



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

CB/GEC/23

22 a 25 de outubro de 2017  
Curitiba - PR

**GRUPO – XVI**

**GRUPO DE ESTUDO DE ASPECTOS EMPRESARIAIS E DE GESTÃO CORPORATIVA - GEC**

**A TRANSFORMAÇÃO DO CONCEITO REDES SINÉRGICAS NA SUA APLICAÇÃO PRÁTICA EM REDES INTELIGENTES DE ENERGIA E BANDA LARGA NO BRASIL.**

**Carlos Alexandre M. do Nascimento**  
**Cemig Distribuição S.A.**

**Claudio Antonio Hortencio**  
**Fundação CPqD**

**João Batista Rosolem**  
**Fundação CPqD**

**GUIMARÃES, M.F.**  
**Cemig Distribuição S.A.**

**Vítor Faria Coelho**  
**Cemig Telecomunicações S.A.**

**OBARA, L.S.**  
**Furukawa**

**RESUMO**

Esse artigo explicita os resultados obtidos com a transformação cultural e digital por meio do conceito “ Redes Sinérgicas obtidos na sua aplicação prática em redes inteligentes da Cemig. A associação concomitante das redes de energia elétrica e de fibras ópticas, em uma plataforma única e integrada, define uma Rede Sinérgica. Esses resultados são frutos de dois projetos de P&D com aplicação de campo e que resultaram em rupturas tecnológicas nessa área. As análises dos resultados cobrem os últimos quatro anos de desenvolvimento de P&D na área de tecnologias ópticas para SmartGrid, quando a CEMIG em parceria com o CPqD e fornecedores industriais nacionais conseguiram estabelecer uma nova topologia para projeto e construção de redes inteligentes de energia elétrica e de banda larga por meio exclusivo de uso em fibras ópticas.

**PALAVRAS-CHAVE**

SmartGrid, Redes Inteligentes, Redes Ópticas, Redes Sinérgicas, Transformação Digital

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Historicamente, nos últimos 15 anos, a Cemig e o CPqD vêm investindo em diversos projetos de P&D na área de monitoramento de ativos de T&D, com uso intenso da tecnologia óptica, tanto como elemento sensor, mas principalmente, como elemento de transmissão de dados em banda larga pelas fibras ópticas. Neste contexto, o conceito “ Redes Sinérgicas” surgiu e foi concebido de forma natural, isto é, a associação concomitante de vários dispositivos executores de determinadas funções que contribuem para uma ação coordenada, ou seja, o somatório de esforços em prol do mesmo fim. No caso específico de linhas e redes de energia elétrica e de comunicações de dados em banda larga, por meio do mesmo dispositivo físico, ou seja, o condutor/cabo sinérgico. Assim, tem-se então uma rede sinérgica por meio de um condutor híbrido, isto é, parte metálica para condução da energia elétrica e a outra parte construída com fibras ópticas, mas em uma estrutura única e integrada ao condutor ou cabo.

Um desafiador marco tecnológico atingido com sucesso nos projetos de P&D ópticos da Cemig e CPqD foi incentivar a indústria nacional a construir e produzir o condutor/cabo sinérgico e do isolador elétrico e óptico no Brasil. Os condutores/cabos sinérgicos, que tecnicamente são nomeados por Optical Phase Conductor -- OPPC, e que possuem projeto semelhante aos tradicionais cabos OPGW, por meio de suas fibras ópticas protegidas por tubos de aço inoxidáveis e colocadas na parte central ou reunidas em espiral do condutor/cabo. Ao contrário dos cabos OPGW que são aterrados, os cabos OPPC estão energizados, exigindo com isso isoladores especiais de acordo com a tensão da linha ou rede na qual serão instalados.

Conforme os autores já tinham previsto em artigo publicado no XXII SNPTEE em Brasília 2013 (1), por meio dos projetos de P&D ópticos, que motivou o conceito de Redes Sinérgicas, novas configurações para projeto e construção das linhas e redes de energia, e adaptações nos dispositivos das redes em fibras ópticas foram

