

GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO - GDI

AS REDES SINÉRGICAS PARA DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – CONCEITO, DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS.

**EDUARDO FERREIRA DA COSTA(1);BRUNO NOGUEIRA AIRES(1);SILVIO LUIZ MIRANDA BRITO(2);JOÃO BATISTA ROSOLEM(1);CARLOS ALEXANDRE MEIRELES DO NASCIMENTO(3);ADRIANO APARECIDO DELLALLIBERA(2)
CPQD(1);BALESTRO(2);CEMIG(3)**

RESUMO

Este trabalho apresenta o conceito de redes sinérgicas e os resultados obtidos por mais de 10 anos em desenvolvimento de projetos de P&D, que mostra ser uma oportunidade de atendimento as necessidades de transformação e digitalização do setor de distribuição. A ruptura tecnológica das redes sinérgicas desenvolveu novos elementos de rede para a baixa e média tensão, que propõe a utilização de fibras ópticas integradas aos cabos condutores para atender as demandas de comunicação e sensoriamento em redes inteligentes, além de trazer como benefício uma nova opção para compartilhamento de infraestrutura entre os ativos de distribuição e os de telecomunicações.

PALAVRAS-CHAVE

SmartGrid; Redes Inteligentes; Redes Ópticas; Redes Sinérgicas; Redes de Distribuição.

1.0 - INTRODUÇÃO

A Rede Sinérgica - RS é uma oportunidade de atendimento as necessidades de transformação do setor elétrico nacional, por meio de uma ruptura tecnológica em digitalização dos ativos, dando continuidade aos trabalhos realizados pela Cemig e o CPQD desde 2002 (1-5). Esses projetos desenvolvidos culminaram no conceito de redes sinérgicas por meio do desenvolvimento de novos elementos de rede tanto para a baixa tensão quanto para a média tensão utilizando a tecnologia óptica com infraestrutura de rede. Para tal, foram especificados novos produtos de rede e desenvolvidos procedimentos para a sua utilização. Além disto, foram realizados os testes de funcionalidade e validação, em laboratório e em campo, dos novos produtos desenvolvidos. O conceito RS encaixa-se dentro da visão de Smart Grid óptico utilizando uma rede cabeada e fechada por meio de fibras ópticas. No entanto nestes projetos, o que se pretendeu foi desenvolver elementos híbridos da RS que são basicamente: os cabos sinérgicos híbridos (elétrico/óptico), os elementos de isolamento das fibras ópticas na média tensão e os elementos de emendas e terminação das fibras ópticas, bem como o desenvolvimento de uma nova topologia de rede eletro&optica&mecânica mais conveniente para do conceito RS.

A RS permite melhorar a supervisão e controle dos ativos na distribuição de energia elétrica, melhorando a qualidade desse serviço público, além de propiciar uma nova forma de compartilhar as fibras ópticas pelas empresas de telecomunicações, que atualmente, tem sido alta, com tendência a permanecer crescente devido à evolução do mercado de telecomunicações, tanto pelo número crescente de prestadoras desses serviços, como também, pelo incentivo à construção de redes de dados, demandado pelo Plano Nacional de Banda Larga do Governo Federal.

A implantação da RS como uma nova topologia para redes de distribuição, de média e baixa tensão, possibilita uma rede de comunicação de alto desempenho em banda larga e elevada disponibilidade quando comparado com outras tecnologias de comunicação por RF, além de permitir o sensoriamento da rede elétrica utilizando as fibras ópticas dos cabos sinérgicos. A abrangência das Redes de Distribuição de Energia Elétrica (RDEE) potencializa projetos de massificação como o "Internet para todos", principalmente nas áreas rurais, onde não há interesse econômico ainda, para expansão do conceito da RS, com previsão de retorno econômico e social para todas partes envolvidas. Apesar do conceito RS poder se aplicar em toda a planta elétrica, tais como, geração, transmissão e distribuição, neste trabalho focou-se em demonstrar a aplicação do conceito RS para redes de distribuição de energia de baixa tensão e média tensão.

2.0 - MOTIVAÇÃO

A RS é uma alternativa estratégica para a evolução da planta óptica destinada ao atendimento às demandas de comunicação dos sistemas críticos de automação e controle das redes inteligentes (Smartgrid) e, principalmente, para atender às necessidades da geração distribuída, que requer uma rede de altíssima confiabilidade. Além de propiciar a melhoria da qualidade do fornecimento de energia elétrica, a RS atenderá as demandas das empresas de telecomunicações, que atualmente, tem sido alta, com tendência a permanecer crescente (6).

A infraestrutura de postes das redes aéreas de distribuição está sobrecarregada, em alguns trechos, pela coexistência de várias redes aéreas de telecomunicações, principalmente, em localidades nas quais a demanda por serviços de telecomunicações das PST (Prestadoras de Serviços de Telecomunicações) é grande. Somam-se a essas, as redes implantadas pelos órgãos públicos para monitoramento de segurança, operação e controle de tráfego, dentre outras. Desta forma, do ponto de vista das boas práticas, não existe viabilidade técnica para a instalação de novas redes dentro da faixa de ocupação destinada para telecomunicação, o que acaba constituindo naturalmente em barreira de entrada para novas prestadoras de serviço de telecomunicações e assim, restringir o desenvolvimento econômico dessa região.

