



ESTIMAÇÃO DE DISTORÇÃO HARMÔNICA DE SINAL COLETADO EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO UTILIZANDO UM ALGORITMO HÍBRIDO.

HELTON DO NASCIMENTO ALVES¹, RAYLTON LIMA DA DILVA.²

¹ Professor Doutor do curso de engenharia elétrica do IFMA. e-mail: helton@ifma.edu.br

² Graduando de engenharia elétrica industrial do IFMA. Bolsistas da FAPEMA. e-mail: rayltonsl@hotmail.com

Resumo: Neste trabalho um algoritmo híbrido é proposto para estimação de distorções harmônicas em sistemas de distribuição de energia elétrica. Um algoritmo microgenético é utilizado para minimizar o erro entre os dados reais e os produzidos em cada geração. Um algoritmo de busca local é utilizado para melhorar a solução dada pelo algoritmo microgenético. O algoritmo utiliza as medições nas três fases, obtidas na subestação ou em um ponto qualquer da rede de distribuição, para realizar a estimação de distorções harmônicas. A principal aplicação do algoritmo é obter uma correta estimação dos harmônicos para que ações concretas de caráter preditivo, preventivo ou corretivo sejam tomadas para eliminar ou amenizar os problemas causados no local analisado. Os resultados indicam a eficiência do método proposto.

Palavras-chave: algoritmo de busca local, algoritmo microgenético, estimação de distorções harmônicas

1. INTRODUÇÃO

A presença cada vez mais comum de cargas não lineares no setor industrial (Dugan et al., 2002), além da popularização do uso desse tipo de carga nos setores residencial e comercial, tem produzido no sistema de distribuição distorção harmônica da qual pode assumir valores superiores aos limites determinados pelos padrões vigentes e, conseqüentemente, seus efeitos serem danosos aos equipamentos dos sistemas elétricos e dos consumidores. Tanto as concessionárias como os próprios consumidores de energia elétrica são vítimas de sérios problemas gerados pelo elevado número de harmônicos contido no sinal elétrico. Dentre estes problemas, tem-se: perdas ôhmicas nas linhas de transmissão e distribuição, equipamentos de proteção não funcionando adequadamente, erros nos medidores de energia, surgimento de ressonância em série e paralela (Dugan et al., 2002), (Souza et AL., 1995), (Gonzalez et al., 1995).

De acordo com (Costa et al., 2004) a estimação de harmônicos pode ser feita de duas maneiras: através da transformada discreta de Fourier (FFT – *Fast Fourier Transform*) ou utilizando técnicas de estimação paramétricas. Em (Girgis et al., 1991) é mostrado que para a aplicação correta da FFT é necessário que a frequência de amostragem tenha características específicas, senão os resultados obtidos estarão incorretos. As técnicas de estimação paramétricas não possuem essa limitação. Como exemplo de algumas aplicações de estimação de distorção harmônica vista na literatura, têm-se: em (George, 1991) utiliza-se a FFT para estimação de harmônicos assumindo periodicidade do sinal; em (Machado et al., 2008) usa-se o filtro de Kalman para estimar os harmônicos variantes no tempo, que é adequado para identificar o conteúdo harmônico de um sinal ao longo do tempo; em (Nascimento et al., 2008) utiliza-se redes neurais para estimação de harmônicos; a técnica proposta em (Cristiano et al., 2010) utiliza o método de demodulação, onde se faz o uso de uma nova abordagem de filtragem em que os componentes harmônicos são estimados para sinais com grandes desvios na frequência fundamental.

Este trabalho propõe um algoritmo híbrido para estimação de distorção harmônica em redes de distribuição, utilizando como ferramentas um algoritmo microgenético associado a um algoritmo de busca local. A metodologia empregada neste sistema é baseada na captação das correntes de cada conjunto trifásico dos TCs instalados na subestação ou em outro ponto qualquer da rede. A rotina computacional utiliza um janelamento dessas correntes a partir do processamento dos dados amostrados provenientes do secundário dos TCs.

