

GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO - GDI

NOVOS MERCADOS PARA COMPARTILHAMENTO MÚTUO DE INFRAESTRUTURA DE ENERGIA ELÉTRICA E DE DADOS EM FIBRAS ÓPTICAS

MARIA SILVINA MEDRANO(1); ERICO PAZ DA SILVA ERICO(1); BRUNO NOGUEIRA AIRES(1); EDUARDO FERREIRA DA COSTA(1); CARLOS ALEXANDRE MEIRELES DO NASCIMENTO(2)
CPQD(1); CEMIG(2)

RESUMO

Apresenta-se um estudo da análise de modelos de exploração das redes sinérgicas no uso mútuo, em distribuição de energia e como meio de automação e telecomunicações, levando-se em conta o impacto econômico no negócio das empresas. São considerados dois macros cenários de análise. No primeiro deles, admite-se que a concessionária de distribuição de energia elétrica se utiliza dos ativos implantados para modernizar sua planta, visando ganhos na sua própria operação, sendo a rede de fibras ópticas empregada apenas para serviços relacionados ao provimento de energia elétrica. No segundo, o excedente de fibras ópticas utilizado para oferecer outros serviços ao mercado.

PALAVRAS-CHAVE

Redes Sinérgicas; cabo condutor com fibras ópticas; rede de distribuição de energia; fibras ópticas; modelo de exploração.

1.0 - INTRODUÇÃO

A rede sinérgica de distribuição consiste de uma nova tecnologia de cabos metálicos com fibras ópticas (Optical Distribution Cable – OPDC) integrados às redes de distribuição de energia elétrica (RDEE), destinados à aplicação convencional do serviço de distribuição de energia e, agora, agregando aplicações de telecomunicações, automação e sensoramento. O desenvolvimento dessas redes foi objeto de um portfólio ambicioso de projetos de P&D por mais de 10 anos de desenvolvimento (2), (3) (4) e (5). As redes sinérgicas procuram explorar características particulares das redes de infraestrutura de telecomunicações e de energia elétrica implantadas no Brasil, predominantemente aéreas. Esse aspecto tornou-se particularmente importante após a privatização do setor de telecomunicações, que levou à proliferação de novos prestadores de serviços de telecomunicações. Isso, combinado com a alta concentração de clientes em regiões mais populosas, leva a um cenário de saturação e desorganização do espaço destinado ao compartilhamento dessa infraestrutura.

Assim, soluções baseadas em redes sinérgicas surgem como uma alternativa economicamente viável para atender às demandas de *smart grid* da RDEE e dos provedores de infraestrutura de telecomunicações em banda larga por oferecer mais uma opção de cabeamento estruturado por meio das suas fibras ópticas. Além disso, a redução da poluição visual provocada pelo aglomerado de condutores dos diversos provedores é um benefício adicional do conceito e plataforma da Rede Sinérgica. Nesse contexto, este trabalho apresenta um estudo da análise de modelos de exploração das redes sinérgicas para o uso mútuo, em distribuição de energia e o como meio de automação e telecomunicações, levando-se em conta o impacto econômico no negócio das empresas, à luz da regulamentação vigente.

São considerados dois macro cenários de análise. No primeiro deles, admite-se que a concessionária de distribuição de energia elétrica (CDEE) se utiliza dos ativos implantados para modernizar sua planta, visando ganhos na sua própria operação. Assim, a rede de fibras ópticas é utilizada apenas para a realização de serviços diretamente relacionados ao provimento da digitalização dos ativos de distribuição de energia elétrica. No segundo macro cenário, difere do primeiro quando houver disponibilidade de fibras ópticas, estas são utilizadas para oferecer outros serviços ao mercado, como por exemplo, praticar a modicidade tarifária pelas CDEEs por meio do aluguel dessas fibras sobressalentes para as prestadoras de telecomunicações e/ou provedores de internet.

Para cada macro cenário considera-se a instalação da rede sinérgica na média (MT) e na baixa tensões (BT) na área urbana e na MT na área rural. Ainda, admite-se que a RDEE pode estar totalmente depreciada (ou não existente) ou não e da combinação dessas possibilidades, para cada macro cenário, resultam, quatro cenários. Uma análise comparativa desses cenários é realizada tomando como referência os custos associados às RDEE e de redes de fibras ópticas convencionais. Finalmente, uma análise de sensibilidade é realizada visando avaliar quais custos têm maior impacto nos resultados do modelo. O presente artigo encontra-se organizado da seguinte

forma: na seção 2 são mostrados os cenários de exploração das redes sinérgicas; nas seções 3 e 4 são descritos o modelo de valoração dos cenários escolhidos, os resultados obtidos e suas análises; a seção 5 explicita algumas conclusões e considerações finais, e por fim, na seção 6 as referências bibliográficas.