A implantação da RS nas redes de distribuição de média e baixa tensão possibilitará os seguintes ganhos e benefícios estimados:

- Rede de comunicação de alto desempenho e disponibilidade quando comparado com outras tecnologias de comunicação RF, o que é fundamental para a automação das redes elétricas inteligentes tornando as redes de distribuição elétricas mais confiáveis;
- Permite o sensoriamento amplo da rede elétrica utilizando as FOs (fibras ópticas) que estão integradas aos cabos condutores;
- A abrangência das RDEE potencializa projetos de massificação como o “Internet para todos” (apelo social em particular nas áreas rurais onde não há interesse econômico ainda);
- Reduz a poluição ambiental das RDEE sem gerar RF;
- Redes mais robustas em relação a vandalismo, uma vez que, as redes de grande velocidade podem estar dentro dos cabos de Média Tensão;
- Alternativa para grandes centros que têm postes totalmente ocupados, tanto do ponto de vista de disponibilidade de fibras ópticas quanto da redução de esforços mecânicos nos postes devido ao excesso de cabos ópticos.

3.0 - DESENVOLVIMENTO DOS ELEMENTOS SINÉRGICOS

A partir da definição do conceito RS foram desenvolvidos elementos para permitir a construção dessa nova topologia de rede, tanto para média quanto para baixa tensão. A seguir são apresentados os principais elementos desenvolvidos.

3.1 - Rede de Média tensão

Para a rede de média tensão foram desenvolvidos 3 elementos principais: os cabos condutores com fibras ópticas integradas, as muflas ópticas/elétrica e as caixas de emendas óptica e elétrica suportadas por isoladores.

3.1.1 - Cabos condutores com fibras ópticas integradas

A Furukawa Electric do Brasil desenvolveu no âmbito de um projeto de P&D específico em parceria com o CPQD (4), os cabos condutores com fibras ópticas integradas para redes de distribuição, que foram denominados de cabos OPDC (Optical Distribution Cable). Foram desenvolvidos e fabricados 3 tipos de cabos OPDC: os cabos nus, os cabos cobertos ou protegidos e os cabos mensageiros. Seus requisitos construtivos e de desempenho foram baseados nas normas para cabos condutores CAA (NBR 7270) (7), cabos condutores CA (NBR 7271) (8), cabos de liga de alumínio (NBR 10298) (9), cabos de fios de aço revestidos de alumínio (NBR 10712) (10) e na norma de cabos OPGW (ABNT NBR 14074) (11), considerando alguns ajustes específicos para as condições de aplicação da rede de distribuição de média tensão. A Figura 1 apresenta os protótipos desses novos cabos OPDC.

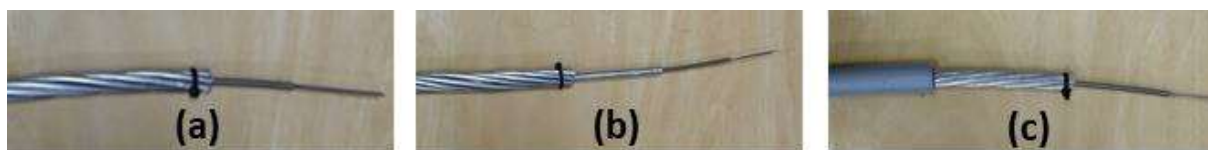


Figura 1 - (a) Cabos OPDC 1/0 Fase nu - (b) Cabo OPDC 3/8 Mensageiro - (c) Cabo OPDC 50 mm² protegido.

Observa-se que um dos tentos do núcleo do cabo, foi substituído por um tubo de aço inox que pode ter até 48 fibras ópticas, podendo ser tanto do tipo monomodo quanto multimodo. No entanto, as dimensões elétricas destes cabos foram mantidas e houve uma pequena alteração nas propriedades mecânicas do cabo OPDC em até 5% de variação, quando comparado ao mesmo cabo convencional, sem fibras ópticas. O cabo OPDC ao contrário dos cabos utilizados nas instalações convencionais, precisa de elementos de rede especiais para permitir a continuidade do link óptico, seja na derivação ou terminação óptica conforme a necessidade do projeto, além de continuar a função da rede elétrica. Portanto, foi necessário o desenvolvimento de elementos de rede novos e totalmente adaptados, como caixas de emendas suportadas por isoladores e muflas ópticas, para suportar as propriedades elétricas e ópticas requeridas pela aplicação RS, e manter assim a sua segurança de operação.

3.1.2 - Mufla óptica

A mufla óptica foi desenvolvida pela parceria entre CPQD, Balestro e Furukawa no âmbito de um projeto de P&D específico (4). Esse novo equipamento foi o primeiro dispositivo desenvolvido para possibilitar o acesso às fibras ópticas existentes nos cabos condutores sinérgicos tipo OPDC. A mufla óptica tem a função de fazer a terminação eletromecânica dos cabos elétricos OPDC e ao mesmo tempo dar continuidade nas suas fibras ópticas, até uma caixa de emenda convencional mais próxima no poste, onde poderá atender clientes de dados e/ou promover sua continuidade de rede com outros trechos de cabos sinérgicos ou cabos puramente ópticos.

A Figura 2 mostra detalhes da mufla óptica que é composta por um isolador convencional com um furo passante no centro, onde são inseridas apenas as fibras ópticas do cabo OPDC com o revestimento primário. Após, a passagem destas fibras, é feito preenchimento em campo com silicone especial para manter as propriedades dielétricas da mufla. Para a passagem das fibras ópticas por dentro da mufla é necessário que sejam removidas as capas, tubos e geleias existentes no cabo OPDC. Este tipo de dispositivo é utilizado para terminação eletromecânica e óptica completa do cabo OPDC. Caso haja a necessidade de continuar as redes ópticas ou derivar apenas parte das fibras ópticas são usadas duas muflas para essa condição.

