



**XX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica
SENDI 2012 - 22 a 26 de outubro
Rio de Janeiro - RJ - Brasil**

BRENO AUGUSTO MIRANDA BEZERRA

Companhia Energética do Rio Grande do Norte

BRENO.BEZERRA@COSERN.COM.BR

Balanceamento de Urgência em Subestação com foco no Equilíbrio no Nível de Tensão

Palavras-chave

Balanceamento de Carga
Qualidade de Energia
Reclamação de Tensão
Resolução Normativa 414/2011
Resolução Normativa 424/2011

Resumo

Este trabalho busca oferecer uma oportunidade de compartilhar com todas as distribuidoras do Brasil uma experiência de sucesso da Unidade de Manutenção da COSERN, caso este, que acreditamos ocorrer com muita frequência nas distribuidoras. O problema se iniciou com uma reclamação de tensão de um cliente atendido em 13,8 kV. Esta unidade consumidora tratava-se de uma fábrica de tênis, cuja maioria da sua carga era composta de máquinas de costura. No entanto, no horário de pico as máquinas não funcionavam devido ao desbalanceamento no nível de tensão. Neste momento se iniciou toda tratativa em busca de solucionar o problema. Consequentemente, identificamos que o problema era causado por um desbalanceamento na barra de 13,8 kV da subestação e que vinha a se agravar no horário de pico. Para solucionar o problema efetuamos um balanceamento de urgência na saída dos alimentadores, que veio a solucionar o problema de imediato, conforme explicaremos no decorrer deste trabalho.

1. Introdução

O trabalho tem como objetivo detalhar todos os passos para solucionar um problema de desequilíbrio no nível de tensão na barra de 13,8 kV em uma subestação no município de Nova Cruz/RN (SE NCR). Esta subestação possui um transformador de 20/26 MVA com comutador automático em carga. O desequilíbrio de tensão fora do horário de Pico era de 400 V e no horário de pico era de 1000 V. Então nos deparamos com os seguintes questionamentos: Como faremos o balanceamento? Faremos na Barra? Faremos ao longo

do alimentador? Inverteremos as derivações bifásicas? Iremos calcular o balanceamento utilizando apenas os módulos das correntes? Ou usaremos também o ângulo das fases? Que dados usaremos para iniciar os cálculos? Onde conseguiremos estes dados?

Como surgiram diversas dúvidas para solucionar o problema com rapidez, fizemos algumas análises e escolhas que foram fundamentais para a solução do problema.

2. Desenvolvimento

1.1. Reclamação do Cliente

O problema se iniciou com uma reclamação de oscilação de tensão em uma fábrica, atendida em 13,8 kV, no município de Santo Antônio/RN, distante 18 km da SE NCR, abaixo segue a reclamação do cliente:

The screenshot shows a software interface for handling customer complaints. The window title is "Módulo de operação". The interface is divided into several sections:

- Top Bar:** Includes menu items like "Fechar", "Log", "Ponto de Apoio", "Rede elétrica", "Viaturas", "Áreas atingidas", "NDSs", "SIs", "Quadro Resumo", "Consulta", and "Criar".
- Navigation Tabs:** "Ocorrências pendentes", "Detalhe da OC", "Manobras", "NDSs", "SIs", "AVL".
- Buttons:** "Vincular", "Alterar", "Imprimir", "Subst Medidor", "Reenviar OC".
- Localização / Pesquisa:** Fields for "Ocorrência principal" (2010, 8, 5126) and "Vinculadas Sequencial OC" (1359986).
- PA / Base / Status:** PA: GOIANINHA, Base: NOVA CRUZ, Grau: BAIXO, Status: FINALIZADO, Abrangência: INDIVIDUAL, Pt Def: 1428012, NCR-01 Z2.
- Atendimento da OC:** Criação: 13/08/2010 17:57:38, Acionamento: 13/08/2010 19:09:47, Aceite: 13/08/2010 19:11:49, Chegada: 13/08/2010 19:44:15, Conclusão: 13/08/2010 19:45:00, Tempo total: 0d 01h 47m, Previsão: 13/08/2010 19:45:00.
- Dados da reclamação:** Município: SANTO ANTONIO DO SAL, Localidade: SANTO ANTONIO - AREA, Bairro: CENTRO, Logradouro: RUA DOUTOR PEDRO VELHO, Número Apto: 248, Cliente: ADRIANO LOPES NASCIMENTO, Fone: 84 32823273, Medidor: 00000000006069, Contrato: 1428012, Reclamação: FALTA DE FASE, Reclamação real: FALTA DE FASE, Ponto de referência: VIZINHO AO RODOVIARIA .TRATA-SE DA SAO PAULO ALPARGATAS S A, Número Poste: P46908.
- Informações adicionais:** CLIENTE INF QUE POR VOLTA DAS 17:30 AS 18:00 HORAS FICA FALTANDO FASE NO LOCAL.FAVOR VARIFICAR.
- Dados da ocorrência:** Observações do atendimento: BARRAMENTO: P46908 CLIENTE INF QUE AS FASES NAO ESTA NDO IGUAIS AS MAQUINAS NAO COLA OS TEN IS 361V379V395V.
- Viaturas:** Table with columns: Viatura, Status, Base, AVL, Tipo. Row: 327, FINALIZADO, NOVA CRUZ, Sim, LEVE.
- Eltricistas da viatura:** Table with columns: Matrícula, Nome. Rows: 488411 JOSE BARBOSA DE..., 719435 MARCOS CAMPOS D....
- Atendimento da viatura:** Acionamento: 13/08/2010 19:09:47, Aceite: 13/08/2010 19:11:49, Chegada: 13/08/2010 19:44:15, Conclusão: 13/08/2010 19:45:00, km Inicial: 322893, km Chegada: 0, km Final: 0.
- Buttons at the bottom:** Manobras, Encerrar OC, Cancelar OC, NDS, SI, Nv Tensão.
- Origem:** CONSUMIDOR
- Natureza:** INTEMPESTIVA
- Componente:** CONSUMIDOR
- Causa:** INCONFORMIDADE DA TENSÃO DE FORNECIMENTO

