

Instalação de filtros passivos para a redução de correntes harmônicas na subestação de 600 kVA de Estação Elevatória de Água

D.Sc. Crisluci Karina Souza Santos Cândido, *Professora, UFRN*, M.Sc. Wagner José Nascimento de Oliveira, *Engenheiro, CAERN*, e D.Sc. Arrhenius Vinicius da Costa Oliveira, *Professor, UFRN*

Resumo-- Trata-se de um caso prático visto em uma indústria de saneamento em que se observaram parâmetros de qualidade de energia elétrica utilizando medidores de grandezas elétricas durante as manutenções preditivas realizadas na Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN). Foram constatadas correntes harmônicas em desconformidade com as normas, causadas pelo acionamento dos motores por meio de inversores de frequência. Para a solução do caso, este artigo apresenta o projeto de filtros harmônicos passivos em sintonia única com diversos fatores de qualidade a serem instalados em paralelo nos terminais de baixa tensão de cada um dos dois transformadores de 300 kVA da subestação que fornece energia elétrica para a Estação Elevatória de Água Bruta (EEAB) do Jiqui, da CAERN, principal captação de água de Natal-RN. Os equipamentos promovem a redução das distorções harmônicas de corrente para os níveis tolerados nas Normas IEC 61000-3-4 e IEEE 519. O sistema é modelado desde a subestação da concessionária até as cargas energizadas pela subestação da CAERN e simula a operação dos filtros de 5ª, 7ª, 11ª e 13ª harmônicas, obtendo as respostas para as implementações feitas para os diferentes fatores de qualidade. São avaliadas as novas harmônicas de corrente e tensão, bem como o comportamento do sistema na frequência. Observam-se as ressonâncias em série dos filtros sintonizados e também as ressonâncias paralelas, sendo utilizada para tal a ferramenta computacional HARMZS, versão 1.8, desenvolvida pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL.

Palavras-chave—Filtros passivos, Harmônicos, Indústria de Saneamento, Qualidade de energia.

I. INTRODUÇÃO

A CAERN dispõe de uma Estação Elevatória de Água – Estação do Jiqui – cujo abastecimento abrange as Zonas Sul, Leste e Oeste de Natal. É a maior fonte de suprimento de água da capital potiguar, com vazão de aproximadamente 2.400 m³/h, o que representa cerca de 35% da produção total das três zonas da cidade.

C. K. S. S. Cândido pertence ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. Brasil (e-mail: crisluci@dca.ufrn.br).

W. J. N. Oliveira é engenheiro eletricitista da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte, Natal. Brasil (e-mail: wagner.josebr@gmail.com).

A. V. C. Oliveira pertence ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. Brasil (e-mail: arrhenius@ct.ufrn.br).

A captação da água bruta se dá através da Estação Elevatória de Água Bruta (EEAB) que fica situada na Lagoa do Jiqui, sendo a água bombeada para a Estação de Tratamento de Água (ETA), onde é feito o tratamento do fluido (pré-oxidação, coagulação, filtração e desinfecção). Posteriormente, a água flui por gravidade para os dois reservatórios apoiados de onde são feitos os bombeamentos por meio das duas estações elevatórias de água tratada para os reservatórios de distribuição da capital.

Existe uma subestação abrigada composta por 2 transformadores de 300 kVA, em 13.800/380 V para o suprimento de energia elétrica da Estação Elevatória do Baixo Recalque (Estação Elevatória de Água Bruta), prédio administrativo, laboratório de química e Estação de Tratamento de Água. As cargas mais significativas são os três motores de 125 CV, acionados por meio de inversores de frequência, que bombeiam água bruta do manancial de superfície para a ETA. Desses motores, apenas dois operam ao mesmo tempo, ao passo que o terceiro conjunto é denominado de reserva.

Por ser considerada a estação mais importante da CAERN, foi feito um levantamento das grandezas elétricas por meio de medições utilizando o analisador de energia do fabricante *Instrutherm*, modelo AE-200, e constatou-se que exatamente na subestação principal, responsável pelo suprimento de energia elétrica para os motores instalados na captação de água bruta, existe a presença de harmônicas de corrente em níveis superiores aos recomendados pelas normas.

Para corrigir as anormalidades encontradas, este estudo propõe à implementação de filtros passivos de sintonia única a serem utilizados em paralelo com as cargas de acordo com cada frequência harmônica.