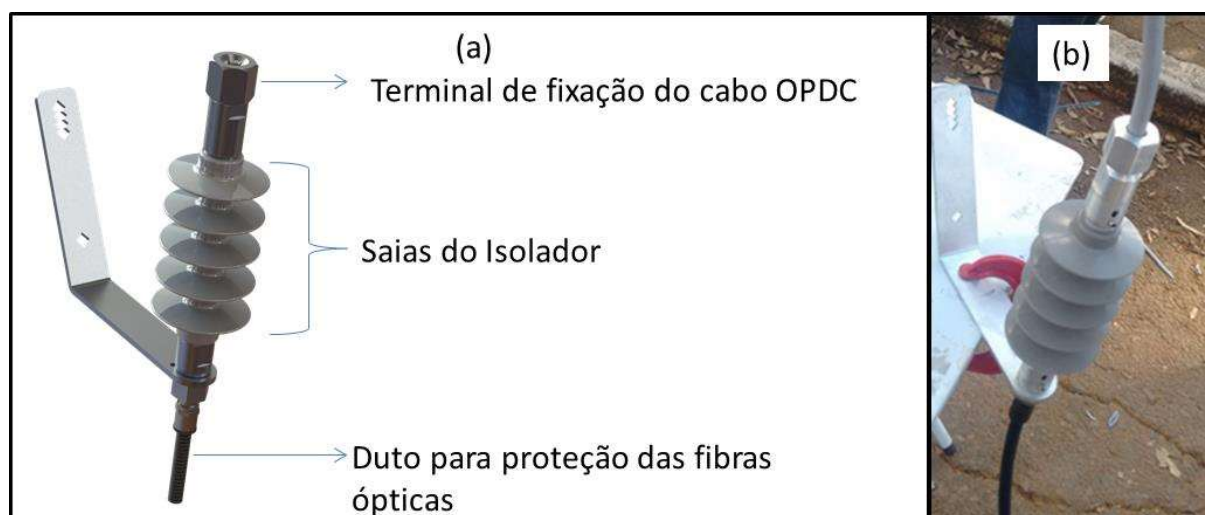


Figura 2 - (a) Ilustração 3D da mufla óptica - (b) fotografia real da mufla óptica

3.1.3 - Caixa de emenda suportada por isolador

Para otimizar aplicação do conceito da RS, em campo, uma nova caixa de emenda suportada por isolador, conforme mostra a Figura 3(a) foi desenvolvida, em parceria entre CEMIG, CPQD e Balestro em outro projeto de P&D específico (5) e para ser utilizada com os cabos OPDC da RS. Assim, esse novo dispositivo permite a continuidade, derivação e terminação óptica, além da continuidade elétrica da rede elétrica. Este dispositivo tem algumas diferenças funcionais e construtivas significativas com relação à mufla óptica. A primeira delas é que já vem pronto de fábrica com o coto de cabo óptico de aproximadamente 20 metros, com isso, não é necessário realizar o preenchimento do núcleo do isolador em campo com o silicone especial, o que torna a operação de instalação mais simples e segura quando comparada com a instalação da mufla. Vale ressaltar que as fibras ópticas de uma das extremidades deste coto termina na bandeja de emenda existente na parte superior da caixa de emenda suportada por isolador (Figura 3(b)) e a outra extremidade termina, geralmente, em uma caixa de emenda que faz parte da rede óptica convencional. Devido à impossibilidade de se ter sobra de cabos OPDC nos postes, em vários casos é necessário que as emendas ópticas sejam realizadas no alto do poste, diferentemente da mufla óptica onde é possível realizar as emendas em solo e depois fixa-la no poste. Uma outra vantagem da

caixa de emenda óptica suportada por isolador é que caso parte das fibras do cabo OPDC vá continuar para alguma outra direção é necessário apenas uma caixa de emenda suportada por isolador, ao contrário da mufla que seriam necessárias duas unidades. A Figura 3(c) apresenta uma foto real do protótipo da caixa de emenda suportada por isolador.

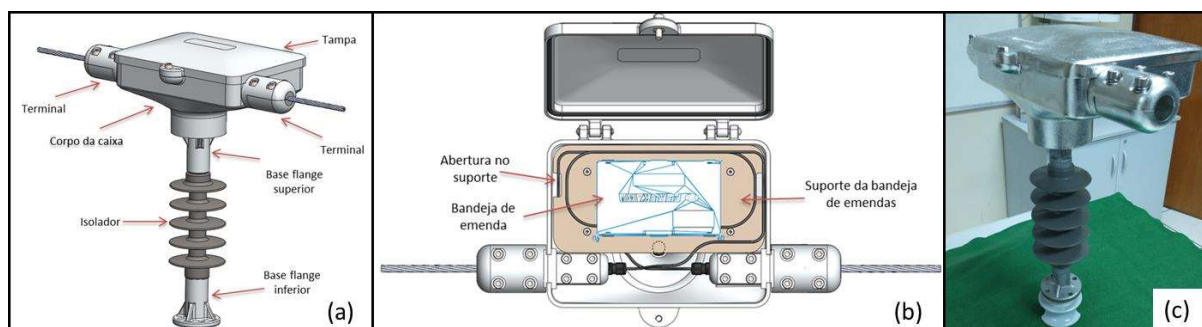


Figura 3 - (a) Ilustração 3D geral - (b) detalhe da caixa de emenda - (c) fotografia real da caixa de emenda

3.2 - Baixa tensão

A solução RS para baixa tensão - BT foi desenvolvida na fase II do projeto redes sinérgicas (5), e é baseada na utilização de um cabo multiplexado isolado contendo duas ou três fases na BT. Porém adicionalmente ao arranjo multiplex dos cabos de BT convencionais é encordoado também um ou mais microdutos, o que possibilita a instalação de um cabo óptico logo após a sua instalação ou em algum momento requerido e que gerou o novo arranjo multiplex sinérgico. Inclusive, a instalação do cabo multiplexado sinérgico e o lançamento dos cabos ópticos convencionais, no interior destes microdutos, podem ser realizados por equipes diferentes e em tempos diferentes.

