



**XX SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GOP.YY
22 a 25 Novembro de 2009
Recife - PE

GRUPO IX

GRUPO DE ESTUDO DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GOP

**AVALIAÇÃO DA CONSISTÊNCIA DE PARÂMETROS DE REDES ELÉTRICAS
VISANDO A UNIFICAÇÃO DE BASES DE DADOS**

Milton Brown Do Coutto Filho*
Edwin B. Mitacc Meza

Julio C. Stacchini de Souza
Demetrius Mendonça da Silva

Universidade Federal Fluminense - UFF

RESUMO

O processo de estimação de estado em sistemas de potência pode ser enriquecido, se também se destinar à obtenção de valores da base de dados estática, como, por exemplo, parâmetros da rede elétrica supervisionada. Basicamente, a suspeição sobre valores de parâmetros origina-se na recorrência de resíduos da estimação de medidas que extrapolam limites de normalidade pré-estabelecidos. Isto sugere que parâmetros de ramos da rede possam estar inconsistentes, possivelmente devido a: alterações de projeto não atualizadas; cálculos simplificados em demasia; estimativa grosseira do comprimento de linhas de transmissão; erros sutis de digitação, etc. Somam-se a estes fatores discrepâncias oriundas da escolha da base de dados que contém tais parâmetros.

Este artigo apresenta um processo de validação de parâmetros de redes elétricas, construído através da função Estimação de Estado convencional, executada *off-line*. Desta forma, pode-se adotar uma base de dados única que contenha parâmetros elétricos válidos para uso dos diversos aplicativos de análise de redes encontrados em sistemas de gerenciamento de energia. Exploram-se os conceitos de ramo irrelevante e fracamente relevante para eliminar e mitigar a participação de parâmetros suspeitos, evidenciados através da análise de resíduos do processo de estimação de estado.

PALAVRAS-CHAVE

Estimação de Parâmetros, Estimação de Estado, Sistemas de Potência

1.0 - INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, a função Estimação de Estado (EE) em Centros de Operação de Sistemas (1)-(4) tornou-se indispensável à construção de uma base de dados completa e confiável para a operação em tempo-real. Através desta função pode-se avaliar a consistência e depurar dados referentes a: configuração atual da rede; e grandezas elétricas de interesse para a supervisão.

Para a função EE, comumente supõe-se que os parâmetros usados nos modelos que representam os elementos da rede elétrica sejam conhecidos sem erro, i.e. não se considera como intrínseca à EE a obtenção de valores de tais parâmetros. Entretanto, nem sempre estes valores são confiáveis, o que importa em um refinamento do processo de EE, de tal forma que nele se introduzam parâmetros da rede. Neste sentido, recentemente, estimadores ampliados foram propostos (5), em que estado (tensões nodais), *status* e parâmetros de elementos da rede integram o processo de estimação.

Valores de parâmetros de elementos da rede tornam-se suspeitos se resíduos da estimação de medidas extrapolarem limites de normalidade pré-estabelecidos, já tendo sido afastada a possibilidade da presença de

(*) Rua Passo da Pátria, n° 156 – sala 350, Bloco E – CEP 24.210-240 – Niterói, RJ – Brasil
Tel: (+55 21) 2629-5682 – Fax: (+55 21) 2629-5627 – Email: mbrown@ic.uff.br

erros grosseiros de medição e de configuração da rede. Inconsistências em parâmetros surgem fruto de: alterações de projeto não atualizadas na base de dados (e.g., substituição de condutores, seção de linha aérea que se torna subterrânea); cálculos demasiadamente simplificados; estimativa grosseira do comprimento de linhas de transmissão; erros sutis de digitação, etc. Somam-se a estes fatores discrepâncias oriundas da escolha da base de dados que contém tais parâmetros (e.g., aquela destinada aos estudos de operação e a usada para planejamento do sistema).