requeridas. Os projetos de P&D foram implantados com sucesso e estão em operação real na UniverCemig em Sete Lagoas/MG. Duas fases de produção industrial, em escala pioneira e experimental dos componentes das Redes Sinérgicas em 138 e 13,8 kV foram financiados em parceria pela Cemig Distribuição, Cemig Telecom, Transmissão Centroeste e CPqD usando o programa de P&D da Aneel e Fapemig. Outro importante investimento que acelerou a aplicação real em campo, dos projetos de P&D ópticos na UniverCemig, foi o apoio industrial nacional, a saber: (i) da Furukawa do Brasil por meio do financiamento Embrapll, que forneceu a primeira geração dos condutores ópticos de distribuição de energia com fibras ópticas integradas – OPDC (Linnet-OPDC; 1/0-OPDC; 4/0-OPDC; 50 mm<sup>2</sup> coberto OPDC e 3/8-OPDC), (ii) da Balestro Isoladores Elétricos que forneceu os primeiros isoladores, elétrico e óptico de alta tensão (138 kV) e média tensão (25kV), (iii) pela empresa Workeleetro que desenvolveu os conectores para os cabos OPDC, e (iv) a Cemig Telecom disponibilizou acesso a sua rede de dados em fibras ópticas para prover acesso aos experimentos dos projeto em campo.

A tecnologia Redes Sinérgicas permitirá diversas rupturas tecnológicas com ganhos tangíveis e intangíveis, uma vez que, essa nova topologia para as redes de energia elétrica e banda larga irá viabilizar: (i) uma nova geração de redes inteligentes; (ii) facilitar a infraestrutura requerida pelas cidades inteligentes; (iii) aumentar o uso da Internet das coisas no setor de energia e de comunicação de dados em banda larga; (iv) gerar uma gestão completamente digital para todos os ativos de GTD, como por exemplo, a integração da geração distribuída em larga escala no setor elétrico brasileiro; (v) uma nova geração nacional de equipamentos e componentes ópticos, sistemas e outros elementos inteligentes com diversas possibilidades de novas patentes; e por último e o mais importante para consolidar essa ruptura tecnológica, (vi) a reformulação do perfil profissional com qualificação dos quadros funcionais das empresas do setor elétrico para uma gestão inteligente e integrada dos ativos de GTD.

## 2.0 - OBJETIVOS

O objetivo desse artigo técnico é explorar uma visão inovadora por meio de uma transformação cultural e digital da Cemig D, na percepção e inferência dos seus autores. A consolidação prática da expansão do conceito “ Redes Sinérgicas,” nos mercados de energia e de comunicação de dados em banda larga no Brasil é muito realista, onde a agregação da inteligência aos sistemas de gestão, operação e automação das redes de energia elétrica por meio de redes inteligentes só ocorrerá concomitante à expansão do setor de comunicações de dados em banda larga até a sua última milha no Brasil. Assim, o caminho para a transformação digital das empresas de T&D pode ser vislumbrada no médio e longo prazo no Brasil por meio da expansão em larga escala do conceito Redes Sinérgicas.

## 3.0 - MOTIVAÇÃO PARA AS REDES SINERGICAS

O conceito de "Rede Sinérgica" surgiu dentro da visão do Smart Grid com uso de tecnologias puramente ópticas. Sendo assim, a fibra óptica é o melhor meio de transmissão de dados para atingir os requisitos de comunicação do Smart Grid, e em redes sinérgicas, a fibra óptica ainda pode trazer muitos outros benefícios com ganhos tangíveis e intangíveis para empresas do setor elétrico e de comunicação de dados em banda larga. Basicamente, tem-se uma rede sinérgica a partir de um condutor metálico com fibras ópticas construídas em uma estrutura física única, para conjuntamente conduzir a energia elétrica pela parte metálica, e transmitir dados em banda larga, seja voz, vídeos, etc., pelas fibras ópticas. Não diferente de outras áreas do conhecimento, a evolução das tecnologias do setor de energia e de telecomunicações com inovações de ruptura são requeridas e são fundamentais que ocorram acelerando a materialização desse novo produto de grande dimensão econômica e social (1).

Dessa forma, a motivação central para o desenvolvimento do conceito “Redes Sinérgicas” mostrou a relação direta entre os usuários e as tecnologias ópticas para compor as redes do futuro. A rede sinérgica consolidou uma nova visão tecnológica e de ruptura por meio de um conceito, simples e trivial, com aplicação concomitantemente nas empresas de energia e de comunicações de dados em banda larga, que pode atingir uma sinergia muito elevada entre esses dois setores.