II. QUALIDADE DA ENERGIA E HARMÔNICOS NA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA

A qualidade da energia elétrica está relacionada não somente às características de geração, mas também às das cargas ligadas nas redes. Sabe-se que tanto a corrente de carga influencia na tensão de suprimento, quanto a tensão de suprimento influencia diretamente na corrente das cargas.

As harmônicas são componentes senoidais da corrente ou tensão, cujas frequências são múltiplas da frequência

fundamental da rede. O resultado da sobreposição das diversas ondas harmônicas com a fundamental é uma onda periódica com distorções. Como consequência, existe uma depreciação da qualidade de energia elétrica com possibilidade da ocorrência de diversos danos e, conforme referenciado por [11], reduzem a qualidade da energia elétrica, sendo a principal razão as deformações das ondas que trazem diversos efeitos negativos para os equipamentos, tais como: Vibrações e ruídos em transformadores e motores; Sobreaquecimento dos núcleos ferromagnéticos; Erros de medição de grandezas elétricas; Falha na atuação dos relés de proteção; Sobrecarga da rede elétrica, inclusive do condutor neutro pelo aumento das harmônicas de terceira ordem; Degradação dos bancos de capacitores; Falha de equipamentos de medição; Excitação de correntes ou tensões ressonantes entre indutâncias e capacitâncias; Erro de controle de conversores.

Realizaram-se medições nos cubículos de transformação da subestação de 600 kVA da Estação Elevatória de Água Bruta do Jiqui. Os dados, apresentados na Tabela 1, foram obtidos pelo equipamento de análise da qualidade de energia de fabricação da *Instrutherm*, modelo AE-200.

TABELA I
Medição das Harmônicas de Corrente

Harmônicos antes da instalação dos filtros		
Ordem	Corrente (A)	Distorção harmônica de corrente
1	125	100,00%
3	1	0,80%
5	11	8,80%
7	25	20,00%
9	1,7	1,36%
11	11,9	9,52%
13	3,1	2,48%
15	0,1	0,08%
17	0,8	0,64%
19	0,2	0,16%
21	0,2	0,16%
23	0,1	0,08%
25	0,1	0,08%
THDi		24,03%

THDi: Distorção Harmônica total de corrente.

As harmônicas de corrente ímpares de ordem baixa representam os maiores problemas para a instalação do Estação Elevatória do Jiqui, de acordo com a comparação feita na Tabela 2, sendo estes os principais alvos para a correção proposta no trabalho. Na mesma Tabela, fazendo a correlação com as normas, tem-se que as harmônicas de corrente de ordens 7^a, 11^a e 13^a encontram-se com valores acima dos limites máximos tolerados.

TABELA II
Harmônicas de Corrente inadequados

Ordem harmônica	Valor	Norma IEC 61000-3-4	Norma IEEE-519
7	20,00%	7,20%	12%
11	9,52%	3,1%	5,50%
13	2,48%	2%	-

Diante dos dados das harmônicas ímpares de corrente encontrados nas medições feitas na Subestação da Estação do Jiqui, sabe-se que existem perdas relacionadas com a energia elétrica que podem provocar degradação de grande parte dos equipamentos instalados.

A aplicação do filtro harmônico, auxilia na manutenção dos equipamentos – promovendo maior longevidade – aumenta o fator de potência e contribui com a redução das perdas ativas. Dentre os mais diversos tipos de filtros ativos, passivos e híbridos, faz-se a opção pelo filtro passivo em derivação (*shunt*), pois o projeto se tornará menos custoso, sendo também uma solução mais robusta para o ambiente insalubre a ser instalado – onde a umidade e a temperatura são altas – e mais facilmente aplicável. Em contrapartida, esses filtros requerem cuidados, pois podem provocar ressonância em determinadas situações.

Em [4] é enfatizada a importância de sempre ser observada a sequência de desligamento dos filtros e também alerta-se para não permitir que as frequências mais altas circulem nos circuitos quando menos compensação é necessária.

Na aplicação da Estação do Jiqui, propõe-se a construção de filtros com resistores, indutores e capacitores *shunt* em sintonia única para as frequências mais baixas, conforme ilustrado na Fig. 1. Com isso, os valores obtidos nas medições ficam adequados e reduzidos a níveis toleráveis.

A opção pela correção adicional da corrente de 5^a harmônica ocorre pelo interesse na otimização da taxa de distorção harmônica total de corrente.

