



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

CB/GSE/09

22 a 25 de outubro de 2017  
Curitiba - PR

**GRUPO - VIII**

**GRUPO DE ESTUDO Grupo de Estudo de Subestações e Equipamento de Alta Tensão - GSE**

**SENSOR DE BAIXA CORRENTE PARA BUCHAS DE TRANSFORMADORES EM  
SUBESTAÇÕES DE TRANSMISSÃO – PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E REPASSE À INDÚSTRIA**

**Vóldi C. Zambenedetti (\*)  
PUCPR-CISEI**

**Ivan J. Chueiri  
PUCPR - CISEI**

**Marcos V. H. Rambo  
COPEL – G&T**

**RESUMO**

Buchas capacitivas estão sujeitas a estresses elétricos, mecânicos e térmicos que podem comprometer a sua isolamento e sabe-se que podem corresponder a até 30% do total de falhas de grandes transformadores de potência. Os ensaios preventivos buscam determinar o estado da isolamento das buchas e são realizados periodicamente, normalmente de 3 a 6 anos. Estes ensaios fornecem uma análise detalhada mas não são capazes de identificar falhas que acontecem rapidamente, devido à sua longa periodicidade tem justificado investimentos no desenvolvimento de sistemas de monitoramento em tempo real. Neste trabalho o desenvolvimento de um sistema de monitoramento em tempo real de buchas capacitivas é apresentado, mostrando as etapas anteriores de um projeto de P&D. Os circuitos apresentaram estabilidade quanto à variação de temperatura e os algoritmos forneceram os valores de 'cosseno phi' dentro dos limites exigidos para este tipo de leitura. Ainda, para sanar uma situação onde o transformador sendo monitorado fica distante da sala de controle, é apresentada uma solução para aquisição e digitalização de sinais de tensão de barramento via fibra óptica, evitando o lançamento de cabos nas canaletas da SE. Com a maturação dos circuitos, dos algoritmos desenvolvidos e do protótipo funcional está sendo iniciado a etapa 'cabeça-de-série' da cadeia de desenvolvimento, com a escolha de parceiro industrial para produção e comercialização deste sistema, utilizando como base o Modelo de Desenvolvimento Integrado de Produto Orientado para Projetos de P&D do Setor Elétrico (MoP&D).

**PALAVRAS-CHAVE**

Buchas Capacitivas, Fator de Potência, Sincronismo de Corrente e Tensão; Cabeça-de-Série.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

As buchas capacitivas estão entre as principais fontes de falha de grandes transformadores de potência. Sozinhas elas podem corresponder a até 30% do total de falhas. Elas estão constantemente sujeitas a estresses elétricos, mecânicos e térmicos que podem comprometer a sua isolamento. Este comprometimento pode provocar eventos catastróficos, como: explosão da bucha, derramamento de óleo do transformador, danos a equipamentos nas suas proximidades e lesões em pessoas presentes na instalação, entre outros, todos com grande impacto socioambiental. Ainda, a indisponibilidade dos transformadores provocada pelas falhas de buchas, pode levar a restrição de carga ou até o desligamento de consumidores, bem como instabilidade no sistema de transmissão do sistema interligado nacional. Outro ponto crítico é que os grandes transformadores de potência são os equipamentos mais caros de qualquer subestação da transmissão e a sua manutenção ou substituição requer longos períodos de tempo, o que gera perdas de receitas das concessionárias. Os ensaios preventivos buscam determinar o estado da isolamento das buchas e são realizados periodicamente, normalmente coincidindo com os ensaios nos transformadores, que podem chegar de 3 a 6 anos. Estes ensaios fornecem uma análise detalhada

(\*) PUCPR – CISEI – Centro P&I em Sistemas Elétricos Inteligentes  
Rua Imaculada Conceição, n° 1155 – sala 20 - Bloco 8 – CEP 80.215-901 Curitiba, PR, – Brasil  
Tel: (+55 41) 3271-1358 – Fax: (+55 41) 3271-1670 – Email: voldi.zambenedetti@pucpr.br

