



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

BR/GLT/08
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO - III

GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO - GLT

**CRITICAL SPAN SYSTEM (CSS)
SOFTWARE PARA IDENTIFICAÇÃO E MONITORAMENTO DE VÃOS CRÍTICOS**

**João Antônio de
Vasconcelos (*)
UFMG**

**Carlos Alexandre
Meireles do Nascimento
CEMIG**

**Matheus Ferraz
Rosa
UFMG**

**Danilo Batista
de Paula Queiroz
UFMG**

**Saulo Franco
Rodrigues
UFMG**

RESUMO

O CSS é um software desenvolvido com o objetivo de oferecer às concessionárias de energia elétrica uma forma simples e eficiente de maximizar a exploração da capacidade de suas linhas aéreas de transmissão. O software permite a identificação e monitoramento dos vãos críticos de uma linha, utilizando para tal uma metodologia inovadora baseada em aquisição de dados em tempo real e de uma base de dados de simulações da camada limite atmosférica. O CSS garante ao usuário um manuseio intuitivo, dispondo de diversas ferramentas de visualização gráfica que o auxiliarão na interpretação dos dados medidos, além da identificação em tempo real dos vãos críticos.

PALAVRAS-CHAVE

Linhas de Transmissão, Monitoramento de Linhas, Vãos Críticos, Ampacidade.

1.0 - INTRODUÇÃO

A demanda por energia elétrica tem aumentado em relação direta com o crescimento econômico e social do país. Para atender ao crescimento dessa demanda é necessário que se aumente a produção e se faça a transmissão da energia elétrica de forma eficiente, maximizando a exploração dos ativos físicos de transmissão das concessionárias.

Em algumas situações, novas linhas devem ser construídas. No entanto, quando possível, esta solução deve ser postergada, pois ela tem custo elevado e é de grande impacto ambiental. Uma maneira interessante de se aumentar a capacidade de transmissão das LTs é fazer o monitoramento em tempo real de seus vãos críticos. Este é um problema atual e de grande interesse para as empresas concessionárias do setor elétrico, pois o custo é muito menor se comparado com outras alternativas como recapacitação. Essa alternativa permite a maximização da exploração da capacidade de transmissão de energia elétrica das LTs existentes, sem troca de condutores e sem reforços estruturais em suas torres.

Para atingir este objetivo de monitoramento dos vãos críticos, primeiro é necessário saber quais são os vãos críticos e depois monitorá-los. A identificação dos vãos críticos de LTs não é uma atividade simples, pois as condições climatológicas mudam ao longo do tempo e do espaço. Assim, um vão que num dado momento é crítico pode deixar de sê-lo num instante seguinte. No CSS (Critical Span System) a identificação dos vãos críticos é feita em tempo real. Para isto, ele usa de informações obtidas via monitoramento em tempo real e de uma base dados de simulações da camada limite atmosférica.

O Critical Span System (CSS) é um software idealizado e desenvolvido com o objetivo de se disponibilizar diversos meios para identificação, análise e supervisão dos vãos considerados críticos de uma ou mais linhas de transmissão. O sistema reúne diversos dados, obtidos em tempo real ou históricos, referentes à(s) linha(s), aliados

(*) Laboratório de Computação Evolucionária/Depto. de Engenharia Elétrica - UFMG - Av. Pres. Antônio Carlos, n° 6627 - sala 2108 - Bloco 2 - CEP 31.270-010 - Belo Horizonte, MG, Brasil – Tel.: (+55 31) 3409-4828 – E-mail: jvasconcelos@ufmg.br

a uma base teórica bem estruturada para definição da criticidade dos vãos. O CSS permitirá às concessionárias de energia obter informações seguras e precisas a respeito das linhas e, sobretudo, de seus vãos críticos. A tela inicial do software pode ser vista na Figura 1. A metodologia do CSS é diferente daquela desenvolvida em (1), onde o foco era a determinação dos vãos críticos na fase de projeto da linha.

Para identificação dos vãos críticos, o CSS utiliza do cálculo reverso da ampacidade para fins de cálculo da velocidade efetiva no ponto de instalação de um conjunto de sensores. Estas velocidades efetivas calculadas são utilizadas para identificação da condição de fronteira utilizada na simulação numérica da camada limite atmosférica, disponível na base de dados, especialmente construída considerando a topografia do terreno ao longo da linha.



Figura 1 - Visualização da tela de login do CSS.

2.0 - DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

2.1 Metodologia Empregada

Determinar a capacidade de transmissão em linhas aéreas é uma tarefa complexa, principalmente devido às contínuas variações das condições climatológicas ao longo do tempo e do espaço. Para se efetuar o cálculo preciso seria necessário o conhecimento, em todo vão da linha e em cada unidade de tempo, das condições climatológicas da velocidade e direção do vento, radiação solar, temperatura ambiente, além das características dos cabos condutores.