Ignorando a possibilidade da presença de erros de parâmetros, a maioria dos algoritmos de EE relaciona a inconsistência de dados à presença de medidas espúrias e erros de configuração da rede. Desta forma, erros de parâmetros permanecem na base de dados indefinidamente, prejudicando os resultados fornecidos pela função EE e, conseqüentemente, pelos demais aplicativos de análise de redes em centros de operação. Para evitar o comprometimento da modelagem da rede causada por erros de parâmetros, a função EE pode ser ampliada de modo a se tornar uma ferramenta capaz de também estimar parâmetros da rede.

Basicamente, encontram-se na literatura (6) dois grupos de métodos para tratar o problema de erros de parâmetros:

- Vetor de estado aumentado: parâmetros suspeitos são incluídos no vetor de estado e ambos (parâmetros e estado) são estimados conjuntamente;
- Decomposição da estimação: o processo de estimação se alterna entre estado e parâmetros, até que se alcancem estimativas consistentes.

Métodos baseados no vetor de estado aumentado (7) podem ser implementados usando-se o método dos Mínimos Quadrados Ponderados (8) ou o filtro de Kalman (9). A principal inconveniência destes métodos está na modificação do código do aplicativo usado para a EE. Além disto, este enfoque (pelo aumento das variáveis a estimar) faz com que haja uma redução de redundância na vizinhança onde se situam os parâmetros suspeitos, enfraquecendo assim o processo de EE. Já os métodos que criam um processo de estimação em duas etapas (estado e parâmetros) baseiam-se na análise de sensibilidade dos resíduos (10). As vantagens desta alternativa são a preservação da redundância dos dados e a utilização de apenas rotinas adicionais ao processo de EE convencional.

Este Informe Técnico (IT) apresenta um processo de validação de parâmetros elétricos da rede, construído através do processamento de medidas disponíveis para a EE convencional, executada *off-line*. Desta forma, pode-se realizar a construção de uma base dados única e mais confiável para os diversos aplicativos de análise de redes, que conterà parâmetros elétricos submetidos a uma avaliação de consistência. Exploram-se os conceitos de ramo irrelevante e parcialmente relevante para eliminar e mitigar a participação de ramos com parâmetros suspeitos (evidenciados através da análise de resíduos normalizados) no processo de EE. Os seguintes aspectos são focalizados: detecção/identificação de parâmetros suspeitos; efeito de espalhamento do erro na rede; influência da redundância e do tipo de medidas disponíveis; construção de um método simples que decompõe o processo de estimação em dois níveis (estado e parâmetros). Resultados numéricos de estudos – em que se considera a presença de disparidades (em um único ou vários parâmetros) encontradas em bases de dados distintas – são apresentados, ilustrando a efetividade da metodologia desenvolvida.

2.0 - ESTIMAÇÃO DE ESTADO

Tendo em vista a construção de um algoritmo que permita a validação de parâmetros elétricos da rede, alguns aspectos básicos da EE convencional serão resumidamente descritos a seguir (1), (2).

Intuitivamente, o conceito de estado refere-se a um resumo completo da condição que determinado sistema se encontra, em um dado intervalo de tempo. Para se obter tal condição de forma adequada, medidas ou observações são realizadas em abundância no sistema. No que diz respeito ao processo de EE em sistemas de potência, assume-se que o sistema esteja operando em condições normais, conhecidas como regime quase-permanente, se este experimentar mudanças causadas por variações suaves/lentas de carga, seguidas por ajustes de geração. Assim, a condição de operação de um sistema de potência pode ser descrita por variáveis tais como cargas, geração, fluxos de potência nos ramos da rede e tensões nodais (magnitudes e ângulos de fase), para uma determinada configuração da rede elétrica que integra o sistema. Destas variáveis interdependentes, relacionadas pelas equações do Fluxo de Potência, podem ser selecionadas as tensões nodais (menor subconjunto possível) como estado do sistema.

A função EE tem por objetivo básico atuar como um filtro *on-line* para suavizar erros estatisticamente pequenos, corriqueiros, inerentes à medição, bem como, e principalmente, suprimir erros grosseiros eventuais, causados por funcionamento inadequado do sistema de aquisição de dados.