## 4.0 - RUPTURA TECNOLÓGICA REDES SINERGICAS

A ruptura tecnológica “Redes Sinérgica” teve sucesso quando um conceito teórico aplicado na sua forma prática, em escala real e experimental, mostrou a materialização dos projetos de P&D ópticos na UniverCemig e representou marcos históricos para o desenvolvimento tecnológico no Brasil. A rede sinérgica integrou as funções mantidas da fibra óptica usada para comunicações de dados em larga banda, e a possibilidade de sensoriamento dos diversos elementos da rede de energia elétrica em uma mesma plataforma tecnológica, onde estes elementos são cooperativos entre si.

Redes sinérgicas quando aplicada ao setor de comunicações possibilita uma nova oportunidade de expansão da redes de banda larga por meio de FTTH. Com isso um novo modelo de negocio para o setor elétrico, onde, as empresas de comunicações solicitariam o uso das fibras ópticas do condutor/cabo sinérgico ou até mesmos um determinado canal para prover seus serviços em banda larga para seus clientes. Ou em outro modelo de negócio plausível as empresas de energia e de telecomunicações executariam investimentos casados na expansão dos seus negócios, com ganhos econômicos e sociais de elevado valor agregado.

Com a introdução da rede sinérgica grandes mudanças são previstas de ocorrerem no setor elétrico com o monitoramento de parâmetros elétricos e mecânicos em todos os ativos, desde a geração até a residência dos consumidores, além da interligação física de todos os sistemas de supervisão e controle em uma única base de dados e controlados de forma autônoma por meio robôs com a consolidação da 4a. revolução industrial já presente no mercado, conforme mostra a Figura 1. Já no setor de telecomunicações além da competitividade a rede sinérgica em FTTH pode chegar a locais mais remotos para prover serviços diferenciados de acordo com o perfil do usuário. Outra mudança de ruptura tecnológica será substituir diversas redes wireless de grande alcance, onde as redes sinérgicas forem sendo implantadas. Isso promoverá o uso das redes wireless para um conceito de última plegada, isto é, as redes wireless estarão disponíveis em diversos nós das redes sinérgicas, mas com muito pouco alcance, um alcance máximo estimado de até poucas centenas de plegadas.

