

Influência da forma de tratamento do sinal na quantificação do desequilíbrio de tensão

J. Cormane A., (UnB), T. Carvalho V. (UnB), A. L. Ferreira F.(UnB) e M. V. Chaffim C. (UnB)

Resumo— Este artigo apresenta os resultados de cálculos do fator K considerando 4 formas distintas de abordagem dos sinais oriundos de medições das tensões. Inicialmente, define-se cada um dos métodos de tratamento dos sinais para a quantificação do desequilíbrio empregados neste trabalho. Em seguida, tais métodos são aplicados em simulações computacionais onde têm-se formas de ondas senoidais com amplitudes desequilibradas de forma aleatória, com a presença de afundamentos de tensão, e ainda, com um determinado nível de distorção harmônica. Com isso, além de se identificar a influência da forma de abordagem do sinal sobre o resultado do cálculo do fator K, pode-se avaliar o efeito resultante da existência de afundamentos e harmônicas na quantificação do desequilíbrio de tensão. A execução de investigações como a proposta neste estudo é de suma importância para a escolha adequada de índices e limites de normas que versam sobre o desequilíbrio de tensão.

Palavras-chave – Quantificação do desequilíbrio de tensão, Tratamento de sinais, Influência dos afundamentos e distorções harmônicas.

I. INTRODUÇÃO

Os aspectos concernentes à operação do sistema com qualidade tornaram-se uma exigência cada vez mais presente dos consumidores e uma medida de competitividade entre as empresas fornecedoras de energia no setor elétrico brasileiro. Os problemas associados ao suprimento de cargas e suas subseqüentes deteriorações têm recebido particular atenção, resultando em diversos trabalhos de especialistas da área [1]. Naturalmente, qualquer que seja a medida corretiva a ser tomada, esta deve apoiar-se em indicativos adequados à quantificação e qualificação do grau de deterioração da qualidade da energia elétrica.

No entanto, observa-se em alguns protocolos de medição que versam sobre o assunto, o emprego de procedimentos que exibem lacunas capazes de gerar ações equivocadas quando das suas aplicações.

Neste íterim, e considerando-se todos os esforços que têm sido depreendidos para a consolidação dos Procedimentos de Distribuição (PRODIST), desenvolveu-se este estudo que visa identificar as possíveis divergências presentes nos valores do índice de quantificação do desequilíbrio, qual seja o fator K, mediante a variação das formas de abordagem do sinal com ou sem a presença de afundamentos e harmônicas.

Inicialmente, são definidas, detalhadamente, as formas de tratamento dos sinais para o cálculo do fator K avaliado nesse trabalho. Em seguida, esses métodos são empregados em formas de onda senoidais com amplitudes desequilibradas de forma aleatória, com a presença de afundamentos de tensão, e com um determinado nível de distorção harmônica. Com isso, torna-se possível a avaliação da influência das condições do sinal sobre os métodos utilizados para o cálculo do fator K [2].

É preciso ressaltar que pesquisas como a aqui proposta caracterizam-se como relevantes quando se trata da escolha adequada de índices e limites de normas que tratam de um fenômeno como o desequilíbrio de tensão.

II. CÁLCULO DO FATOR K

Na literatura atinente são mais comumente empregadas 4 metodologias para a obtenção do fator de desequilíbrio de tensão, denominado fator K. Mediante o fato de alguns instrumentos de medição não disponibilizarem os ângulos das tensões, métodos alternativos de cálculo foram criados. Tais metodologias fazem uso apenas das amplitudes das tensões trifásicas. Neste trabalho, optou-se pela utilização do método do CIGRÉ, por se tratar de um procedimento empregado pelo PRODIST, onde os ângulos das tensões são abordados indiretamente. De fato, trata-se do resultado de manipulações algébricas das equações que constituem o método das componentes simétricas [3], [4], [5].

A. Método CIGRÉ

Recomendado pelo International Council on Large Electric Systems (CIGRÉ), este procedimento emprega uma expressão para o fator de desequilíbrio com base numa grandeza adimensional que correlaciona os módulos das tensões de linha. O desequilíbrio de tensão é dado pelas equações matemáticas que relacionam os módulos das tensões de linha, conforme apresentado nas equações (1) e (2).

$$\beta = \frac{|V_{ab}|^4 + |V_{bc}|^4 + |V_{ca}|^4}{(|V_{ab}|^2 + |V_{bc}|^2 + |V_{ca}|^2)^2} \quad (1)$$

$$K\% = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{3 - 6\beta}}{1 + \sqrt{3 - 6\beta}}} \times 100 \quad (2)$$

Onde, V_{AB}, V_{BC}, V_{CA} , \rightarrow Módulos das tensões de linha.