mas não são capazes de identificar falhas que acontecem rapidamente, devido à sua longa periodicidade. Por isso tem-se investido no desenvolvimento de sistemas de monitoramento em tempo real das buchas capacitivas [1][2][3], pois estes possibilitam a identificação de variações no estado de isolamento das buchas no momento em que elas acontecem, permitindo que as equipes de manutenção tomem ações preventivas antes da falha da bucha e do desencadeamento de acidentes. Nos levantamentos iniciais, e ainda hoje, verificou-se que poucas são as empresas nesta área que utilizam sensores apropriados para as buchas capacitivas, assim como os adaptadores. A maioria das empresas utilizam métodos de conexão direta ao tap capacitivo, via cabos elétricos. Esta ausência de proteção pode ocasionar uma queima na interface de aquisição no caso de manobra que provoque uma alta tensão aplicada sobre o tap, deixando muitas vezes este aberto, sem seu aterramento. Além disso, em muitos dos sistemas, o método de determinação da deterioração do isolamento das buchas é feito apenas através da análise da corrente de fuga [4][5][6][7], sendo que alguns possuem uma alternativa com o uso de tensão de referência. A FIGURA 1 mostra um esquemático de bucha capacitiva e um circuito equivalente.

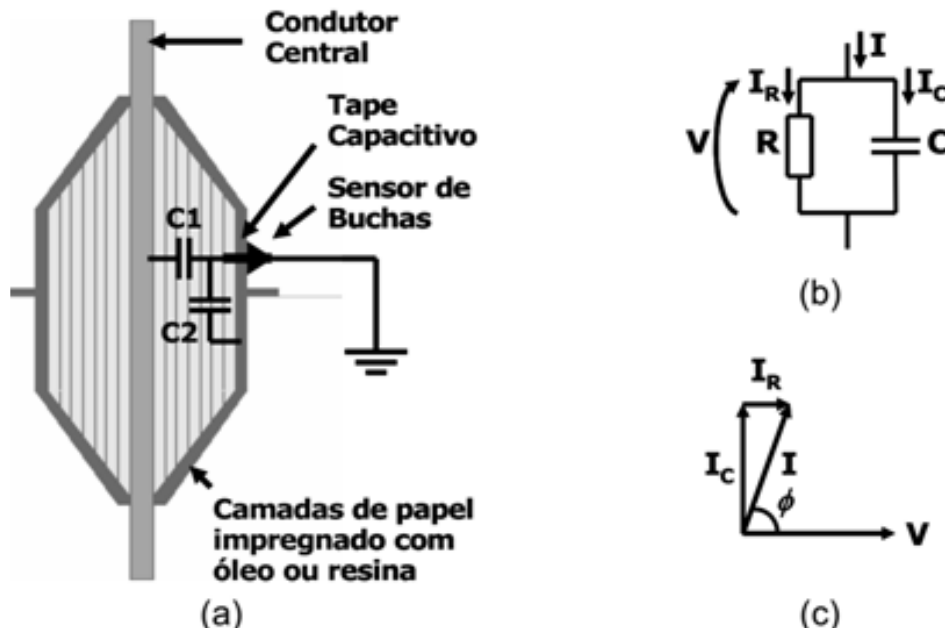


Figura 1 (a) Detalhes construtivos de uma bucha capacitiva de alta tensão. (b) Circuito equivalente das perdas dielétricas. (c) Diagrama vetorial simples do fator de potência  $\cos(\phi)$ . [8]

Neste trabalho apresentamos o desenvolvimento de um sistema *on-line* de monitoramento de buchas capacitivas que utiliza a informação da corrente de fuga da bucha e a referência de tensão na barra para o cálculo do fator de potência e capacitância da bucha. Para isto é utilizado uma filtragem digital para eliminação dos ruídos e um algoritmo de determinação de passagem por zero de ambos os sinais [9]. No entanto os sinais de tensão da barra podem ficar longe do transformador sendo monitorado, e o equipamento de monitoração precisa ficar a menos de 150m do transformador para obter com boa qualidade o sinal de corrente da bucha. Neste caso o cabeamento do sinal de tensão muitas vezes não é possível, ou muito oneroso, sendo geralmente descartado seu uso. Para contornar este problema, no momento desta apresentação, está em desenvolvimento um sistema de amostragem sincronizada dos sinais de tensão da barra que ficam disponíveis dentro da casa de comando da SE e seu envio ao equipamento de monitoramento de buchas por fibra óptica, utilizando a experiência de desenvolvimento de sistemas de sincronismo pelos autores [10].

