

 <p>18º SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA</p>	<p>06 a 10 de Outubro de 2008 Olinda - PE</p>
---	---

Planejamento Estratégico Para Priorização da Instalação de Bancos de Capacitores		
Élio Vicentini	Ricardo Piergallini	
AES Eletropaulo	AES Eletropaulo	
elio.vicentini@aes.com	ricardo.piergallini@aes.com	

<p>PALAVRAS CHAVE:</p> <p>Planejamento, Capacitores, Priorização, Instalação</p>

<p>DADOS DA EMPRESA:</p> <p>Nome: Eletropaulo Metropolitana ESPSA Endereço: Rua Lavapés,463 – São Paulo Telefone/fax: (11) 2195-7174 E-mail: elio.vicentini@aes.com</p>
--

RESUMO

Dando continuidade ao trabalho de otimização do uso de bancos de capacitores em redes de distribuição apresentado em Belo Horizonte no XVII SENDI, a equipe técnica da AES Eletropaulo prosseguiu no desenvolvimento de métodos de planejamento dos alimentadores os quais a instalação e manutenção desses equipamentos devam ser priorizadas. A utilização da ferramenta desenvolvida para otimizar a alocação dos bancos de capacitores (LocBC), agregou subsídios para o desenvolvimento de um novo Planejamento Estratégico.

Esta atividade consiste em cruzar informações de sistemas de gerenciamento de venda de energia, software de previsão de carga reativa (SPR), medições, resultados da ferramenta LocBC e informações da área de Operação.

Com o cruzamento dessas informações é possível relacionar os benefícios e priorizar os circuitos de distribuição que devem sofrer estudos e execução projetos de compensação de carga reativa, avaliando-se pelo melhor retorno do investimento efetuado e atendendo condições operacionais.

Para a avaliação financeira são levados em consideração os efeitos de redução das perdas técnicas (pela diminuição da corrente passante) e do aumento de consumo, face à discreta elevação de tensão proporcionada pelos bancos de capacitores ao longo dos circuitos.

A aplicação desse método de planejamento certifica que o uso adequado de bancos de capacitores atende as necessidades técnicas do sistema elétrico e justifica financeiramente o investimento efetuado nesses equipamentos.

1. OBJETIVOS

Apresentar a metodologia desenvolvida e empregada no planejamento estratégico para priorização da instalação de bancos de capacitores da AES Eletropaulo, utilizando ferramentas computacionais, informações operacionais, medições e gerenciamento de dados de venda de energia, convergindo o resultado dos alimentadores priorizados através do retorno financeiro na forma decrescente de uma maneira confiável e eficaz.

2. MÉTODOS

O planejamento estratégico para priorização da instalação de bancos de capacitores consiste no cruzamento de informações resultantes de diversos sistemas computacionais disponíveis na empresa. As restrições orçamentárias requerem que cada vez mais o orçamento disponível tenha a melhor utilização possível e seja otimizado ao máximo.

Em busca do melhor emprego do orçamento disponibilizado, surgiu a necessidade de estudos e posteriormente de processos, que validassem a relação dos alimentadores definidos através do mecanismo de priorização, para sofrerem ações de instalação/manutenção de bancos de capacitores. Anualmente é realizado o Diagnóstico do Sistema, o qual faz o apontamento da carga reativa nas subestações individualmente, representando os montantes de kvar de cada instalação.

Os estudos se desenvolvem primeiramente nas instalações apontadas como mais críticas pelo Diagnóstico do Sistema. O primeiro passo para iniciar a validação dos estudos foi desenvolver uma ferramenta de otimização da instalação de bancos de capacitores, indicando os melhores pontos de instalação desses equipamentos ao longo dos alimentadores. Foi observada durante o desenvolvimento dessa ferramenta, a extrema importância da instalação dos bancos de capacitores nos pontos mais adequados nos alimentadores para que o resultado elétrico e conseqüente resultado financeiro fossem os melhores possíveis.