B. Métodos de tratamento do sinal para cálculo do fator K

Considere as formas de onda dadas por (3), (4) e (5).

$$V_{AB}(t) = \sqrt{2} * V_{AB} * \sin(\omega t + \theta_A) \quad (3)$$

$$V_{BC}(t) = \sqrt{2} * V_{BC} * \sin(\omega t + \theta_B) \quad (4)$$

$$V_{CA}(t) = \sqrt{2} * V_{CA} * \sin(\omega t + \theta_C) \quad (5)$$

Empregando-se os sinais representados pelas equações (3), (4) e (5), são adquiridos os valores de tensões a cada 12 ciclos de 60 Hz. Considerando-se este período como a janela de amostragem, aplica-se a FFT para se obter as componentes fundamentais das três tensões de linha [6]. Logo, torna-se desta forma possível o cálculo dos valores eficazes das tensões de linha para cada conjunto de 12 ciclos.

Neste estudo, são apreciados períodos de observação de 200 milissegundos, 3 segundos, 10 minutos e 2 horas, conforme descrito na Tabela I.

TABELA I. INFORMAÇÕES DOS CASOS SIMULADOS

Período	Número de Janelas	Ciclos (60Hz)
200 milissegundos	1	12
3 segundos	15	180
10 minutos	3000	36000
2 horas	36000	4320000
1 dia	432000	5184000

Os métodos propostos para o cálculo do indicador de desequilíbrio dependem, principalmente, da forma agregação da informação. Portanto, de posse dos dados exibidos na Tabela I, e com vistas à identificação dos valores resultantes da aplicação de diferentes formas de cálculo do fator K, foram elencados os métodos descritos a seguir.

Método 1 (M1)

Neste método, um valor de fator K é calculado a cada 12 ciclos, ou seja, a cada 200 ms. Logo, têm-se coletados no final de 24 horas, um total 432000 valores de fator K.

Método 2 (M2)

Um valor do fator K é calculado a partir do valor RMS das 15 amostras da tensão adquiridas quando da abordagem de um intervalo de 3 segundos. Logo, totaliza-se 28800 valores de K para cada período de 24 horas.

Método 3 (M3)

Ao final de um intervalo de 10 minutos é calculado o valor RMS das 3000 amostras de tensão, então, baseado nesse valor de tensão obtida, calcula-se o fator K. Assim sendo, em um dia, têm-se 144 valores de fator K.

Método 4 (M4)

O fator K é calculado para cada intervalo de 2 horas, a partir do valor RMS das tensões das 36000 janelas contidas nesse período. Logo, em 24 horas tem-se um total de 12 valores do referido índice.

Vale ressaltar que a norma brasileira demanda o cálculo do fator K a cada 10 minutos. Das 144 amostras acumuladas em

um dia, calcula-se o valor cuja probabilidade é de 95% de não ser excedido. Esta metodologia é equivalente ao método 2 exibido neste estudo. Considerando-se um período de 7 dias consecutivos, tem-se que o valor a ser comparado com o limite da norma será o maior dentre os 7 patamares detectados para cada dia.

Como o desequilíbrio de tensão é um fenômeno estocástico, ou seja, que varia no tempo aleatoriamente, os valores eficazes das tensões de linha foram gerados, em algumas simulações, de forma randômica, para emular a variação dos módulos no tempo.

III. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

Neste tópico são apresentados os resultados do emprego dos 4 métodos sobre formas de onda desequilibradas, com a presença de afundamentos de tensão, e com distorções harmônicas. São emulados na simulação 7 dias de uma campanha de medição. Aplica-se a FFT a cada janela de aquisição de 12 ciclos de 60 Hz para se obter as componentes fundamentais das tensões nas três fases.

A. Forma de onda com a presença de desequilíbrio de tensão

Nesta simulação foram gerados, aleatoriamente, valores eficazes das tensões das fases A, B e C. A Tabela II apresenta para cada dia, o fator K com probabilidade de 95% de não ser excedido, considerando-se os métodos 1, 2, 3 e 4.