2.0 - MOTIVAÇÃO

Um dos focos principais de motivação e inovação do conceito das Redes Sinérgicas surgiu pela oportunidade de incentivar a sinergia entre o setor elétrico e as empresas de redes de comunicação de dados, em banda larga. Historicamente, conforme mostra a FIGURA 1(a) NY-EUA-1880, o problema de compartilhamento de cabos, de energia e telecomunicações, nos postes das grandes cidades já perdura por mais de 100 anos (1). Nesse mesmo contexto, a FIGURA 1(b) mostra a mesma imagem de um poste da Cemig D poluído com diversos cabos, em região nobre de Belo Horizonte-MG. Assim, o uso mútuo dos ativos e a coexistência não é harmoniosa até então entre os setores de energia e de telecomunicações. Para reverter essa tendência desorganizada dos postes que o conceito da Rede Sinérgica foi desenvolvido, conforme mostra a FIGURA 1(c) um trecho do projeto piloto na UniverCemig - Sete Lagoas-MG. Vale destacar a despoluição do poste causada pela nova forma de instalação dos cabos de energia elétrica e de dados, com as fibras ópticas integradas em sinergia.

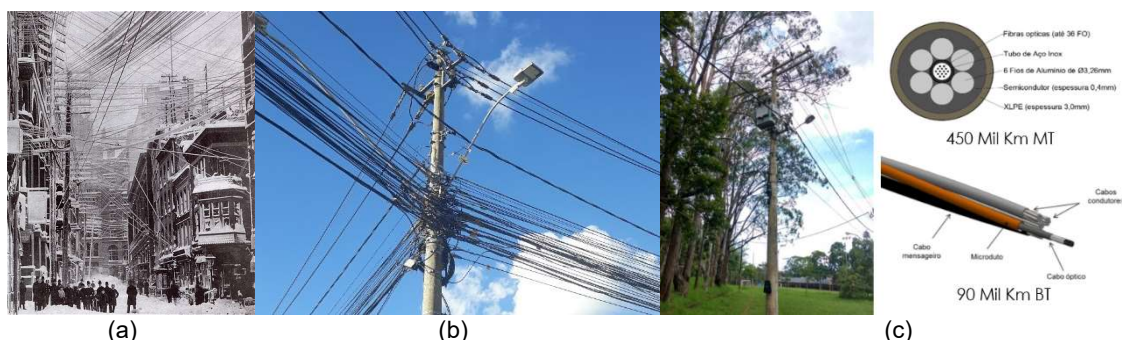


FIGURA 1 - Uma visão crítica do conceito das Redes Sinérgicas: (a) o problema antigo do compartilhamento dos cabos nos postes, (b) o problema compartilhamento persiste e (c) a nova topologia proposta para Redes Sinérgicas em testes na UniverCemig.

3.0 - CENÁRIOS ANALISADOS

Uma forma de explorar a alteração da topologia de RDEE é por meio da análise de possíveis modelos de exploração das redes sinérgica para o uso em automação e/ou telecomunicações. Isso é apresentado neste artigo a partir do detalhamento de dois macro cenários descritos nas seções 3.1 e 3.2. Na seção 3.3, ressaltam-se as diferenças entre os macro cenários e são apresentados os quatro cenários que derivam de cada um deles.

3.1 - Macro cenário 1: Uso próprio pela concessionária de distribuição de energia elétrica

Neste macro cenário, considera-se que a concessionária de distribuição de energia elétrica (CDEE) se utiliza dos ativos implantados para modernizar sua planta, visando ganhos na sua própria operação. Em outras palavras, a CDEE utiliza a rede de fibras ópticas apenas para a realização de serviços diretamente relacionados ao provimento de distribuição de energia elétrica e, quando houver disponibilidade técnica, esta não é utilizada para oferecer serviços ao mercado. Por essa razão, a operação da rede de telecomunicações é também de responsabilidade da concessionária e, conseqüentemente, é ela que arca com os custos de operação e manutenção (O&M) em uma plataforma de comunicação robusta "smart grid óptico" para as RDEEs.

Os ganhos deste macro cenário derivam da recuperação dos investimentos realizados por meio da tarifa de distribuição de energia. Cabe ressaltar, entretanto, que para que isso seja viável é necessário que o órgão regulador reconheça que tais investimentos são justificáveis no âmbito do serviço concedido, ou seja, a implantação da solução traria ganhos cujo custeio via tarifa seria plenamente justificável ser repassado à base de usuários. Além disso, espera-se com a digitalização das RDEEs melhora nos indicadores de continuidade estabelecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), como a "Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora" (DEC) e a "Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora" (FEC), uma vez que as redes de fibras ópticas são mais confiáveis do que outras redes, tais como, GPRS¹, satélite e rádio enlaces. Com isso, haveria uma redução das compensações pagas aos usuários devido à transgressão dos limites desses indicadores, o que representa um ganho econômico para a distribuidora de energia elétrica.

3.2 - Macro cenário 2: Uso próprio pela CDEE e compartilhamento do excedente

Este macro cenário é muito semelhante ao macro cenário 1, em que a rede sinérgica é utilizada para a realização de serviços diretamente relacionados à distribuição de energia elétrica. Entretanto, em havendo disponibilidade

¹ General Packet Radio Services

técnica, ou seja, fibras ópticas sem utilização para o *smartgrid* das RDEEs, estas fibras são utilizadas para o provimento de serviços de dados em banda larga ao mercado por terceiros. Outra diferença fundamental é que a operação da infraestrutura de telecomunicações (modems, roteadores, *switches*, entre outros) é de responsabilidade da(s) empresa(s) terceira(s), que provê(em) serviços ao mercado. Consequentemente, os custos de O&M da rede de telecomunicações recaem sobre essa(s) empresa(s). Entretanto, a manutenção do cabo óptico com fibra integrada e dos pontos de acesso é atribuição da distribuidora, dado que são disponibilizados por ela.

