	PATINEIRAS	138	138.0	25.64	-81.60	6.77	16.24	-79.53	5.41	23.29	173.65	2.28	B
19070	SBARBARA138A	138	138.0	41.75	-82.53	7.63	30.01	-80.16	5.77	38.71	169.91	2.76	B
19090	SUMARE	138	138.0	31.34	-83.71	9.07	22.89	-81.42	6.63	29.13	168.32	3.02	B

Tabela 4 – Níveis de Curto Circuito no SDAT após a Instalação do RLCC na SE 138 kV Nova Aparecida.

CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
ANAFAS - Programa de Análise de Falhas Simultâneas

ONS = SIN = CFG DEZ/2013 = V:14/12/2012 = BR1312PU + CPFL JG+SC+PR+PA

RELATORIO DE NIVEIS DE CURTO-CIRCUITO

SAPRE - REDE:<vazia> CASO:<trabalho>

IDENTIFICACAO		T R I F A S I C O			M O N O F A S I C O			B I F A S I C O - T E R R A					
NUM.	NOME	VBAS	MOD (kA)	ANG (gr)	X/R	MOD (kA)	ANG (gr)	X/R	MOD (kA)	ANG (gr)	X/R	F	
2415	ITATIBA	138	138.0	33.35	-83.67	9.02	27.37	-83.42	8.67	31.21	164.49	3.87	B
12270	N. APAR	138	138.0	28.74	-80.96	6.28	18.52	-77.67	4.58	26.35	174.10	2.24	B
12271	CARIOBA	138	138.0	31.76	-79.82	5.57	18.88	-77.53	4.52	28.68	176.67	1.99	B
12273	TANQUINHO	138	138.0	35.45	-82.79	7.90	34.63	-83.78	9.18	35.55	35.61	10.18	C
12288	TREVO	138	138.0	22.38	-78.92	5.11	13.12	-77.21	4.41	20.12	177.75	1.90	B
12290	VIRACOP	138	138.0	21.78	-77.81	4.63	12.02	-75.13	3.77	19.57	179.97	1.73	B
12293	PATINEIRAS	138	138.0	24.92	-81.91	7.03	16.01	-79.72	5.51	22.69	173.06	2.35	B
12819	N. APARE2	138	138.0	25.43	-81.11	6.39	16.15	-78.48	4.90	23.18	174.15	2.23	B
19070	SBARBARA138A	138	138.0	40.06	-82.80	7.91	29.29	-80.40	5.92	37.27	169.22	2.87	B
19090	SUMARE	138	138.0	31.34	-83.71	9.07	22.88	-81.43	6.63	29.13	168.32	3.02	B

Como pode ser verificado, os níveis de curto circuito no SDAT 138 kV da CPFL aumentaram gradativamente conforme os reforços nas instalações de fronteira foram sendo implementados, ao ponto de levar à superação da capacidade interruptiva de vários equipamentos na malha de atendimento à região de Campinas.

A seguir podemos observar melhor a evolução dos níveis de curto circuito durante as etapas de expansão planejadas para a região. Observa-se que algumas instalações ainda apresentam equipamentos superados ao final da

implantação de todas as obras previstas para a expansão da malha de atendimento da região de Campinas. Nota-se que este fato ocorre apenas nas SE's Trevo e Carioba, que possuem equipamentos com capacidade interruptiva limitada em 20 kA. Ver Tabelas 5 e 6.

Tabela 5 – Evolução dos Níveis de Curto Circuito Trifásico (KA)

Subestação	Menor Capacidade de Interrupção	Caso Inicial	4° ATR Santa Bárbara	5° ATR Campinas	3° ATR Sumaré	Fechamento Barras SBO	Conclusão SE Itatiba	Instalação Reator
Itatiba	40	-	-	-	12,53	-	34,08	33,35
Nova Aparecida	31,5	26,48	27,33	27,96	29,58	31,51	35,26	28,74
N. Aparecida B2	31,5	-	-	-	-	-	-	25,43
Carioba	20	24,02	26,18	26,55	26,87	31,78	33,13	31,76
Tanquinho	40	27,12	27,62	29,58	30,07	30,99	36,24	35,45
Trevo	20	18,18	18,51	18,93	19,45	20,1	24,14	22,38
Viracopos	40	17,26	17,56	17,93	18,4	18,98	23,41	21,78
Paineiras	31,5	15,68	15,88	16,35	16,59	16,94	25,64	24,92
Santa Bárbara D'Oeste	31,4	26,81	30,38	30,75	31,04	40,28	41,75	40,06
Sumaré	40	24,68	25,01	25,33	28,78	29,72	31,34	31,34

Tabela 6 – Evolução dos Níveis de Curto Circuito Monofásico (KA)