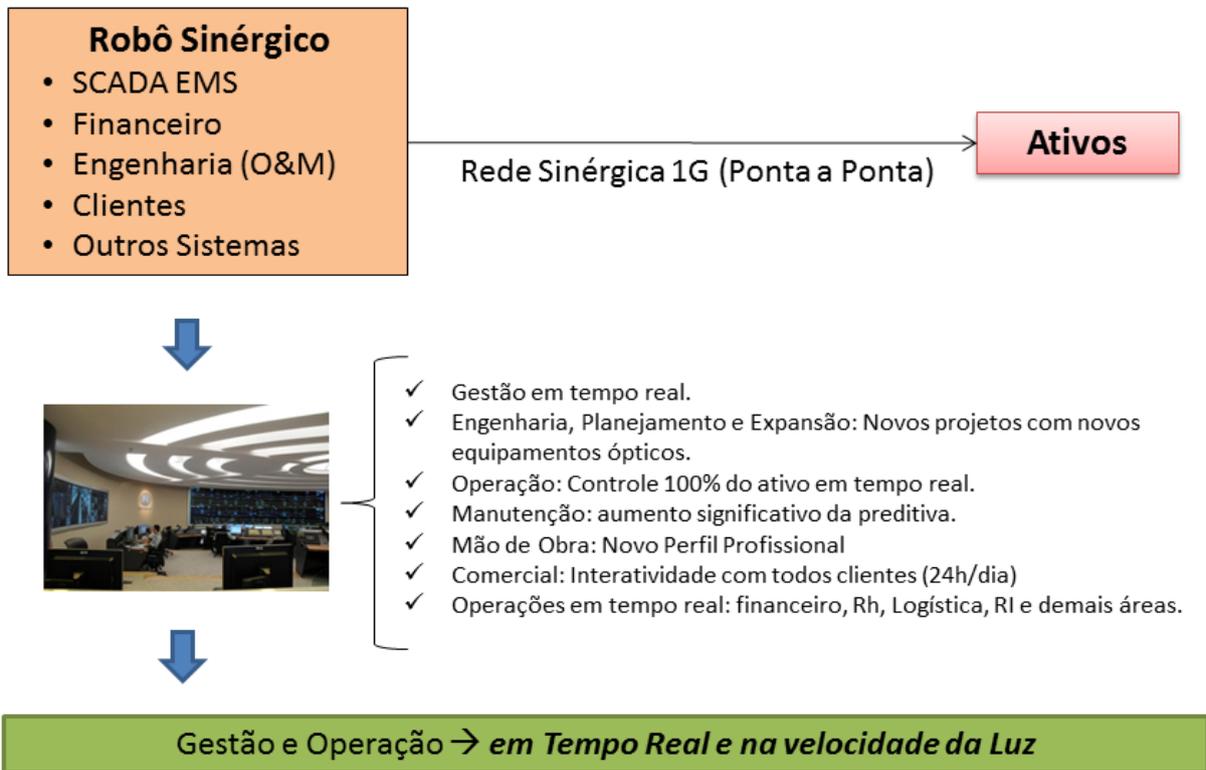


FIGURA 1. Ruptura Tecnológica por meio da “Rede Sinérgica” com banda larga ponta a ponta.

#### 4.1 Elementos da Rede Sinérgica de Média e Baixa Tensão

A partir do desenvolvimento e aquisição dos cabos sinérgicos no Brasil que foram produzidos pela Furukawa foi possível implantar em campo, dois projetos pilotos distintos de redes sinérgicas experimentais, em escala real, nas dependências da UniverCemig em Sete Lagoas-MG. Sendo que, (i) em Mar/2016 foi construído um trecho de linha aérea com o uso do condutor Linnet – OPDC com 6 fibras ópticas em um dos tentos substituído do seu núcleo de aço e com isolador elétrico/óptico 138 kV para permitir acesso às fibras ópticas com a tecnologia CWDM, e (ii) em Fev/2017 foi construído um trecho de rede de distribuição com uso dos cabos OPDC (1/0; 4/0; 50 mm<sup>2</sup> e 3/8) com isolador elétrico/óptico 13,8 kV para permitir acesso às fibras ópticas também com a tecnologia CWDM.

A Figura 2 apresenta uma visão geral do projeto da rede sinérgica experimental implantada na UniverCemig. A implantação consiste da substituição de cabos condutores de um trecho de rede de distribuição de média convencional e de rede compacta na classe de tensão de 15 kV. Foi definida a substituição dos cabos que atendem a infraestrutura existente da UniverCemig, em função de representarem uma condição real de uso, entretanto em um ambiente controlado.

Na rede de distribuição convencional foi definida a substituição da fase central por um cabo OPDC 4/0, desta forma com a instalação de isoladores de terminação e continuidade óptica nas extremidades do trecho. Para a rede de distribuição compacta foi planejada a substituição das três fases e do cabo mensageiro, com a instalação de isoladores de terminação e continuidade óptica instalados nas extremidades de cada fase do trecho. Para a interligação entre os cabos da rede compacta e a interligação com o Laboratório de Tecnologias Ópticas (LTO) foi utilizado um cabo OPDC 1/0 como um neutro adicional. A Figura 3 apresenta uma visão geral da utilização dos cabos OPDC na implantação piloto, em operação real, na UniverCemig.



Figura 2. Visão da planta piloto da rede sinérgica de distribuição na UniverCemig.