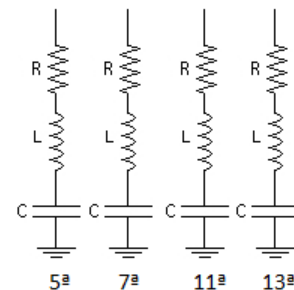


Fig. 1. Filtro *shunt* de sintonia única para a 5^a, 7^a, 11^a e 13^a harmônica.

III. PROJETO DE FILTROS

O objetivo principal do projeto é dimensionar os componentes para controlar os harmônicos encontrados nos sistemas.

O fator de qualidade (Q) é determinante para a escolha da largura da banda passante e na determinação do grau de seletividade do filtro. A Equação (1) revela o dimensionamento da resistência (R) do circuito com base no valor do indutor (L), capacitor (C) e fator de qualidade.

$$R = \frac{\sqrt{\frac{L}{C}}}{Q} \quad (1)$$

Conforme demonstrado em [13], os filtros harmônicos podem também fornecer um grande percentual de energia reativa para correção do fator de potência. Quando o capacitor Q_{com} é instalado em um sistema com a carga real P , o fator de potência pode ser corrigido de pf_0 para pf_1 . Descreve-se esse procedimento em (2).

$$Q_{com} = P * \left(\tan\left(\cos^{-1}(pf_0)\right) - \tan\left(\cos^{-1}(pf_1)\right) \right) \quad (2)$$

Onde:

Q_{com} é a potência reativa do capacitor instalado;

P é a potência ativa da carga;

pf_0 é o fator de potência antes da instalação do capacitor;

pf_1 é o fator de potência depois da instalação do capacitor.

Na condição da instalação de apenas um filtro de sintonia única, a capacidade do filtro pode ser dada por meio de (3).

$$Q_f = Q_{com} \quad (3)$$

Para múltiplos filtros de sintonia única em paralelo o capacitor correspondente para cada ordem harmônica (h) pode ser desenvolvido aproximadamente por meio de (4).

$$Q_{fh} = Q_{com} * \frac{I_h}{\sum I_h}, h = 2, 3, \dots \quad (4)$$

onde I_h denota a corrente harmônica da frequência h e Q_{fh} representa a capacidade correspondente ao filtro harmônico da respectiva frequência.

Assim, de acordo com (4), foram considerados os dimensionamentos de bancos trifásicos por frequência harmônica.

Ressalta-se que para cada capacitor trifásico dimensionado foram consideradas as correntes harmônicas ímpares partindo da 3ª até a 25ª ordem, pois a contribuição das harmônicas de correntes pares é ínfima para a Estação Elevatória de Água do Jiqui. Com base nos cálculos feitos para cada frequência

harmônica, haverá a instalação total de capacitores no valor de 69,3 kvar nos filtros sintonizados.

De acordo com [7], a tensão nominal dos capacitores dos filtros é maior que a requerida para um banco capacitivo comum em derivação. Isso se dá porque a tensão para a frequência fundamental aumenta através do reator de sintonia. A razão para tal é que a corrente harmônica fundamental que flui pelo reator cresce. De acordo com [6], o capacitor pode operar continuamente com uma sobretensão de 10% sobre a tensão nominal.

IV. SIMULAÇÕES

Foram estudadas as situações com e sem os filtros instalados. Assim, obtiveram-se os novos valores das distorções harmônicas através de (5) e (6).

$$IRMST = \sqrt{\sum_{h=1}^{h_{max}} I_h^2} \quad (5)$$

$$IRMSH = \sqrt{\sum_{h=2}^{h_{max}} I_h^2} \quad (6)$$

Onde: I_h a corrente harmônica de ordem h e h_{max} o número total de harmônicos; $IRMST$ (IRMS) é a corrente através do equipamento selecionado considerando todos os harmônicos das fontes de corrente, considerando a componente fundamental; $IRMSH$ é a corrente através do equipamento selecionado considerando todos os harmônicos das fontes de corrente, desconsiderando a componente fundamental.

Informa-se em [6] que a corrente total através do filtro deve ser menor que 135% da corrente nominal do filtro, conforme (7).

$$I_{RMS} \leq 1,35 * I_{NOM} \quad (7)$$

O estudo considerou os dados de rede fornecidos pela concessionária no ponto de conexão da Estação Elevatória de Água:

$Z1 = 0,3875 + j 1,3371$ pu;

$Z0 = 0,6178 + j 2,8316$ pu;

Sbase: 100 MVA; Vbase: 13,8 kV.