2. MÉTODO PROPOSTO - FORMULAÇÃO MATEMÁTICA



A distorção de uma forma de onda é definida como um desvio, em regime permanente, da forma de onda puramente senoidal, na frequência fundamental f_0 , e é caracterizada principalmente pelo seu conteúdo espectral. A análise de Fourier é uma das formas mais tradicionais para tratamento de sinais e séries temporais. Com base na teoria de Fourier, uma forma de onda periódica qualquer pode ser decomposta numa somatória de infinitos termos senoidais, cujas frequências destes termos, múltiplas de f_0 , são dadas por $h \times f_0$ com $h = 1, 2, 3, 4, \dots$ somados a uma componente contínua. As frequências com $h > 1$ são chamadas de frequências harmônicas. A presença da componente CC produz assimetria da onda em relação ao eixo dos tempos. De forma geral, uma onda variante no tempo, $x(t)$, pode ser representada da seguinte maneira:

$$x(t) = C + \sum_{h=1}^N A_h \cos(h\omega_0 t + \phi_h) \quad (1)$$

Onde:

A_h são as amplitudes de cada harmônica;

$\omega_0 = 2\pi f_0$, em radianos;

h é a ordem da componente harmônica;

N é o número de harmônicas utilizado para representar $x(t)$ e,

C é a componente contínua do sinal $x(t)$.

ϕ_h é a fase analisada em cada harmônica.

No algoritmo proposto, a estimação foi realizada considerando o sinal sem a componente CC, ou seja, o sinal é simétrico. Neste caso, a estimação foi feita utilizando a equação abaixo:

$$x(t) = \sum_{h=1}^N A_h \cos(h\omega_0 t + \phi_h) \quad (2)$$

O sinal amostrado $s[t]$ é definido em (3).

$$s[t] = \begin{bmatrix} s(t_1) \\ s(t_1 + \Delta) \\ \vdots \\ s(t_k) \end{bmatrix} \quad \text{com} \quad \Delta = \frac{1}{f_A} \quad (3)$$

Onde:

$s[t]$ é o sinal amostrado;

t_1 é o tempo em que começa a amostragem;

t_k é o tempo em que termina a amostragem;

Δ é o intervalo de amostragem do sinal;

f_A é a frequência de amostragem e,

k é o número de pontos em que o sinal foi amostrado.

Considerando que o tamanho da janela de amostragem utilizada seja de um ciclo de frequência industrial, tem-se que:

$$k = \frac{f_A}{f_0} \quad (4)$$

Um ponto importante a ser ressaltado é que a leitura das correntes amostradas utilizadas na geração dos elementos próprios e a leitura em tempo real das correntes do sistema em funcionamento não são

sincronizadas, sendo que neste caso os pontos iniciais de captura das duas ondas podem ser diferentes (Figura 2). Para minimizar este problema é feito um deslocamento em ambos os conjuntos de dados de tal forma que se aproximem do sincronismo (Figura 3). A função que determina o erro entre a função estimada e a função amostrada é dada por:

$$erro[t] = s[t] - x[t] = \begin{bmatrix} s(t_1) \\ s(t_1 + \Delta) \\ \vdots \\ s(t_k) \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} x(t_1) \\ x(t_1 + \Delta) \\ \vdots \\ x(t_k) \end{bmatrix} \quad (5)$$

Uma característica importante de (5) é a importância de $s(t)$ e $x(t)$ estarem sincronizadas em relação ao tempo para que a estimação seja feita de maneira adequada. Como o intervalo utilizado para estimar o sinal é de $[0 ; 1/60]$ com $\Delta=1/f_A$ (corresponde a um ciclo da frequência industrial) é necessário se fazer o deslocamento de $s(t)$ para esse mesmo intervalo, de tal forma que se aproximem do sincronismo (Figura 1).