A ferramenta LocBC, já apresentada em outra edição do SENDI, possibilita através das medições dos alimentadores, estimar a diminuição das perdas técnicas e o aumento do consumo de energia ativa dos circuitos em decorrência do aumento discreto dos níveis de tensão, proporcionado pela operação dos bancos de capacitores.

hora	COR. INDUTIVA	CORRENT EBC	COR. REBTANTE	BC 1	BC 2	BC 3	BC 4	Σ BC's
00:00	63	52	1	0	1200	0	0	1200
01:00	64	52	1	0	1200	0	0	1200
02:00	60	52	-2	0	1200	0	0	1200
03:00	60	62	2	0	1200	0	0	1200
04:00	63	52	3	0	1200	0	0	1200
05:00	61	52	3	0	1200	0	0	1200
06:00	61	52	3	0	1200	0	0	1200
07:00	100	105	3	1200	1200	0	0	2400
08:00	119	105	14	1200	1200	0	0	2400
09:00	127	105	22	1200	1200	0	0	2400
10:00	128	105	23	1200	1200	0	0	2400
11:00	121	105	16	1200	1200	0	0	2400
12:00	129	105	24	1200	1200	0	0	2400
13:00	133	105	28	1200	1200	0	0	2400
14:00	132	105	27	1200	1200	0	0	2400
15:00	129	105	26	1200	1200	0	0	2400
16:00	118	105	13	1200	1200	0	0	2400
17:00	106	105	1	1200	1200	0	0	2400
18:00	104	105	-1	1200	1200	0	0	2400
19:00	112	105	7	1200	1200	0	0	2400
20:00	116	105	11	1200	1200	0	0	2400
21:00	117	105	12	1200	1200	0	0	2400
22:00	107	105	2	1200	1200	0	0	2400
23:00	74	52	22	0	1200	0	0	1200

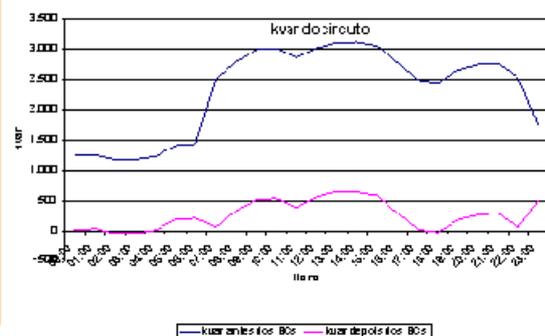


Figura 1

A Figura 1 exibe a tabela horária da ferramenta LocBC onde são manipulados dados para determinação da quantidade, potências e regime de operação de bancos de capacitores do alimentador analisado, bem como a sua curva da carga reativa antes e depois da inserção dos bancos de capacitores.

COMPRIMENTO DOS CONDUTORES ENTRE OS BANCOS DE CAPACITORES E A ETD																				
BANCO	BC 1					BC 2					BC 3					BC 4				
CONDUTOR	556	300	PRÉ	336	185	556	300	PRÉ	336	185	556	300	PRÉ	336	185	556	300	PRÉ	336	185
DISTÂNCIA (km)	0	0	0	3,3	0	0	0	0	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CARACTERÍSTICAS DOS BANCOS DE CAPACITORES							
BC	CAPACIDADE kvar	HORÁRIO DE FUNC. 1		HORÁRIO DE FUNC. 2		HORÁRIO DE FUNC. 3	
		LIGA	DESLIGA	LIGA	DESLIGA	LIGA	DESLIGA
1	1200	7	22	0	0	0	0
2	1200	0	23	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0

COMPRIMENTO DO TRONCO (km)	4,3
RAZÃO DE DECRÉSCIMO DE I (%)	4,7%

RESULTADOS		
REDUÇÃO DE PERDAS	129,81	kWh/d
ECONOMIA	R\$ 350,48	
MAIOR RED. DE DEMANDA	797,37	kVA
ΔV% BC1	0,59	%
ΔV% BC2	0,32	%
ΔV% BC3	0,00	%
ΔV% BC4	0,00	%
Aum. de consumo estim. BC1	645,10	kWh/d
Aum. de consumo estim. BC2	515,47	kWh/d
Aum. de consumo estim. BC3	0,00	kWh/d
Aum. de consumo estim. BC4	0,00	kWh/d
Total de aumento de consumo	1160,57	kWh/d
Total de consumo do circuito	109653,31	kWh/d
Total % de aumento de cons.	1,06%	

Voltar

Processa

Figura 2

A Figura 2 exibe a tabela de manipulação das distâncias de instalação dos bancos de capacitores ao longo do tronco do alimentador, de maneira a se obter o melhor resultado elétrico e financeiro.

O que se pretende com essa ferramenta é, além da definição dos pontos adequados de instalação dos bancos de capacitores, determinar se o investimento efetuado no alimentador obtém o retorno adequado e no tempo esperado. Se considerarmos apenas como retorno do investimento os benefícios trazidos pela redução de perdas técnicas, essa consideração normalmente aponta que o investimento não é viável, ou seja, a redução de perdas técnicas, como investimento é marginal em relação a outras ações. Porém, se no cálculo do retorno do investimento considerarmos o aumento de consumo, em função do aumento discreto de tensão provocado pela operação dos bancos de capacitores, verificamos que o investimento se torna altamente viável. O aumento do consumo nos alimentadores é inerente à operação dos bancos de capacitores, podendo esse efeito ser estimado com razoável precisão pela ferramenta LocBC.