Com o atendimento emergencial ao cliente, constatamos conforme o campo observação da ocorrência na figura acima, um desequilíbrio no ponto de entrega da unidade consumidora, conseqüentemente, o problema se encontrava no sistema de distribuição da concessionária. Assim, verificamos o funcionamento das reguladoras de tensão ao longo do alimentador e realizamos uma

leitura instantânea de tensão e corrente na barra de 13,8 kV da SE NCR.

1.2. Análise do Problema

Ao realizarmos as leituras instantâneas na barra, constatamos que o problema era proveniente de um desequilíbrio na corrente do transformador de potencia da SE NCR, que consequentemente causava um afundamento no nível de tensão na fase mais carregada. Na figura a abaixo conseguimos expor uma amostra ao longo do dia que representa o comportamento da corrente e das tensões na barra:

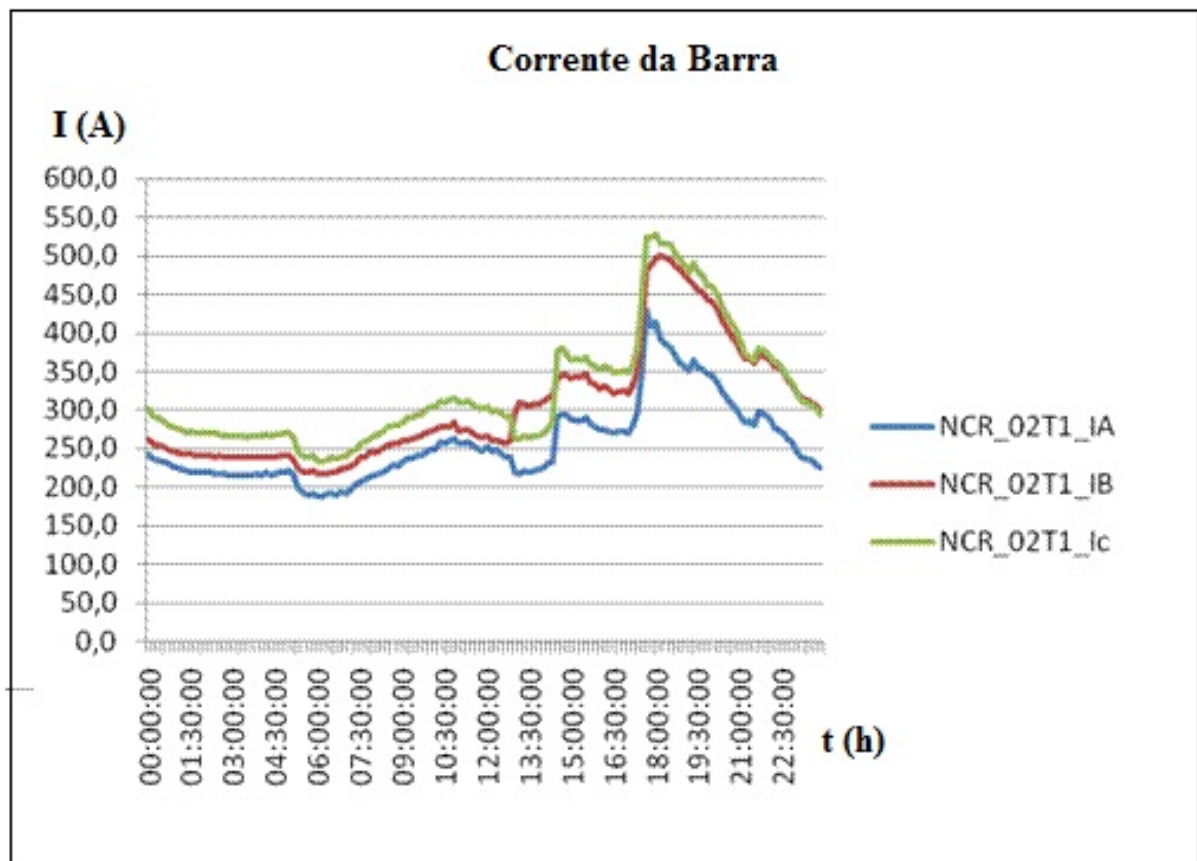


Figura 01 – Diferença no carregamento da Barra de 13,8 kV da SE NCR.

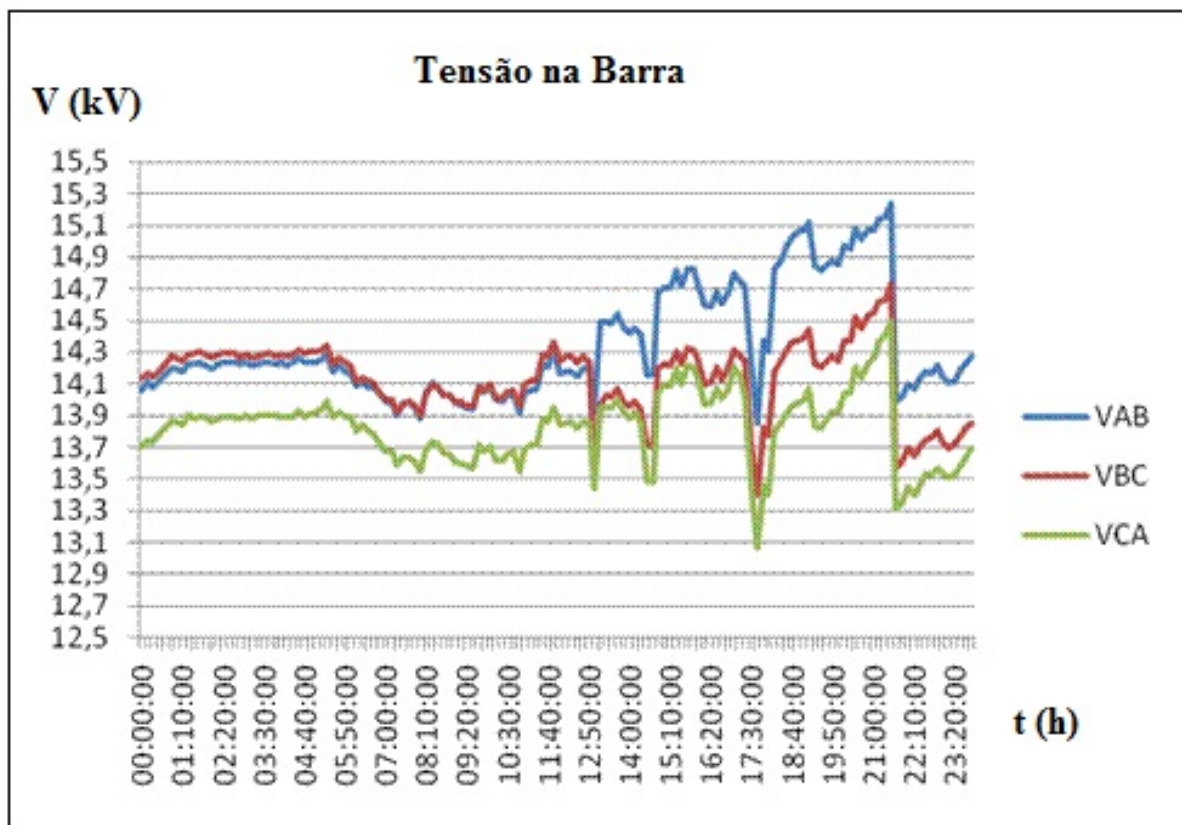


Figura 02 – Diferença no nível de tensão na Barra de 13,8 kV da SE NCR.