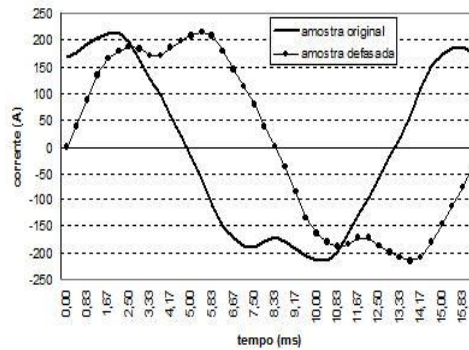


Figura 1. O sinal $s(t)$ deslocado.

Ao minimizar o erro amostrado em (5) aproxima-se a função estimada da função amostrada. A Função Objetivo (FO) que será minimizada é dada por:

$$FO = \frac{1}{k} \sqrt{\sum_{t=t_1}^{t_k} (erro[t])^2} \quad (6)$$

2.2 ALGORITMOS MICROGENÉTICOS

Os algoritmos microgenéticos, propostos por (Holland, 1976), são inspirados na evolução das espécies, segundo a teoria de Darwin, e desenvolvem uma série de buscas com o objetivo de encontrar o cromossomo mais forte e mais adaptado ao ambiente em que se encontra. O melhor conjunto de genes é selecionado através de cruzamentos e mutações de outros.

Os algoritmos microgenéticos são simples, robustos, flexíveis e capazes de localizar a solução ótima global. Eles são particularmente úteis na solução de problemas em que outras técnicas de otimização apresentam dificuldades (Goldberg, 1989). Um algoritmo microgenético básico compreende a criação aleatória da população inicial e um ciclo de três estágios:

1. Avaliação de cada cromossomo;
2. Seleção dos cromossomos para reprodução;
3. Manipulação genética para criar a nova população, que inclui cruzamentos e mutações.

Cada vez que esse ciclo se completa é dito que ocorreu uma geração. A seleção dos cromossomos para reprodução e a mutação são efetuadas por mecanismos aleatórios. Além disso, o critério de sobrevivência é baseado em uma função objetivo que avalia a adaptação de cada cromossomo da população às condições ambientais.

No algoritmo proposto a informação foi codificada no alfabeto decimal e a estrutura cromossômica utilizada é mostrada na Figura 2 para $h = 1$ $A_1 = 20$ e $\phi_1 = 17^\circ$, para $h = 2$ $A_2 = 10$ e $\phi_2 = 5^\circ$ e para $h = 3$ $A_3 = 4$ e $\phi_3 = 2^\circ$.

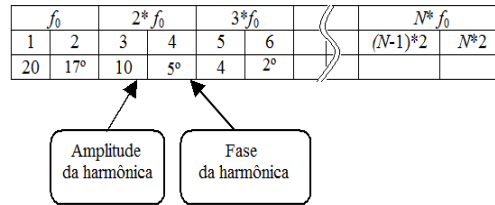


Figura 2. Estrutura cromossômica utilizada no algoritmo proposto.

No algoritmo proposto foi considerada até a 35ª harmônica na estimação, logo $N = 35$. O mecanismo de reprodução adotado é a média entre os respectivos valores das amplitudes e das fases de cada frequência considerada como mostrada na Figura 3.

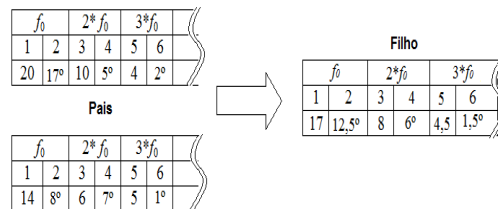


Figura 3. Mecanismo de reprodução adotado.