Os ganhos deste macro cenário 2 também derivam da recuperação dos investimentos prudentes realizados por meio da tarifa de distribuição de energia e da melhoria nos indicadores de continuidade. Além desses dois benefícios, que igualmente aparecem no macro cenário 1, a concessionária de distribuição de energia elétrica teria ganho com as receitas advindas do compartilhamento do excedente de fibras ópticas por meio das quais seriam oferecidos serviços de telecomunicações ao mercado. Deve-se considerar, entretanto, que um percentual dessas receitas deve ser destinado à modicidade tarifária, como exposto na seção 4.

3.3 - Comparação entre os macro cenários

Como já mencionado, os macro cenários considerados nesta análise apresentam semelhanças e diferenças, que estão destacadas na FIGURA 2. Por simplificação, o macro cenário 1 é denominado “Fibra dedicada”, enquanto que ao macro cenário 2 atribui-se o nome “Fibra compartilhada”.

Macrocenário 1 “Fibra dedicada”	Macrocenário 2 “Fibra compartilhada”
<ul style="list-style-type: none"> A CDEE é proprietária da rede de telecomunicações (F.O.): <ul style="list-style-type: none"> Utilizada para realizar serviços diretamente relacionados ao provimento de distribuição de EE É a responsável pela sua O&M (ou seja, arca com esses custos) A disponibilidade técnica da rede <u>não é utilizada</u> para oferecer serviços ao mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> A CDEE é proprietária da rede de telecomunicações (F.O.): <ul style="list-style-type: none"> Utilizada para realizar serviços diretamente relacionados ao provimento de distribuição de EE A manutenção é de responsabilidade da CDEE (disponibiliza os pontos de acesso) Toda a infraestrutura de telecomunicações é de responsabilidade de uma empresa terceira A disponibilidade técnica da rede <u>é utilizada</u> para oferecer serviços ao mercado.
<ul style="list-style-type: none"> Principais benefícios: <ul style="list-style-type: none"> Recuperação dos investimentos na tarifa de energia (Aneel - investimento prudente) Redução das compensações dos indicadores de continuidade 	<ul style="list-style-type: none"> Principais Benefícios: <ul style="list-style-type: none"> Recuperação dos investimentos na tarifa de energia (Aneel - investimento prudente) Redução das compensações dos indicadores de continuidade Receitas advindas do compartilhamento do excedente de fibras

FIGURA 2 - Comparação dos macro cenários

As topologias das redes sinérgicas podem ser instaladas tanto na MT quanto na BT. Por essa razão, para cada um dos macro cenários, analisam-se as redes sinérgicas instaladas na MT ou na BT para a área urbana. Para as áreas rurais admite-se apenas a MT, podendo ser trifásica ou monofásica. Outro aspecto importante a ser considerado é referente à RDEE existente estar ou não totalmente depreciada. Neste último caso, existem custos de remoção da rede não depreciada. Logo, resultam dessas considerações quatro cenários segmentados a serem analisados, tais como:

- Rede sinérgica instalada na MT nas áreas, urbana e rural;
 - ✓ RDEE totalmente depreciada (ou não existente);
 - ✓ RDEE existente e não totalmente depreciada;
- Rede sinérgica instalada na BT na área urbana e na MT na área rural.
 - ✓ RDEE totalmente depreciada (ou não existente);
 - ✓ RDEE existente e não totalmente depreciada.

Assim, esses cenários são comparados com as tecnologias convencionais, ou seja, uma RDEE convencional e uma rede de fibras ópticas independentes, e que utilizam a área compartilhada dos postes, sendo que as condições da RDEE (totalmente depreciada ou não) devem ser as mesmas, como ilustra a FIGURA 3. Como os macro cenários diferem apenas em relação aos benefícios (receitas advindas do compartilhamento das fibras ópticas), inicialmente se faz a comparação do macro cenário 1 com os cenários de RDEEs convencionais (RDEE e rede de fibras ópticas na área compartilhada do poste) e, posteriormente, entre os macro cenários 1 e 2.

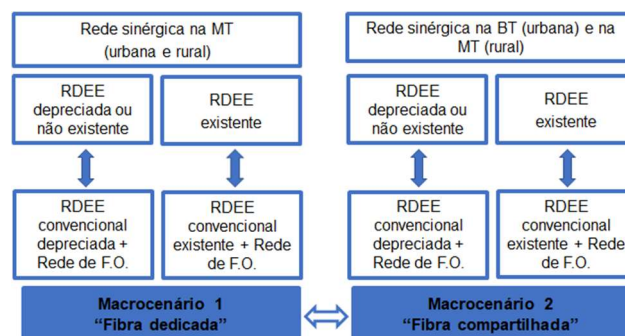


FIGURA 3 - Comparação dos cenários de redes sinérgicas e redes convencionais

4.0 - MODELO DE VALORAÇÃO DOS CENÁRIOS PROPOSTOS

Nesta seção, é apresentado o modelo de valoração dos benefícios econômicos da substituição das RDEEs convencionais pelas redes sinérgicas, cujos resultados são expressos pela economia gerada por essa remodelação em um horizonte de planejamento definido, representada pelo Valor Presente Líquido (VPL). A quantificação dessa economia pressupõe também o estabelecimento de um conjunto de premissas financeiras sobre os custos das redes sinérgicas (incluindo custos de instalação e O&M) bem como, no caso do macro cenário 2, da receita adicional pela demanda por serviços de telecomunicações nas regiões onde as redes sinérgicas forem implantadas. De forma esquemática, supõe-se que o modelo de valoração dos cenários propostos é composto de forma simplificada por três passos indicados na FIGURA 4. Cada um desses passos e as premissas admitidas são detalhados a seguir.