TABELA II. RESULTADOS DO FATOR K COM 95% DE NÃO SER EXCEDIDO

	M1	M2	M3	M4
1º DIA	5.467961	1.412950	0.101180	0.027230
2º DIA	5.475362	1.402638	0.103469	0.031641
3º DIA	5.462507	1.396145	0.096797	0.025166
4º DIA	5.464770	1.413317	0.097005	0.027664
5º DIA	5.468137	1.397303	0.096459	0.024992
6º DIA	5.462669	1.403352	0.103555	0.029076
7º DIA	5.465426	1.406780	0.105554	0.027292
SEMANA	5.475362	1.413317	0.105554	0.031641

Da Tabela II observa-se que, apesar da geração aleatória de dados, os fatores K com probabilidade de 95% de não serem excedidos para cada dia, assemelham-se entre si, quando considerado cada método individualmente. Isto ocorre devido à escolha do modelo estatístico empregado na elaboração do sinal, o qual gera valores aleatórios de tensão, mas que estão essencialmente em torno do valor médio de 220 V. Além disso, nota-se que os valores de fator K decrescem à medida que se aumenta o intervalo de observação. Logo, para a situação descrita neste estudo, quanto maior o número de valores de tensão contidos no intervalo de agregação, sobre o qual o valor RMS será efetuado, menor é o valor do fator K. Isto ocorre, pois o cálculo do valor RMS sobre um número grande de dados faz com que a informação fique muito resumida e, conseqüentemente, valores discrepantes de tensão passam a ser despercebidos.

B. Forma de onda com a presença de afundamentos

Nesta etapa do estudo, foram inseridos afundamentos a cada 1 minuto em formas de ondas onde as amplitudes das tensões das fases A, B e C estão variando aleatoriamente.

Inicialmente, os afundamentos apresentam-se com intensidades variáveis e com duração constante. Em seguida, as durações variam e as intensidades dos afundamentos são mantidas constantes. Os afundamentos podem aparecer em 1, 2 ou 3 fases.

A Tabela III exhibe o fator K com probabilidade de 95% de não ser excedido, considerando-se o emprego dos 4 métodos. Foram simulados 3 casos distintos, onde têm-se intensidades dos afundamentos em 0.4, 0.6 e 0.8 p.u. Nestas condições, a duração dos afundamentos é igual a 6 segundos. Os afundamentos foram inseridos nas 3 fases. Vale ressaltar que os valores expostos representam o maior valor do fator K com 95% de probabilidade de não ser excedido, dentre os 7 encontrados para cada dia.

TABELA III. RESULTADOS DO FATOR K NA PRESENÇA DE AFUNDAMENTOS NAS 3 FASES - DURAÇÕES CONSTANTES

Intensidade	M1	M2	M3	M4
0.4 p.u	5.459925	1.399773	0.099690	0.030037
0.6 p.u	5.469053	1.396789	0.095483	0.033486
0.8 p.u	5.4759083	1.412979	0.108715	0.035602

Observa-se da Tabela III que, apesar da variação da intensidade dos afundamentos, os fatores K determinados não exibem diferenças acentuadas entre si, se considerado cada método separadamente. Nota-se que o que está determinando o valor do fator K é o desequilíbrio aleatório do sinal de tensão, e não a intensidade do afundamento inserido. Além disso, observa-se que, comparando os valores por linha da Tabela III, há grande variação da magnitude do fator K entre os métodos fixando a intensidade do afundamento. Nestes casos, os afundamentos foram gerados nas 3 fases, simultaneamente.

A Tabela IV apresenta o fator K com probabilidade de 95% de não ser excedido, considerando-se as mesmas condições mostradas para o caso anterior. Contudo, agora, os afundamentos surgem somente em duas fases.

TABELA IV. RESULTADOS DO FATOR K NA PRESENÇA DE AFUNDAMENTOS NAS 2 FASES - DURAÇÕES CONSTANTES

Intensidade	M1	M2	M3	M4
0.4 p.u	33.16801	33.2757	1.29967	1.21280
0.6 p.u	18.08324	18.13432	1.06008	0.99002
0.8 p.u	7.928737	7.68234	0.64509	0.57941

Observa-se da Tabela IV que, com a variação da intensidade dos afundamentos em somente 2 fases, os fatores K determinados exibem diferenças acentuadas entre si, se considerado cada método separadamente. Além disso, os métodos M1 e M2 passam a apresentar valores próximos entre si, no entanto, muito diferentes dos apresentados pelos métodos M3 e M4.