Normalmente, a informação disponível sobre a capacidade da linha de transmissão é aquela que foi definida na fase de projeto, segundo metodologia determinística, na qual se consideram constantes a velocidade do vento (normalmente 1.0 m/s), a temperatura típica (menor que 40°C) e os índices de radiação solar para a região (tipicamente 1000 watts/m²). Além disso, considera-se uma única sazonalidade climática anual, a qual é extrapolada para toda a extensão da linha. O principal problema na fase de operação da linha é que a ampacidade calculada na fase de projeto normalmente é muito diferente da capacidade real da linha num dado momento, pois as condições climatológicas mudam ao longo do tempo e do espaço. A consequência de se utilizar a informação da ampacidade da linha de projeto durante a operação é que a linha pode estar sendo explorada abaixo de sua capacidade ou mesmo acima. No primeiro caso, a empresa estaria deixando de explorar eficientemente seus ativos, e no segundo caso, alguma restrição de distância mínima prescrita pela NBR 5422 poderia estar sendo violada.

A metodologia utilizada no CSS para a identificação dos vãos críticos foi desenvolvida na UFMG, num projeto de P&D em parceria com a CEMIG/ANEEL. Ela leva em consideração indireta a variação climatológica ao longo de todos os vãos da linha, utilizando-se de um conjunto de sensores e de uma base de dados numéricos, obtidos com simulações da camada limite atmosférica da região, para diferentes condições de fronteira. Para fins de clareza, vão crítico é definido como sendo o vão cujo ponto no espaço $v_{med} \times h$ é não-dominado, isto é possui altura cabo-solo inferior a uma altura de referência (h_{ref}) e velocidade média do vento inferior a (v_{ref}) e é não-dominado por qualquer outro ponto neste espaço. São os vãos em cor vermelha na Figura 2, isto é, são os pontos não-dominados segundo os critérios de velocidade do vento e altura cabo-solo. Os vãos críticos são os vãos que limitam a capacidade da linha. Em (2), a definição de vão crítico é aquele que opera nas temperaturas mais elevadas. Em (2), não se considera altura-cabo solo para a definição do vão crítico e considera dados climatológicos provenientes de estação meteorológicas.

A Figura 3 mostra a aplicação da metodologia proposta, para uma única janela de tempo de 10 minutos, utilizando os dados disponíveis pelo CSS para a linha de distribuição que liga as subestações de Barreiro e de Nova Lima. Esta metodologia permite estimar a temperatura média do cabo condutor, em todo vão, para cada janela de tempo considerado, por exemplo, de 5, 10 ou 15 minutos. Fazendo-se a análise desta linha de distribuição, por um período longo de tempo, podem-se determinar quais vãos se tornam mais vezes críticos. O que se tem observado é

que alguns vãos ao longo da linha se tornam muitas vezes críticos, enquanto outros raramente ou nunca são críticos.

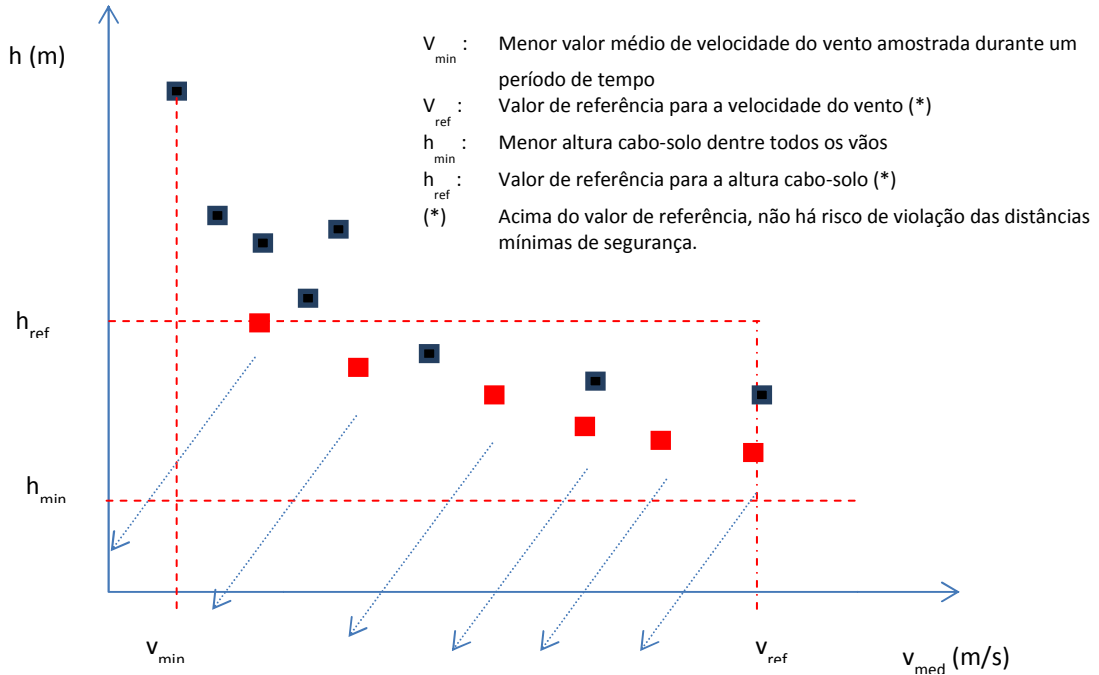


Figura 2 – Identificação dos vãos críticos identificados pelos pontos (velocidade, altura cabo-solo) em cor vermelha. Observe que um vão pode originar um ou mais pontos neste espaço devido ao relevo do terreno. (As setas pontilhadas ilustram o comportamento da diminuição da altura cabo-solo em função da velocidade do vento para todas as outras grandezas fixadas: corrente, radiação solar, etc.)