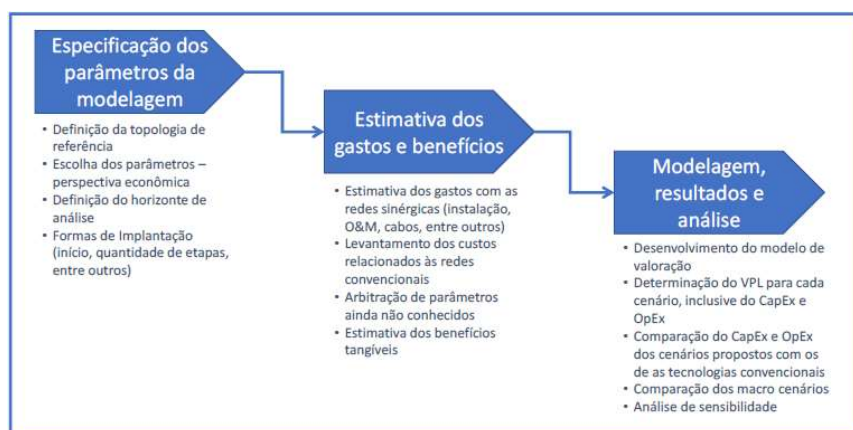


FIGURA 4 - Passos do modelo de valoração dos cenários propostos

4.1 - Passo 1 - Especificação dos parâmetros de modelagem

Nesta seção são apresentados os parâmetros técnico-econômicos adotados no modelo de valoração das redes sinérgicas. Um deles é a taxa de desconto utilizada no cálculo do Valor Presente Líquido (VPL). Admite-se que é a taxa regulatória de remuneração de capital (*Weighted Average Cost of Capital* - WACC) publicada pela Aneel em março de 2020 (6). Outro parâmetro importante é o horizonte de análise que é a janela de tempo no qual se analisam os cenários de implantação das redes sinérgicas.

Sobre as receitas brutas deve-se considerar a incidência de: Imposto sobre a Circulação de Mercadorias (ICMS), Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações (Fust), Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações (Funntel) e Programa de Integração Social (PIS/Pasep). Além disso, um percentual da receita bruta é revertido para a Modicidade tarifária, conforme o Sub-módulo 2.7 – Outras receitas da Aneel (7). Outro fator importante a ser considerado no modelo é o comprimento da rede de distribuição em análise. Além disso, como alguns custos que dependem da extensão da rede podem ser distintos nas áreas urbanas e rurais é necessário separa-los em duas parcelas: comprimento em área rural e comprimento em área urbana.

O modelo considera a possibilidade de implantar as redes sinérgicas em etapas uniformemente distribuídas ao longo do horizonte de análise. Ainda, é possível para as áreas urbanas e rurais substituir apenas um percentual das redes convencionais. As vidas úteis dos equipamentos e cabos tanto das redes sinérgicas quanto das redes convencionais devem ser consideradas para substituir equipamentos e cabos depreciados dentro do horizonte de análise. A seguir, um resumo dos valores admitidos para os parâmetros técnico econômicos. São eles:

- Indicadores econômicos:

- Taxa de retorno: 7,32%
- Horizonte de análise: são considerados dois valores 15 e 28 anos.
- Impostos sobre a receita bruta:
 - ICMS – 18% (MG)
 - FUST – 1%
 - Funttel – 0,5%
 - PIS/Pasep – 3,65%
 - Modicidade tarifária – 30%
- Rede de referência estimada: Santa Rita do Sapucaí - MG
 - Área urbana: 67 km – obtida a partir da multiplicação do comprimento total de rede da Cemig em área urbana no município de Santa Rita do Sapucaí – MG;
 - Área rural: 254 km – obtida a partir da multiplicação do comprimento total de rede da Cemig em área rural no município de Santa Rita do Sapucaí - MG.
- Vida útil dos cabos, mufas ópticas e caixas de emendas: 28 anos.

4.2 - Passo 2 - Estimativa dos gastos e benefícios

O segundo passo do modelo de valoração dos cenários propostos consiste na estimativa dos gastos envolvidos na implantação das redes sinérgicas e os benefícios tangíveis, tais como, redução das compensações pagas pela Cemig e receitas advindas da disponibilização do excedente de fibras ópticas para o mercado (apenas para o macro cenário 2 – “Fibra compartilhada”). É importante destacar que a implantação das redes sinérgicas na BT e MT envolvem atividades diferentes e, portanto, os correspondentes custos são distintos. Já os benefícios econômicos decorrentes das receitas advindas do compartilhamento do excedente de fibras ópticas aplicam-se apenas ao macro cenário 2 – “Fibra compartilhada”, como mostrado na FIGURA 5.