3.2.1 - Cabo multiplexado sinérgico

O cabo multiplexado sinérgico trata-se de um novo modelo de configuração para cabos multiplexados autossustentados com isolamento sólida extrudada de polietileno termoplástico (PE) ou termofixo (XLPE). Para tensões de até 1 kV, conforme a norma ABNT NBR 8182 (11). O cabo sinérgico multiplexado BT consiste da agregação de um ou mais microdutos para instalação de cabos ópticos como uma nova veia do cabo multiplexado, que também é encordoada em torno do cabo mensageiro de sustentação, tal como os cabos fase.

A agregação do microduto ao cabo multiplexado proporciona uma grande otimização da infraestrutura das redes aéreas, em função de unificar em um único elemento, a rede de distribuição de energia elétrica de BT e a rede óptica de telecomunicação cabeadas por fibras ópticas. A rede de distribuição construída utilizando cabos multiplexados com microdutos permite construir uma rede de distribuição óptica com grande capilaridade, podendo ser configuradas as mais diversas arquiteturas e topologias de redes ópticas, tais como, as redes ópticas de distribuição passivas (PON - Passive Optical Network) para as mais diversas tecnologias e ainda as redes ponto a ponto. O primeiro protótipo do cabo multiplexado sinérgico foi fabricado pelo fabricante de cabos Condumax e foi especificado como tendo 3 fases de 70 mm², um mensageiro de 70 mm² e mais dois microdutos, um de 18/14 mm e outro de 14/10 mm.

Outras possibilidades de soluções para a RS de BT foram consideradas, porém o cabo multiplexado com microdutos se mostrou mais adequado devido as seguintes vantagens:

- Não ocorre desperdício dos cabos metálicos na realização das emendas ópticas;
- A rede óptica fica independente da rede elétrica, ou seja, podem ser construídas em momentos diferentes e por profissionais distintos;
- A manutenção da rede óptica não afeta a rede elétrica;
- A capacidade de fibras ópticas pode ser extremamente alta, dependendo apenas da tecnologia do cabo óptico chegando até centenas de canais de fibras ópticas em um único microduto.

A Figura 4(a) apresenta detalhes do cabo multiplexado sinérgico. A Figura 4(b) mostra como devem ser feitas as conexões elétrica nos pontos onde o cabo óptico é apenas de passagem e a Figura 4(c) mostra como devem ser feitas as conexões elétricas e ópticas nos pontos onde existem emenda ou derivação óptica.

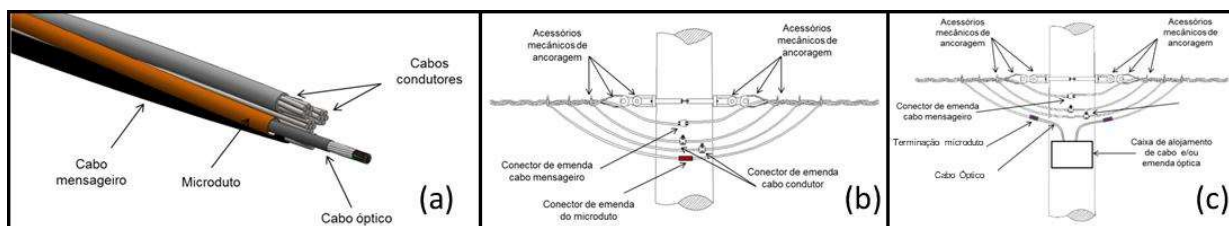


Figura 4 - (a) Esquemático do cabo - (b) ponto de emenda elétrica e passagem óptica - (c) ponto de emenda ou derivação óptica e elétrica

4.0 - TESTE DE CAMPO

Foi realizada com sucesso a implantação de uma rede piloto para demonstrar a aplicabilidade e validar os elementos de rede desenvolvidos. A implantação experimental, em escala real está em operação na UniverCemig, em Sete Lagoas/MG, e consistiu na construção de aproximadamente 400 metros de rede de distribuição, utilizando cabos condutores com fibras ópticas, muflas ópticas, caixas de emendas ópticas suportada por isoladores e cabos multiplexados sinérgicos. Para facilitar a implantação piloto, foi realizado um treinamento para capacitar os profissionais das empresas contratadas para realização dos procedimentos de instalação e as peculiaridades dos novos elementos de rede. O treinamento foi realizado em bancadas e em um campo de teste onde a rede fica na altura dos ombros de uma pessoa, facilitando as operações de instalação do treinamento. A Figura 5 apresenta alguns momentos desse treinamento.



Figura 5 - (a) treinamento de fixação cabo multiplexado - (b) treinamento de acomodação da reserva técnica - (c) treinamento de realização das emendas ópticas na caixa de emenda suportada por isolador

Após a capacitação da equipe da empreiteira foi realizada a implantação de uma rede real sinérgica de baixa tensão e de média tensão. A Figura 6 apresenta alguns momentos da implantação da rede de baixa tensão.