Analisando a figura 01 acima, identificamos uma diferença de 100 A entre a fase “A” e a fase “C”, o que reflete diretamente na tensão na barra da subestação. Conseqüentemente também podemos observar de forma mais clara na figura 2, que a diferença entre a tensão V_{AB} e V_{CA} pode chegar a 1000 V. Desse modo, evidenciamos um desequilíbrio no nível de tensão na barra da SE, que conseqüentemente se propaga para todos os pontos de entrega dos clientes conectados ao sistema elétrico da concessionária.

Diante destes fatos foi realizada uma análise em algumas características peculiar das cargas atendidas por esta subestação. Primeiramente foi analisada a configuração dos alimentadores da subestação conforme figura abaixo:

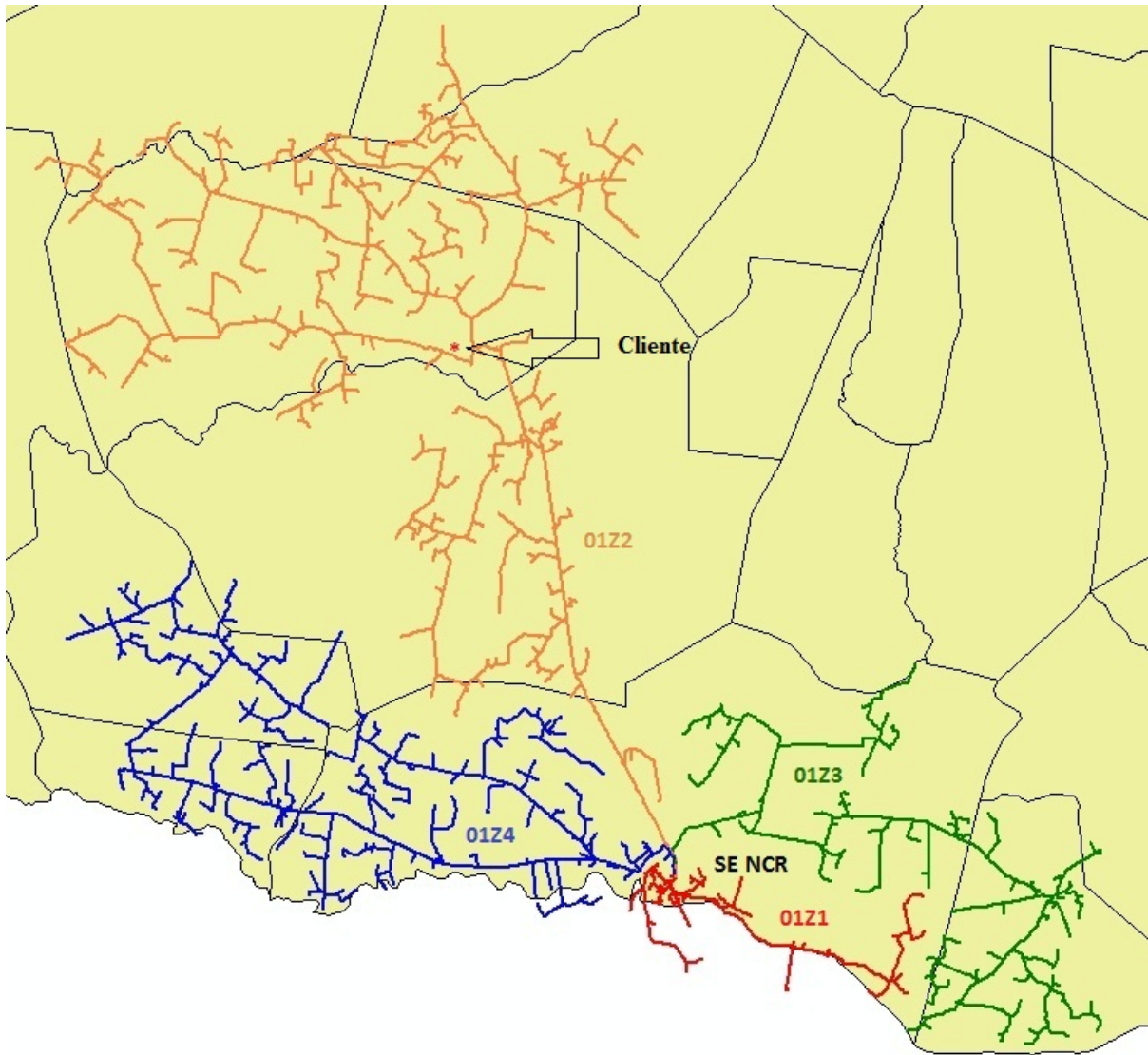


Fig. 03 – Visão Geral dos Alimentadores – SE NCR

Foi identificado alimentadores muito extensos e preocupou-se em descobrir a existência de rede bifásica e monofásica destes alimentadores.