A Tabela V apresenta o fator K com probabilidade de 95% de não ser excedido, considerando-se as mesmas condições mostradas para os casos anteriores. Os afundamentos estão presentes em 1 fase.

TABELA V. RESULTADOS DO FATOR K NA PRESENÇA DE AFUNDAMENTOS EM 1 FASE - DURAÇÕES CONSTANTES

Intensidade	M1	M2	M3	M4
0.4 p.u	25.02819	24.95574	1.691368	1.582611
0.6 p.u	15.44381	15.32504	1.219381	1.126263
0.8 p.u	7.540746	7.090424	0.675761	0.610952

Observa-se da Tabela V que, assim como ocorreu para o caso onde os afundamentos se manifestaram em 2 fases, com a variação da intensidade dos afundamentos em somente 1 fase, os fatores K determinados mostram diferenças acentuadas entre si, se considerado cada método separadamente.

A Fig. 1 ilustra o gráfico contendo os maiores valores de fator K encontrados para os métodos M1, M2, M3 e M4, separadamente, considerando-se as seguintes simulações: formas de onda aleatoriamente desequilibradas sem e com afundamentos em 1, 2 e 3 fases. Os afundamentos têm 6 segundos de duração e 0.4 p.u de intensidade.

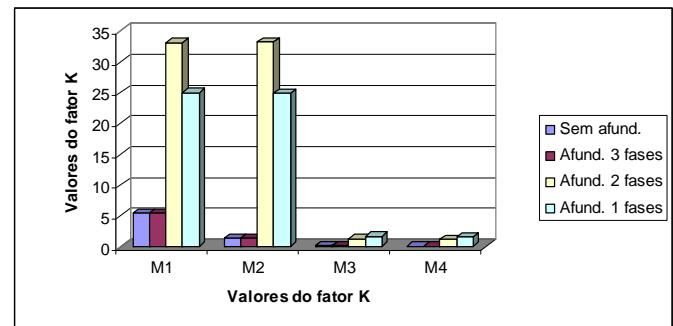


Fig. 1 – Valores do fator K para formas de ondas com e sem afundamentos

Da Fig. 1 observa-se que, considerando-se cada método separadamente, os resultados denotam que para formas de onda aleatoriamente desequilibradas sem afundamentos e com afundamentos nas 3 fases, os valores de fator K são próximos entre si. Contudo, quando há afundamentos somente em 1 e 2 fases, tais valores aumentam consideravelmente. Nestes casos, os afundamentos influenciam consideravelmente os resultados dos cálculos dos índices de desequilíbrio. Logo, conclui-se que o fator K é mais sensível à presença de afundamentos quando os mesmos estão presentes em 1 ou 2 fases apenas. Além disso, a Fig. 1 indica que o mesmo sinal apresenta valores de fator K diferentes dependendo da escolha do método de cálculo, ou seja, da forma de tratamento dos sinais.

A Tabela VI exhibe o fator K com probabilidade de 95% de não ser excedido, considerando-se o emprego dos 4 métodos, quando têm-se durações iguais a 400 milissegundos, 3 segundos e 6 segundos. Nestes casos, a intensidade dos afundamentos é igual 0.7 p.u, e eles foram inseridos nas 3

fases.

TABELA VI. RESULTADOS DO FATOR K NA PRESENÇA DE AFUNDAMENTOS NAS 3 FASES - INTENSIDADES CONSTANTES

Duração	M1	M2	M3	M4
400 mseg	5.461560	1.40674	0.092150	0.021762
3 seg	5.468940	1.399174	0.110841	0.02986
6 seg	5.465890	1.414204	0.096989	0.027225

Observa-se da Tabela VI que, apesar da variação da duração dos afundamentos, os fatores K não mostram diferenças significativas entre si, se considerado cada método separadamente. No entanto, comparando cada linha da Tabela VI, nota-se que a escolha do método de cálculo é determinante para a quantificação do desequilíbrio de tensão. Nestes casos, os afundamentos foram gerados nas 3 fases, simultaneamente.