Convencionalmente, inicia-se o processo de EE sob as seguintes hipóteses: os erros de medição são estatisticamente pequenos; a redundância dos dados é adequada; a configuração e os parâmetros da rede estão corretos. Entretanto, tais hipóteses não são completamente verdadeiras o que tem resultado na criação de algoritmos refinados para lidar com medidas espúrias e erros topológicos, até mesmo em condições desfavoráveis de redundância. A verificação de inconsistências em parâmetros da rede elétrica, objeto deste IT, tem sido considerada como um importante subproduto da função EE, a ser obtido *off-line*. Os principais aspectos relativos à manifestação de parâmetros inconsistentes armazenados em bases de dados usadas no processo de EE serão a seguir tratados.

3.0 - PARÂMETROS DE REDES ELÉTRICAS

Considerando que a EE seja a ferramenta adequada para se lidar com o problema da inconsistência parâmetros, deve-se descrever antes de tudo como isto se manifesta no processo de EE. Dependendo da magnitude, erros em parâmetros podem ter impacto similar (até mesmo mais severo) na EE do que aqueles que ocorrem na medição (Slutsker,1996). Estudos vêm sendo realizados sobre a influência de erros em parâmetros no processo de EE (Meza, 2006), de modo a auxiliar na construção de um processo de estimação de parâmetros (EP) que permita detectar, identificar e corrigir tais erros. Os principais aspectos a considerar são (11):

- Resultados obtidos pela EE – Parâmetros inválidos podem produzir uma degradação significativa nos resultados do EE (dependendo da magnitude do erro), que por sua vez podem comprometer outros aplicativos de análise de redes (e.g., análise de segurança). Devido à influência de parâmetros errôneos, medidas saudáveis são apontadas erradamente como suspeitas (resíduos normalizados acima de limite pré-estabelecido). Se nenhuma medida de fluxo/injeção de potência que envolva parâmetros errôneos for processada, os resultados obtidos pela EE não serão afetados pelos erros dos parâmetros.
- Redundância – Este requisito torna-se fundamental para o sucesso de qualquer processo de estimação, especialmente se este também se ocupar da correção de parâmetros. Como em todo processo de estimação, a redundância das medidas deve ser a mais elevada possível, avaliada localmente e na primeira vizinhança do ramo cujo parâmetro se encontra sob suspeita. Portanto, em situações de observabilidade crítica (12) não se deve proceder à EP. A execução *off-line* da EP torna-se vantajosa, pois permite que se trabalhe com maior redundância, já que medidas correspondentes a várias varreduras podem ser levadas em conta (em lote ou seqüencialmente).
- Preparação de Dados – Considerando que a EP ocorra preferencialmente *off-line*, recomenda-se que os dados utilizados nesta tarefa sejam pré-selecionados, constituindo um conjunto *saudável* de medidas (bastante redundantes, livres de erros grosseiros), com precisão suficiente para que haja a depuração de parâmetros desejada.
- Parâmetros suspeitos – A EP deve ser aplicada de forma seletiva, visando apenas os ramos da rede sob suspeita (i.e., aqueles associados a medidas com resíduos normalizados estatisticamente elevados). A principal dificuldade que se pode encontrar nesta seleção diz respeito à detecção de erros de baixa magnitude. Para estes casos, deve-se buscar uma análise estatística mais apurada de resíduos, na qual se possa avaliar, por exemplo: momentos de ordem superior, distorções da função densidade de probabilidades, etc.
- Redução da rede – Como o problema de estimação é por natureza local e o espalhamento de erros em parâmetros limita-se principalmente à primeira vizinhança dos ramos suspeitos, torna-se interessante explorar a construção de subredes que contenham os referidos ramos e nestas se proceda à EP.
- Medidas – No problema de EP, as medidas de fluxo/injeção representam observações de parâmetros. Para um determinado ramo da rede, as medidas de fluxo tomadas em suas barras terminais carregam naturalmente mais informação dos parâmetros deste ramo do que as medidas respectivas de injeção. Consequentemente, a influência de parâmetros errôneos é marcante na estimação de fluxos de potência e fracamente percebida em injeções de potência estimadas.
- Modelagem – Os métodos de EP que não aumentam o vetor de estado são preferíveis, uma vez que preservam a redundância de dados e mantêm inalterado o núcleo dos aplicativos convencionais existentes para a EE.