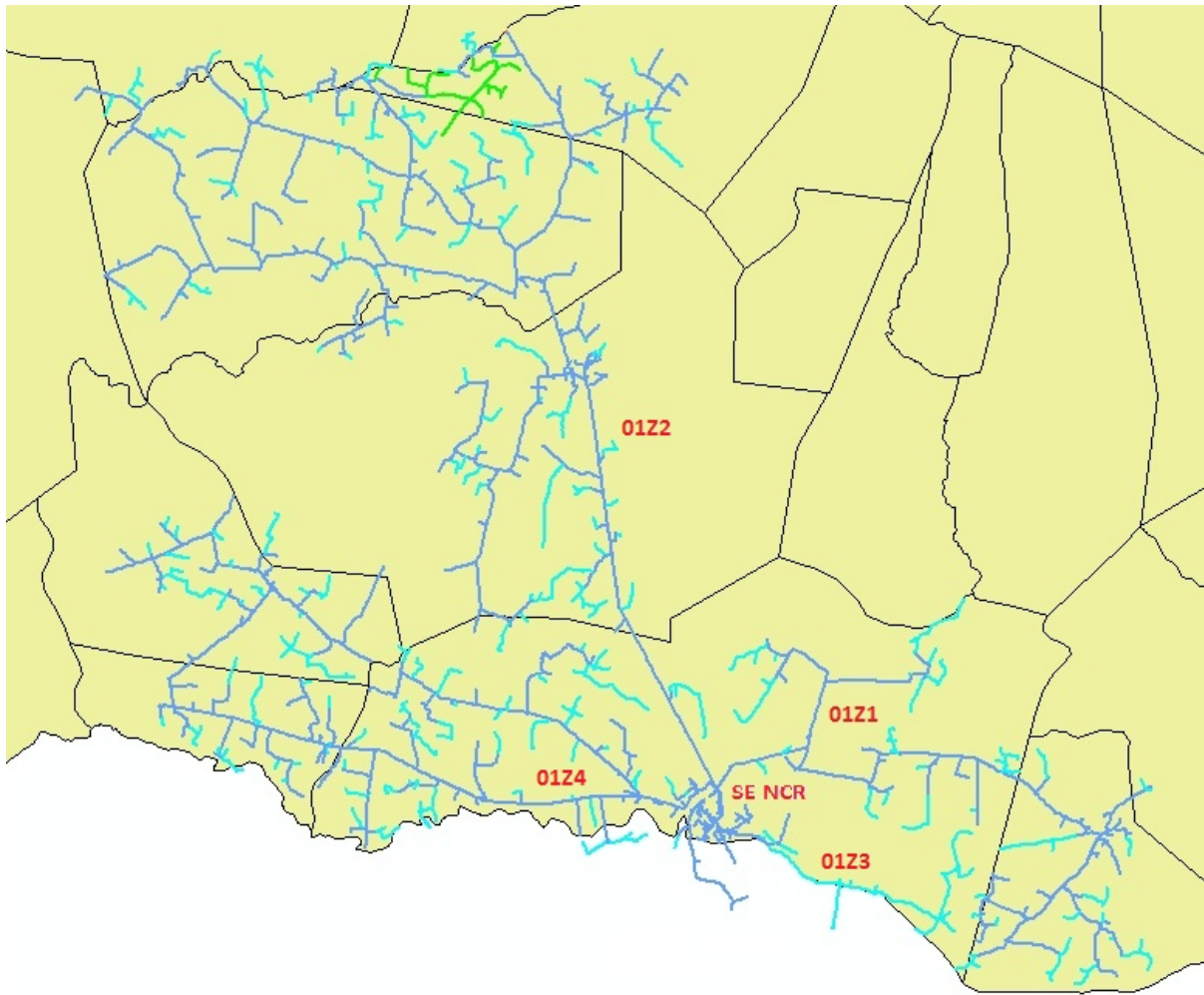


Fig. 04 – Visão Geral das Redes trifásicas, bifásicas e monofásicas – SE NCR

Na figura 04, fica evidente a existência de redes bifásicas (em azul claro) e monofásicas (em verde claro), o que consideramos o principal fato gerador do desequilíbrio na barra da subestação.