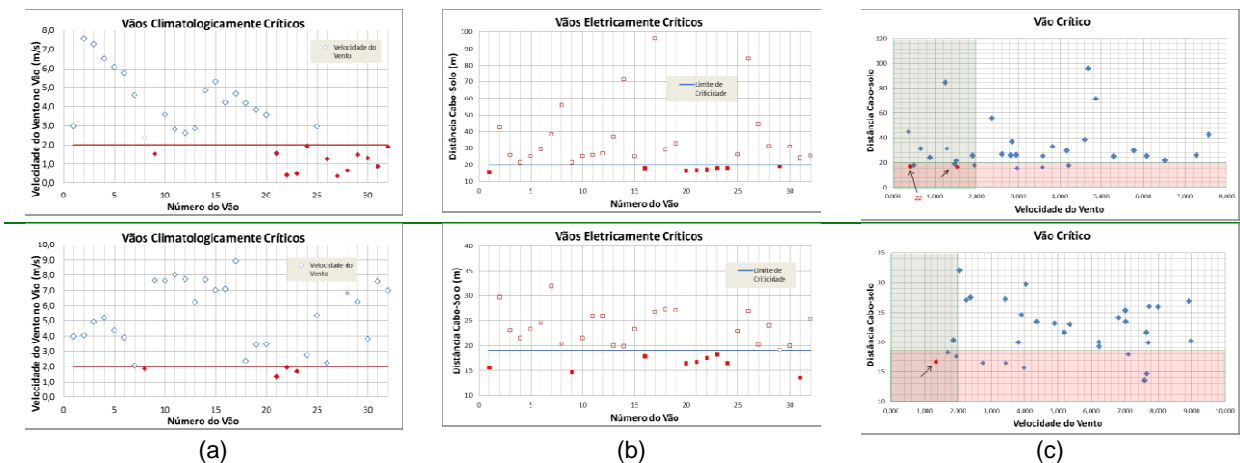


Figura 3 – (a) Vãos climatologicamente críticos; (b) Vãos eletricamente críticos; (c) Vãos críticos.

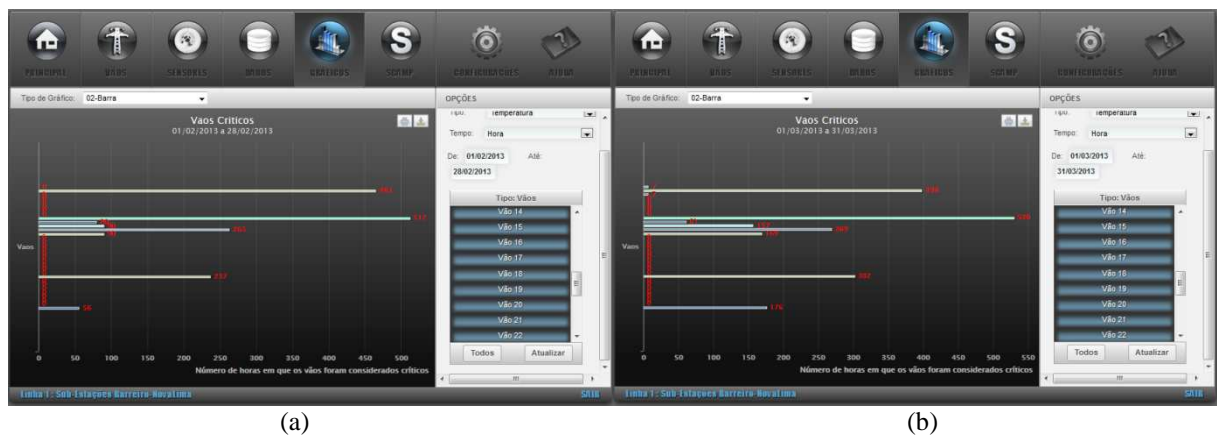


Figura 4 - Estatística de vãos críticos.

A Figura 4 apresenta o levantamento em termos do número de horas que cada vão operou como crítico. A Figura 4(a) considera uma janela de tempo entre os dias 01/02/2013 e 28/02/2013 (mês de fevereiro) e a Figura 4 (b) considera o período compreendido entre 01/03/2013 e 31/03/2013 (mês de março). Em ambas as figuras, verificamos que 04 vão, de um total de 32, operaram como críticos na maioria do tempo. Estes vão são os vão de número 8, 20, 23 e 30.

É interessante observar que em um mesmo instante de tempo, é possível ter mais de um vão crítico ao longo da linha e que um vão, que num dado momento é crítico, em outro ele pode deixar de sê-lo. A Figura 5 mostra a tela do CSS onde é possível constatar esta observação. A Figura 5 (a) mostra os vão climatologicamente críticos. A Figura 5 (b) mostra os vão eletricamente críticos. Seriam os vão que teriam altura cabo-solo inferiores a h_{ref} . Os vão críticos, para dois momentos diferentes, são mostrados nas Figura 5 (c) e Figura 5 (d). Estes são os vão não-dominados segundo a análise de ordenamento de conjuntos, conforme ilustrado pela Figura 2 e Figura 3.