4.0 - METODOLOGIA PROPOSTA

O processo de EP apresentado aqui utiliza os resultados da análise de resíduos da estimação das medidas, sendo realizado após o processo de EE convencional (vetor de estado não aumentado), através de rotinas adicionais,

construídas para tal (13). As etapas de EE e EP são construídas de forma independente e, quando necessário, operam em conjunto formando iterações do ciclo EE-EP.

4.1 Seleção de ramos suspeitos

O processo para a validação de parâmetros começa com a formação de uma lista de ramos suspeitos. Para tal, um esquema baseado na análise de resíduos é utilizado e os seguintes passos estabelecidos:

- i) Executar o processo de EE convencional para o plano de medição atual;
- ii) Se houver medidas com resíduos normalizados elevados (e.g., acima de um limite pré-estabelecido), ir para o passo (iii). Caso contrário, encerra-se o processo;
- iii) Com base nos resíduos normalizados que violarem o limite pré-estabelecido para suspeição, formar uma lista ordenada de medidas;
- iv) A cada medida da lista ordenada associam-se ramos da rede. Uma medida está associada a um determinado ramo, quando a equação que relaciona tal medida ao estado depender do parâmetro deste ramo;
- v) O ramo que reunir o maior número de medidas a ele associadas será o primeiro da lista de suspeitos, e assim sucessivamente.

4.2 Método do ramo irrelevante (RI)

Considera-se um ramo como irrelevante para a EE quando nenhuma medida (fluxo ou injeção) estiver a ele associada, significando que tal ramo não participa do processo de EE. Assim, se um ramo com parâmetro espúrio for irrelevante, este não terá efeito no processo de EE. Consequentemente, a partir de estimativas do estado (corretamente obtidas por um processo convencional de EE) referentes às barras terminais deste ramo, em conjunto com medidas a ele associadas (aquelas temporariamente removidas para torná-lo irrelevante), será possível realizar adequadamente o processo de EP.

Os seguintes passos são necessários à construção do algoritmo RI:

- (i) Formar uma lista ordenada de ramos suspeitos, usando o esquema da Seção 4.1;
- (ii) Selecionar o próximo ramo de maior suspeição cujo parâmetro será estimado;
- (iii) Remover temporariamente do processo de EE todas as medidas associadas ao ramo suspeito selecionado, tornando-o irrelevante;
- (iv) Executar a EE convencional;
- (v) Utilizando as estimativas das tensões das barras terminais do ramo suspeito (obtidas no passo anterior) e os valores das medidas removidas no passo (iii), estimar o parâmetro do ramo suspeito;
- (vi) Re-executar a EE, utilizando agora a estimativa do parâmetro do ramo suspeito e todas as medidas disponíveis;
- (vii) Se nenhum resíduo normalizado violar o limite de validade estabelecido para o processo de EE, o parâmetro errôneo foi corretamente identificado e corrigido. Encerra-se o algoritmo. Caso contrário, retornar ao passo (ii).

Destaca-se que o algoritmo RI é aplicável aos casos em que a remoção temporária de medidas realizada no passo (iii) não acarrete a perda de observabilidade da rede.

4.3 Método do ramo fracamente relevante (RFR)

Há situações desfavoráveis em que não se pode construir o processo de EP através do algoritmo RI, pois a observabilidade do sistema é crítica (e.g., ramos terminais com parâmetros suspeitos). Para estes casos, pode-se reduzir a influência de parâmetros errôneos, tornando um ramo suspeito associado apenas a medidas de injeção. Considera-se que este ramo seja fracamente relevante para a EE. Assim sendo, conjugam-se as etapas de EE e EP para se obter de forma iterativa um valor consistente para o parâmetro, de acordo com os passos do seguinte algoritmo (RFR):