1.3.Solução do Problema

Após analisarmos o problema, decidimos realizar uma intervenção imediata na barra da subestação. O objetivo emergencial era realizar um balanceamento na saída das correntes do transformador da SE NCR. Diante disso precisaríamos decidir como faríamos este balanceamento, então decidimos que a partir dos dados do *scada* tentaríamos fazer a inversão nos alimentadores mais desequilibrados, com isso, conseguiríamos uma configuração que possibilitaria o melhor equilíbrio de corrente na saída do

trafo. Porém, tivemos um problema com o arranjo da subestação, ou seja, os valores mostrados pelo *scada* não correspondiam aos valores do arranjo da barra da subestação real, conforme figura abaixo:

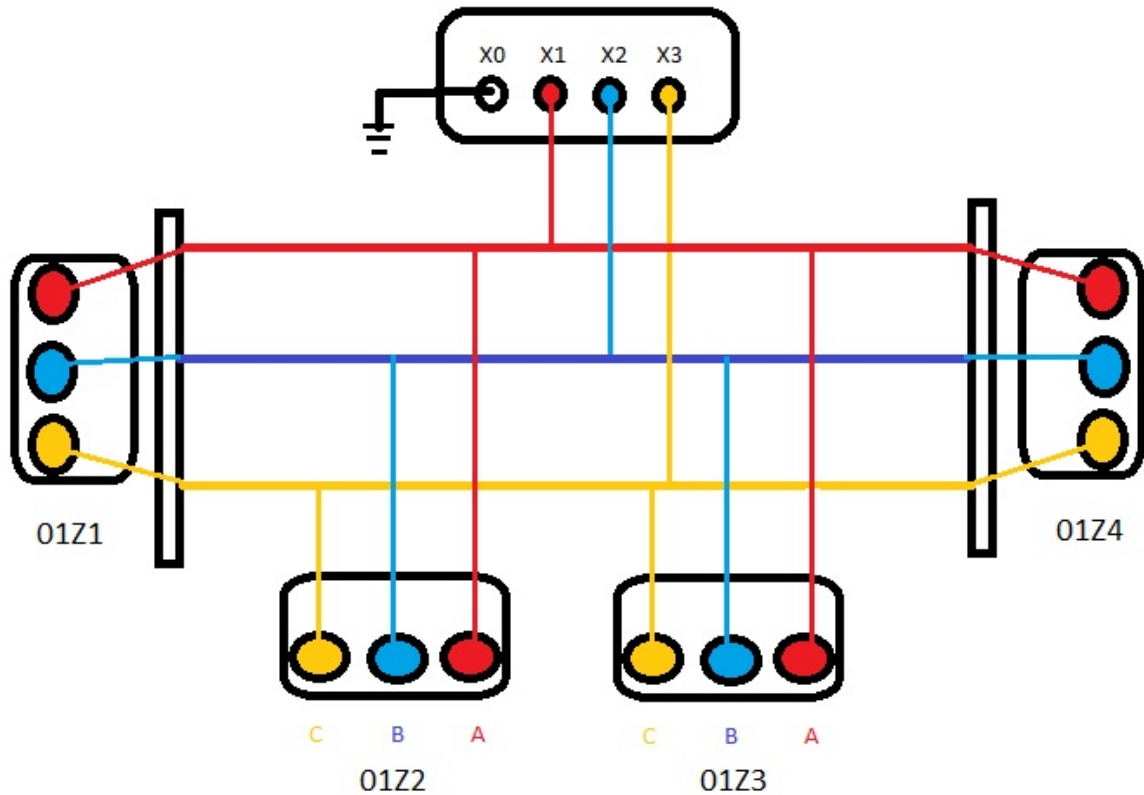


Figura 05 – Arranjo da Barra da SE NCR

Verificamos que de acordo com a convenção prática utilizada em campo, tomando-se com referência uma pessoa na saída do alimentador, de costa para fonte, a fase que fica a esquerda é considerada a fase “A”. Contudo, podemos observar que na figura 03 esta convenção prática funciona perfeitamente para 01Z2, 01Z3 e 01Z4, já para o 01Z1 a fase a esquerda não é a “A”, e sim a fase “C”. Portanto, o somatório das cargas pelo *scada* não condiz com a disposição do arranjo real da subestação, conseqüentemente, se usarmos apenas as leitura do *scada*, poderíamos ser induzir a um erro no somatório total das correntes na saída do transformador de força. Por este motivo, optamos em levantar o arranjo real da subestação em campo e realizar a medição diretamente na subestação, para o caso citado, coletamos as seguintes correntes na SE NCR:

Inst. 20:30	Medição 01.09.2010		11T1	01Z1	01Z2	01Z3	01Z4	Desvio da Média
		Ia (A)	497	71	155	108	163	6,121%
		Ib (B)	445	62	127	102	154	-4,982%
	Ic (C)	463	73	160	107	123	-1,139%	
	Média		468	69	147	106	147	

Figura 06 – Dados das Correntes na SE NCR

De acordo com os valores apresentados, identificamos que existe um desequilíbrio de 11% na saída do transformador, então fizemos várias simulações com todas as combinações possíveis para podermos escolher a alteração da configuração ideal dos alimentadores. Consideramos que os alimentadores mais equilibrados como 01Z1 e 01Z3 não precisariam ser alterados, pois não influenciaria no balanceamento das correntes do 11T1. Então fizemos as simulações testando todas as possibilidades de inversão no 01Z2 e chegamos a seguinte configuração ideal para se conseguir o balanceamento:

Instantâneo - 20h30min	Medição		11T1	01Z1	01Z2	01Z3	01Z4	Desvio da Média	
		01.09.2010	Ia (A)	497	71	155	108	163	6,121%
			Ib (B)	445	62	127	102	154	-4,982%
	Ic (C)		463	73	160	107	123	-1,139%	
	Média		468	69	147	106	147		
	Proposta			01Z1	01Z2	01Z3	01Z4		
		Ia (A)	469	71	127	108	163	0,142%	
		Ib (B)	478	62	160	102	154	2,064%	
	Ic (C)	458	73	155	107	123	-2,206%		

Figura 07 – Proposta de inversão nos alimentadores 01Z2.

De acordo com a figura 05, evidenciamos uma redução no desequilíbrio de 11% para 4%, o que na nossa visão seria um valor aceitável para solucionar o problema no cliente de imediato. De acordo com esta proposta, optamos apenas em inverter o 01Z2, da seqüência positiva “ABC” para a “BCA”, obviamente tendo o cuidado de não realizar uma inversão de fase.

1.4. Resultados práticos obtidos

Depois de decidirmos a melhor inversão e qual alimentador seria invertido, partimos para prática com na inversão na saída do 01Z2:



Figura 08 – Escolha da estrutura para inversão



Figura 07 – Estrutura já invertida

Com a finalização dos serviços tivemos os seguintes resultados na tensão e corrente da SE NCR:

Comparativo da Corrente na Barra

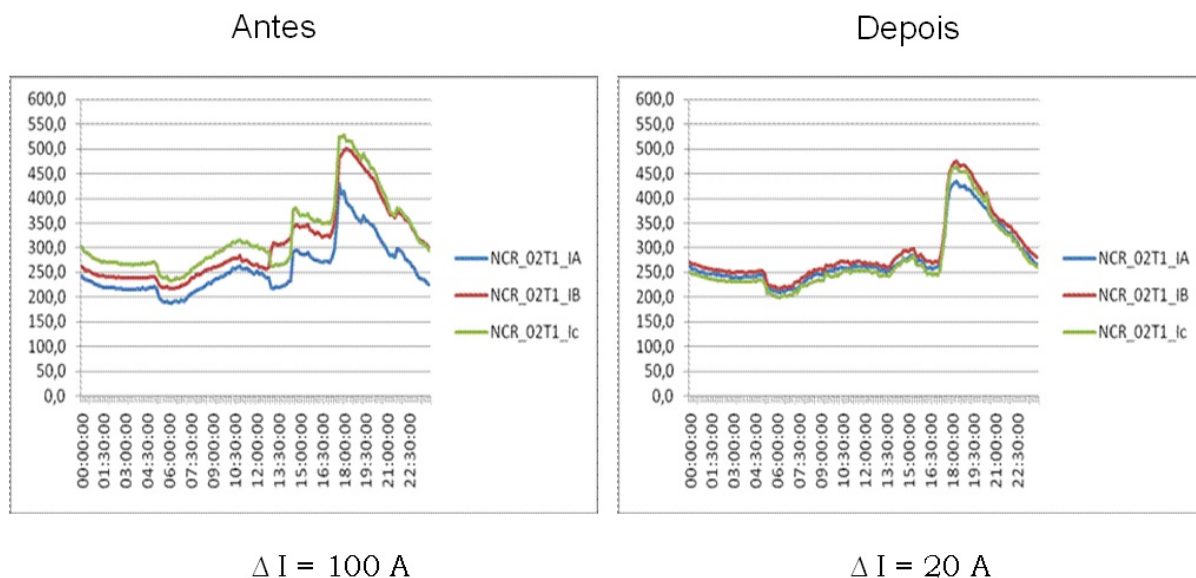


Figura 08 – Resultado obtido na corrente.