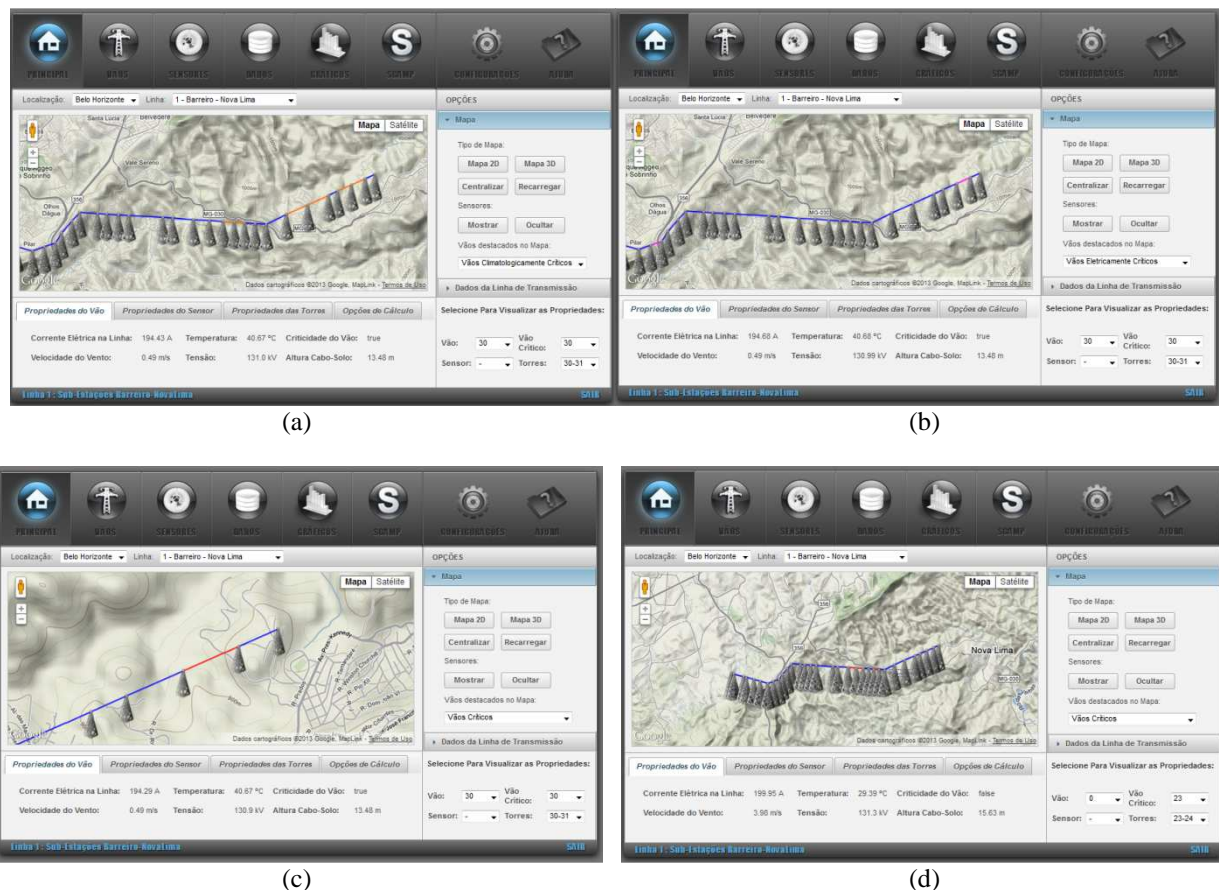


Figura 5. Tela principal do CSS mostrando: (a) vão climatologicamente críticos; (b) eletricamente críticos; (c) crítico no instante de visualização das janelas (a) e (b); (d) crítico em outro momento posterior.

O CSS permite estimar temperatura do condutor em qualquer ponto da linha de transmissão monitorada e em qualquer momento. Para isso, é necessário um conjunto de sensores instalados na linha e um banco de dados com simulações de velocidade do vento. Estes sensores oferecem medições de temperatura e corrente elétrica que podem ser usadas para o cálculo da velocidade efetiva do vento em seu ponto de instalação.

Utilizando-se do conjunto de valores de velocidade efetiva calculada nos pontos de instalação dos sensores, foi possível, a partir dos dados de medição de temperatura e de corrente em uma janela de tempo, calcular os valores médios e identificar qual das condições de fronteira deveria estar atuando naquele período de tempo para satisfazer a equação de ampacidade em regime permanente. Uma vez identificada a condição de fronteira é possível saber, ao longo de toda a linha, o valor numérico da velocidade do vento em um determinado ponto específico. Com este valor de velocidade do vento e conhecendo-se todos os outros parâmetros como corrente elétrica, irradiação solar entre outros, pode-se calcular a temperatura do cabo neste ponto. A determinação da temperatura do cabo permite calcular altura cabo-solo e com isto pode se determinar o conjunto de vão que mais vezes se tornam críticos (Figura 2 e Figura 4).

A elegância desta metodologia é que ela estima a temperatura do cabo condutor sem estar fazendo uma previsão do valor da mesma. A estimativa é baseada no fenômeno físico que rege a camada limite atmosférica.

Identificados os vãos críticos da linha, a ampacidade nestes vãos pode ser calculada por metodologia estatística, por exemplo, utilizando a metodologia desenvolvida em [1].

Naturalmente, o monitoramento da corrente elétrica, temperatura do condutor e eventualmente altura cabo-solo poderiam ser feitos ao longo de toda a linha. Esta solução é muitíssimo cara e por isto, a metodologia aqui proposta é muito vantajosa economicamente, uma vez que apenas os vãos críticos precisam ser monitorados.