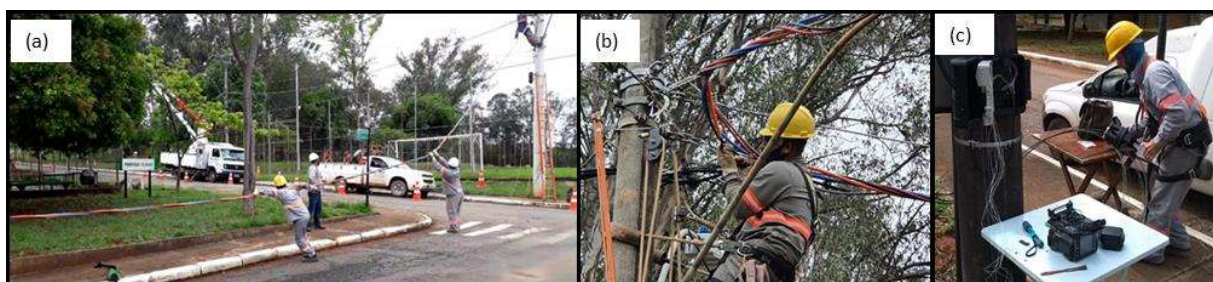


Figura 6 - (a) Puxamento do cabo multiplexado - (b) passagem do cabo óptico - (c) realização das emendas ópticas

A instalação da média tensão pode ser dividida em 3 partes: instalação do cabo OPDC, instalação das muflas ópticas e instalação das caixas de emendas suportadas por isolador. Para permitir a troca dos cabos convencionais por OPDC foi necessário substituir alguns postes do campus da UniverCemig. A Figura 7(a) mostra a realização da troca de postes e a Figura 7(b) mostra o lançamento do cabo OPDC.

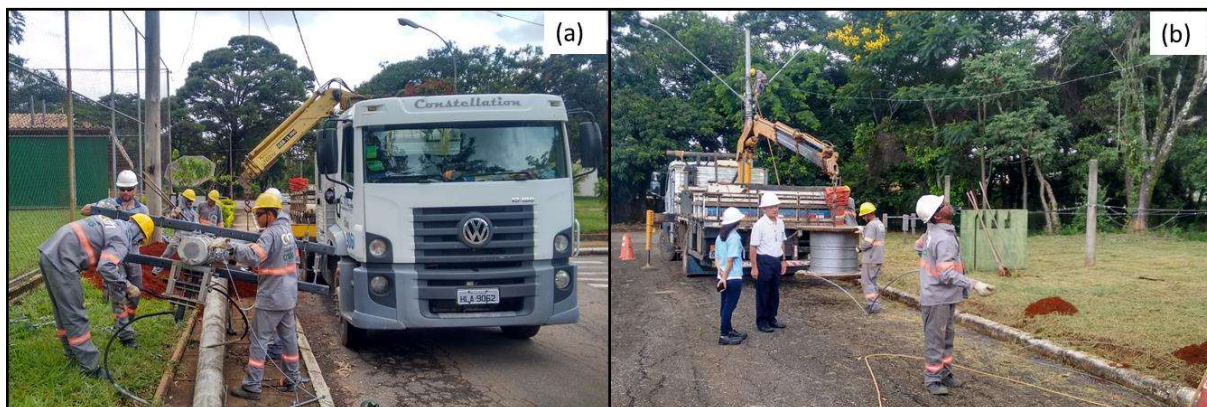


Figura 7 - (a) substituição de poste - (b) lançamento do cabo OPDC na MT.

Na instalação da mufla óptica é necessário tirar da ponta do cabo OPDC aproximadamente 7 m das proteções (tontos e tubo de aço inox) deixando somente as fibras ópticas, e após a passagem das fibras ópticas no interior da mufla e fixação do cabo OPDC na mufla é necessário preencher o seu núcleo com silicone especial, reestabelecendo sua condição dielétrica. A Figura 8 apresenta detalhes da instalação da mufla óptica.

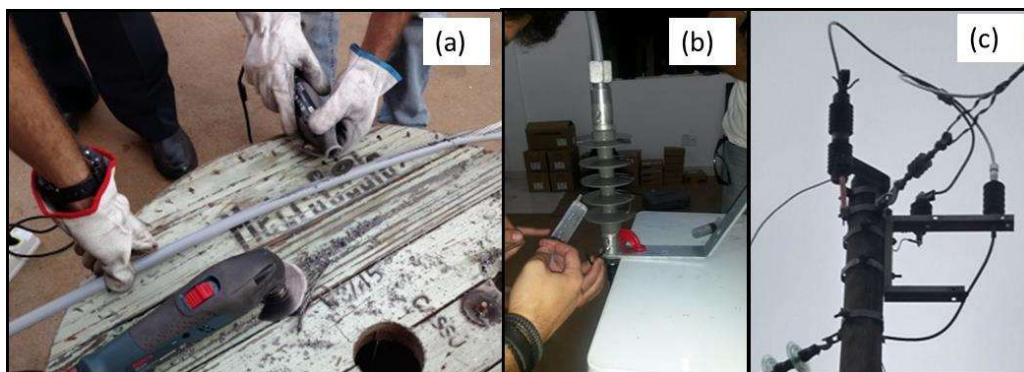


Figura 8 - (a) retirada das proteções do cabo - (b) Preenchimento do núcleo do isolador – (c) mufla fixada no poste

A instalação da caixa de emenda óptica é diferente da instalação da mufla óptica, nela não é necessária uma abertura de alguns metros das proteções das fibras ópticas, nem do preenchimento do núcleo do isolador em campo, pois isso já vem de fábrica. Porém é necessário realizar as emendas ópticas no momento da instalação da caixa que é diferente da mufla, onde as emendas ópticas podem ser realizadas posteriormente. A Figura 9 apresenta alguns detalhes da instalação da caixa de emenda óptica suportada por isolador.