O algoritmo compreende os seguintes passos:

1. Coletar a janela de dados reais do conjunto de TCs no ponto de medição. Obter o maior valor absoluto registrado na janela de dados para servir como referência para a geração de cromossomos (Val_Maximo);
2. Normalizar a janela de dados dividindo por Val_Maximo;
3. Definir a quantidade máxima de componentes harmônicas N que serão utilizadas na estimação do sinal coletado;
4. Adotar a função objetivo expressa em (6) como função de adaptação (fitness);
5. Com base em N , gerar aleatoriamente uma população inicial de tamanho P considerando como valor máximo de $1.5 * \text{Val_Maximo}$ dos coeficientes das componentes harmônicas (amplitude e fase) expresso em (2);
6. Determinar o índice de adaptação de cada cromossomo;
7. Escolher m cromossomos da população atual utilizando o método da roleta de acordo com a taxa de cruzamento;
8. Fazer o cruzamento de pares de cromossomos desse subconjunto;
9. Escolher aleatoriamente u cromossomos da nova população de acordo com a taxa de mutação;
10. Fazer a mutação nesse subconjunto;
11. Calcular os índices de adaptação dos novos cromossomos;
12. Escolher uma nova população de tamanho P entre a população atual e os novos cromossomos considerando os cromossomos mais adaptados.
13. Repetir os passos 7 a 12 por g gerações ou até a população ter um grau de homogeneidade gh pré-estabelecida.

Os números m e u de cromossomos escolhidos para cruzamento e mutação são preestabelecidos. Também são definidos por antecipação g . O método da roleta é um processo em que um subconjunto da população é formado aleatoriamente sendo que quanto mais adaptado o cromossomo maior será a sua chance de ser escolhido.



2.3 ALGORITMO DE BUSCA LOCAL

Heurísticas de busca em vizinhança, como a busca local, são aquelas utilizadas para melhorar uma solução viável, geralmente obtida por um outro tipo de heurística. Estes métodos são genéricos e pode auxiliar uma boa gama de problemas sem a necessidade de uma compreensão mais profunda do mesmo. Basicamente, estes métodos procuram mapear as redondezas de uma solução viável, através de um critério estocástico ou combinatório. A partir desse mapeamento tenta-se melhorar a solução inicial através de operações de troca, remoção ou inserção, até que não seja mais possível a melhoria ou algum outro critério de parada seja satisfeito.

No algoritmo proposto inicialmente os vizinhos são definidos por uma razão r onde a solução está no centro. Como a solução S obtida pelo AMG já é próxima do ótimo global, essa razão é definida como no máximo $\pm 20\%$. Em cada passo são obtidas duas novas soluções (V_1 e V_2). Para determinar as novas soluções dentro da vizinhança estabelecida por r utiliza-se (7) e (8).

$$\begin{aligned} A'_h &= A_h^S * (1 + r) \\ A''_h &= A_h^S * (1 - r) \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \phi'_h &= \phi_h^S * (1 + r) \\ \phi''_h &= \phi_h^S * (1 - r) \end{aligned} \quad (8)$$

Onde:

r é a razão que define os novos vizinhos de S ;

A_h^S é a amplitude da solução S de cada harmônica;

A'_h e A''_h são as amplitudes das soluções vizinhas V_1 e V_2 de cada harmônica;

ϕ_h^S é a fase da solução S de cada harmônica;

ϕ'_h e ϕ''_h são as fases das soluções vizinhas V_1 e V_2 de cada harmônica;

O algoritmo de busca local utilizado compreende os seguintes passos:

1. Definir a solução do AMG como S ;
2. Inicializar $h=1$ e $\max_busca=M$;
3. contador=1;
4. Calcular os novos vizinhos A_h^S utilizando (7) e definir duas novas soluções V_1 e V_2 a partir de S substituindo A_h^S por A'_h e A''_h ;
5. Avaliar V_1 e V_2 utilizando (6);
6. Escolhe V como a melhor solução entre V_1 e V_2
7. Se V produzir melhoria em relação a S , $S=V$;
8. Definir $r=r/2$;
9. Se contador $>$ \max_busca vá para o passo 11;
10. Incrementar contador de 1 e retornar ao passo 4;
11. contador=1;
12. Calcular os novos vizinhos ϕ_h^S utilizando (8) e definir duas novas soluções V_1 e V_2 a partir de S substituindo ϕ_h^S por ϕ'_h e ϕ''_h ;
13. Avaliar V_1 e V_2 utilizando (6);
14. Escolhe V como a melhor solução entre V_1 e V_2
15. Se V produzir melhoria em relação a S , $S=V$;
16. Definir $r=r/2$;