2.2 Simulação da Camada Limite da Atmosfera

Conforme dito no item anterior, a identificação da velocidade do vento em qualquer vão ao longo da linha é feita a partir da utilização de sensores instalados em alguns vãos da linha, e de uma base de dados de simulações da camada limite atmosférica (CLA) para diferentes condições de fronteira (diferentes valores de velocidade do vento e de ângulo de incidência). Para realizar as simulações da camada limite é necessário dispor de um arquivo contendo a malha da região contendo a linha aérea. Esta malha é obtida a partir da topografia digitalizada do terreno servindo como base do volume, conforme Figura 6. As simulação foram realizadas utilizando o CFX (3),(4).

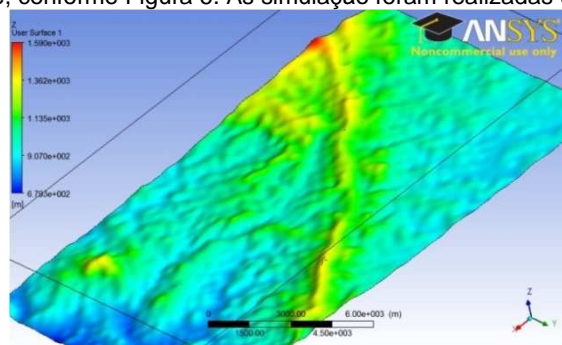


Figura 6. Altura do relevo do domínio computacional.

O banco de dados de simulações, onde cada simulação se refere a uma condição de fronteira específica (direção e magnitude do vento incidindo no domínio de simulação), considerou velocidades variando de 0,3 a 5,2 m/s e com ângulo de incidência variando de 0 a 360°. Ao final da simulação, utilizamos o módulo CFX-POST para fazer a aquisição e observação dos dados da velocidade e direção do vento nos pontos desejados (pontos médios de cada vão). A Figura 7 mostra uma região simulada, onde a tonalidade da cor varia com o módulo da velocidade do vento em m/s.

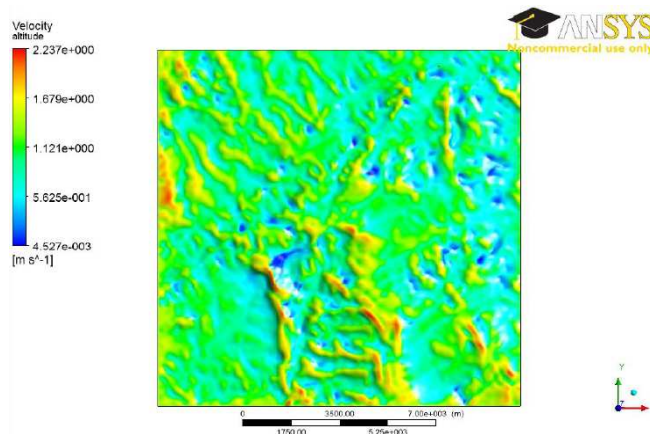


Figura 7.. Velocidades do vento no CFX-POST.

2.3 Validação da Metodologia e Resultados Obtidos

Durante a fase de testes, foi monitorada uma linha de transmissão pertencente à CEMIG Distribuição S.A., situada entre as cidades de Belo Horizonte (SE Barreiro 1) e Nova Lima (SE Nova Lima 1).

Na linha em questão, foram instalados 7 (sete) sensores do tipo “Power Donut” (ver Figura 8), que utilizam energia da própria linha para seu funcionamento. Estes sensores são capazes de medir a temperatura do condutor, tensão e corrente elétrica, entre outras grandezas. Cada sensor foi instalado em um vão específico, de forma a capturar os dados de interesse neste vão. Estes dados são utilizados para o cálculo inverso da velocidade efetiva com a finalidade de identificação da condição de fronteira utilizada na simulação da camada limite.



Figura 8 Sensor “Power Donut” utilizado na linha de teste.

Três métodos podem ser utilizados para validar a metodologia do projeto. Eles diferem na escolha do parâmetro a ser considerado na comparação entre resultados experimentais e numéricos para fins de se identificar a condição de fronteira que conduz ao menor erro entre estes resultados. Uma vez identificada essa condição de fronteira, é possível extrair a velocidade numérica em qualquer ponto no domínio de simulação e em especial em pontos ao longo dos vãos da linha, o que permite validar a metodologia utilizando dados de outro sensor ainda não utilizado. A Figura 9 apresenta o fluxograma dos métodos de identificação da condição de fronteira e validação da metodologia.