Subestação	Menor Capacidade de Interrupção	Caso Inicial	4° ATR Santa Bárbara	5° ATR Campinas	3° ATR Sumaré	Fechamento Barras SBO	Conclusão SE Itatiba	Instalação Reator
Itatiba	40	-	-	-	-	-	27,72	27,37
Nova Aparecida	31,5	17,25	17,75	18,01	18,77	19,31	21,02	18,52
N. Aparecida B2	31,5	-	-	-	-	-	-	18,88
Carioba	20	15,38	17,00	17,14	17,23	18,90	19,32	34,63
Tanquinho	40	27,46	27,85	30,34	30,70	31,35	35,15	13,12
Trevo	20	10,55	10,67	10,82	10,98	11,12	13,62	12,02
Viracopos	40	9,48	9,58	9,70	9,83	9,95	12,44	16,01
Paineiras	31,5	9,39	9,46	9,64	9,71	9,79	16,24	16,15
Santa Bárbara D'Oeste	31,4	19,70	23,99	24,17	24,29	29,34	30,01	29,29
Sumaré	40	18,42	18,75	18,90	21,75	22,10	22,89	22,88

Devido a esta restrição, foram avaliados os equipamentos destas duas subestações e substituídos os disjuntores limitantes nas duas instalações, elevando o nível de curto circuito admissível na SE Carioba para 40 kA e em Trevo para 31,5 kA.

2.4 Estudos de Fluxo de Potência.

Apresentaremos os estudos de fluxo de potência, os quais tem por objetivo subsidiar as especificações elétricas do reator de 20 mH, a ser instalado em série com o disjuntor de interligação entre os barramentos em 138 kV, no interior da SE Nova Aparecida e dimensionado de acordo com os estudos de superação de curto-circuito, com vistas a eliminar o problema de superação dos disjuntores das linhas que aportam à SE Nova Aparecida.

Como referência para estudos de fluxo de potência das instalações de suprimento à CPFL Paulista em fronteira com a Rede Básica e Demais Instalações de Transmissão (DITs), adota-se a configuração do Sistema Interligado Nacional dos casos base da EPE, referentes ao ciclo decenal 2008/2017.

Como referência para estudos de fluxo de potência das instalações de 138 kV da CPFL Paulista, a topologia da rede é integralmente representada em formato ANAREDE.

O ANAREDE (Programa de Análise de Redes Elétricas) é uma ferramenta desenvolvida pelo CEPREL (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica) e que é utilizada no Brasil como ferramenta padrão para as avaliações de fluxo de potência do Sistema Interligado Nacional (SIN). É formado por um conjunto de aplicações integradas que incluem Fluxo de Potência, Equivalente de Redes, Análise de Contingências, Análise de Sensibilidade de Tensão e Fluxo de Potência Continuado, das quais podem ser realizadas Análise de Segurança de Tensão, Recomposição do Sistema e da própria solução da curva de carga.

Foram simuladas as contingências mais críticas, onde foi analisado o maior fluxo de potência que o reator limitador de curto circuito pudesse ser submetido. Note que em regime normal de operação não é previsto um fluxo elevado passando pelo reator, porém quando em contingências no sistema elétrico, as contribuições para as faltas aplicadas nas LTs da primeira vizinhança, faz fluir pelo reator um elevado fluxo de potência. Ver Figura 3.

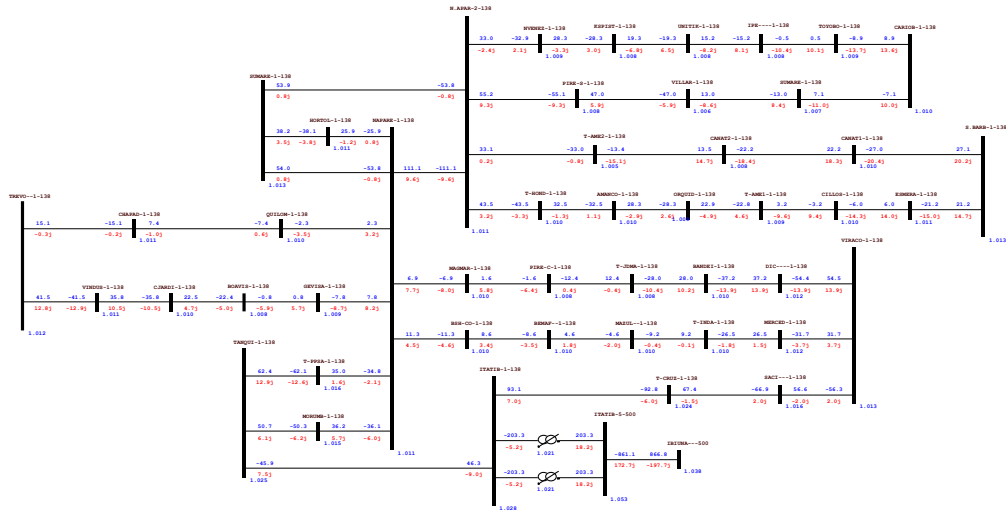


Figura 3 – Representação do SDAT da região metropolitana de Campinas no ANAREDE

Podemos observar um descrito e o tipo de contingência de emergência que foi simulada e que a SE Itatiba proporcionará um alívio significativo no carregamento das transformações das SE's Campinas, Sumaré e Santa Bárbara D'Oeste, contribuindo para um melhor desempenho do sistema de atendimento às cargas da região de Campinas. Ver tabela 7.

Tabela 7 – Fluxo de Potência nas SE's de Fronteira da Região de Campinas.