Os transformadores da CAERN possuem impedância de 4% e os motores apresentam potência de 125 cv.

A Fig. 2 demonstra os resultados das simulações feitas para a baixa tensão do transformador da subestação do Jiqui com os dados das correntes harmônicas, refletindo com proximidade os dados coletados por meio de medições feitas *in loco*. Na Tabela 3 são revelados os valores dos módulos de corrente e suas respectivas distorções para cada frequência harmônica simulada na Fig. 2.

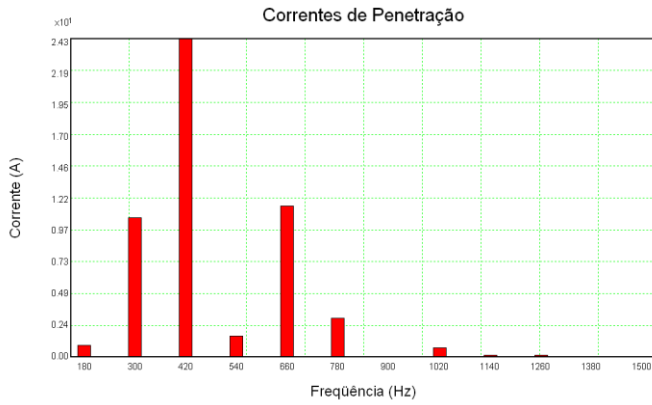


Fig. 2. Harmônicas de corrente sem os filtros harmônicos.

TABELA III
Valores das harmônicas de corrente sem os filtros

Ordem	Corrente (A)	Distorção harmônica de corrente
1	125	100,00%
3	0,973	0,78%
5	10,703	8,56%
7	24,325	19,46%
9	1,6541	1,32%
11	11,5787	9,26%
13	3,0163	2,41%
15	0,0973	0,08%
17	0,7784	0,62%
19	0,1946	0,16%
21	0,1946	0,16%
23	0,0973	0,08%
25	0,0973	0,08%
THDi		23,38%
IRMST		128,37 A
IRMSH		29,22 A

A Fig. 3 traz os resultados das simulações feitas para a baixa tensão do transformador da subestação do Jiqui com os dados das correntes harmônicas e com os filtros para as 5ª, 7ª, 11ª e 13ª harmônicas instalados com um fator de dessintonia de 3% e um fator de qualidade de 20. Na Tabela 4 seguem os valores dos módulos das correntes e suas respectivas distorções para cada frequência harmônica simulada na Fig. 3.

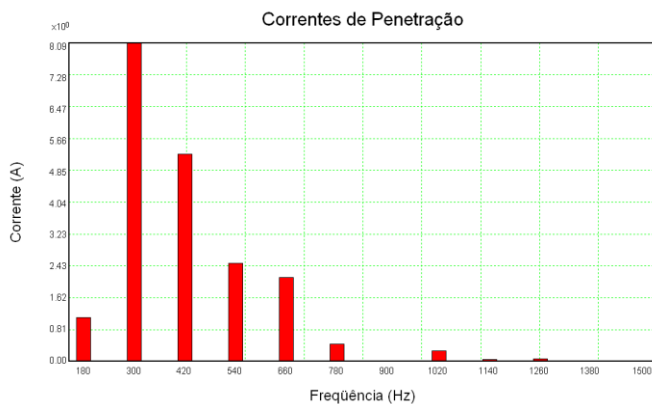


Fig. 3. Harmônicas de corrente com os filtros harmônicos, fator de dessintonia de 3% e fator de qualidade igual a 20.

TABELA IV
Valores das harmônicas de corrente com os filtros harmônicos, fator de dessintonia de 3% e $Q = 20$

Ordem	Corrente (A)	Distorção harmônica dne corrente
1	125	100,00%
3	1,1295	0,90%
5	8,0855	6,46%
7	5,2794	4,22%
9	2,5121	2,00%
11	2,1524	1,72%
13	0,4690	0,37%
15	0,02969	0,02%
17	0,2822	0,22%
19	0,0766	0,06%
21	0,08041	0,06%
23	0,04150	0,03%
25	0,04244	0,03%
THDi		8,20%
IRMST		125,42 A
IRMSH		10,28 A

Na Tabela 5, são mostrados os resultados especificamente das correntes harmônicas que ultrapassavam os valores determinados nas normas, comprovando a eficiência na instalação dos filtros harmônicos. Todos os valores se mostraram satisfatórios. A harmônica 13ª já estava dentro dos padrões para a norma IEEE-519, apenas precisava se adequar à norma IEC 61000-3-4.