A Tabela VII apresenta o fator K com probabilidade de 95% de não ser excedido, considerando-se as mesmas condições dos dados da Tabela VI, com afundamentos em 2 fases.

TABELA VII. RESULTADOS DO FATOR K NA PRESENÇA DE AFUNDAMENTOS NAS 2 FASES - INTENSIDADES CONSTANTES

Duração	M1	M2	M3	M4
400 mseg	8.283809	2.005664	0.488777	0.430722
3 seg	12.44014	12.41415	0.855178	0.791908
6 seg	5.583986	1.500729	0.129009	0.072059

Verifica-se da Tabela VII que, com a variação da duração dos afundamentos, os fatores K mostram diferenças significativas entre si, se considerados cada método separadamente. Também há diferenças quando se comparam os diferentes métodos para a mesma duração do afundamento.

A Tabela VIII aponta o fator K com probabilidade de 95% de não ser excedido, considerando-se as mesmas condições dos dados da Tabela VI, com afundamentos em 1 fase.

TABELA VIII. RESULTADOS DO FATOR K NA PRESENÇA DE AFUNDAMENTOS EM 1 FASE - INTENSIDADES CONSTANTES

Duração	M1	M2	M3	M4
400 mseg	8.087315331	1.983816	0.538011	0.474271
3 seg	11.23182941	11.06768	0.934181	0.872822
6 seg	5.592709409	1.494729	0.135192	0.082184

Verifica-se da Tabela VIII que, com a variação da duração dos afundamentos, os fatores K denotam diferenças acentuadas entre si, se considerado cada método separadamente. Portanto, assim como para o caso das intensidades variáveis, o fator K é mais sensível a variação da duração dos afundamentos quando os mesmos estão presentes em apenas 1 ou 2 fases da tensão. Além disso, a escolha do método de cálculo é essencial para a avaliação da magnitude do fator K.

C. Forma de onda com a presença de harmônicas

Nesta etapa do estudo, foram simuladas harmônicas em formas de ondas onde as amplitudes das tensões das fases A,

B e C apresentam-se em duas condições distintas: sem desequilíbrios e com desequilíbrios variando aleatoriamente.

Nas formas de ondas utilizadas têm-se 5% de terceira harmônica, 5% de quinta, 5% de sétima e 3% de nona, ou seja, 9.165% de distorção harmônica total de tensão. Estas ordens harmônicas foram aplicadas a uma, duas e três fases. Em uma situação aplicou-se a FFT para a obtenção do sinal somente na frequência de 60 Hz, e em outra foram considerados todos os espectros existentes na forma de onda.

As Tabelas IX e X exibem os fatores K com probabilidade de 95% de não ser excedido, considerando-se o emprego dos 4 métodos, oriundos de simulações nas quais empregou-se a FFT, e onde não se utilizou a FFT, respectivamente.

Em cada tabela considerou-se separadamente a presença de harmônicas em uma, duas e três fases. As formas de onda não são desequilibradas. Vale ressaltar que os valores expostos representam o maior valor do fator K com 95% de probabilidade de não ser excedido, dentre os 7 encontrados para cada dia.

TABELA IX. RESULTADOS DO FATOR K NA PRESENÇA DE HARMÔNICAS UTILIZANDO A FFT – FORMAS DE ONDA SEM DESEQUILÍBRIO

Fase	M1	M2	M3	M4
1	1.49E-06	1.49E-06	1.05E-06	1.45E-06
2	1.49E-06	1.49E-06	1.49E-06	1.05E-06
3	1.49E-06	1.49E-06	1.49E-06	1.05E-06

TABELA X. RESULTADOS DO FATOR K NA PRESENÇA DE HARMÔNICAS NÃO UTILIZANDO A FFT – FORMAS DE ONDA SEM DESEQUILÍBRIO

Fase	M1	M2	M3	M4
1	0.093159	0.09316	0.09316	0.09316
2	0.185800	0.1858	0.1858	0.1858
3	1.49E-06	1.49E-06	1.49E-06	1.05E-06

Das Tabelas IX e X observa-se que mesmo a distorção harmônica total de tensão por fase tendo alcançado 9.165%, os valores de fator K são muito pequenos. Em outras palavras, as harmônicas não influenciaram consideravelmente o índice de desequilíbrio de tensão.