Equipamento	Capacidade Nominal	Sistema Radializado	Sistema em Anel	SE Itatiba e RLCC
ATR 440/138 kV Sumaré	300	57,56%	59,71%	51,73%
ATR 440/138 kV Santa Bárbara	300	77,26%	81,30%	74,44%
ATR 345/138 kV Campinas	150	95,65%	85,58%	53,09%
ATR 500/138 kV Itatiba	400	-	-	70,37%
LT Nova Aparecida - Sumaré c1	191	91,42%	94,75%	96,39%
LT Nova Aparecida - Sumaré c2	191	91,38%	94,71%	56,81%

Interessante notar que a introdução do Reator Limitador de Corrente de Curto Circuito na SE Nova Aparecida acarreta um desequilíbrio no carregamento das LT's 138 kV Nova Aparecida – Sumaré c1 e c2, pois estas linhas acabam ficando em barras diferentes e separadas pela implantação do RLCC. Este efeito é de certa forma prejudicial à confiabilidade do sistema, principalmente neste caso onde as linhas já apresentavam carregamentos elevados e a solução prevista para esta situação é o lançamento de mais um circuito entre as subestações Nova Aparecida e Sumaré, totalizando quatro circuitos entre os dois terminais.

Comparando os estudos do reator de Nova Aparecida com os estudos do reator limitador da SE Tucuuruí, elaborado pela Eletronorte onde a reatância do reator limitador também foi definida através de estudos de fluxo de carga, sob condições normais, de emergência e de curto-circuito, onde também foi recomendado o valor de 20 Ohms por fase, foram definidas as características elétricas do RLCC da SE Nova Aparecida.

3.0 - CONCLUSÃO

As atividades realizadas durante esse projeto permitiram o acompanhamento da evolução dos níveis de curto circuito e as alterações de fluxo no Sistema de Distribuição de Alta Tensão 138 kV da CPFL na malha de atendimento à região de Campinas com as implantações das ampliações e reforços planejados para o sistema pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

Apresentamos alguns dos tipos de solução empregados para mitigar os impactos da elevação dos níveis de curto circuito e manter a confiabilidade e a flexibilidade operativa do sistema. Foram apresentadas as vantagens e os impactos da solução permanente adotada com a instalação do Reator Limitador de Corrente de Curto-Circuito e apresentados seus impactos negativos na operação do sistema, além das manobras adotadas como solução provisória até a entrada em operação do RLCC.

Conforme mencionado, outras regiões metropolitanas do país (como a grande São Paulo), que se caracterizam por apresentar sistemas de baixa impedância entre pontos de suprimento e centros de carga, também esbarram no grande problema que é a dificuldade em conseguir terrenos para a construção de outras subestações, além de praticamente não ser mais possível entrar com linhas de transmissão dentro da área urbana. Desta forma a única alternativa é a elevação CPFL e garantindo o atendimento ao crescente demanda por energia elétrica da região de Campinas.

Como sugestão para trabalhos futuros indica-se o estudo de outras tecnologias mais avançadas para a limitação dos níveis de curto-circuito, principalmente as baseadas em eletrônica de potência e supercondutores, bem como a repetição deste estudo para sistemas de distribuição de alta tensão de outras concessionárias brasileiras.

4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Estudos da expansão da transmissão ciclo 2006-2015. Brasil

(2) AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa nº 414. Brasil

(3) OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. Termo de referência para análise de superação de equipamentos de alta tensão. Brasil

(4) EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Consolidação de obras de rede básica período 2012-2014. Brasil

(5) OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. Diretrizes e critérios para estudos elétricos - Procedimentos de Rede do ONS - Submódulo 23.3 - Revisão 02. Brasil.

(6) CARDOSO, F.L., Manobra Encadeada para Radialização do Sistema CPFL – X EDAO 2008. Brasil

(7) ZANETTA, L.C., PEREIRA, C.E.M., CAMPOS, V.A.F., SANTOS, R.L., Aplicação de dispositivos para limitação de correntes de curto-circuito. Brasil

(08) COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ. Especificação técnica do reator série limitador de curto-circuito de 138 kV da subestação Nova Aparecida. Brasil.

(10) CENTRO DE PESQUISAS EM ENERGIA ELÉTRICA. Manual ANAREDE – Programa de análise de redes. Brasil.

(11) JUNIOR, C.M., FUKUODA, N., Definição dos requisitos elétricos dos equipamentos associados ao reator limitador em 550 kV na SE Tucuruí em decorrência de manobras sob curto circuitos. XVI SNPTEE. Brasil.

5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Fredner Leandro Cardoso, nascido em Itatiba-SP em 08/03/1976, graduado em Engenharia Elétrica na Universidade São Francisco em 2008, concluiu em 2014 seu Mestrado em Engenharia Elétrica na Unicamp na área de energia elétrica. Trabalha na CPFL desde 1998, tendo já atuado no Serviço de Campo, Centro de Operação da Distribuição (COD) e Centro de Operação da Transmissão (COS) , onde ocupa atualmente o cargo de Engenheiro de Planejamento da Transmissão na área de estudos elétricos e análise da operação.