Para validação da ferramenta LocBC, foi contatada uma empresa de consultoria técnica, que realizou estudos dos efeitos da operação de bancos de capacitores no aumento do consumo e redução de perdas técnicas em 60 circuitos de distribuição. Os resultados obtidos pela empresa de consultoria técnica convergiram com os calculados pela ferramenta LocBC.

Prosseguindo no estudo da obtenção das instalações a serem priorizadas, a partir da base de dados da área comercial, é levantado o consumo mensal por classe de consumidores de todos os circuitos

primários. Aplica-se aos montantes mensais apurados o percentual estimado de aumento de consumo em cada alimentador obtido pelo LocBC.

Essa fase é importante para a qualificação dos circuitos primários que merecem obter atenção no plano de compensação reativa em relação ao consumo. É obtida assim, uma relação de alimentadores ordenados decrescentemente pelo volume de energia onde será incrementado valor da receita arrecadada.

circuito	out06		nov06		dez06		jan07		fev07	
	BT	MT								
TOTAL	1515720	1129315	1535714	1020076	1627446	1156620	1519717	1025093	1522921	1086166
ABR 0102	70	1114	69	1231	77	1235	83	1145	77	1448
ABR 0103	815	147	848	158	856	158	882	142	841	189
ABR 0104	953	204	975	220	976	226	977	143	966	288
ABR 0105	1640	1335	1608	1506	1641	1323	1625	1405	1642	1592
ABR 0106	269	70	305	75	348	72	451	69	418	79
ABR 0107	433	932	475	1255	493	1317	488	1261	493	1512
ABV 0102	410	72	394	75	420	87	396	83	403	79
ABV 0103	1501	1146	1435	1234	1529	1337	1465	1274	1502	1307
ABV 0104	274	39	273	41	277	44	260	40	263	47
ABV 0105	198	14	178	14	178	15	183	4	188	10
ABV 0106	1891	448	2023	474	2102	506	1988	469	1997	503
ABV 0107	1280	1342	1320	1360	1357	1487	1291	1289	1313	1456
ABV 0108	1002	135	936	119	984	126	925	74	926	107
ABV 0109	922	198	920	198	957	218	921	210	952	213
ABV 0110	1857	1266	1776	1268	1922	1369	1743	2240	1710	1223
AGU 0102	31	1359	35	1390	38	1491	33	1416	31	1438
AGU 0103	227	1366	252	1489	264	1392	241	1236	236	1280
AGU 0104	99	1661	105	1773	107	1989	99	1981	95	1888
AGU 0105	56	598	59	606	62	655	56	526	55	543
AGU 0106	55	57	55	62	61	64	47	51	52	63
AGU 0107	131	1325	149	1392	166	1397	131	1096	167	1330
AGU 0108	397	1542	425	1577	436	1649	415	1173	406	1612
AGU 0109	422	948	463	995	470	1015	422	850	416	940
AGU 0110	500	1229	541	1244	550	1336	482	4406	487	1233

Figura 3

A Figura 3 representa o consumo mensal faturado de Média e Baixa Tensão..

O terceiro passo é o processamento de informações no SPR - Sistema de Previsão de Carga Reativa, que quantifica os montantes de carga reativa no sistema através do orçamento disponibilizado e do fator de potência desejado do sistema analisado. Esta ferramenta realiza simulações com diversos orçamentos e pontos de limitação do fator de potência desejado. Esse passo quantifica quantas subestações sofrerão ações de correção para instalação de bancos de capacitores em função do orçamento.



Figura 4

A Figura 4 exibe a tela do software SPR de escolha do método de cálculo para previsão da carga reativa em função da base de dados existente.

Plano: TT Ano Base: 2005 Ano Final: 2010

Índices Globais Anuais

	Atual	01	02	03	04	05
Fator de Potência Desejado (%):	95.5	96.0	96.5	97.0	97.5	98.0
Fator de Sazonalidade Global (%):	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5

Investimentos

	Atual	01	02	03	04	05
Limites Inv. (R\$):	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000

BCAs (R\$/MVA_r): ETD: 10000 Direto: 10000 Tempo: 10000 Tensão: 10000 T-T: 10000 Piloto: 10000

Transformadores **ETDs**

Xeq (%): 30.00 CC: 99 Curva Típica Global Saz. (%): 87.5

Operação: BCAs - ETDs (S/N)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
N	N	N	N	N	N	S	S	S	S	S	S
S	S	S	S	S	S	S	S	S	N	N	N
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

Figura 5

A Figura 5 exibe a tela do software SPR onde são inseridas as informações do tipo de modelagem desejada para o período e instalação selecionada.