## 2.0 - SISTEMA DESENVOLVIDO PARA MONITORAMENTO DE BUCHAS CAPACITIVA

O sistema de monitoramento apresentado aqui tem início a pouco mais de 10 anos sendo que uma importante etapa foi apresentada em [8], quando um sistema completo foi realizado e instalado na SE Bateias, próximo à cidade de Curitiba-PR, ficando por cerca de 2 anos em operação. Nesta versão o equipamento que realizava o processamento ficava na sala de comando da SE, onde fazia leitura dos sinais de tensão das barras e recebia um sinal óptico de uma placa de condicionamento de sinais de corrente, localizada próximo ao transformador – ver Figura 2, com a patente [11]. Em condições estáveis o sistema funcionou dentro dos parâmetros de precisão e exatidão desejados, ou seja, medida da capacitância melhor que 1,67% e do fator de potência melhor que 0,47%. No entanto quando submetido a temperaturas mais altas, em ensaio com um soprador térmico, os valores fornecidos tendiam a ultrapassar os limites aceitáveis. O sensor propriamente dito, no entanto, continuava fornecendo um sinal dentro dos limites desejados, e ao final dos dois anos de operação foi retirado e desmontado, mostrando estabilidade nos parâmetros elétricos e físicos. Um novo desenvolvimento de condicionadores de sinais foi realizado, o que resolveu o problema da variação de leituras com a temperatura.

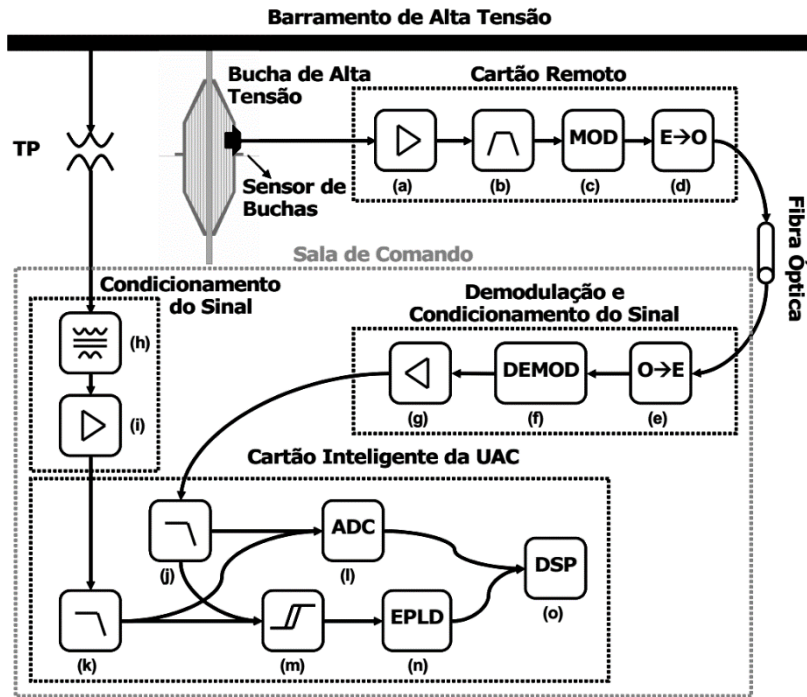


Figura 2 - Diagrama em blocos do monitoramento de buchas capacitivas de alta tensão na unidade de aquisição e controle (UAC - Copel) [8]

## 2.1 O DISPOSITIVO SENSOR

O desenvolvimento do dispositivo sensor foi dividido em duas partes: a parte eletrônica e a parte mecânica. No desenvolvimento eletrônico a maior preocupação foi com as proteções a serem utilizadas, uma vez que o sensor é inserido no tap capacitivo da bucha, e este ponto é aterrado.

No desenvolvimento mecânico houve a preocupação em criar um elemento com uma boa funcionalidade e que permitisse um acoplamento fácil. O resultado está mostrado na Figura 3, com carta patente [12], onde temos o sensor para buchas capacitivas na sua primeira versão. Com a evolução do projeto, ajustes foram executados de forma a garantir maior confiabilidade e funcionalidade. Esta preocupação deveu-se como já foi dito, ao fato de estar instalado ao pé de uma bucha capacitiva, onde não pode haver falha alguma.