- (i) Formar uma lista ordenada de ramos suspeitos, usando o esquema da Seção 4.1;
- (ii) Selecionar o próximo ramo de maior suspeição cujo parâmetro será estimado;
- (iii) Remover temporariamente do processo de EE as medidas de fluxo de potência associadas ao ramo suspeito selecionado, tornando-o parcialmente irrelevante;
- (iv) Executar a EE convencional;
- (v) Utilizando as estimativas das tensões das barras terminais do ramo suspeito (obtidas no passo anterior) e os valores das medidas removidas no passo (iii), estimar o parâmetro do ramo suspeito ($p^{\text{corrigido}}$);

- (vi) Calcular a magnitude da correção do parâmetro, através da diferença $\Delta p = |p^{\text{corrigido}} - p^{\text{anterior}}|$;
- (vii) Se Δp for inferior a uma tolerância pré-estabelecida, encerrar o laço de EP e avançar para o passo (viii). Caso contrário, retornar ao passo (iv) utilizando $p^{\text{corrigido}}$;
- (viii) Re-executar a EE, utilizando agora a estimativa final do parâmetro do ramo suspeito e todas as medidas disponíveis;
- (ix) Se nenhum resíduo normalizado violar o limite de validade estabelecido para o processo de EE, o parâmetro errôneo foi corretamente identificado e um valor consistente para ele obtido. Encerra-se o algoritmo. Caso contrário, retornar ao passo (ii).

4.4 Fluxograma

Note que os algoritmos RI e RFR apresentados assemelham-se, diferindo basicamente pela parte iterativa de EP, necessária quando não se pode tornar irrelevante o ramo sob suspeição. Tais algoritmos podem ser apresentados em forma integrada, a partir do fluxograma simplificado da Figura 1.