Nestes casos, nota-se também que há uma diferença acentuada entre os resultados encontrados com a utilização da FFT e sem a FFT para harmônicas em 1 e em 2 fases. Contudo, em ambos os casos, os valores dos desequilíbrios são muito baixos. Por fim, comparando cada linha das tabelas, nota-se que os métodos não apresentam diferenças quando consideradas 1, 2 e 3 fases com harmônicas separadamente.

As Tabelas XI e XII exibem, nas mesmas condições expostas para as Tabelas IX e X, os fatores K com probabilidade de 95% de não ser excedido, considerando-se a presença de harmônicas em 1, 2 e 3 fases. As formas de onda são aleatoriamente desequilibradas.

TABELA XI. RESULTADOS DO FATOR K NA PRESENÇA DE HARMÔNICAS UTILIZANDO A FFT – FORMAS DE ONDA ALEATORIAMENTE DESEQUILIBRADAS

Fase	M1	M2	M3	M4
1	5.465442	1.400716	0.10351	0.041386
2	5.460402	1.408532	0.09380	0.029749
3	5.473760	1.415414	0.106851	0.044872

TABELA XII. RESULTADOS DO FATOR K NA PRESENÇA DE HARMÔNICAS NÃO UTILIZANDO A FFT – FORMAS DE ONDA ALEATORIAMENTE DESEQUILIBRADAS

Fase	M1	M2	M3	M4
1	5.464662	1.422987	0.157833	0.105241
2	5.476087	1.439326	0.253872	0.204745
3	5.474774	1.419320	0.104241	0.032872

Das Tabelas XI e XII verifica-se, considerando-se cada método isoladamente, que as diferenças entre os valores de fator K quando há harmônicas em uma, duas e três fases é praticamente imperceptível, portanto, o desequilíbrio aleatório é o que está sendo determinante para estes resultados. O mesmo ocorre quando comparam-se os resultados adquiridos com e sem a aplicação da FFT. Em se tratando da presença de harmônicas, o uso ou não da FFT não influencia o valor final do fator de desequilíbrio, para sinais com harmônicas baseadas nos valores da norma. Por fim, nota-se que, em se tratando de sinais com desequilíbrios aleatórios e harmônicas, os valores do fator K são diferentes entre os métodos para o mesmo sinal de entrada, ou seja, para cada linha das tabelas XI e XII.

A Fig. 2 ilustra o gráfico contendo os maiores valores de fator K encontrados para os 4 métodos separadamente, considerando-se as seguintes simulações: forma de onda aleatoriamente desequilibrada sem harmônicas, forma de onda aleatoriamente desequilibrada com harmônicas e com o uso da FFT, e forma de onda aleatoriamente desequilibrada sem o uso da FFT.

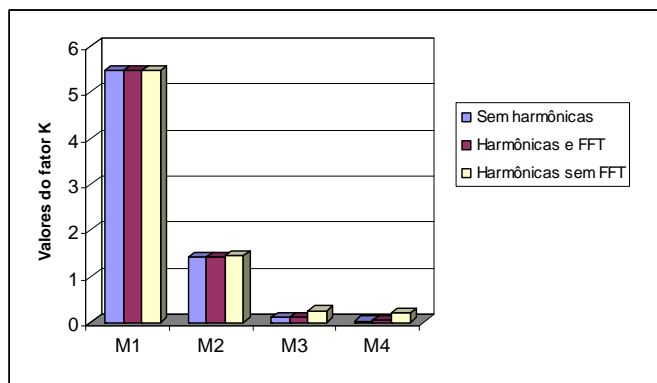


Fig. 2 – Valores do fator K para formas de ondas distintas

Da Fig. 2 é possível visualizar graficamente as conclusões já antecipadas: considerando cada método separadamente, os resultados encontrados para as simulações onde há formas desequilibradas sem e com harmônicas, são muito pequenas. Logo, pode-se concluir que as harmônicas cujos patamares são os valores limites propostos pela norma, não influenciam

os cálculos dos índices de quantificação do desequilíbrio de tensão quando feitos com e sem a utilização da FFT. No entanto, os 4 métodos propostos geram valores bem diferenciados do fator K para o mesmo sinal.

IV. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou os resultados de uma investigação voltada à determinação da influência da escolha da forma de tratamento de sinais na quantificação do desequilíbrio, com formas de onda senoidais, com a presença de afundamentos de tensão e de harmônicas.