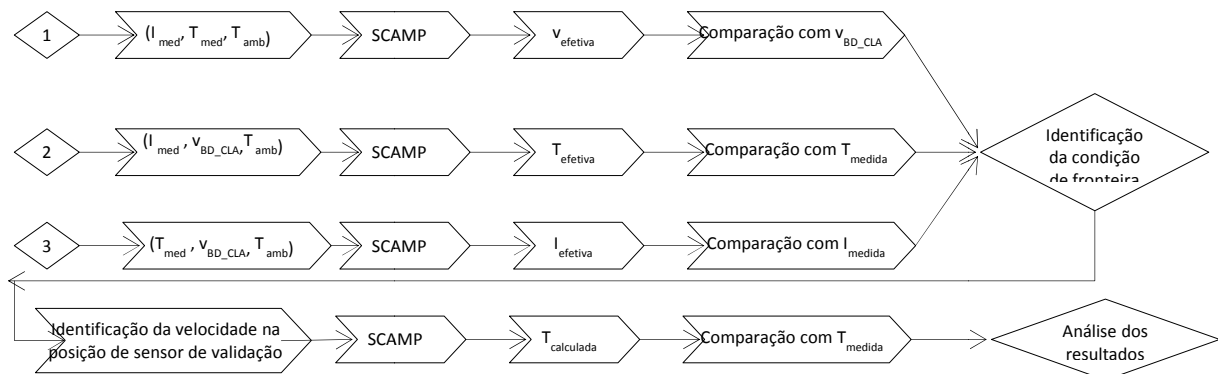


Figura 9 Fluxograma dos métodos de identificação da condição de fronteira da CLA e posterior validação da metodologia
(I_{med} : Corrente elétrica média, T_{med} : Temperatura média do condutor, T_{amb} : Temperatura média ambiente, $V_{efetiva}$: Velocidade do vento efetiva, V_{BD_CLA} : Velocidade numérica (CLA), $T_{efetiva}$: Temperatura efetiva do condutor; $I_{efetiva}$: Corrente efetiva)

O método escolhido para validação foi o primeiro método, onde valores médios da corrente, temperatura do condutor e temperatura ambiente, num período de dez minutos, medidos por um conjunto de sensores, são utilizados no cálculo da velocidade do vento efetiva incidente em cada sensor deste conjunto. Este conjunto de valores de velocidade efetiva, correspondente à posição de cada um destes sensores, é comparado com os resultados correspondentes obtidos pelas simulações da CLA armazenados na base de dados. A simulação da CLA que retornar o menor erro é considerada como sendo a condição vigente naquela janela de tempo. Alcança-se então, com apenas alguns sensores e uma base de dados de simulações da CLA, uma estimativa do comportamento do vento em toda a região da linha. A partir de um gráfico com a velocidade do vento distribuída em todos os vãos da linha, estipula-se um valor de velocidade abaixo do qual o vão é considerado climatologicamente crítico. A título de exemplo, a Figura 10 (a) mostra o gráfico com a velocidade em cada vão e uma velocidade de referência abaixo da qual o vão é considerado como climatologicamente crítico.

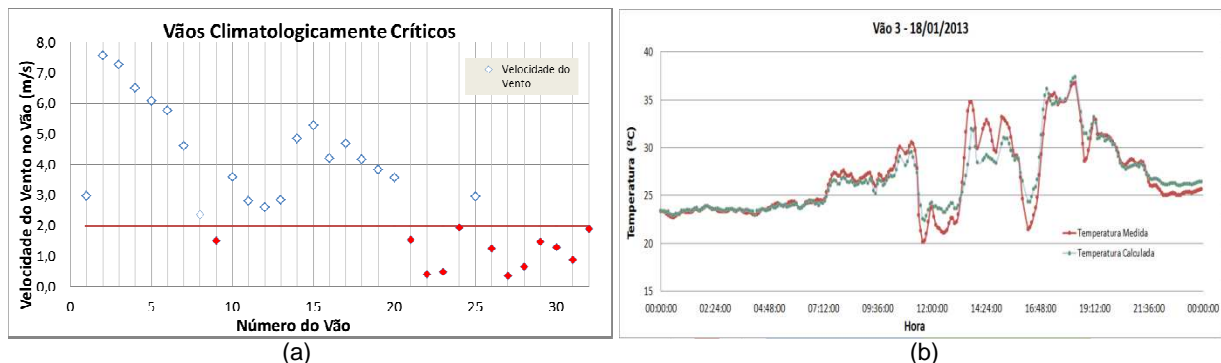


Figura 10. (a) Determinação de vãos climatologicamente críticos; (b) Gráfico comparativo da temperatura medida x calculada.

Com a condição de contorno selecionada, podemos calcular a temperatura na linha em qualquer outra posição. Além disto, utilizando-se dos dados de outro sensor não utilizado na identificação da condição de fronteira, podemos comparar a temperatura nesse ponto calculada com a temperatura real de medição. Quão mais precisa nossa metodologia, mais próximos são os comportamentos da temperatura calculada e da medida.

Para validação da metodologia, foram comparados os dados de temperatura estimada com a metodologia proposta com os medidos pelo sensor, obtendo valores semelhantes de erro para os vários vãos. Por questões de maior exatidão e confiabilidade, adaptou-se um dos dois sensores de temperatura dos Power Donuts instalados na linha para ser usado como forma de medir a temperatura ambiente no mesmo local de medida da temperatura do condutor.

A Figura 10 (b) mostra as curvas de temperatura medida e calculada para o vão 3 da linha ao longo de 24 horas do dia 18/01/2013. Para esse vão obteve-se um erro médio de $0,82^{\circ}\text{C}$, um erro máximo de $5,82^{\circ}\text{C}$ e um desvio padrão de $0,91^{\circ}\text{C}$. Este mesmo tipo de gráfico pode ser obtido para qualquer outro ponto onde se encontra um sensor instalado e para qualquer período de tempo (dia, mês, etc.).