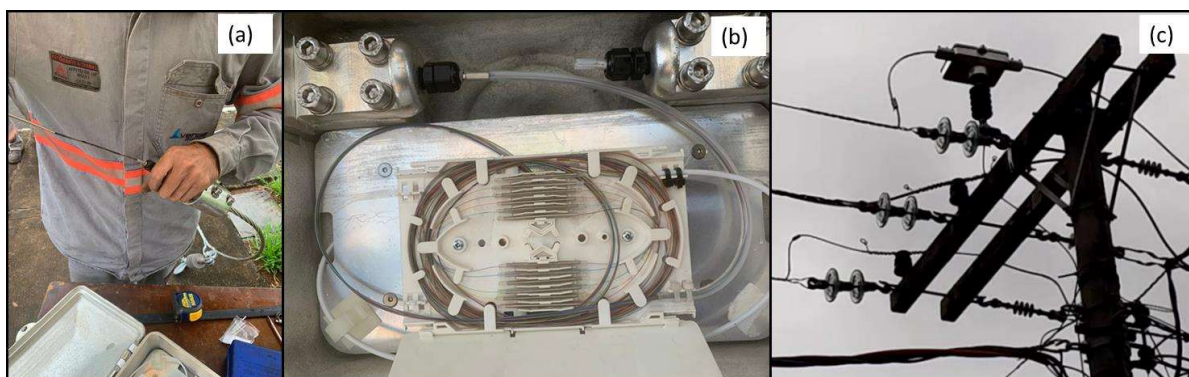


Figura 9 - (a) retirada do tubo de aço inox - (b) realização das emendas ópticas – (c) caixa fixada no poste

Para testar e potencializar os resultados do projeto foram instaladas algumas aplicações utilizando as fibras ópticas da RS, tais como: câmeras de vídeo monitoramento, sensores de qualidade de energia (12), acess point, sistema de monitoramento óptico de intrusões, denominado Fence Lite e um sistema de supervisão da rede óptica. A Figura 10 apresenta algumas dessas aplicações.

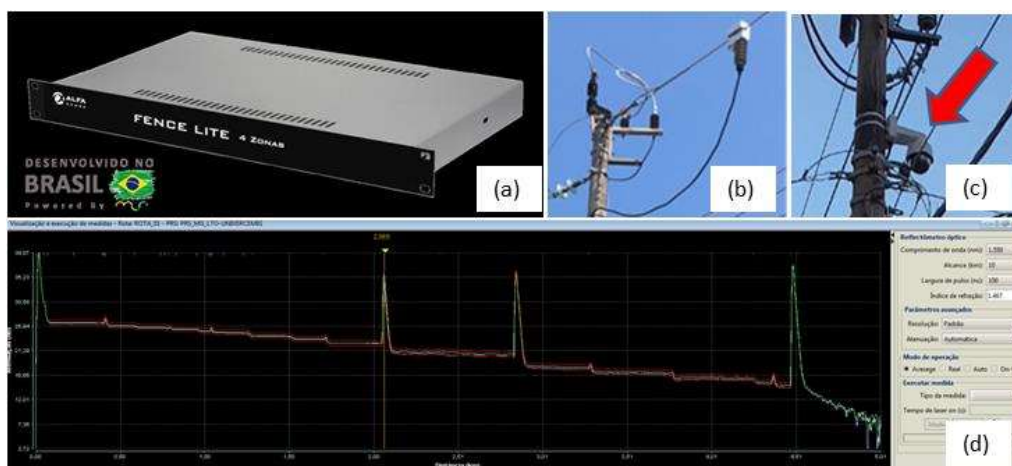


Figura 10 - (a) sistema de monitoramento de perímetro - (b) sensor óptico de qualidade de energia – (c) câmera de vídeo monitoramento – (d) SRO - sistema de supervisão óptica

5.0 - PRINCIPAIS RESULTADOS

Como resultado de maior impacto para a sociedade é a capacidade da topologia RS de transformar a poluição visual das RDEEs em operação, conforme mostra a Figura 11(a), para topologia mostrada na Figura 11(b).

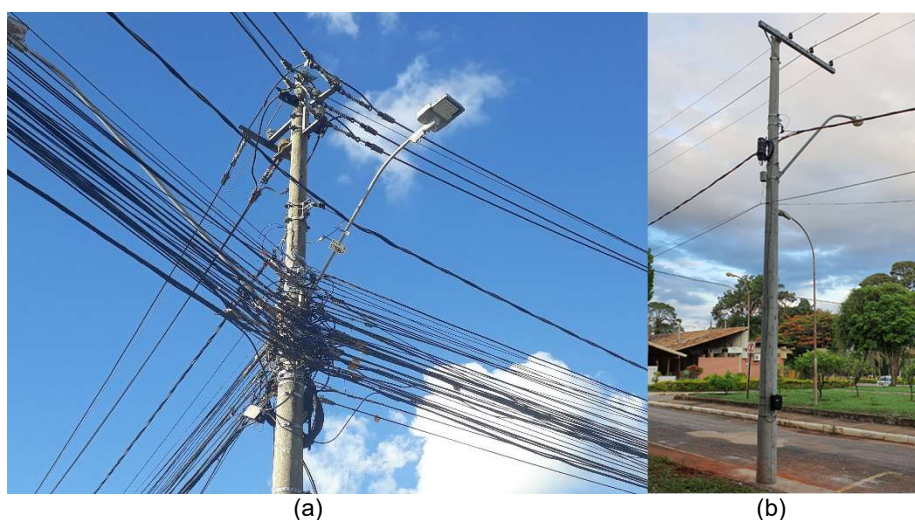


Figura 11 - (a) topologia de RDEEs em bairro nobre de Belo Horizonte/MG, e (b) nova topologia da RS em testes na UniverCemig

E como resultado de maior impacto sistêmico para smargrid é a característica da RS ser cabeada em fibras ópticas em rede fechada, o que torna muito difícil acesso indevido ou ataque cibernético junto aos dados operativos das RDEEs em operação no campo, conforme mostra a Figura 12. Para ter acesso a RS é necessário ter acesso físico das terminações ópticas das fibras ópticas, o que torna a RS muito mais, robusta e segura, em relação a esse problema crônico da segurança cibernética em smartgrid.