Comparativo da Tensão da Barra

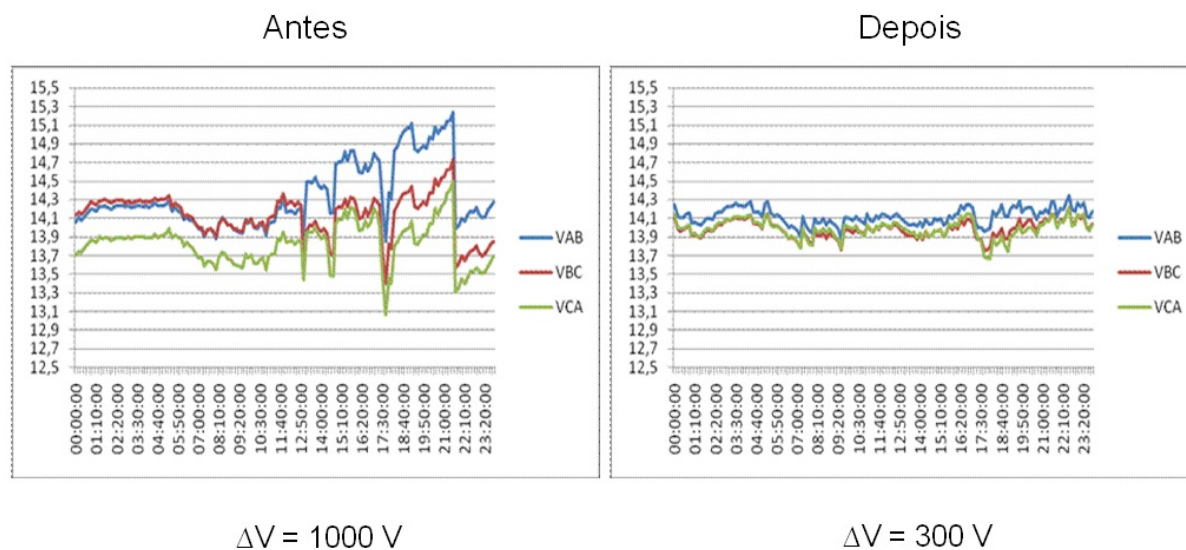


Figura 09 – Resultado obtido na tensão.

Analisando a situação antes e depois do balanceamento, a decisão teórica tomada se concretizou com a execução do serviço. Portanto os benefícios do balanceamento foram percebidos de imediato, com isso,

também tivemos o equilíbrio na tensão de fornecimento de cliente.

1.5. Benefícios Diretos

- Aumento da qualidade no nível de tensão teoricamente em 1/3 dos clientes ligados na SE NCR, ou seja, 20.000 clientes ligado na fase B e passíveis de compensações regulatórias;
- Diminuição do desgaste prematuro em mancais e rolamentos dos motores;
- Redução no desequilíbrio de corrente nos cabos (Redução das perdas técnicas);
- Redução no desequilíbrio de corrente no trafo da SE (aumento da Vida útil dos enrolamentos);
- Funcionamento pleno do comutador automático (LTC),
- Funcionamento pleno das Reguladoras de Tensão da Distribuição;
- Melhor funcionamento dos Bancos de Capacitores da SE;
- Aumento da Vida Útil das Células Capacitivas na Distribuição.

3. Conclusões

Entendemos que este trabalho é um problema comum a todas concessionárias de energia elétrica que passaram pela expansão fulminante das obras de luz para todos, em que na maioria das vezes, a rede de media tensão é bifásica e são ligadas na fase “A” e “C”, causando assim um desbalanceamento natural na barra da subestação. Conseguimos evidenciar que é possível se fazer balanceamento de forma rápida e utilizando apenas os módulos das correntes dos alimentadores, aprendemos também que não devemos confiar nas medições do scada sem conferir em campo o arranjo da subestação, pois pode gerar uma tomada de decisão equivocada. Portanto, consideramos que seja uma medida simples, imediata para resolvermos um problema de tensão e melhorarmos a qualidade no nível de tensão de fornecimento da concessionária.

4. Referências bibliográficas

[1] ANEEL, *Anexo à Resolução No 424, 2011;*

[2] ANEEL, *Anexo à Resolução No 414, 2011;*

[3] Stevenson Junior, W. D. *Elementos de Análise de Sistemas de Potência 2. ed. McGraw-Hill, 1986*