17. Se contador > max_busca incremente h de 1, se $h > N$ finalize o processo senão vá para o passo 4;
18. Incrementar contador de 1 e retornar ao passo 12;

Os números M e N são preestabelecidos. O algoritmo descrito foi desenvolvido no MATLAB® e executado em um microcomputador Pentium 5 – 2 GHz.

3. RESULTADOS OBTIDOS

O algoritmo proposto foi aplicado ao alimentador primário de 23 barras derivado de um alimentador real com tensão de 13.8 kV, cujos dados de linha, da carga linear e não linear são mostrados nas Tabelas 1 e 2. A carga não linear foi definida arbitrariamente e inserida na barra 7. Ela foi modelada através de injeção de correntes na frequência desejada. Os dados do sistema que são capturados pelo algoritmo proposto correspondem às amostras das formas de onda das correntes medidas na subestação.

Devido à indisponibilidade de medidas de campo, foram realizadas simulações a partir do ATP (*Alternative Transient Program*). A linha foi modelada pelo bloco LCC. As cargas não lineares foram modeladas utilizando fontes HFS de corrente que fazem parte dos componentes de frequência do ATP. As cargas foram consideradas equilibradas modeladas por impedância constante e ligadas em delta. Um trecho do alimentador é mostrado na Figura 4. A resistividade do solo utilizada foi de 400 Ωm e a altura dos condutores foi de 11 m. As ondas de correntes distorcidas medidas na SE são mostradas na Figura 5.

Tabela 1. Dados de linhas e das cargas lineares do alimentador de 23 barras.

De	Para	R($\Omega\text{/Km}$)	X($\Omega\text{/Km}$)	L(Km)	P(kW)	Q(kW)
0	1	0.1904	0.3766	0.278	99.8401	29.1196
1	2	0.1904	0.3766	0.384	134.4001	39.1995
2	3	0.1904	0.3766	0.08	134.4001	39.1995
3	4	1.5325	0.4705	0.178	82.5601	24.0797
2	5	0.1904	0.3766	0.246	393.6004	114.7986
5	6	1.5325	0.4705	0.072	134.4001	39.1995
6	7	1.5325	0.4705	0.194	99.8401	29.1196
7	8	1.5325	0.4705	0.06	134.4001	39.1995
5	9	0.1904	0.3766	0.198	134.4001	39.1995
9	10	1.5325	0.4705	0.182	393.6004	114.7986
10	11	1.5325	0.4705	0.124	134.4001	39.1995
10	12	1.5325	0.4705	0.068	99.8401	29.1196
12	13	1.5325	0.4705	0.128	134.4001	39.1995
9	14	0.1904	0.3766	0.442	393.6004	114.7986
14	15	0.1904	0.3766	0.042	134.4001	39.1995
15	16	1.5325	0.4705	0.132	99.8401	29.1196
15	17	1.5325	0.4705	0.154	134.4001	39.1995
17	18	1.5325	0.4705	0.106	134.4001	39.1995
15	19	0.1904	0.3766	0.148	48	13.9998
19	20	1.5325	0.4705	0.248	134.4001	39.1995
19	21	0.1904	0.3766	0.062	307.2	89.5989
21	22	0.1904	0.3766	0.196	48	13.9998

Tabela 2. Dados da carga não linear modelado por injeção de corrente localizado na barra 7.