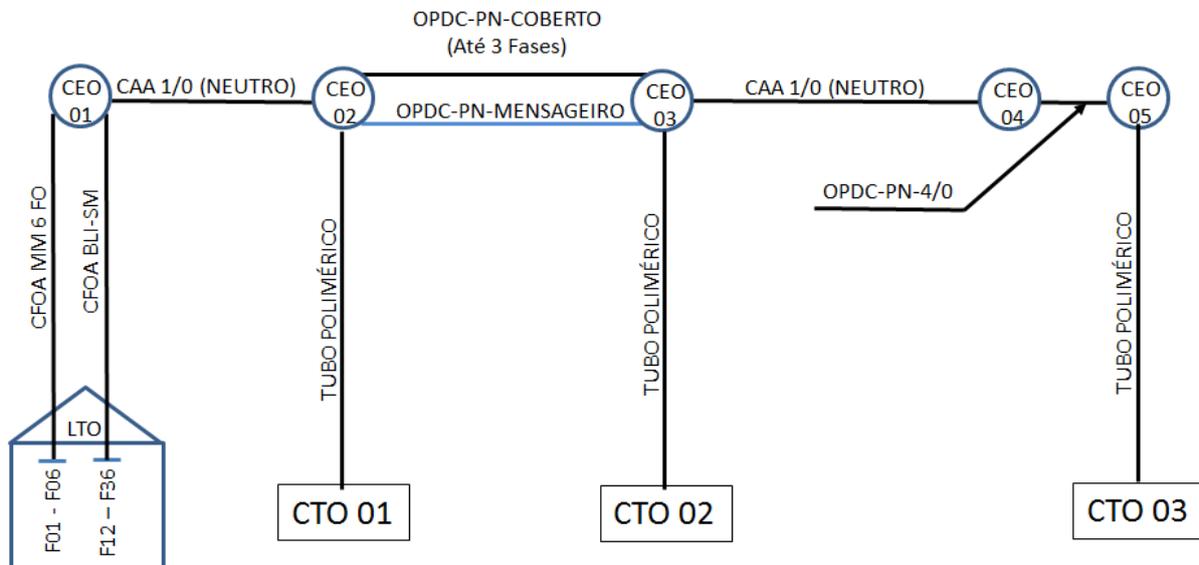


Figura 3. Visão dos cabos em teste na planta piloto da rede sinérgica de distribuição na UniverCemig.

Para realizar as emendas das fibras ópticas dos cabos foi planejada a utilização de caixas de emendas ópticas (CEO) instalados nos postes numa altura acima dos cabos da baixa tensão e para viabilizar o acesso às fibras ópticas ao longo da rede, que objetivou permitir acesso restrito por estar acima da área de compartilhamento do poste. Para realizar o acesso às fibras ópticas foi utilizado uma caixas de terminações ópticas (CTO) que fica alojada na região de compartilhamento do poste, conforme mostra a Figura 4 (a) e (b). Como a CTO ficará na área

compartilhada do poste, é estimado pouca alteração no procedimento de acesso a fibra óptica pelas empresas de telecom, o que de fato foi uma grande adaptação de engenharia que a equipe do projeto encontrou na fase de execução do projeto.



Figura 4. (a) Caixa de emenda FK-CEO-4M - (b) Caixa terminal FK-CTO-16MC – Furukawa.

#### 4.2 Elementos da Linha Sinérgica de Alta Tensão

A rede sinérgica de 138 kV obteve financiamento da carteira de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento da Aneel codificado por “P&DD520” com financiamento da Cemig Distribuição, Transmissão Centroeste, Cemig Telecom e CPqD, e ainda contou com apoio industrial da Furukawa do Brasil, que forneceu a primeira geração de condutores de energia com fibras ópticas integradas, e da Balestro Isoladores elétricos, que forneceu os primeiros isoladores elétricos/ópticos para isolar as fibras ópticas da alta tensão em 138 kV. As faixas de segurança de linhas aéreas (LT's) são locais que possuem restrições quanto a sua utilização. Estas restrições se dão por motivos de segurança e para garantir o acesso das equipes de manutenção às torres que sustentam os cabos da LT [1].

A ocupação irregular e invasão das faixas de segurança é um problema que a CEMIG e diversas outras empresas de T&D do Brasil têm enfrentado nos últimos anos cabendo inclusive processos judiciais para remoção e desocupação de obras edificadas na faixa de segurança. Até o momento, são raros os eventos de rompimento de cabos nessas faixas irregularmente invadidas de 138 kV da Cemig. Entretanto, a possibilidade disto aumentar preocupa fortemente a CEMIG, pois uma queda de cabo condutor de uma LT numa área ocupada por construções irregulares de casas pode causar acidentes graves. Por critério de segurança operacional da Cemig, as linhas nessas regiões invadidas o sistema de proteção de religamento automático não atua automaticamente, que gera um enorme transtorno operacional e econômico para a Cemig.

O problema de detecção do rompimento ou não do condutor é um dos maiores desafios enfrentados pelas equipes que operação e manutenção, em tempo real, nas linhas aéreas de alta tensão. Quando ocorre um desligamento da linha, e no caso da mesma ter ocupação irregular por meio de invasão das suas faixas de segurança, é fundamental garantir que não ocorra o religamento dessa instalação, quando o problema do desligamento for condutor rompido. Se o religamento ocorrer nessa condição, riscos de acidentes são elevados. Neste caso o restabelecimento da operação da linha poderá demorar horas, causando elevadas perdas financeiras para os clientes e penalizando os indicadores da concessionária de energia elétrica, bem como, processos judiciais caso ocorra alguma fatalidade com a população. Para uma solução plausível do problema em referencia, esse sistema óptico proposto irá possibilitar uma tomada de decisão muito mais assertiva das equipes de operação do sistema elétrico, pois será possível saber se ocorreu uma ruptura do condutor de fato ou não, antes mesmo, da proteção elétrica da linha ser atuada.