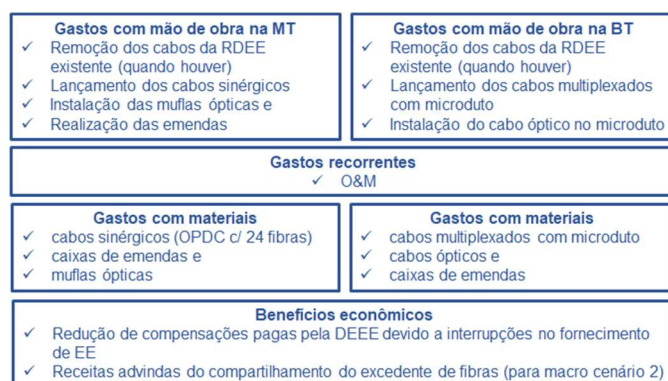


FIGURA 5 - Gastos com mão de obra e materiais para implantação de redes sinérgicas MT e BT

Para a determinação dos gastos envolvidos na implantação das redes sinérgicas, adota-se a estratégia de estimá-los a partir de custos conhecidos referentes às RDEE com uso de redes de fibras ópticas convencionais, estabelecendo algumas premissas para isso. Inicialmente, levantaram-se os custos relativos à implantação de RDEE e das redes ópticas convencionais, com fornecedores dessas duas redes em separado. De posse desses custos, estabeleceram-se algumas premissas para a obtenção dos custos relativos às redes sinérgicas. Com relação aos benefícios, admite-se uma economia de 20% no valor das compensações pagas pela Cemig em função da interrupção do fornecimento de energia. Além disso, estima-se que sejam disponibilizadas 10 fibras ópticas para o mercado de dados, somente na área urbana. Finalmente, admite-se que os custos de O&M e instalação na MT para as redes sinérgicas representam 60% da soma dos custos de O&M das redes RDEE e redes ópticas convencionais separadas.

4.3 - Passo 3 - Modelagem, resultados e análises

De posse de todos os gastos e benefícios estabelecidos para cada um dos cenários, é possível determinar o VPL de cada um, seja daqueles que envolvem as redes sinérgicas, bem como as comparações com as RDEEs convencionais. Para isso, é necessário verificar em qual instante de tempo no horizonte de análise os gastos e benefícios ocorrem. Para poder compará-los é preciso trazê-los a valor presente utilizando a taxa de retorno estipulada. Genericamente, se b_t e g_t representam a soma dos benefícios e gastos em um determinado ano t , respectivamente, e j a taxa de retorno, o VPL é dado pela expressão:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{b_t - g_t}{(1 + j)^t}$$

em que, n indica o horizonte de planejamento.

5.0 - RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISE

Para a avaliação da viabilidade das redes sinérgicas dos macro cenários 1 e 2 considerados, foram elaborados dois estudos de caso utilizando a RDEE do município de Santa Rita do Sapucaí – MG, que tem a concessão da Cemig D, e cuja extensão estimada consta na seção 4.1. Em ambos considera-se que as RDEEs são instaladas em uma única etapa, ou seja, no ano 1 do horizonte de análise e, a título de comparação, são analisados dois horizontes de planejamento: 15 e 28 anos.

Assim, para os cenários com a RDEE existente, admite-se:

- Estudo de caso 1: substituição de 100% da RDEE nas áreas urbana e rural
- Estudo de caso 2: substituição de 100% da RDEE na área urbana

E para os cenários com a RDEE depreciada, considera-se os mesmos casos:

- Estudo de caso 1: instalação de 100% da RDEE nas áreas urbana e rural
- Estudo de caso 2: instalação de 100% da RDEE na área urbana

5.1 - Estudo de caso 1 - instalação de 100% da RDEE sinérgica

A FIGURA 6(a) mostra a comparação dos VPLs do Estudo de caso 1 – “substituição da RDEE nas áreas urbana e rural” dos 4 cenários referentes ao macro cenário 1 – “Fibra dedicada” para o horizonte de análise de 15 anos. Já a FIGURA 6(b) apresenta o mesmo para o horizonte de 28 anos.

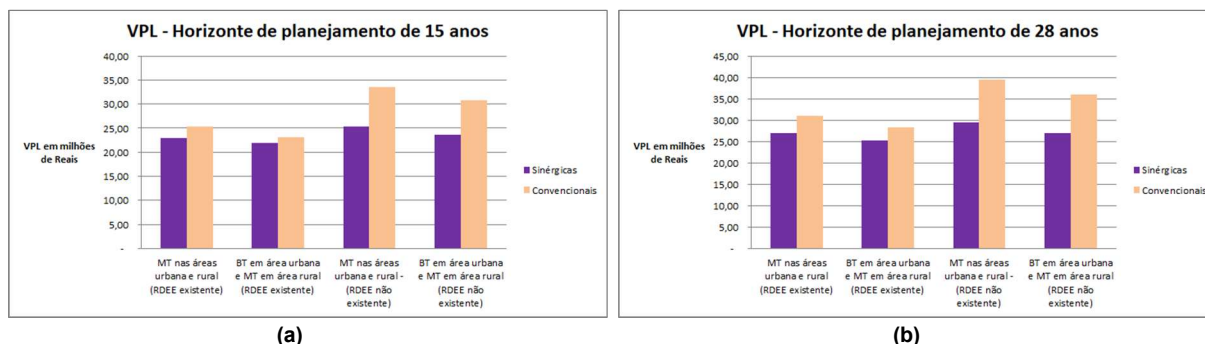


FIGURA 6 - Estudo de caso 1 – “substituição da RDEE nas áreas urbana e rural” considerando horizonte de análises: (a) 15 anos e (b) 28 anos.