Tendo sido apresentados os métodos M1, M2, M3 e M4 empregados neste trabalho, partiu-se para as análises dos resultados das simulações.

Pode-se concluir que, para formas de onda com a presença de desequilíbrios de tensão gerados aleatoriamente, os 4 métodos resultam em valores do fator K bem distintos, tendo o M1 e o M4, o maior e o menor valor, respectivamente.

Quando da presença de afundamentos em sinais com desequilíbrios aleatórios, as intensidades e durações dos mesmos são fatores determinantes no resultado do cálculo do fator K, para cada método separadamente, quando eles ocorrem em apenas 1 ou 2 fases. No entanto, a escolha entre os 4 métodos propostos é determinante na quantificação do fator K independente do número de fases com afundamentos.

Em se tratando de harmônicas, pode-se verificar que os 4 métodos apresentam valores diferentes para o fator K apenas quando os sinais com harmônicas também apresentam desequilíbrios aleatórios. Caso contrário, para sinais equilibrados e com harmônicas, os resultados dos 4 métodos são similares para o método que emprega a FFT. Além disso, nota-se que, para sinais com harmônicas cujos valores respeitam os limites propostos pela norma, o emprego da FFT na metodologia de cálculo do fator K pouco influencia os resultados destes.

Vale ressaltar que, estudos como o aqui apresentado, caracterizam-se como de grande importância para a geração adequada de índices e limites empregados na quantificação do desequilíbrio.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. F. M. Bueno, T. N. Ribeiro, "Problemas na Qualidade da Energia Suprida - Um Estudo de Caso, Diagnóstico e Proposta de Solução", I Seminário Brasileiro de Qualidade da Energia Elétrica, Uberlândia, pp. 23-27, Junho, 1996.
- [2] VEGA, V.; FERREIRA, A. L.; NASCIMENTO, F. A. O. Avaliação da influência da forma de tratamento dos sinais e de afundamentos e harmônicas na quantificação do desequilíbrio
- [3] Aneel, "Contribuição para a Normalização da Qualidade da Energia Elétrica – Harmônicos e Desequilíbrios nas Redes Elétricas. Relatório Parcial 4 – Estado da Arte", Universidade Federal de Uberlândia, (2000).
- [4] ONS. Procedimentos de Rede. Julho 2008.
- [5] ANEEL. Procedimentos de Distribuição. Dezembro 2008.

- [6] OPPENHEIM, A. V.; SCHAFER, R. W.; BUCK, J. R. Discrete-Time Signal Processing, Prentice-Hall, 1999.

VI. BIOGRAFIAS

Jorge Andrés Cormane Angarita nasceu em 22 de Janeiro de 1980 em Cúcuta – Norte de Santander, Colombia. Graduou-se na Universidade Industrial de Santander (UIS - Colombia) em 2003, onde recebeu também o título de mestre em 2006 (Bolsista). Seus interesses em pesquisa incluem processamento digital de sinais e qualidade da energia. email: jcormane@unb.br

Anésio de Leles Ferreira Filho nasceu em 26 de Dezembro de 1971 em Patos de Minas, Brasil. Graduou-se na Universidade Federal de Uberlândia (Brasil) em 1994, onde recebeu também o título de mestre em 1997. Ingressou na Universidade de Brasília em 1997, onde é hoje professor do Departamento de Engenharia Elétrica. Seus interesses em pesquisa incluem eletrônica de potência e qualidade da energia, email: leles@unb.br

Thais Carvalho Valadares nasceu em 12 de Setembro de 1985 em Brasília, Brasil. É aluna de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade de Brasília (UnB). email: tatahcv@yahoo.com.br

Marcus Vinícius Chaffim Costa nasceu em 6 de Outubro de 1982 em Brasília, Brasil. Possui mestrado em Engenharia Elétrica (2008) e graduação em Engenharia Elétrica (2006), ambos pela Universidade de Brasília (UnB). Atualmente é discente regular e bolsista de doutorado na mesma instituição e Professor Voluntário do ENE-FT-UnB. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Processamento de Sinais, atuando principalmente nos seguintes temas: Processamento Digital de Sinais, Transformada de Wavelets, Compressão de Sinais Eletrofisiológicos, Qualidade da Energia Elétrica e Comunicações Digitais. email: chaffim@unb.br