Neste projeto o objetivo central foi o desenvolvimento de um sistema óptico de monitoramento da integridade dos cabos condutores baseado na implantação de um cabo óptico junto ao condutor convencional de energia elétrica da LT, isto é, um cabo condutor metálico já com fibras ópticas integradas do tipo OPPC (OPTical Phase Conductor). Neste caso, um rompimento do condutor seria identificado pelo rompimento da fibra óptica. De acordo com as especificações deste projeto as premissas para o sistema para monitoramento óptico da integridade física de cabos de linhas aéreas foram: (i) evitar o religamento do sistema em caso de rompimento de condutor da linha aérea, principalmente em áreas de invasão irregular por população humana; (ii) o sistema deve ser rápido o suficiente para atuar antes do relé de proteção evitando o religamento da LT. O tempo de resposta deve ser de no máximo 500 ms; (iii) uma fibra óptica sensora deverá ser conectada diretamente à subestação por meio de uma fibra óptica de transmissão e (iv) deverá ser previsto o compartilhamento entre uma fibra utilizada no sistema de comunicações de dados em banda larga e o sistema de monitoramento proposto.

Para o sistema de detecção foi utilizada a tecnologia CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing) [3] que é largamente utilizada em telecomunicações para atender de uma forma inovadora todas as premissas previamente citadas. Deve-se ressaltar que o sistema pode ser adaptado para a realização do monitoramento da integridade física de condutores de linhas aéreas e para a transmissão de sinais de comunicação em banda larga.



Figura 5. A visão da linha sinérgica de 138 kV implantada na UniverCemig.



Figura 6. Detalhes da construção da linha sinérgica de 138 kV na UniverCemig

#### 4.3 Impactos do projeto Redes Sinérgicas

O projeto promoveu uma nova tecnologia de linhas e redes de distribuição que já nasce SmartGrid por meio de fibras ópticas no núcleo dos cabos/condutores de energia. Na expansão das redes de banda larga em MG

juntamente com as linhas e redes de distribuição da Cemig D é outro mercado muito promissor para a difusão desse projeto, na medida em que, isso vai impactar de forma integrada os consumidores de energia e de banda larga,

- ✓ Abre uma nova forma de aproximar os clientes da Cemig para com as redes de banda larga (FTTH);
- ✓ O aumento da iteratividade entre cliente e Cemig D (24 horas dias);
- ✓ Aumento da segurança operacional das redes de distribuição de energia;
- ✓ Redução drástica da poluição visual das redes nas ruas das cidades;
- ✓ Redução drástica da poluição ambiental (fibra óptica não gera Radio Frequência)

## 5.0 - CONCLUSÃO

O artigo apresentou uma nova visão tecnológica e de ruptura por meio de um novo conceito para aplicação nas empresas de energia e de telecomunicações na qual as redes de comunicações de dados e de energia não mais operam de forma independente, mas compartilham uma infraestrutura única e de forma sinérgica, para prover serviços com mais qualidade, eficiência operacional e otimiza o investimento global nas expansão das redes de energia e banda larga. Esta nova rede foi denominada “Rede Sinérgica”.

Este trabalho apresentou uma visão do projeto de implantação da primeira instalação piloto, em escala real, de uma rede sinérgica no Brasil, mas que apesar de ser relativamente pequena, será fundamental para iniciar a consolidação do conceito. Foram também apresentados os protótipos dos elementos de redes sinérgicas desenvolvidos pela Furukawa do Brasil, que investiu em sinergia junto aos objetivos do projeto D566, e por iniciativa própria resolveu desenvolver protótipos de cabos condutores com fibras ópticas integradas no Brasil, que denominou como OPDC, além de também desenvolver isoladores para a terminação e continuidade das fibras ópticas junto a Balestro, também na indústria brasileira.

A implantação piloto dos cabos OPDC realizada na UniverCemig, conforme descrita neste artigo, é fundamental para construir uma visão inicial da aplicabilidade dos conceitos e dos elementos sinérgicos em uma escala real. Entretanto será fundamental evoluir os estudos, baseados em aplicações reais, com objeto de realizar a validação funcional dos padrões e dos procedimentos que deverão ser desenvolvidos para a implantação das redes ópticas integradas com as redes de distribuição de energia. Deverão ser desenvolvidos padrões e métodos para planejamento, projeto, implantação, operação e manutenção de redes sinérgicas, os quais possibilitarão efetivamente que este novo conceito de redes possa se consolidar no menor prazo possível.