Observa-se que em ambos os horizontes de análise as redes sinérgicas se mostraram mais competitivas, sendo que, como esperado, nos cenários com a rede depreciada ou não existente a diferença é mais significativa. Outra análise interessante é observar a relação entre CapEx e OpEx de cada um dos cenários, ilustrada na FIGURA 7. É fácil notar que no horizonte de análise de 28 anos, o valor de OpEx é significativamente superior ao de 15 anos, e isso é devido aos gastos recorrentes de O&M em RDEE.

Outra análise que pode ser feita é a comparação do CapEx e OpEx das redes sinérgicas e das redes convencionais (RDEE e fibras ópticas), como ilustrado na FIGURA 7.

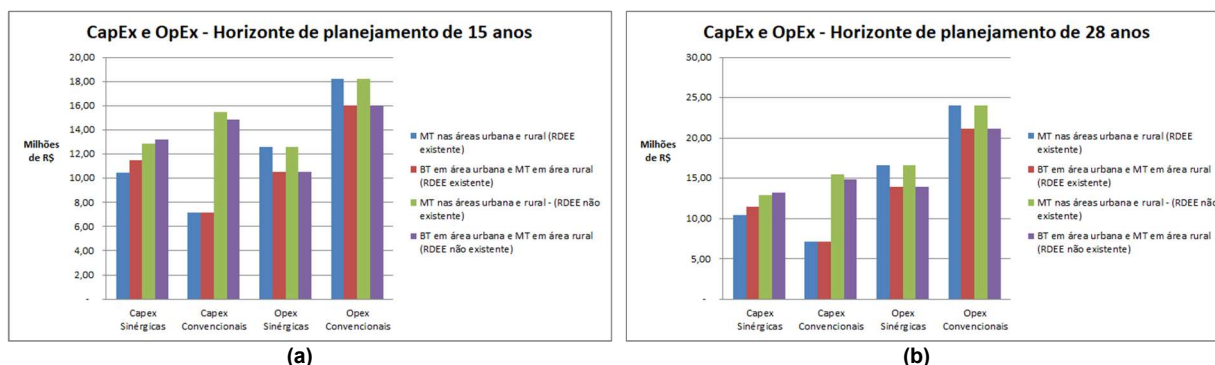


FIGURA 7 - Estudo de caso 1 – “substituição da RDEE nas áreas urbana e rural” evolução do CapEx e OpEx considerando horizonte de análises (a) 15 anos e (b) 28 anos.

Quando a RDEE já está instalada, as redes sinérgicas apresentam um CapEx bastante superior ao das redes convencionais, uma vez que é necessária apenas a implantação de uma rede de fibras ópticas paralela à RDEE existente. Entretanto, quando se observa o OpEx ocorre o inverso em função dos gastos com O&M serem muito superiores para as redes convencionais, uma vez que são duas redes separadas.

No caso da rede não existente ou não depreciada, somam-se aos gastos mencionados anteriormente, aqueles referentes à implantação da RDEE, o que faz com que as redes sinérgicas sejam mais interessantes do ponto de vista econômico tanto em CapEx quanto OpEx.

5.2 - Estudo de caso 2 – instalação de 100% da RDEE sinérgica na área urbana

A FIGURA 8(a) mostra a comparação dos VPLs do Estudo de caso 2 – “substituição da RDEE apenas na área urbana” dos quatro cenários referentes ao macro cenário 1 – “Fibra dedicada” para o horizonte de análise de 15 anos e a FIGURA 8(b) para o horizonte de 28 anos.

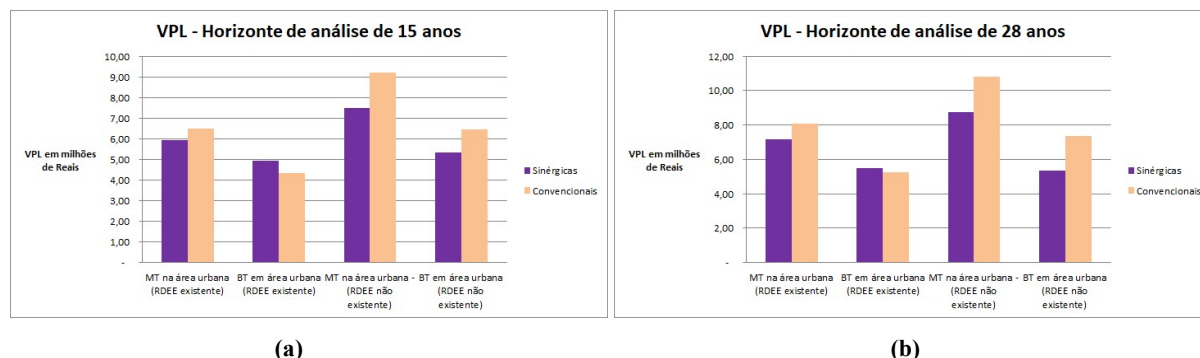


FIGURA 8 - Estudo de caso 2 – “substituição da RDEE apenas na área urbana” considerando horizonte de análises (a) 15 anos e (b) 28 anos.