Os testes foram realizados com dados de aproximadamente 2000 simulações de CLA inseridas no Banco de Dados. Foi observado que nas regiões em que o erro é maior, os dados de simulação com a condição de fronteira correta ainda não estão disponíveis na base de dados. O CSS considera como condição climatológica vigente aquela em que o erro na comparação de valores estimados e medidos é o menor, porém nestes pontos o erro ainda é grande devido ao à falta de dados de simulação da CLA. Para diminuí-lo, estamos alimentando a base de dados com mais resultados de simulação da CLA.

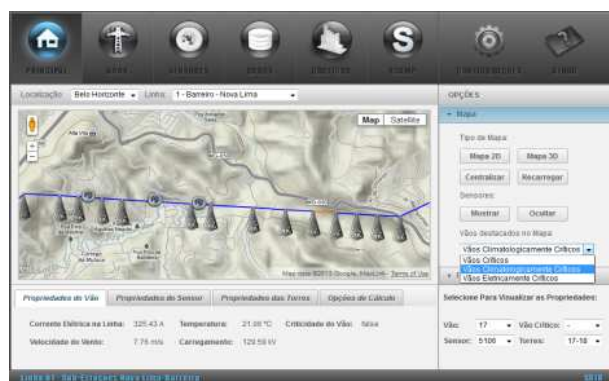
Pode-se concluir com os testes realizados que a metodologia proposta consegue estimar com grande concordância o valor da temperatura no cabo. Ela pode ser melhorada em termos de precisão se o Banco de Dados estiver preenchido com resultados de todas as possíveis condições de fronteira incidentes no domínio, sobretudo aquelas na direção preferencial do vento na região de simulação. Nossa metodologia é capaz de prever o comportamento dinâmico da variação da temperatura em qualquer ponto da linha, com precisão suficiente para a determinação dos vãos críticos da mesma.

2.4 O Software

O software foi desenvolvido para que fosse, além de fácil, de agradável manuseio e visualização. O operador rapidamente familiariza-se com as funções e possibilidades do sistema, tendo, em caso de necessidade, um detalhado manual de uso embutido no próprio programa. O CSS foi também pensado para ser um software o mais intuitivo possível, facilitando ao usuário usufruir de todas as suas funcionalidades. Diversos recursos de monitoramento e supervisão da linha foram integrados à interface, tais como gráficos detalhados e de fácil entendimento, mapas interativos, que trazem uma perspectiva visual da linha de transmissão, e acesso direto do programa ao banco de dados.

O programa, uma vez incorporado à empresa, permitirá a seus funcionários cadastrados se conectarem ao software via rede e visualizarem importantes dados referentes a todos os sensores e vãos das linhas cadastradas no sistema, tais como a temperatura do cabo em determinado vão, coordenadas geográficas das torres, corrente e tensão da linha, entre outros. Realizada a autenticação, o usuário tem acesso à página “principal” do CSS. A partir deste ponto, ele navega por outras abas através de um painel na parte superior da página, sendo cada aba referente a uma funcionalidade do programa.

Na aba “Principal”, tem-se a visualização de toda a linha através de mapas, podendo-se escolher entre visualização em 2D (Google Maps) ou 3D (Google Earth). Em ambas as opções de visualização, os vãos críticos da linha são apresentados de forma destacada dos demais, e os sensores instalados podem ser exibidos no mapa, com indicação do vão em que está localizado, de seu ID, e outras informações referentes às suas medições. Nas abas inferiores, o usuário tem à sua disposição algumas informações referentes aos vãos, sensores e torres da linha atual. Ainda na página “Principal”, está o menu de escolha da linha a ser supervisionada (veja Figura 11 (a)).



(a)



(b)

Figura 11. Abas do CSS: (a) Principal; (b) Sensores.

Na aba “Vãos”, o operador tem acesso aos dados referentes a todos os vãos da linha. Há também a possibilidade de escolher qual o tipo de vão crítico que será destacado dos demais, se climatologicamente crítico, eletricamente

crítico, ou críticos. Há também uma divisão referente aos sensores que estão instalados na linha supervisionada. Por ela é possível visualizar independentemente todos os dados medidos por cada um dos sensores. Alguns desses dados são: temperaturas medidas por cada um de seus sensores de temperatura, tensão, corrente elétrica, e até a força do sinal de comunicação usado para o envio dos dados. Também na aba de sensores, há a possibilidade de visualização, em gráfico de tempo real, das medições feitas, bem como uma área reservada para o cadastro de novos sensores ou consulta a informações relacionadas a estes (veja Figura 11 (b)). As funções de configuração são acessadas por dois pequenos botões que ficam no canto superior direito da tela, na barra acima da lista de sensores.



Figura 12. Abas do CSS: (a) Dados; (b) Gráficos.

Na aba seguinte, referente ao banco de dados, o usuário escolhe o IP do servidor que quer consultar e deve digitar seu nome de usuário e senha de acesso para que possa se conectar ao banco (Figura 12). Os dados consultados são exibidos na forma de tabelas. Há a opção de consulta via comando SQL ou a possibilidade de o usuário fazê-la através de menus, onde lhe é dado a lista das tabelas do banco com algumas funções de refino de pesquisa, como o ID do elemento escolhido e intervalo de tempo de ocorrência dos dados exibidos.

Na aba de Gráficos, o usuário pode escolher quais os dados serão exibidos (temperatura, corrente, tensão, sinal do sensor) para variável “Donuts”, e (temperatura, corrente, tensão, velocidade e tração do cabo) para variável “Vãos”. Os gráficos gerados podem ser diretamente impressos ou baixados em formato a ser escolhido (imagem JPEG ou PNG, arquivo PDF ou imagem vetorizada SVG) (veja Figura 12 (b)).