É importante observar que atualmente a sinergia entre as infraestruturas de redes de distribuição de energia elétrica e de telecomunicações só existe em relação ao uso mútuo dos postes e a convivência não é harmônica. Esta condição poderá dificultar muito o avanço do conceito de redes sinérgicas no Brasil. Por outro lado, uma divulgação adequada dos benefícios será fundamental para romper as barreiras consolidadas e pela prática corriqueira de se construir redes de energia e de banda larga de forma completamente tradicional e independente nas últimas décadas.

É fundamental que novos projetos e iniciativas para implantação de casos reais sejam realizados para avançar o desenvolvimento do conceito de redes sinérgicas, lembrando que não se trata apenas de elementos de redes, mas também dos aspectos relativos ao planejamento, ao projeto, à implantação, à operação e à manutenção de redes sinérgicas, tendo em vista que trazem uma nova abordagem sobre a infraestrutura de redes de distribuição de energia elétrica e de telecomunicações.

No total a Cemig investiu desde 2002 R\$ 12 Milhões nos projetos em óptica, e no último projeto, o D566 “Redes Sinérgicas” foram investidos R\$ 2 Milhões. Assim, apesar desses investimentos limitados na carteira P&D preveimos o surgimento de uma empresa de distribuição de energia para sociedade, que permitirá um acesso ao FTTH mais factível do que da forma tradicional feito hoje pelas operadoras de telecom (saturação de cabos de fibras ópticas nos postes da Cemig D). Já temos uma rede 13,8 kV em operação real dentro da UniverCemig em Sete Lagoas e temos que padronizar a solução Redes Sinérgicas pela engenharia da Cemig D. Assim teremos condições de realizar a 1ª instalação comercial dessa tecnologia na Cemig. Basicamente, temos tecnologia testada em campo e agora é apresentar a solução para as empresas, investidores e sociedade. Uma estratégia como avançar com a tecnologia via programa de financiamento de P&D, mas se o mercado perceber os grandes vetores de ganhos, econômico e social, a expansão desse projeto pode assumir metas incríveis nos próximos anos.

Sem mapear ainda o gigantesco ganho de eficiência operacional para a Cemig D, onde as redes sinérgicas já estiverem disponíveis, é estimado um investimento adicional de 15% acima do custo médio da rede de distribuição tradicional. Mas quando o investimento for feito em sinergia, isto é, Cemig D e Cemig Telecom implantarem em conjunto a Rede Sinérgica o ganho em redução do investimento global (energia e comunicação de dados em banda larga) pode chegar a 30%. Essa tecnologia transborda as fronteiras da Cemig e pode ser uma política fantástica de desenvolvimento econômico/social para MG e para todo o Brasil também. Não encontramos projeto similar no mundo, que justifica um estudo de mercado para se exportar essa tecnologia. As equipes de desenvolvimento estão apostando nisso também, além das vantagens tecnológicas que irá agregar à Cemig e a sociedade.

## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) CARLOS ALEXANDRE M. NASCIMENTO, JOÃO B. ROSOLEM, CLAUDIO A. HORTENCIO, "REDES SINÉRGICAS", XXII SNPTEE, 13 A 16 DE OUTUBRO DE 2013, BRASÍLIA - DF.

- (2) CARLOS ALEXANDRE M. NASCIMENTO, RIVAEEL S. PENZE, CLAUDIO FLORIDIA, JOÃO B. ROSOLEM, CLAUDIO A. HORTENCIO, DANILO C. DINI, ELIAS K. TOMIYAMA, "REDES SINÉRGICAS: UMA NOVA CONCEPÇÃO TECNOLÓGICA PARA A INTEGRAÇÃO DE FIBRAS ÓPTICAS E CABOS CONDUTORES DE ENERGIA ELÉTRICA", XI SIMPÓSIO DE AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS (SIMPASE), 16 A 19 DE AGOSTO 2015, CAMPINAS-SP.
- (3) ANEEL PD-4950-0520/2014, "SISTEMA ÓPTICO DE MONITORAMENTO DA INTEGRIDADE FÍSICA DE CABOS DE LINHAS DE TRANSMISSÃO EM VÃOS CRÍTICOS", CEMIG DISTRIBUIÇÃO S/A, ENTIDADE EXECUTORA: CPQD, 2014.
- (4) SENDI
- (5) D566
- (6) EMBRAPII (PCPQD 15070004.00), "CABOS COM FIBRAS ÓPTICAS INTEGRADAS - OPDC", FURUKAWA DO BRASIL S/A, ENTIDADE EXECUTORA: UNIDADE EMBRAPII CPQD, 2015.