TABELA V
Valores das medições das harmônicas de corrente para $Q=20$

Ordem harmônica	Valor	Norma IEC 61000-3-4	Norma IEEE-519
7	4,22%	7,20%	12%
11	1,72%	3,1%	5,50%
13	0,37%	2%	-

As correntes harmônicas do sistema com a instalação dos filtros com fator de qualidade de 50 são mostradas na Fig. 4.

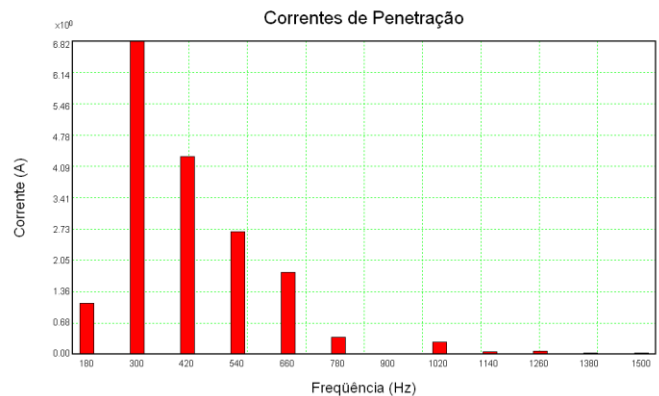


Fig. 4. Harmônicas de corrente com os filtros harmônicos, fator de dessintonia de 3% e fator de qualidade igual a 50.

A Tabela 6 apresenta os resultados das harmônicas de corrente no sistema após a instalação dos filtros com um fator de dessintonia de 3% e um fator de qualidade de 50.

TABELA VI
Valores das harmônicas de corrente com os filtros harmônicos, fator de dessintonia de 3% e $Q = 50$

Ordem	Corrente (A)	Distorção harmônica dne corrente
1	125	100,00%
3	1,1297	0,90%
5	6,8295	5,45%
7	4,3279	3,45%
9	2,6877	2,15%
11	1,7955	1,43%
13	0,3956	0,31%
15	0,02955	0,02%
17	0,2818	0,22%
19	0,07655	0,06%
21	0,08037	0,06%
23	0,04149	0,03%
25	0,04243	0,03%
THDi		6,94%
IRMST		125,30 A
IRMSH		8,79 A

Apresentam-se na Tabela 7 os resultados das correções das harmônicas que se encontravam em desconformidade.

TABELA VII
Valores das medições das harmônicas de corrente para $Q=50$

Ordem harmônica	Valor	Norma IEC 61000-3-4	Norma IEEE-519
7	0,90%	7,20%	12%
11	1,43%	3,1%	5,50%
13	0,31%	2%	-

As correntes harmônicas do sistema com a instalação dos filtros com fator de qualidade de 80 são mostradas na Fig. 5. Os valores das harmônicas são apresentados nas Tabelas 8 e 9.

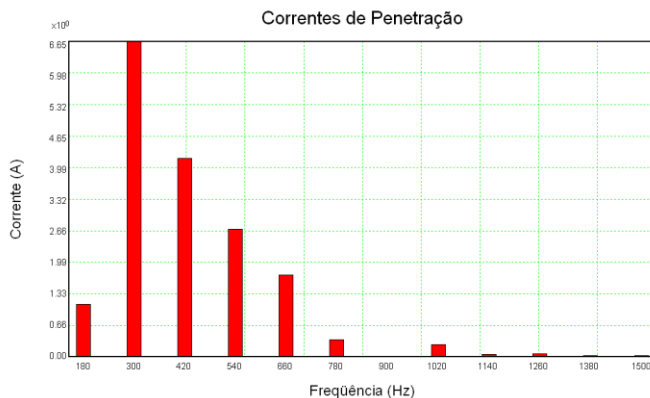


Fig. 5. Harmônicas de corrente com os filtros harmônicos, fator de dessintonia de 3% e fator de qualidade igual a 80.