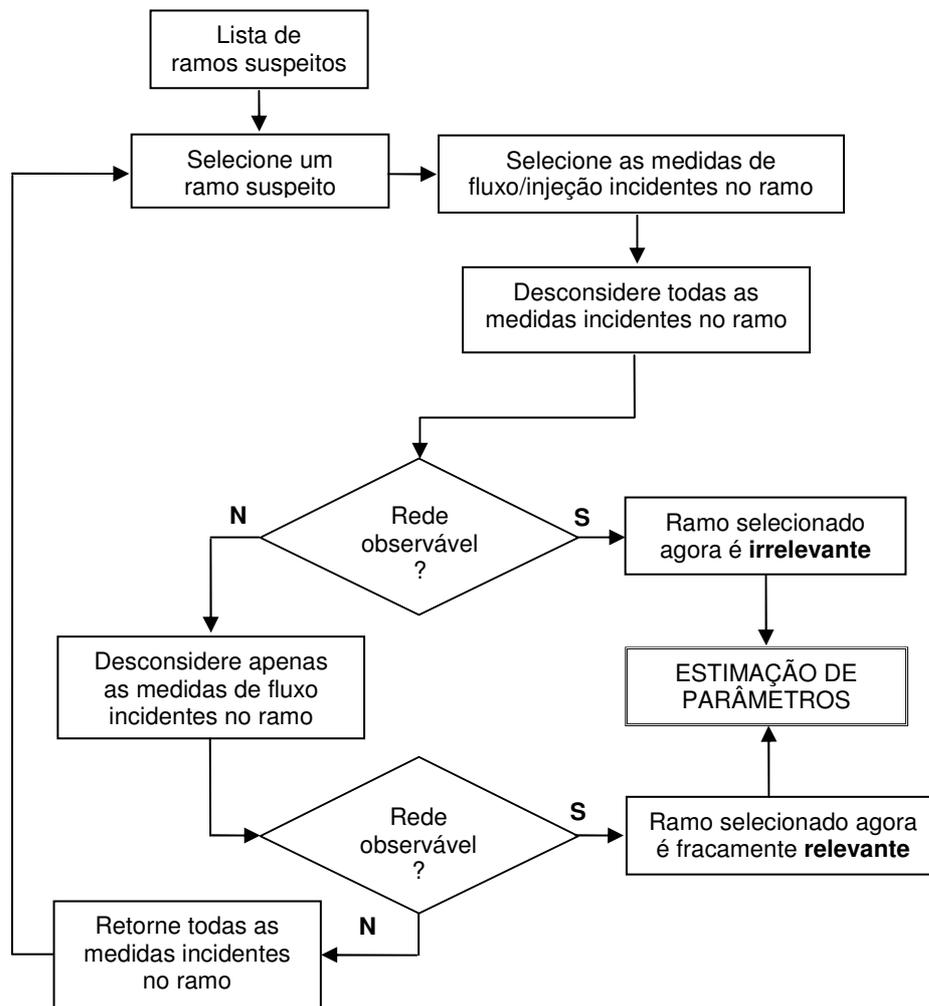


FIGURA 1 – Fluxograma simplificado da metodologia proposta

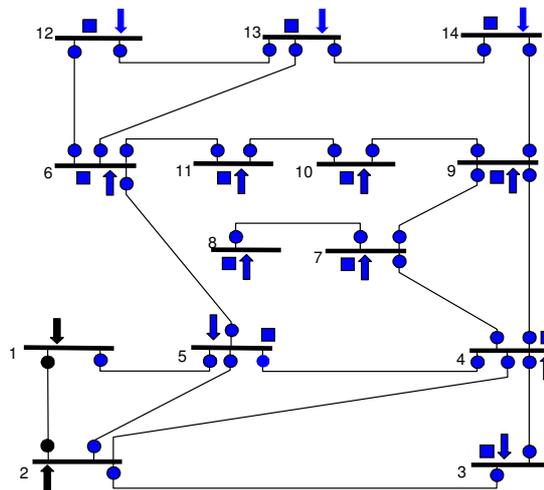
5.0 - RESULTADOS

Esta seção contém resultados numéricos obtidos através da aplicação da metodologia apresentada no IT para a avaliação da consistência de valores parâmetros de redes elétricas originários de bases de dados distintas. A rede usada para teste foi a do sistema IEEE-14 barras (14), considerado como referência para estudos de EE. Dentre os diversos casos estudados, por limitação de espaço, dois serão aqui descritos, correspondentes à aplicação dos métodos RI e RFR.

5.1 Método RI

O caso a seguir corresponde à avaliação da consistência dos parâmetros série dos ramos (1-2) e (7-9) da rede elétrica apresentada na Figura 2, onde também se encontra o sistema de medição adotado. Para cada um destes ramos, foram considerados como valores corretos as impedâncias $0,0194+j0,0592$ pu e $j0,1100$ pu, respectivamente, estando armazenados em uma certa base de dados BD1. A estes valores foram adicionados erros, de modo a simular que a impedância série do ramo (1-2) fosse $0,0485+j0,1479$ pu e a do ramo (7-9) fosse $j0,4100$ pu, e que pudessem estar armazenados em outra base de dados BD2.

A primeira etapa do algoritmo do método RI corresponde à formação de uma lista de ramos cujos parâmetros estão sob suspeição por participarem da estimação de medidas que violam o limite de detecção de resíduos normalizados (o valor para tal limite aqui adotado foi 3). A Tabela 1 apresenta esta lista, começando pelo ramo (1-2), apontado como o mais suspeito. Temporariamente, todas as medidas de fluxos e injeções de potência ativa/reactiva incidentes no ramo (1-2) são desconsideradas, tornando este ramo irrelevante. Como a rede permanece observável mesmo sem estas medidas, o algoritmo prossegue e executa o processo de EE convencional, agora imune ao parâmetro sob suspeita. Assim, estimativas para o estado das barras 1 e 2 (tensões complexas) são obtidas. Em seguida, com estas estimativas e todas as medidas incidentes no ramo (1-2), i.e. P_{1-2} , Q_{1-2} , P_{2-1} , Q_{2-1} , P_1 , Q_1 , P_2 , Q_2 , executa-se o processo de EP. O valor $0,0216 + j0,0587$ pu é estimado para a impedância série do ramo (1-2). Tal valor é adotado no processo de EE, agora com a participação de todas as medidas disponíveis. O teste dos resíduos normalizados é executado e constata-se que nenhuma inconsistência surge (consideram-se a 1ª e 2ª vizinhanças do ramo analisado).