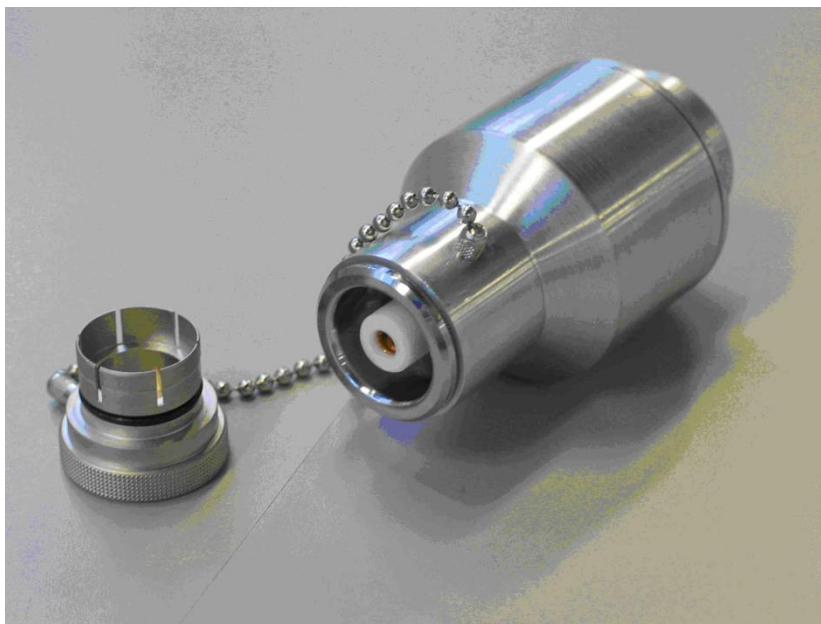


Figura 3 - Primeira versão do Sensor [13]

A parte mecânica do sensor foi fabricada em alumínio e tratada por processo de anodização com o cuidado que o óxido de alumínio torna o sensor um isolante. Para isto algumas partes não foram anodizadas para garantir um

bom aterramento da carcaça [13]. Este material, alumínio, deve ser revisto para que não haja nenhuma reação entre o material do sensor e do tape da bucha.

O trabalho executado resultou no modelo mostrado na *Figura 4* com carta patente [14], onde se observa inclusive o detalhe de fixação do cabo de comunicação no sensor, para que o mesmo não seja danificado. O cabo utilizado para comunicação de dados é do tipo RG11, próprio para comunicações em alta-tensão, principalmente por ser do tipo blindado o que contribui na imunidade a ruídos. Os conectores empregados no protótipo da versão dois são do tipo engate rápido.



*Figura 4 - Conjunto de sensores e cabos elétricos [13]*

O desenvolvimento eletrônico levou em conta a necessidade de proteções, principalmente em casos de ruptura do cabo elétrico ou o não funcionamento do elemento sensor. As proteções devem atuar de maneira a permitir a continuidade do aterramento e enviar sinalização de falha ao operador do sistema [13]. A *Figura 5* mostra a instalação do sensor na SE Bateias, próximo à Curitiba.



*Figura 5 - Instalação do sensor de corrente [13]*

## 2.2 NOVAS PLACAS DESENVOLVIDAS

A nova arquitetura do equipamento possui os condicionadores de sinais da corrente da bucha e da tensão de barra na mesma placa, o que pode ser visto na *Figura 6* – este será tratado como o Circuito Mestre. Acima à esquerda estão mostrados os três sensores de bucha e seus condicionadores de sinal, ao centro os sinais de tensão da barra e os condicionadores, e à direita um sensor de temperatura ambiente para compensação. Do lado direito está mostrado um circuito de sincronismo com uma fibra óptica. Este circuito faz parte do novo equipamento, como será detalhado no Ítem 2.4. Abaixo dos condicionadores de sinal aparecem os conversores Analógico-Digital que então fornecem os valores amostrados para o processamento, que foi realizado em um módulo do tipo PC-104 rodando Linux. Os dados amostrados são disponibilizados como um arquivo texto tipo CSV e os dados calculados – fator de potência, capacitância e temperatura, são disponibilizados para serem transmitidos por protocolo padrão DNP3. As portas de comunicação são ethernet e serial. O condicionador de sinais foi submetido a ensaios de acordo com a norma ABNT NBR 5390, 6817 e 6798. Um erro de 0,1% na medição de FP (Fator de Potência) corresponde a um erro de  $0.4^\circ$  ou  $\pm 18.5\mu s$  para sinais de 60Hz. Um critério mais flexível, com 0.5%, permite um erro, ou variação de  $\pm 40\mu s$ , que seria o limite esperado de erro, ou variação, entre as leituras de corrente e tensão. O circuito desenvolvido apresentou variações entre  $5.6\mu s$  e  $3.6\mu s$ , mostrando-se muito superior ao limite estabelecido [13].