TABELA VIII
Valores das harmônicas de corrente com os filtros harmônicos, fator de dessintonia de 3% e $Q = 80$

Ordem	Corrente (A)	Distorção harmônica dne corrente
1	125	100,00%
3	1,1297	0,90%
5	6,6462	5,32%
7	4,2014	3,36%
9	2,7111	2,16%
11	1,7468	1,39%
13	0,3854	0,30%
15	0,02953	0,02%
17	0,2817	0,22%
19	0,07654	0,06%
21	0,08037	0,06%
23	0,04149	0,03%
25	0,04243	0,03%
THDi		6,87%
IRMST		125,29 A
IRMSH		8,58 A

TABELA IX
Valores das medições das harmônicas de corrente para $Q=80$

Ordem harmônica	Valor	Norma IEC 61000-3-4	Norma IEEE-519
7	3,36%	7,20%	12%
11	1,39%	3,1%	5,50%
13	0,30%	2%	-

No que concerne à impedância, observa-se através das Figs. 6 a 8 um valor máximo de $0,8 \Omega$ na frequência de 251 Hz, ou seja, existe um impacto baixo na ressonância paralela.

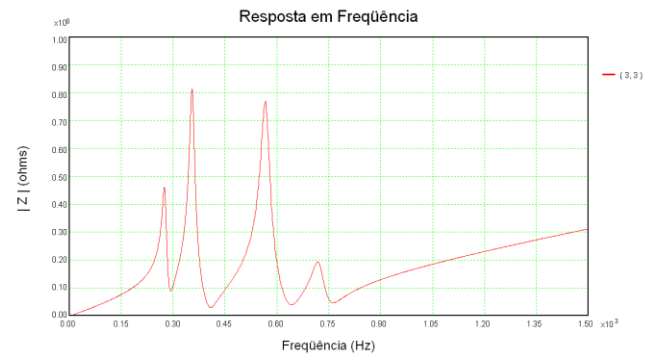


Fig. 6. Resposta em frequência da impedância do sistema com a instalação dos filtros, considerando a resistência R e o fator de qualidade igual a 20.

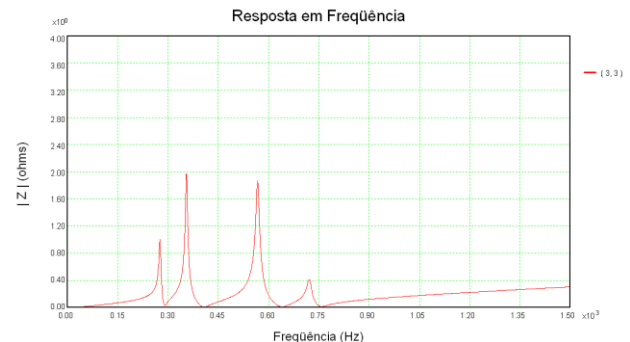


Fig. 7. Resposta em frequência da impedância do sistema com a instalação dos filtros, considerando a resistência R e o fator de qualidade igual a 50.



Fig. 8. Resposta em frequência da impedância do sistema com a instalação dos filtros, considerando a resistência R e o fator de qualidade igual a 80.

V. CONCLUSÕES

O projeto proposto resultou na redução das harmônicas de corrente para os níveis desejados, concluindo que os filtros passivos especificados para todos os fatores de qualidade testados são apropriados para sistemas nos quais a carga não varia expressivamente, adequado para o sistema da Estação Elevatória de Água Bruta da CAERN, por ter seu funcionamento baseado em vazão contínua, o que permite que as grandezas elétricas relacionadas não oscilem significativamente.

Com a execução do projeto, a empresa terá benefícios permanentes para a sua captação de água mais importante, o que resultará em uma melhor prestação de serviço essencial e de saúde pública para a população da cidade de Natal-RN, além de um relevante retorno financeiro para a empresa com a contribuição da correção do fator de potência.

Salienta-se que ainda não existe uma norma brasileira que trate dos limites de distorção harmônica, entretanto já existe um procedimento da Agência Nacional de Energia Elétrica, o PRODIST – Módulo nº 8 – Qualidade de Energia, que trata dos limites de distorção harmônica de tensão. Dessa forma, foram adotadas as normas da IEC e IEEE internacionais de modo a garantir uma boa correção na qualidade de energia elétrica, já que tratam das distorções harmônicas de corrente.

As simulações feitas no programa HARMZS comprovaram que as instalações dos filtros obtiveram êxito, corrigindo as harmônicas de corrente e melhorando por consequência as distorções de tensão do sistema. As impedâncias dos filtros foram projetadas para as frequências pouco abaixo das frequências harmônicas e as simulações retrataram a realidade. Observou-se também o comportamento adequado da impedância do sistema após a interligação dos filtros. O êxito se deu não apenas pela redução das harmônicas de corrente, mas também por não ter havido nenhuma amplificação de harmônica em níveis indesejados.