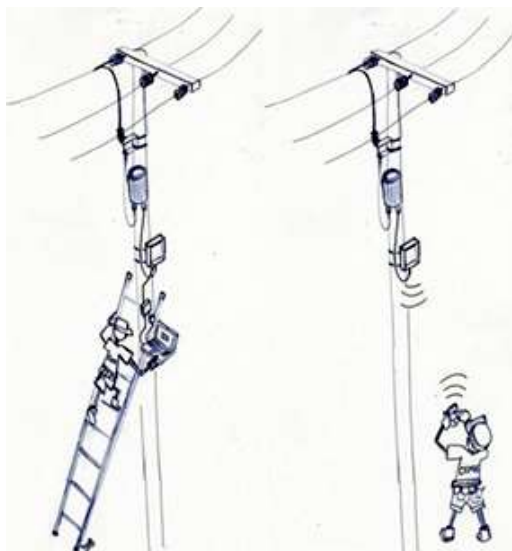


Figura 12 – Representação didática entre o acesso das redes de dados cabeadas X redes wireless

6.0 - CONCLUSÃO

Este artigo mostrou o conceito de RS apresentando os diversos elementos desenvolvidos, tanto para a média quanto para a baixa tensão. A aplicabilidade foi demonstrada com a implantação de uma rede piloto na UniverCemig, em Sete Lagoas – MG, que foi especialmente montada para a demonstração deste conceito e validação dos elementos desenvolvidos. Apesar do conceito de redes sinérgicas se aplicar para toda a planta elétrica, desde a geração, transmissão e distribuição, neste artigo pretendeu-se demonstrar a aplicação do conceito para redes de distribuição de energia de média e baixa tensão.

A RS está instalada na Univercemig e operacional há mais de 4 anos, sem nenhum registro de defeito até então, mostrando que este tipo de solução é robusta e confiável para ser instalada no ambiente das redes elétricas inteligentes. Vale ressaltar que de acordo com a demanda de fibras ópticas, custo investimento e plano de negócio, pode-se trocar apenas o condutor de uma fase da média tensão pelo cabo OPDC, no entanto, a equipe de engenharia deve manter os esforços distribuído igualmente. Para isto, o projeto do cabo OPDC manteve as características elétricas e mecânicas similares aos cabos convencionais existentes.

A presença de fibras ópticas, juntas aos condutores de energia elétrica, abre novas função para as rede de distribuição, como compartilhamento de infraestrutura com redução drástica da poluição visual e de ruído de RF nos postes, melhoria no monitoramento amplo das redes de distribuição e dos seus diversos equipamentos de proteção, manobra e medição, reduz tentativas dos furtos de cabos pelo uso de cabos híbridos, que tendem a dificultar o seu comercio clandestino desses furtos, monitorar a tentativa de acesso indevido aos ativos de distribuição, melhoria na automação das redes, o maior número de fibras ópticas para comunicação de dados em banda larga pode também oferecer pontos de acesso à rede corporativa para as equipes de O&M nos pontos remotos da RDEE e outras tantas possibilidades a serem desenvolvidas.

Principalmente, para a tecnologia RS estar em operação comercial, é fundamental desenvolver os estudos, com base em aplicações comerciais, para realizar a validação funcional das normas e procedimentos que deverão ser desenvolvidos e/ou adaptados. Devem ser desenvolvidos novos padrões e novos métodos de planejamento, projeto, construção, operação e manutenção da RS.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Nascimento, C.A.M., Penze, R.S., Floridia, C., Rosolem, J.B., Hortencio, C.A., Dini, D.C., Elias K. Tomiyama, E.K. 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.
- (2) Nascimento, C.A.M., Vítor F. Coelho, V.F., Obara, L.S., Yoshida, F.T., Dellallibera, A., Hortencio, C.A., Aires, B.N., Rosolem, J.B., Dini, D.C., Aguiar, J.G.D., Peres, R., Floridia, C., Penze, R.S., João Paulo V. Fracarolli, J.P.V. Desenvolvimento da Rede Sinérgica Experimental utilizando Cabos Condutores de Energia Elétrica com Fibras Ópticas Integradas; IX CITENEL Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica, agosto de 2017; João Pessoa -PB.

(3) Projeto P&D 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) Projeto P&D EMBRAPII (PCPqD 15070004.00), Cabos com fibras ópticas integradas – OPDC; FURUKAWA do Brasil S/A; Entidade executora: Unidade Embrapii CPqD; 2015.

(5) Projeto P&D ANEEL / CEMIG D0613, CEMIG D566 Continuidade Fase II: Desenvolvimento de redes sinérgicas para aplicações em redes de distribuição de energia; CEMIG Distribuição S/A; Entidade executora: CPqD e Balestro; 2018.

(6) INVESTIMENTOS E AUMENTO DA DEMANDA, MAS COM PRESSÃO NOS CUSTOS. Telesíntese, 2021. Disponível em: < <https://www.telesintese.com.br/investimentos-e-aumento-da-demanda-mas-com-pressao-nos-custos/>>. Acesso em: 09 setembro 2021.