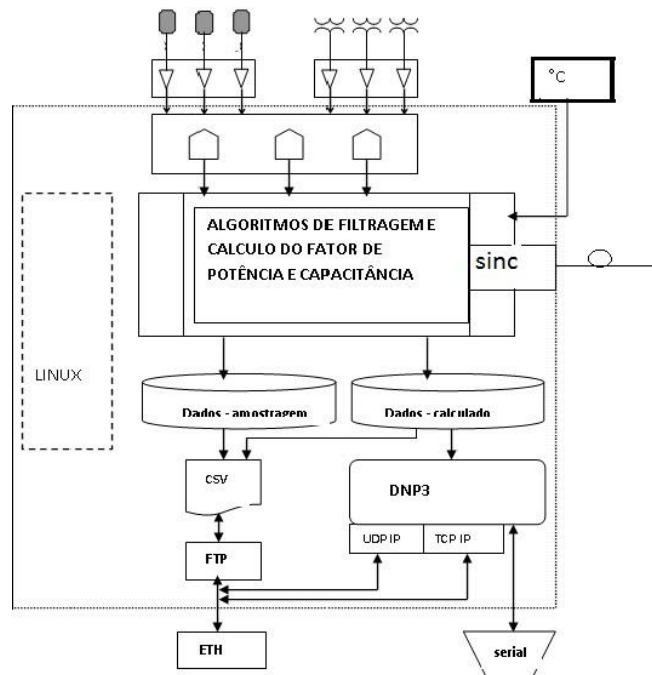


Figura 6 - Arquitetura do sistema de aquisição de corrente e tensão

## 2.3 AMOSTRAGEM E TRATAMENTO DOS SINAIS DE CORRENTE E TENSÃO DE BARRA

A amostragem dos sinais ocorre a cada 5 minutos e faz leituras de 2000 amostras por ciclo de 60Hz, em todas as entradas simultaneamente. Cada conjunto de amostras será chamada aqui de etapa de amostragem. Os dados amostrados são guardados em uma memória temporária e depois de terminado o ciclo de leitura são repassadas ao processador. Nesta etapa o processo é controlado por uma CPLD (Complex Programmable Logic Device).

Os dados amostrados passam então por uma filtragem digital para eliminar ruídos e manter apenas a frequência de 60hz. Estes dados são então armazenados em formato texto (.csv) e disponibilizados para envio por protocolo de transferência de arquivos e também enviados para processamento digital – como cálculo do valor eficaz, etc.

A amostragem de sinais gera um vetor  $x[n]$ , sendo  $n$  o número da amostra e  $x$  a grandeza amostrada – tensão ou corrente elétrica. A amostragem é feita a uma taxa  $T_s$  e possui algumas peculiaridades que precisam ser tratadas para que o erro requerido possa ser atingido. Inicialmente, a resolução da amostragem, ou o valor de  $T_s$  deveria ser menor que máximo erro admissível. Para se atingir os requisitos de erro para esta análise, que é um erro de  $\pm 18,5\mu s$ , a resolução da amostragem deve ser de metade ou menos que este valor, o que resulta em uma taxa superior a 1800 amostras por ciclo.

Para a determinação do ângulo de defasagem entre os sinais de corrente e tensão, que chamaremos de  $I[n]$  e  $V[n]$ , e supondo que estes sinais sejam perfeitamente simétricos, é utilizada a passagem ascendente por zero e então medida a diferença de tempo entre estas passagens, resultando no ângulo desejado. Para realizar este cálculo é tomada uma amostra imediatamente antes da passagem (valor negativo) e a amostra imediatamente após a passagem por zero (valor positivo), e suas estampas de tempo, chamadas aqui de  $T_I[n-1]$  e  $T_I[n]$  para o sinal de corrente e  $T_V[k-1]$  e  $T_V[k]$  para o sinal de tensão. Com estes dados podemos calcular a defasagem entre os dois sinais como sendo:

$$\varphi_{I,V} = 2\pi \frac{T_I[n] - T_I[n-1]}{T_V[k] - T_V[k-1]} \quad 1$$

No entanto dois problemas surgem na amostragem de sinais reais. A amostragem de sinais periódicos, no caso 60Hz, é feito com N amostras por ciclo, sendo N inteiro. Porém, se a frequência variar, as N amostras já não estarão mais cobrindo todo o período do sinal, causando erros nos cálculos de valor eficaz, etc., incluindo o valor do ângulo da Eq. 1. Outro problema é o ruído que o sinal tem, fazendo com que os valores antes e depois da passagem por zero (representados pelas estampas de tempo  $T_{I,V}[n]$  e  $T_{I,V}[n-1]$ ) não sejam únicos, podendo haver repiques (*bounce*), o que torna a Equação 1 impraticável. Para resolver este problema é utilizado o algoritmo proposto em [9], onde é realizado o cálculo dos mínimos quadrados de M amostras ao redor da passagem ascendente por zero, onde M é sempre par, e M/2 amostras estão necessariamente abaixo do eixo de zero e a outra metade acima daquele eixo. Assim, escolhe-se um vetor de M amostras para os sinais de corrente e tensão. Na Eq. 2 o vetor X representa I ou V.

$$X = \begin{bmatrix} x[1] \\ \vdots \\ x[M] \end{bmatrix} \quad 2$$

Desta forma é calculado um valor  $0 < \delta < 1$ , Eq. 3, que corresponde ao ajuste necessário para o cálculo do tempo de passagem por zero dos respectivos sinais.

$$\delta = \frac{A.X}{B.X} \quad 3$$

onde os vetores A, B são definidos para se calcular o mínimo quadrado de X.

Consideramos então que um sinal possui um período  $T_0$ , que é amostrado em N amostras a uma taxa  $T_s$ , N inteiro, mas que o produto  $N.T_s$  não corresponde exatamente ao período  $T_0$ , sendo este erro devido à variação de frequência ou ao ruído. Assim, após o cálculo do ajuste  $\delta$  temos o valor ajustado ciclo a ciclo  $T_0 = N.T_s + \delta$ . Teremos um valor  $\delta_i$  e outro  $\delta_v$ , ajustes dos sinais de corrente e tensão, respectivamente e também  $T_{0i}$  e  $T_{0v}$  resultarão na estampa de tempo da passagem por zero dos sinais de corrente e tensão, respectivamente. Com isto o ângulo  $\varphi_{I,V}$  pode ser calculado com a precisão requerida.

## 2.4 AQUISIÇÃO DO SINAL DE TENSÃO DE BARRA

O circuito de aquisição e digitalização do sinal de tensão da barra é composto basicamente de quatro partes: uma fonte isolada, o condicionador de sinais, o ADC (Analogic-to-Digital Converter) e o controle - *Figura 7* – no caso, representando apenas uma entrada de fase. Este circuito fica na sala de comando na SE, onde deve estar disponível os sinais de tensão de barra. Este novo circuito devido ao fato dos sinais de tensão de barra muitas vezes estar disponível apenas na Sala de Comando da SE, que pode ficar relativamente longe (mais de 500m) dos transformadores sendo monitorados. Além disto o lançamento de novos cabos metálicos nas canaletas da SE pode se tornar impraticável, e a comunicação por fibra óptica, com sua grande imunidade à ruídos eletromagnéticos, foi a solução encontrada. A fonte de alimentação fornece tensão de forma isolada à cada etapa do circuito, e a cada fase.

O Condicionador tem a mesma estabilidade observada no circuito desenvolvido na etapa anterior. O ADC faz a amostragem simultânea das tres fases de tensão, a partir do comando do Controle. O circuito de Controle possui uma memória suficiente para guardar o conjunto de amostras realizadas em uma etapa e é o circuito que envia os comandos de amostragem para o ADC. Também recebe o comando de início de amostragem, via fibra óptica, do Circuito Mestre.

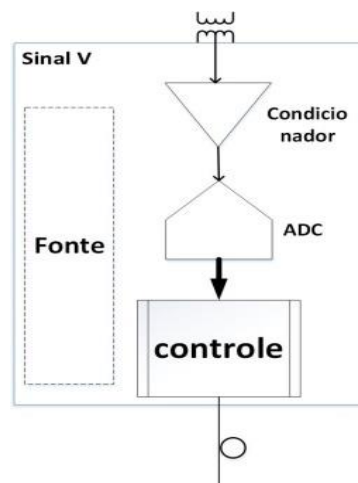


Figura 7 – Circuito de aquisição do sinal de tensão da barra

Ambos os circuitos possuem internamente um contador, sincronizado também via fibra óptica pelo Mestre, para que possa ser gerada uma estampa de tempo no início da etapa de aquisição e o Mestre então possa comparar os valores desta Estampa e decidir se pode proceder ao cálculo da defasagem ou se deve gerar um alarme de dados inválidos. Após o término da etapa de amostragem os dados são transferidos ao mestre, também via fibra óptica, para o processamento da defasagem.