Antes da finalização da relação das instalações que serão priorizadas e contempladas pelo orçamento para ações de bancos de capacitores, ainda é verificada a condição operacional de Linhas de Subtransmissão apontadas pela área de Operação da empresa. Algumas Linhas de Subtransmissão podem apresentar problemas de níveis de tensão em função do alto carregamento de carga reativa.

Estas Linhas de Subtransmissão devem ter atenção especial, pois, sua operação inadequada pode gerar problemas de flexibilidade operacional e de níveis de tensão a diversos consumidores. Normalmente as subestações conectadas às Linhas de Subtransmissão com condições operacionais inadequadas aparecem nas primeiras posições da relação das instalações priorizadas pelos três passos anteriores, convergindo assim os resultados das avaliações.

Por fim, sabendo quantos e quais os alimentadores priorizados, podemos estimar o volume de energia a ser incrementada no sistema pelo aumento discreto da tensão, bem como a redução das perdas técnicas esperadas, os quais são os dados que devem ser trabalhados e avaliados financeiramente.

3. RESULTADOS

Foi observado que utilizando a metodologia proposta, o cruzamento das informações estudadas possibilitou relacionar os benefícios e priorizar os circuitos de distribuição que devem sofrer estudos e execução de projetos de compensação de carga reativa com grande grau de certeza.

Com a aplicação da metodologia proposta conseguimos obter os melhores resultados de desempenho do sistema elétrico e de retorno financeiro do investimento.

A avaliação financeira aponta resultados de retorno de investimento entre 6 meses e 18 meses, conforme as condições elétricas e o investimento efetuado no alimentador estudado, o que valida a metodologia.

Somente no ano de 2007, para a realização do Plano Reativo foram retomados ao sistema de distribuição da Eletropaulo 256,8 Mvar, representando um montante de 307 bancos de capacitores.

O orçamento realizado do Plano foi em torno de R\$ R\$ 880.000,00 e o retorno financeiro teve a receita estimada de R\$2.340.000,00.

4. CONCLUSÕES

A empresa anteriormente não dispunha de ferramentas para análise dos benefícios do uso de bancos de capacitores no sistema de distribuição.

A utilização desses equipamentos sempre foi cercada de grande incerteza em relação aos seus benefícios e somente obtinham atenção na solução de problemas de fornecimento de energia, mais especificamente em relação a níveis de tensão. A compensação da carga reativa era deixada para um segundo plano, e somente eram realizadas ações dessa natureza em situações de abundância no orçamento.

A metodologia certifica a eficiência do uso desses equipamentos, mas, observa-se que o principal ponto é que os bancos de capacitores devem ser dimensionados, alocados e priorizados adequadamente para obtenção dos melhores resultados técnicos e financeiros.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VICENTINI, Élio XVII SENDI *Utilização e Alocação de Bancos de Capacitores na Redução de Perdas Técnicas Através de Ferramentas Computacionais Com Análise de Investimento*.

1 Empire State Electric Energy Research Corporation, “*Final report ESEERCO Project EP89-40 Distribution System Arraster Applications*”, PTI Report n° 26-91, Fev. 1992, pp 6-3 – 6-15;

2 MARX, Thomaz. “*The Why And How of Power Capacitor Switching*”, Fisher Pierce Report, Mar. 1991, pp 2-27;

3 CIPOLI, José. A. “*Engenharia de Distribuição*”, Qualitymark, 1993, pp 290-296;

4 Westinghouse Electric Corporation, “*Electric Utility Engineering Reference Book – Vol. 3*”, Dec. 1959, pp 303-318;

5 Electrotek Concepts, “*Analysis of Capacitor Switching Concerns*”, ps_study/t&d/utilcap.htm, 2002/2003, pp 1-4;

6 Coleção Distribuição de Energia Elétrica, “*Proteção de Sistemas de Distribuição – Volume 2*”, Eletrobrás, 1982, pp 190-208.

7 AES EETROPAULO, ID 2.022 – *Otimização do Uso de Bancos de Capacitores- São Paulo /Agosto 2003*.