VI. REFERÊNCIAS

- [1] ANEEL, Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica, Brasília, 2012.
- [2] CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Manual de utilização do Programa HARMZS, 2009, Versão 1.9, p. 202.

- [3] PENG, F. Z.; AKAGI, H.; NABAE, A.; “Compensation Characteristics of the Combined System of Shunt Passive and Series Active Filters”, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 29, No. 1, 1993.
- [4] FASSBINDER, S., Guia de Aplicação de Qualidade de Energia. Disponível em: <<http://www.leonardo-energy.org.br/wp-content/uploads/2009/06/331-harmonicas-filtros.pdf>>. Data de acesso: 14 de dezembro de 2015.
- [5] IEC, About the IEC, Global reach. Disponível em: <<http://www.iec.ch/>>. Data de acesso: 13 de dezembro de 2015.
- [6] IEEE 1036, Guide for Application of Shunt Power Capacitors. Disponível em: < <http://standards.ieee.org/findstds/standard/1036-1992.html>>. Data de acesso: 16 de dezembro de 2015.
- [7] IEEE 1531, Guide for Application and Specification of Harmonic Filters. Disponível em: < <http://standards.ieee.org/findstds/standard/1531-2003.html>>. Data de acesso: 28 de dezembro de 2015.
- [8] LEÃO, R.; SAMPAIO, R.; ANTUNES, F. Harmônicos em Sistemas Elétricos. 1. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. 354 p.
- [9] LOWENSTEIN, M; HIBBARD, J., Meeting IEEE 519-1992 Harmonic Limits. Disponível em: < <http://ecmweb.com/power-quality/meeting-ieee-519-1992-harmonic-limits>>. Data de acesso: 13 de dezembro de 2015.
- [10] PHIPPS, J. K. A transfer function approach to harmonic filter design. IEEE Industry Applications Magazine, p. 68-82, mar./abr. 1997.
- [11] POMILIO, J. A., IEC. Disponível em: <<http://www.dsce.fee.unicamp.br/~antenor/pdf/IEC.pdf>>. Data de acesso: 13 de dezembro de 2015.
- [12] SEEMA, P. D.; INAMDAR, H. P.; VAIDYA, A. P.; “Simulation Studies of Shunt Passive Harmonic Filters: Six Pulse Rectifier Load Power Factor Improvement and Harmonic Control”, ACEEE International Journal on. Electrical and Power Engineering, Vol. 2, No. 1, 2011.
- [13] HSIA, Y. T., “Design of Filters for Reducing Harmonic Distortion and Correcting Power Factor in Industrial Distribution Systems”, Tamkang Journal of Science and Engineering, Vol. 4, No. 3, pp. 193-199, 2001.

VII. BIOGRAFIAS



energia.

Crisluci Karina Souza Santos Cândido nasceu em Belém, Brasil, em 19 de fevereiro de 1979. Possui graduação, mestrado e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2001), (2004) e (2008). Atualmente é professora adjunto desta mesma Instituição. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica, atuando principalmente nos seguintes temas: redes neurais, transformada *wavelet*, qualidade da



Wagner José Nascimento de Oliveira nasceu em Natal, Brasil, em 05 de julho de 1983. Graduiu-se em engenharia elétrica na Universidade Federal do Rio Grande do Norte em 2007. Nessa mesma instituição concluiu mestrado profissional em energia elétrica em 2015. Entre 2007 e 2009 atuou como engenheiro eletricitista na Companhia Pernambucana de Saneamento. Desde 2009 é engenheiro eletricitista da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte – CAERN.



Arrhenius Vinicius da Costa Oliveira nasceu em Natal, Brasil, em 19 de abril de 1979. Graduiu-se em Engenharia Elétrica na Universidade Federal do Rio Grande do Norte em 2001, onde, em 2004 e 2011, concluiu, respectivamente, Mestrado e doutorado na Área de Sistemas de Energia Elétrica. Entre os anos de 2001 e 2008, atuou como engenheiro eletricitista na Cosern. Iniciou a carreira docente em 2008 no Instituto Federal do Rio Grande do Norte, onde permaneceu até 2011. Desde 2011, é professor da UFRN.