Nota-se que apenas em um dos cenários as redes sinérgicas se mostraram menos competitivas que as redes convencionais. Ainda, observa-se que no horizonte de 28 anos essa diferença é irrelevante, representando menos de 5%. A comparação do CapEx e OpEx de cada um dos cenários é ilustrada na FIGURA 9.

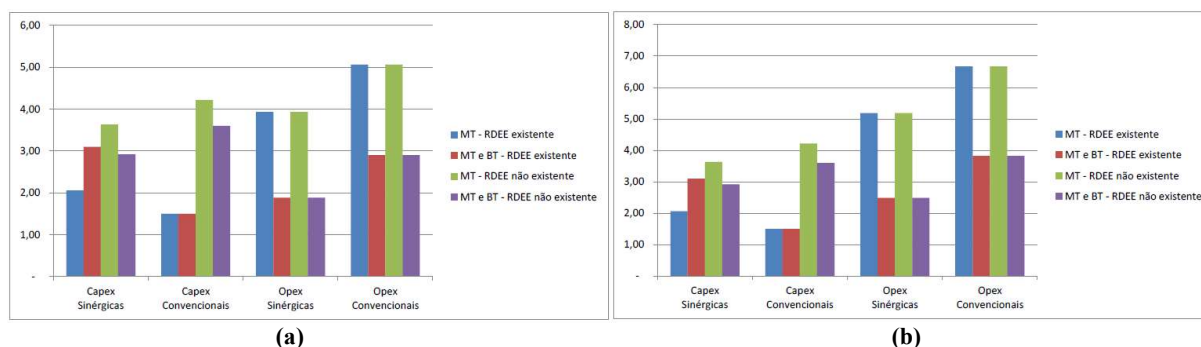


FIGURA 9 - Estudo de caso 2 – “substituição da RDEE apenas na área urbana” evolução do CapEx e OpEx considerando horizonte de análises (a) 15 anos e (b) 28 anos.

Assim como no Estudo de caso 1, os valores CapEx das redes sinérgicas quando a RDEE é existente são superiores ao das redes convencionais, mas são inferiores quando é necessário instalá-la. Em termos de OpEx em qualquer uma das situações, as redes sinérgicas apresentam valores inferiores.

5.3 - Comparação entre os macro cenários 1 “Fibra dedicada” e 2 “Fibra compartilhada”

Os gastos dos dois macro cenários nesta simulação são os mesmos, mas diferem nas suas receitas apenas por simplificação do modelo. Assim, é interessante realizar a comparação entre os quatro cenários de cada um dos macro cenários.

Observou-se que para o macro cenário 1 (fibra dedicada) o VPL é sempre negativo para os dois estudos de caso, o que já era esperado, uma vez que, por simplificação, não se estão quantificando outros benefícios das redes sinérgicas. Já no macro cenário 2 (fibra compartilhada), o VPL é positivo em função das receitas advindas da disponibilização para o mercado do excedente de fibras ópticas e tem *payback* entre 3 e 7 anos.

5.4 - Análise de sensibilidade

Uma ferramenta importante é a análise de sensibilidade, quando se avalia a viabilidade econômica nas quais há muita incerteza em relação aos dados de entrada. Por meio de seu uso pode-se verificar o impacto de uma variação em um determinado parâmetro no resultado final da análise. Para exemplificar isso, considera-se o estudo de caso 1 e o horizonte de planejamento igual a 28 anos e aplica-se um acréscimo de 10% sobre os valores de O&M nas redes sinérgicas. Os valores de VPL apresentaram um aumento entre 3,1% e 4,1%. Se esse percentual

for de 20%, essa variação fica entre 6,6% e 8,1%. Essa análise de sensibilidade é importante pelo fato do custo de O&M das redes sinérgicas ainda não ser mensurável, por se tratar de uma nova topologia de RDEE sinérgica.

6.0 - CONCLUSÕES

Neste trabalho, são apresentados dois macro cenários que permitem a análise de modelos de exploração das redes sinérgica para o uso em *smartgrid* óptico na automação e/ou telecomunicações. Esses cenários simulados diferem basicamente no compartilhamento ou não do excedente de fibras ópticas, por meio dos novos cabos sinérgicos, isto é, cabos fase com fibras ópticas integradas ao seu núcleo metálico. Para cada um dos cenários considerou-se a instalação da rede sinérgica na condição completa, isto é, na MT e/ou BT para a área urbana, e na MT para o rural. Ainda, admitiu-se a possibilidade da RDEE estar totalmente depreciada (ou não existente) e a RDEE existente, mas não depreciada.