Legenda:

- medida de fluxo de potência ativa/reactiva
- medida de magnitude de tensão
- ↑ medida de fluxo de potência ativa/reactiva

FIGURA 2 - Rede elétrica do sistema IEEE-14 barras, com sistema de medição

TABELA 1 - Ramos Suspeitos

Ramo	Medidas Listadas	Maior Resíduo
Lista Inicial		
1-2	$P_{1-2}, P_{2-1}, P_1, Q_2$	13,09
1-5	P_{1-5}, P_{5-1}, P_1	12,77
2-5	P_{2-5}, P_{5-2}, Q_2	5,10
2-4	P_{2-4}, P_{4-2}, Q_2	4,37
7-9	P_{7-9}, P_{9-7}	4,47
4-7	P_{4-7}, P_{7-4}	3,91
4-5	P_{4-5}	3,80
Nova Lista		
7-9	P_{7-9}, P_{9-7}, Q_9	4,49
4-7	P_{7-4}	3,46

Assim, pode-se concluir que o valor estimado para o ramo (1-2) está consistente com as medidas realizadas, devendo ser armazenado em uma base de dados estática única, a ser usada por todos os aplicativos de análise de redes.

Após a correção do valor da impedância do ramo (1-2), a tarefa de avaliação de consistência de parâmetros prossegue, uma vez que uma nova lista não vazia de ramos suspeitos é formada, apontando o ramo (7-9) em primeiro lugar, seguido do ramo (4-7), como indica a Tabela 1. Isto era esperado, já que restava inválida a impedância do ramo (7-9). O algoritmo do método RI seleciona tal ramo como suspeito e prossegue a etapa de EP obtém-se o valor de $j0,1123$ para estimativa da impedância do ramo (7-9). Novamente, a EE (seguida da análise de resíduos) é executada e o valor estimado validado, por não haver quaisquer violações de resíduos. Assim sendo, o algoritmo encerra o processamento. O valor obtido para o parâmetro do ramo (7-9) também fará parte da base de dados consistentes construída para uso de todos os aplicativos de análise de redes.

5.2 Método RFR

Suponha agora a situação em que não haja redundância suficiente para avaliar a consistência de parâmetros através do método RI, mas que tal redundância permita a aplicação do método RFR. No sistema de medição da Figura 2, tornaram-se indisponíveis as seguintes medidas na vizinhança do ramo (7-9): injeções de potência nas barras 8 e 10; fluxos de potência nos ramos (4-7), (7-8), (8-7) e (9-4). Adota-se o valor do parâmetro do ramo (7-9) encontrado em BD2. A lista de ramos suspeitos formada está apresentada na Tabela 2.

Caso as medidas incidentes no ramo (7-9) ou (4-7) fossem desconsideradas temporariamente, as componentes do estado da barra 8 não seriam observáveis. Desta forma, o algoritmo tornará o ramo mais suspeito (7-9) fracamente relevante, removendo apenas as medidas de fluxo nele incidentes. Após isto, o ciclo EE-EP é executado, até que o valor estimado para a impedância do ramo (7-9) seja satisfatório dentro de determinada tolerância. O processo para estimar o parâmetro do ramo (7-9) começa com o valor errôneo de $j0,4100$ pu e prossegue até atingir $j0,1197$ pu, após 7 iterações, adotando-se a tolerância de 0,001 pu. Realizadas a EE e a análise de resíduos, a estimativa obtida para a impedância do ramo (7-9) é validada (nenhuma violação no teste dos resíduos normalizados). O algoritmo do método RFR se encerra, já que nenhum outro ramo é apontado como suspeito.