### 3.0 - ETAPA CABEÇA-DE-SÉRIE E REPASSE À INDÚSTRIA

O desenvolvimento deste projeto foi realizado no âmbito do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica regulamentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o qual teve início com o projeto de 'desenvolvimento experimental' de número PD-2862-007/2002, tendo diversas atualizações ocorridas em paralelo. Atualmente o projeto segue como proposta de um novo projeto caracterizado como 'cabeça-de-série' que, de acordo com o manual de P&D ANEEL, ocorre após a etapa de 'desenvolvimento experimental' e, para o qual, 'espera-se o aprimoramento do produto com vistas à produção industrial ou à comercialização' e onde 'definem-se também as características básicas da linha de produção e do produto'. Nesta etapa um parceiro industrial deve ser escolhido para que, em parceria com a instituição de pesquisa que desenvolveu o dispositivo, efetue os necessários ajustes no projeto para sua produção em série e de início à fabricação de um lote pioneiro. A metodologia que rege as etapas de desenvolvimento deste projeto 'cabeça-de-série' teve como base o Modelo de Desenvolvimento Integrado de Produto Orientado para Projetos de P&D do Setor Elétrico (MoP&D), criado com base em conceituados modelos de desenvolvimento de produtos para auxiliar na no planejamento, gestão e execução de projetos de P&D ANEEL [15].

### 4.0 - CONCLUSÃO

O projeto deste sistema iniciou com o desenvolvimento do sensor propriamente dito (*Figura 3*) e algoritmos de tratamento de sinais, aquisitados com interfaces eletrônicas comerciais. Posteriormente foi desenvolvido o circuito eletrônico de aquisição, sendo sua primeira arquitetura mostrada na *Figura 2*, onde o sinal de corrente era transformado em PWM (Pulse Width Modulation) e transmitido por fibra óptica [8], e evoluindo para o circuito da *Figura 6*, utilizando o sensor passivo [12][14]. Com a necessidade de manter a estabilidade conseguida nesta última versão, mas poder adquirir sinais de tensão da barra e da corrente da bucha a distâncias relativamente grandes (mais de 500m), surgiu a necessidade de utilizar novamente a fibra óptica. Diferente do sensor ativo [11], desta vez a fibra será usada para sincronizar a aquisição e digitalização dos sinais de tensão da barra, permitindo com isto que o equipamento possa ser utilizado em SE's onde os transformadores fiquem distantes da sala de controle e sem a necessidade de lançamento de novos cabos.

O sistema como um todo também atingiu um nível de maturidade para avançar à etapa de 'cabeça-de-série', com a procura de um parceiro industrial, o que deverá seguir a metodologia proposta no Modelo de Desenvolvimento Integrado de Produto Orientado para Projetos de P&D do Setor Elétrico (MoP&D).

### 5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) S. Riendeau, P. Picher, F. Leonard, M. Gauvin, and H. Bertrand, "**On-line monitoring of transformer bushings using a new decentralized measurement system**," *Conf. Rec. IEEE Int. Symp. Electr. Insul.*, pp. 0–4, 2010.
- (2) A. Setayeshmehr, A. Akbari, H. Borsi, and E. Gockenbach, "**On-line monitoring and diagnoses of power transformer bushings**," *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 13, no. 3, pp. 608–615, 2006.
- (3) M. Andrzejewski, W. Gil, and P. W. Mikronika, "**The high voltage bushing on-line monitoring in substation systems**," *ICHVE 2014 - 2014 Int. Conf. High Volt. Eng. Appl.*, 2014.
- (4) M. A. C. Melo, M. E. G. Alves, and G. A. Moura, "**Experience with on-line monitoring of capacitance and tangent delta of condensive bushings**," *2008 IEEE/PES Transm. Distrib. Conf. Expo. Lat. Am. T D-LA*, pp. 1–6, 2008.
- (5) Double, "**doublePRIME IDD**."
- (6) Siemens, "**Siemens Bushing Monitoring System**."
- (7) M. F. Lachman, W. Walter, and P. A. Von Guggenberg, "**On-line diagnostics of high-voltage bushings and current transformers using the sum current method**," *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 15, no. 1, pp. 155–162, 2000.
- (8) M. V. H. Rambo, C. C. Krauss, R. Jasinski, and I. J. Chueiri, "**MONITORAMENTO EM TEMPO REAL DE BUCHAS CAPACITIVAS DE TRANSFORMADORES**," in *XIX SNPTEE*, 2007, vol. 1, no. 1, pp. 1–8.
- (9) G. E. Mog, "**MÉTODOS DE CÁLCULO DE PARÂMETROS DE FORMA DE ONDA DA ENERGIA ELÉTRICA CICLO A CICLO**," UFPR, 2005.
- (10) C. A. Purim et al., "**BR 10 2015 031438 8 - SISTEMA DE MEDIÇÃO/CÁLCULO DA CORRENTE DE**