Os gastos com a implantação das redes sinérgicas são comparados com os valores das RDEE convencionais que têm redes de fibras ópticas convencionais instaladas na área de compartilhamento dos postes. O município de Santa Rita do Sapucaí-MG foi adotado como caso de estudo para as simulações e as aplicações das redes sinérgicas. Observou-se que as redes sinérgicas apresentaram valores de VPL menores para a maioria dos cenários analisados quando comparadas com as redes convencionais (RDEE com fibras ópticas na área de compartilhamento do poste). Esse resultado expressivo, principalmente junto à expansão das novas RDEE, mostra a oportunidade de utilizar a topologia das Redes Sinérgicas, onde todos os VPL dos cenários analisados são melhores que as soluções convencionais de RDEE com cabos de fibras ópticas instalados na área compartilhada dos postes. Além disso, analisou-se o macro cenário 2 (fibra compartilhada) considerando uma estimativa de receita com a disponibilização de apenas 10 fibras apagadas para o mercado na área urbana de Santa Rita do Sapucaí. Resulta desse cenário 2, um VPL positivo e um *payback* entre 3 e 7 anos, incluindo a prática de modicidade tarifária em conjunto.

Um aspecto importante que deve ser destacado é que os resultados dependem da precisão dos dados de entrada do modelo de valoração. Quanto mais próximo da realidade esses custos estiverem melhores são os resultados do modelo. Nesse sentido, a análise de sensibilidade é uma ferramenta importante para avaliar quais custos têm maior impacto nos resultados. Como um exercício, escolheu-se o custo de O&M das redes sinérgicas pelo fato desse custo nas redes sinérgicas ainda não ser mensurável, por se tratar de uma nova topologia de RDEE sinérgica. Admitindo um aumento de 10% e 20% sobre o custo de O&M, observaram-se, para os cenários analisados, variações entre 3,1% e 4,1% e entre 6,6% e 8,1%, respectivamente, nos valores do VPL, que representam valores expressivos em função do elevado investimento requerido para as RDEE.

Além disso, as redes sinérgicas têm outras vantagens que não foram consideradas na análise do modelo simplificado, pela dificuldade de mensurá-las. Entre elas, pode-se citar:

- Redes menos sujeitas ao vandalismo, principalmente na MT;
- Alternativa para grandes centros que têm postes totalmente poluídos e sem espaço para novas redes de fibras ópticas convencionais;
- Rede de alto desempenho e disponibilidade quando comparado com outras tecnologias de comunicação (rádio, por exemplo);
- Sensoriamento da rede elétrica utilizando as próprias fibras ópticas como elemento sensor e meio de comunicação das informações do *smartgrid* integrado ao cabo condutor sinérgico;
- 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);
- Redução da poluição visual das RDEE.

Finalmente, para se ter validação comercial da topologia das Redes Sinérgicas e seus benefícios estimados nesse artigo, tais como: i) redução de 20% no valor das compensações pagas em função da interrupção do fornecimento de energia, ii) praticar modicidade tarifária pelo compartilhamento de fibras ópticas com o mercado de dados, e iii) gerar uma economia de 40% nos custos de O&M e instalação das redes sinérgicas, quando comparado aos custos das redes convencionais, é fundamental que projetos sejam implantados, em alguma escala comercial, no Brasil.

7.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) "Building the invisible city". The New York Historical Society.
- (2) 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.
- (3) 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.

- (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) BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. “Diretoria da ANEEL aprova nova metodologia para WACC”. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/diretoria-da-aneel-aprova-nova-metodologia-para-wacc/656877/pop_up?_101_INSTANCE_zXQREz8EVIZ6_viewMode=print&_101_INSTANCE_zXQREz8EVIZ6_languageId=pt_BR. Acesso em: setembro de 2021.
- (7) BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Módulo 2: Revisão Tarifária Periódica das Concessionárias de Distribuição, Submódulo 2.7, Outras Receitas. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2018819_Proret_Submod_2_7_V5.pdf. Acesso em: setembro de 2021.

8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Possui graduação pela UNICAMP (1988), mestrado pela USP (1994) e doutorado pela Universidade de São Paulo (2000) em Engenharia Civil. Atualmente é consultora do CPQD. Participou de diversos projetos de P&D em telecomunicações, no desenvolvimento de modelos matemáticos de otimização, simulação, previsão de tráfego e disponibilidade de redes multi-serviços, elaboração de modelos de custos e análise regulatória. Também participou de projetos de P&D para empresas do setor elétrico na modelagem de problemas relacionados ao teleatendimento distribuído, à Empresa de Referência da Aneel (desagregação de custos) e ao planejamento e operação de sistemas de distribuição em regime permanente.

(2) ERICO PAZ DA SILVA ERICO Engenheiro eletricitista formado pela UFMS em 1998, com mestrado pela UNICAMP em 2000 e posteriormente especialização em economia financeira em 2008 também pela UNICAMP. Ingressou no CPQD em 2011 como consultor onde atuou na área de consultoria e em projetos de P&D com foco no setor elétrico. Participação em projeto de relevância nacional: BNDES: Internet das Coisas - Um plano de ação para o Brasil. Consorcio McKinsey, CPqD e Pereira Neto Macedo advogados. Programa de Mobilidade Elétrica - CPFL Energia. Abradee: Plano Nacional de Smart Grid Projeto Cidades do Futuro – CEMIG Estudo da massificação da TV Digital – Sinditelebrasil.

(3) 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.

(4) 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.

(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.