Frequência (Hz)	Fase A (A)	Fase B (A)	Fase C (A)
180	30	30	30
300	15	15	15
420	0	0	7
540	0	4	0
660	3	0	0

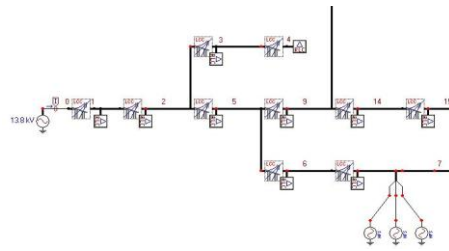


Figura 4. Um trecho do alimentador de 23 barras simulado no ATP.

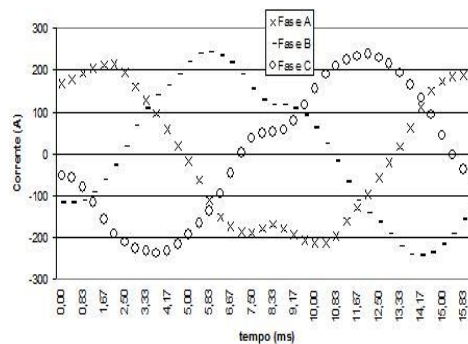


Figura 5. Correntes amostradas na SE.

Foram consideradas até a 35^a (N) componente harmônica para compor o sinal estimado. Os parâmetros utilizados no AMG foram uma taxa de cruzamento $m=60\%$ e de mutação $u=1\%$ com uma população $P=400$ cromossomos. O grau de homogeneidade utilizado foi de $gh=98\%$. O número limite de gerações foi $g=2000$. No ABL utilizou-se a razão inicial para definir a vizinhança $r=0.2$ com um fracionamento máximo dessa razão em 20 vezes (M). O tempo médio de processamento do algoritmo foi de 1 minuto. Os resultados obtidos pelo método proposto (MP) foram comparados com a solução da função FFT (*Fast Fourier Transform*) presente no MATLAB. Os resultados são mostrados na Tabela 3 e Tabela 4. Verifica-se que o erro apresentado é praticamente desprezível confirmando a eficiência do método proposto. Devido às características do algoritmo genético que inicia a cada processamento em pontos diferentes, o seu resultado final geralmente é diferente em cada execução, apesar de produzir sempre uma boa solução. O ABL aplicado nessas diferentes soluções sempre conduz para as soluções mostradas na Tabela 3 e Tabela 4. Isso mostra a boa adaptação entre esses dois métodos para encontrar a solução ótima global.



Tabela 3. Resultados do algoritmo proposto referente às amplitudes das harmônicas.

Frequência (Hz)	Fase A (A)		
	FFT	MP	$\epsilon(\%)$
60	220.2554	220.2577	0.00104
180	29.6914	29.6962	0.016
300	14.7596	14.7571	0.017
420	0	0	0
540	0	0	0
660	2.9635	2.9627	0.027
Frequência (Hz)	Fase B (A)		
	FFT	MP	$\epsilon(\%)$
60	220.0122	220.0148	0.00104
180	29.7453	29.7448	0.015
300	14.8076	14.8099	0.017
420	0	0	0
540	3.9568	3.9555	0.028
660	0	0	0
Frequência (Hz)	Fase C (A)		
	FFT	MP	$\epsilon(\%)$
60	219.0791	219.0817	0.0011
180	29.7932	29.7918	0.013
300	14.8272	14.8293	0.015
420	6.9220	6.9240	0.027
540	0	0	0
660	0	0	0

Tabela 4. Resultados do algoritmo proposto referente às fases das harmônicas.