## 7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

**Carlos Alexandre M. Do Nascimento:** Doutor pelo curso de pós graduação em Engenharia Elétrica da UFMG (2009), mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Minas Gerais (1999), graduação em Engenharia Mecânica pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (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 do Cigre Brasil por meio da coordenação de Grupo de Trabalho GT-06 "Princípios para Projeto de Linhas Aéreas", e é representante do Cigre 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 de linhas de transmissão, otimização de linhas de transmissão, projetos de linhas de transmissão, ampacidade, condutores especiais, supercondutores e sistemas ópticos. Possui 7 registros de patentes e 2 Registros de Softwares para sistemas de potencia. Maiores detalhes podem ser vistos em seu CV Lattes.

**João Batista Rosolem:** Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo em 2005. Atualmente é pesquisador da Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD). Publicou 36 artigos em periódicos especializados e 105 trabalhos em anais de eventos. Possui 14 pedidos de patente em análise, 3 patentes concedidas nos EUA e uma no Brasil. Recebeu 16 prêmios e/ou homenagens. Entre 1990 e 2013 participou de 26 projetos de pesquisa, sendo que coordenou 16 destes. Atualmente coordena 2 projetos de pesquisa. Atua na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Comunicações Ópticas. Suas áreas de atuação são: Sensores de fibra óptica (Fiber Powering, FBG, DTS, Bending fibers), Sensores para Sistemas de Energia Elétrica (temperatura de rotor, temperatura de barramentos e linhas de transmissão, descargas parciais de estator de hidro-geradores e de buchas de transformadores, qualidade de contato de chaves seccionadoras, Nível de água de barragens e piezômetros, corrente e tensão). Comunicações ópticas (Amplificadores ópticos EDFA, Raman, SOA e RSOA, WDM, DWDM CWDM, WDM-PON e G-PON).

**Claudio Antonio Hortencio:** Possui graduação em Tecnologia em Eletrônica Industrial pela Universidade Salesiana (2001) e curso técnico profissionalizante em Técnico em Eletrônica pelo Instituto Educacional São João da Escócia (1979). Atualmente é Pesquisador de Telecomunicações da Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Telecomunicações.

**Maurissone Ferreira Guimarães:** possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG (2001); Mestre em Engenharia Elétrica pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE) - UFMG (2003); Pós-Graduação lato sensu em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas (2014). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas Elétricos de Potência. Atualmente, trabalha como engenheiro de tecnologia e normalização na Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG D), onde já atuou em atividades na área de projetos e estudos técnico-econômicos para linhas de transmissão e subestações de alta e extra-alta tensão. Desde 2009 tem-se dedicado a atividades gestão de projetos de pesquisa, prospecção de tecnologia e desenvolvimento de produtos tecnológicos voltados para o segmento de distribuição de energia.

**Luiz Siguenobu Obara:** Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (1982) e especialização em Gerência de Telecomunicações pela Fundação Getúlio Vargas (2001). Tem experiência nas áreas de Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica e Telecomunicação, com vivência em engenharia de cabos elétricos de potência e cabos ópticos, construção de linhas de transmissão de energia elétrica e implantação de redes externas de telecomunicações. Atualmente atua na área de engenharia para o desenvolvimento de cabos e equipamentos ópticos especiais destinados a modernização do sistema de comunicação na área de transmissão e distribuição de energia elétrica.

**Vítor Faria Coelho:** Possui especialização em Gestão com Ênfase em Projetos pela Fundação Dom Cabral (2010), especialização em Engenharia de Campo – SMS pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (2008) e bacharelado em Engenharia Elétrica com Ênfase em Telecomunicações pela Universidade Federal de Minas Gerais (2006). Atualmente é analista de telecomunicações sênior na CEMIGTelecom, onde atua como Coordenador de Projetos da Gerência de Serviços de Campo. Tem experiência em gerenciamento de projetos, metodologia PMI, e em elaboração de projetos e implantação de redes ópticas e de infraestrutura de telecomunicações.