(7) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cabos de alumínio nus com alma de aço zincado para linhas aéreas Especificação - ABNT NBR 7270. Brasil.

(8) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cabos de alumínio para linhas aéreas Especificação - ABNT NBR 7271. Brasil.

(9) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cabos de liga alumínio-magnésio-silício, nus, para linhas aéreas Especificação - ABNT NBR 10298. Brasil.

(10) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cabos de fios de aço revestido de alumínio, nus, para linhas aéreas Especificação - ABNT NBR 10712. Brasil.

(11) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cabos para-raios com fibras ópticas (OPGW) para linhas aéreas de transmissão - Requisitos e métodos de ensaio - ABNT NBR 14074. Brasil.

(12) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cabos de potência multiplexados autossustentados com isolamento extrudada de PE ou XLPE, para tensões até 0,6/1 kV - Requisitos de desempenho - ABNT NBR 8182. Brasil.

(13) Bassan, F., Rosolem, J.B., Floridia, C., Aires, B., Peres, R., Aprea, J., Nascimento, C.A.M., Fruett, F. Power-over-Fiber Smart Sensor Fully-Connected in a Hybrid Fiber/Power Distribution Cable; The 3rd Optical Wireless and Fiber Power Transmission Conference (OWPT2021); Online; Japan; Apr. 19 - 22, 2021.

DADOS BIOGRÁFICOS



EDUARDO FERREIRA DA COSTA Possui doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas. Atualmente é engenheiro da Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em circuitos eletrônicos e optoeletrônicos, atuando principalmente nos seguintes temas: óptica, fibra óptica, sensores a fibra óptica, Smart Grid, Power Line Communications (PLC) e telecomunicações em geral. Tem atuado como pesquisador e coordenador de projetos de P&D para o Setor Elétrico.

(2) BRUNO NOGUEIRA AIRES Possui graduação em Engenharia de Telecomunicações pelo Instituto Nacional de Telecomunicações (2012). Atualmente trabalha na Fundação CPqD desde 2011. Tem experiência na área de infraestrutura de Redes Ópticas, atuando em projetos de relacionados a cabos com fibras ópticas e acessórios. Participou do desenvolvimento de microcabos ópticos, com participação em fóruns para a especificação de requisitos e elaboração de normas técnicas. Desenvolve trabalhos de pesquisa e coordenação em projetos do setor elétrico no desenvolvimento de sistema com cabos condutores com fibras ópticas integradas e sensores ópticos para monitoramento de barragens. Atua também no laboratório de certificação de cabos ópticos e acessórios.

(3) SILVIO LUIZ MIRANDA BRITO Graduado em Materiais, Processos e Componentes Eletrônicos pela Faculdade de Tecnologia de São Paulo (1998), Mestrado em Engenharia de Materiais pela Universidade de São Paulo (2003) e Doutorado em Engenharia de Materiais pela Universidade de São Paulo (2009). Colaborador e pesquisador na Indústria Eletromecânica Balestro Ltda, atuando como responsável Químico, controles de Matérias Primas e Processos, Pesquisa e Desenvolvimento de novos produtos aplicados ao setor elétrico principalmente em Para-Raios e Isoladores de Distribuição e Transmissão de Energia. Tem experiência na área de Engenharia de

Materiais, ênfase em Cerâmicos, atuando principalmente nos seguintes temas: Varistores, Dispersões Cerâmicas, Síntese de Materiais Cerâmicos.

(4) JOÃO BATISTA ROSOLEM Concluiu o doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo em 2005. Atualmente é pesquisador do CPQD. É líder técnico do laboratório LSMO (Laboratório de Sensoriamento e Monitoração Óptica) do CPQD. Suas áreas de atuação em sensoriamento são: dispositivos de fibras ópticas, sensores de fibra óptica, sensores para sistemas de energia Elétrica. Desde 2020 coordena o grupo de trabalho Low Power Instrument Transformers (LPIT) do CIGRE Brasil. É bolsista de Produtividade e Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora do CNPq - Nível 1D. Em 2021 foi nomeado como Embaixador do CPQD.

(5) CARLOS ALEXANDRE MEIRELES DO NASCIMENTO Engenheiro de TECNOLOGIA da Cemig D. Doutor em Engenharia Elétrica pela UFMG (2009), com graduação e mestrado em engenharia mecânica. Experiência em Engenharia de Energia Elétrica, com ênfase em Inovações, atuando: monitoramento de ativos GTD, projetos de linhas e redes, ampacidade, fibras ópticas, condutores especiais, supercondutores. Atua nos estudos de tecnologias emergentes, tais como: Energias Alternativas; Hidrogênio; Robótica Aplicada; Digitalização; Redes Inteligentes e Eletrificação. Premiação: Prêmio Cigre Internacional Distinguished Member Awards 2020; Paper Award Japão 2021 em Tecnologias Ópticas; 1º. Prêmio Mineiro de Inovações e outros prêmios internacionais e nacionais. Possui 15 registros de patentes, marcas e softwares no INPI.

(6) ADRIANO APARECIDO DELLALLIBERA Nasceu em 1963 em São Paulo, SP. Formado em Eletrotécnica, trabalha desde 1985 na Indústria Eletromecânica Balestro, nos departamentos de engenharia e no laboratório de alta tensão. Ao longo de sua carreira esteve envolvido com design de equipamentos, ensaios de alta tensão e cases de aplicação de para-raios e isoladores. Atualmente trabalha focado em novas tecnologias e engenharia de aplicação. Ele é atualmente coordenador da comissão de Estudos de Para-raios da ABNT, membro do Cigré desde 2001 e membro brasileiro na TC 37 (Surge Arresters) da IEC.