Há também uma seção denominada “configuração”, por onde é realizado o cadastro de novos usuários no CSS. Em caso de dúvidas, pelo botão “ajuda” o software traz um detalhado manual de todas as funções do programa.

3.0 - CONCLUSÃO

Este artigo apresentou o software CSS e a metodologia incorporada no mesmo para fins de identificação de vãos críticos e monitoramento de linhas de transmissão. A metodologia é original e calcada no modelo físico que rege o problema de mecânica dos fluidos e no monitoramento da linha em tempo real através de sensores. A estimativa da temperatura do cabo condutor em qualquer ponto da linha é feita sem utilização de dados históricos e de técnicas de previsão de valores como redes neurais ou computação evolucionária. Não conhecemos nenhum grupo de pesquisa nacional ou internacional que esteja trabalhando com algo parecido, daí a sua originalidade e elegância. É possível estimar a temperatura do cabo condutor em qualquer vão e em qualquer instante de tempo. Por isto, acreditamos que o CSS seja extremamente vantajoso para as concessionárias de energia elétrica, oferecendo uma solução mais imediata e menos custosa para maximizar a exploração das linhas de transmissão.

É importante salientar que novos estudos estão sendo realizados para melhorar a eficiência do CSS, através da minimização do número de simulações da camada limite atmosférica e do cálculo preciso da altura-cabo solo em função de sua temperatura. Outros critérios de definição dos vãos críticos também estão sendo analisados.

4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Nascimento, C.A.M.; Vasconcelos, J.A.; Valle, R. M. ; Guimarães, A. H. O. ; Terra, G. S. ; Filardi Filho, B. A. – “Localização de Vãos Críticos em Projeto de Linhas Aéreas por Meio do Estudo da Camada Limite da Atmosfera”. XXI SNPTTE, 2011, Florianópolis. Anais do XXI SNPTTE, 2011. v. 1. p. 1-6.
- (2) Jerrell, J.W.; Black, W.Z.; Parker, T.J. - “Critical Span Analysis of Overhead Conductors”, IEEE Power Delivery, Volume: 3 , Issue: 4 Page(s): 1942 - 1950, 1988.
- (3) CFX-5.5 - AEA Technology plc. Documentation. AEA Technology Eng. Software Ltd, United Kingdom, 2002.
- (4) Morato, L. F. ; Silva Pinheiro, S. M. ; Coelho, A. L. R. ; Nascimento, C. A. M. ; Valle, R. M. ; Vasconcelos, J. A. . Levantamento do potencial eólico da região do Rola Moça utilizando um modelo de Camada Limite Atmosférica. In: 1 Seminário Nacional sobre Engenharia do Vento, 2010, Belo Horizonte. Anais do 1 SENEV.

5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

João Antônio de Vasconcelos: Doutor pela École Centrale de Lyon - França (1994), Mestre pela UFPb (1985) e Engenheiro Eletricista pela UFMG (1982). É Professor Titular do Departamento de Engenharia Elétrica da UFMG. É pesquisador nível 1B do CNPq. É membro fundador de duas sociedades científicas ICS (Intern. Compumag Society) e SBMAG (Soc. Bras. de Eletromagnetismo Aplicado). Possui mais de 220 trabalhos publicados entre periódicos, congressos e capítulos de livros nacionais e internacionais. Dentre estas publicações se destacam as contribuições na área da otimização mono e multiobjetivo, aplicadas a problemas modelados com e sem incertezas paramétricas. Orientou 12 alunos de doutorado, 18 alunos de mestrado e mais de uma centena de alunos de graduação. É o responsável pela criação do Lab. de Computação Evolucionária da UFMG, onde chefia uma equipe de aproximadamente 40 pesquisadores em níveis de pós-doutorado, doutorado, mestrado e graduação desde sua criação. Coordenou dezenas de projetos de pesquisa nacionais (CNPq, P&D ANEEL, FAPEMIG) e internacionais (CAPES-COFECUB, Lab. Int. Associado James Clerk Maxweel).

Carlos Alexandre M. Do Nascimento: Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (2009) e Mestre em Engenharia Mecânica (1999), ambos pela UFMG, Engenheiro Mecânico pela PUC-Minas (1993) e Técnico em Eletrotécnica pelo CEFTE-MG (1986). Atualmente é Engenheiro de Tecnologia e Normalização da Cemig Distribuição S.A., sendo responsável pela gestão do programa de P&D da Aneel na Diretoria de Distribuição e Comercialização da Cemig D. É membro regular da Cigré Brasil por meio da coordenação do Grupo de Trabalho GT-06 "Princípios para Projeto de Linhas Aéreas" e representante da Cigré Internacional por meio do Grupo B2-TAG-4 "Aspectos Elétricos de Linhas Aéreas". Tem experiência na área de Engenharia de Distribuição e Transmissão de Energia, com ênfase em Engenharia de Otimização, Térmica e Computacional, atuando principalmente nos seguintes temas: monitoramento, otimização e projeto de linhas de transmissão, ampacidade, condutores especiais, supercondutores e sistemas ópticos. Possui 7 registros de patentes e 2 Registros de Software para sistemas de potência. Maiores detalhes podem ser vistos em seu CV Lattes.