**DESEQUILÍBRIO EM REDES ELÉTRICAS TRIFÁSICAS SEM CONEXÃO FÍSICA ENTRE AS TRÊS FASES (in Portuguese),** 2015.

- (11) I. J. CHUEIRI and J. A. TEIXEIRA JR, "**Carta Patente - PI 0304815-2 A SENSOR ATIVO PARA MEDIDA DE CORRENTE DE FUGA EM BUCHAS CAPACITIVAS,**" p. 26, 2005.
- (12) I. J. CHUEIRI, "**Carta Patente - PI 0604607-0 SENSOR PASSIVO PARA MEDIDA DE CORRENTE DE FUGA EM BUCHAS CAPACITIVAS,**" p. 15, 2015.
- (13) V. C. Zambenedetti *et al.*, "**Relatório Final - SISTEMA DE SENSORIAMENTO DE BAIXA CORRENTE PARA BUCHAS CAPACITIVAS DE TRANSFORMADORES – P&D ANEEL 2862/007/2002,**" 2007.
- (14) I. J. CHUEIRI and J. A. TEIXEIRA JR, "**Carta Patente - MU 8400171-2 DISPOSIÇÃO CONSTRUTIVA INTRODUZIDA EM SENSORES PARA MEDIDA DE CORRENTE DE FUGA EM BUCHAS CAPACITIVAS,**" 2014.
- (15) J. A. Pereira and O. Canciglieri Jr, "**Modelo de desenvolvimento integrado de produto orientado aos projetos de P&D do setor elétrico brasileiro - MoP&D.**" Novas Edições Academicas, 2016.

## DADOS BIOGRÁFICOS



Vólidi C. Zambenedetti, Londrina, PR 1961, é atualmente professor titular na Escola Politécnica da PUCPR. É formado em engenharia elétrica pela UTFPR (1984), mestrado em Informática Industrial pela UTFPR (1991) e doutorado em Lógica Difusa pelo Instituto de Tecnologia de Kyushu – Japão (1996). Ingressou na Copel em 1985 e posteriormente no LACTEC em 1999, trabalhando nas áreas de telecomunicação, automação de subestações, protocolos de comunicação, sensoriamento de faltas em redes de distribuição.



Ivan J. Chueiri, Ibaiti, PR 1953, é atualmente Professor Adjunto e Pesquisador na Escola Politécnica da PUCPR, vinculado ao Curso de Engenharia de Computação. Coordenador do Centro de P&I em Sistemas Elétricos Inteligentes. Mestre em Engenharia Eletrônica e Telecomunicações (1992) pela UNICAMP, com ênfase em Microeletrônica, Engenheiro Eletrônico pela UnB (1982), Bacharel em Física pela UnB (1980). Possui experiência na área de P&D atuando nas seguintes áreas: Gestão de P&D, Smart Grid, Automação, Sistemas Embarcados, Sensores e Transdutores.



Marcos V H Rambo, Brasília, DF 1978, é professor no Departamento de Eng. Elétrica da UFPR e supervisor do Setor de Automação da Transmissão da COPEL-G&T. Possui graduação em Eng. Industrial Elétrica com ênfase em Eletrônica pela UTFPR (2002), mestrado e doutorado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial pela UTFPR (2006 e 2012, respectivamente) e especialização em Proteção de Sistemas Elétricos pela UNIFEI (2012). Foi gerente do projeto P&D na etapa de desenvolvimento experimental e será o gerente na etapa cabeça-de-série.