TABELA 2 - Ramos Suspeitos

Ramos	Medidas Listadas	Maior Resíduo
7-9	P_{7-9}, P_{9-7}	6,22
4-7	P_{4-7}, P_{7-4}	5,29

6.0 - CONCLUSÕES

Este IT apresentou uma metodologia prática e eficiente para a obtenção *off-line* de estimativas consistentes de parâmetros de redes elétricas, visando a construção de uma base de dados única, a ser usada por funções avançadas em centros de operação de sistemas. A idéia central foi criar um processo de estimação de estado imune ou pouco sensível a parâmetros inconsistentes que explora o conceito de ramo irrelevante/fracamente relevante. Cada ramo da rede com parâmetro suspeito é avaliado e, se necessário, corrigido de forma a se tornar consistente com os valores de medidas disponíveis. Importantes aspectos da estimação de parâmetros via estimação de estado foram ressaltados.

Situações envolvendo erros em um ou mais parâmetros provenientes de bases de dados distintas, assim como indisponibilidade de medidas foram criadas. A análise de consistência proposta é realizada de modo a interagir com um programa de estimação de estado convencional disponível em centros de operação. Resultados numéricos com a rede do sistema IEEE 14-barras ilustraram a sistemática de utilização dos métodos propostos para a avaliação de consistência de parâmetros.

7.0 - AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de expressar seus agradecimentos ao CNPq, CAPES e FAPERJ pelo apoio concedido à realização da presente pesquisa.

8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ABUR, A., EXPÓSITO, A.G.. Power System State Estimation: Theory and Implementation, Marcel Decker, 2004.
- (2) MONTICELLI, A. State Estimation in Electric Power Systems: A Generalized Approach, Kluwer Academic Press, 1999.
- (3) DO COUTTO FILHO, M.B., LEITE DA SILVA, A.M., FALCÃO, D. M. "Bibliography on power system state estimation (1968-1989)", IEEE Trans. Power Syst., vol. 5, no. 3, pp. 950-961, Aug. 1990.
- (4) WU, F.F. "Power system state estimation: a survey", Electrical Power & Energy Systems, vol. 12, pp. 80-87, Jan. 1990.
- (5) ALSAÇ, O., VEMPATI, N., STOTT, B., MONTICELLI, A. "Generalized state estimation", IEEE Trans. Power Syst., vol. 13, no.3, pp.1069-1075, Aug. 1998.
- (6) ZARCO, P., GOMÉZ, A. "Power system parameter estimation: a survey", IEEE Trans. Power Syst., vol. 15, no. 1, pp. 216-222, Feb. 2000.
- (7) SCHWEPPE, F.C. Uncertain Dynamic Systems, Prentice Hall, 1973.
- (8) ZHUN, J., ABUR, A. "Identification of network parameter errors", IEEE Trans. Power Systems, vol. 21, no. 2, pp. 586-591, May 2006.
- (9) SLUTSKER, I., CLEMENTS, K. "Real time recursive parameter estimation in energy management systems", IEEE Trans. Power Syst., vol. 11, no. 3, pp. 1393-1399, Aug. 1996.
- (10) LIU, W., WU, F., LUN, S. "Estimation of parameter errors from measurement residuals in state estimation", IEEE Trans. Power Syst., vol. 7, no. 1, pp. 81-89, Feb. 1992.
- (11) MEZA, E.B.M. "Depuração de parâmetros de redes elétricas via estimação de estado e algoritmos genéticos", Tese de Doutorado, Instituto de Computação, Universidade Federal Fluminense, Niterói - RJ, Dez. 2006.
- (12) DO COUTTO FILHO, M.B., STACCHINI DE SOUZA, J. C., SCHILLING, M.Th. "Handling critical data and observability", Elect. Power Components and Systems, vol. 35, no. 5, pp. 553-573, May 2007.
- (13) DO COUTTO FILHO, M.B., STACCHINI DE SOUZA, J.C., MEZA, E.B.M. "Off-line validation of power network branch parameters", IET Generation, Transmission & Distribution, vol. 2, no. 6, pp.892-905, Nov. 2008.
- (14) Power systems test case archive. University of Washington, <http://www.ee.washington.edu/research/pstca>.