Frequência (Hz)	Fase A (A)		
	FFT	MP	$\epsilon(\%)$
60	-1.5706	-1.5707	0.0063
180	-1.2462	-1.2465	0.024
300	0.675	0.6746	0.059
420	0	0	0
540	0	0	0
660	1.0439	1.0429	0.095
Frequência (Hz)	Fase B (A)		
	FFT	MP	$\epsilon(\%)$
60	1.6701	1.6715	0.083
180	0.1180	0.1178	0.16
300	1.9464	1.9156	1.607
420	0	0	0
540	0.6783	0.6787	0.058
660	0	0	0
Frequência (Hz)	Fase C (A)		
	FFT	MP	$\epsilon(\%)$
60	1.3466	1.3465	0.0074
180	-0.1805	-0.1803	0.11
300	0.746	0.7409	0.68
420	1.4835	1.4831	0.026
540	0	0	0
660	0	0	0

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi apresentado um método híbrido para estimação de distorção harmônica em redes de distribuição. Foram descritas as principais etapas e características do AMG e do ABL e sua aplicação no problema proposto. Simulações para validação do algoritmo foram realizadas. Como dados de entrada do sistema, o algoritmo precisou apenas dos dados oscilográficos das correntes nas fases medidas na subestação ou em outro ponto qualquer da rede de distribuição. Devido a indisponibilidade de se fazer medições em campo, utilizou-se o software ATP, próprio para simulação de transitórios eletromagnéticos em sistemas elétricos para gerar as correntes de teste. O método proposto realizou a estimação em duas etapas: inicialmente se busca uma boa solução com um AMG e depois se melhora essa solução com o



ABL. Esses resultados nos remetem à continuação da pesquisa onde serão testados outros alimentadores com mais componentes harmônicas presentes no sinal estimado e a aplicação de outras técnicas de otimização para comparar a sua eficiência.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Costa, F. F., Naidu, S. R. e Costa, E. G. (2004). Estudo comparativo entre algoritmos recursivos para rastreamento de harmônicos, XV Congresso Brasileiro de Automática (XV CBA), Gramado – Rs, 2004.

Cristiano, A. G., Ribeiro, V., Duque, A., Ribeiro, F. e da Silva, A. B. (2010). Estimação de harmônicos para sistemas isolados. XVIII Congresso Brasileiro de Automática (XVIII CBA), Bonito – MS, 2010.

Dugan, R. C., McGranaghan, M. F., Santoso, S., and Beaty, H. W. (2002). *Electrical Power Systems Quality*, 2nd ed., NEW York McGraw-Hill, pp. 184-196 and 209-217.

George, T. A. (1991). Harmonic power flow determination using the fast fourier transform, *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 6, No. 2, pp 530–535, April 1991.

Girgis, A. A., Chang, W. B., and Makran, E. B. (1991). A digital recursive measurement scheme for on-line tracking of power system harmonics, *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 6, No. 3, pp. 1153-1159, July 1991.

Goldberg, D. E. (1989). *Genetic algorithms in search, optimization and machine learning*. Addison-Wesley, 1989, 412p.

Gonzalez, M. L., Pires, I. A., Silva, S. R. e Almeida, P. C. A. (1995). Uma discussão sobre harmônicos produzidos por equipamentos de eletrônica de potência, VI Seminário Brasileiro sobre Qualidade da Energia Elétrica (VI SBQEE), Belém (PA), 1995.

Holland, J. H. (1976). *Adaptation in natural and artificial systems*. University of Michigan Press, 1976, 211p.

Machado, O. F., Silva, S. R. e Aguirre, L. A. (2008). Uma abordagem prática sobre a estimação de harmônicos variantes no tempo utilizando estimadores recursivos, XVII Congresso Brasileiro de Automática (XVII CBA), Juiz de Fora - MG, 2008.

Nascimento, C. F., Júnior, A. A. O., Goedtel, A., Silva, I. N. e Semi, P. J. A. (2008). Aplicação de redes neurais na determinação do conteúdo harmônico da corrente de carga não linear em sistemas de potência monofásicos, XVII Congresso Brasileiro de Automática (XVII CBA), Juiz de Fora – MG, 2008.

Souza, L. F. W., Ross, R. P. D., e Watanabe, E. H. (1995). Uma discussão sobre harmônicos produzidos por equipamentos de eletrônica de potência, VI Seminário Brasileiro sobre Qualidade da Energia Elétrica (VI SBQEE), Belém (PA), 1995.