

UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

EMERSON NIZZOLI

**REAPROVEITAMENTO SOCIOAMBIENTAL DE MEIOS EXISTENTES PARA
ABASTECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO O MÉTODO *LINE*
*POWER***

SANTOS/SP

2019

EMERSON NIZZOLI

**REAPROVEITAMENTO SOCIOAMBIENTAL DE MEIOS EXISTENTES PARA
ABASTECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO O MÉTODO *LINE
POWER***

Dissertação apresentada a Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção de título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, sob a orientação do Prof. Dr. Landulfo Silveira Jr. e coorientação do Prof. Dr. Luiz Augusto Pereira Fernandes.

SANTOS/SP

2019

Autorizo a reprodução parcial ou total deste trabalho, por qualquer que seja o processo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

621.319 Nizzoli, Emerson.
N659r Reaproveitamento socioambiental de meios existentes para abastecimento de energia elétrica utilizando o método Line Power.
Emerson Nizzoli. - 2019
74 f.
Orientador: Prof. Dr. Landulfo Silveira Júnior.
Coorientador: Prof. Dr. Luiz Augusto Pereira Fernandes.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Santos, SP, 2019.

1. Fontes de energia de Telecomunicações. 2. Conversores CC-CC. 3. Cabos de par trançado. 4. Transmissão Line Power.

I. Silveira Júnior, Landulfo. II. Fernandes, Luiz Augusto Pereira. III. Reaproveitamento socioambiental de meios existentes para abastecimento de energia elétrica utilizando o método Line Power.

Elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas – UNISANTA

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meus irmãos por todo incentivo e a minha namorada Caroline Santos Almeida que me apoiaram de diversas maneiras durante esta importante etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

À empresa ALPHA INNOVATIONS LTDA. (Filial Brasil da ALPHA GROUP) pela colaboração e apoio, disponibilizando manuais e *datasheets* dos conversores e inversores.

Aos meus orientadores Landulfo Silveira Jr. e Luiz Augusto Pereira Fernandes pelo apoio e suporte deste trabalho.

Aos meus irmãos Irio Nizzoli, Alicíria Nizzoli, minha namorada Caroline Santos Almeida e minha filha Alícia Nizzoli, pelo incentivo a realizar o curso de Mestrado em Engenharia Mecânica.

À UNISANTA pela excelência no curso de Mestrado em Engenharia Mecânica.

Agradeço a todos aqueles que de alguma forma colaboraram com a realização deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho objetiva o estudo de uma proposta de gerenciamento energético de meios obsoletos com o intuito de proporcionar uma energia alternativa para o setor de telecomunicações, promovendo uma contribuição significativa neste segmento. Atualmente, os cabos de pares de fios de cobre trançado, implantados em redes de telefonia fixa, têm sido preteridos devido aos avanços tecnológicos, sendo assim, o objetivo principal é o reaproveitamento desses meios físicos ociosos que serão utilizados para transmitir energia elétrica para locais remotos ou de difícil acesso, podendo até mesmo ser aplicados em locais pontuais, possibilitando fornecimento de energia ininterrupta a equipamentos de corrente contínua (CC) e alternada (CA). Será explanado o método *Line Power* que consiste na transferência de energia a consumidores de telecomunicações, com a finalidade de disponibilizar uma alimentação de energia contínua e ininterrupta e evitando uso da energia local da concessionária. Hodiernamente, a alimentação a consumidores ocorre por uma fonte convencional e, diante disso, a pesquisa irá contrapor este modo de alimentação, apresentando o método *Line Power* por intermédio de meios físicos já existentes (pares de fio de cobre trançado), um mecanismo mais atualizado, eficaz e empreendedor, que permitirá um melhor aproveitamento desses dispositivos e equipamentos. Para atingir esta finalidade, serão inseridos conversores CC-CC. À medida que a Era da Informação requer um desenvolvimento gradual e, consequentemente, atualizações que sejam pertinentes aos avanços tecnológicos, torna-se indispensável o aprimoramento de técnicas inovadoras que colaborem e facilitem a vida em sociedade. Do prisma socioambiental, entende-se que a reutilização desses meios físicos é importante, pois evita o descarte desse material devido à corrosão por falta de proteção catódica. Outra vantagem é a substituição ou eliminação de sistemas auxiliares de energia que comportam unidades *Nobreaks* ou *Uninterruptible Power Supply* (UPS), eliminando assim a utilização de baterias de chumbo ácidas internas pontuais em seus consumidores.

Palavras-chave: Fontes de energia de Telecomunicações. Conversores CC-CC. Cabos de par trançado. Transmissão *Line Power*.

ABSTRACT

This dissertation aims to study a proposal based on energy management from the perspective of providing an alternative energy for the telecommunications sector, with the intention of promoting a significant contribution in this segment. Currently, twisted copper wire pair cables, deployed in fixed-line networks, have been deprecated due to technological advances, so the main objective is the reuse of these idle physical means that will be used to transmit electricity to remote locations. or difficult to access and can even be applied in specific locations, enabling uninterrupted power supply to direct current (DC) and alternating current (AC) equipment. In addition, ways will be presented to calculate the maximum distance of power supply according to the characteristics of the cables and converters used. The Line Power method, which consists of the transfer of power to telecommunication consumers, will be explained, with the purpose of providing a continuous and uninterrupted power supply, without the need of local utility power. Today, consumer power is from a conventional source, and research will counteract this mode by introducing the Line Power method through existing physical means (twisted copper wire pairs), a more up-to-date mechanism, effective and enterprising, which will allow a better use of these devices and equipment. To achieve this purpose, DC-DC converters will be inserted. As the Information Age requires a gradual development and, consequently, updates that are pertinent to technological advances, the improvement of innovative techniques that collaborate and facilitate life in society becomes indispensable. From the socio-environmental perspective, it is understood that the reuse of these physical media is important because it avoids corrosion due to the lack of cathodic protection and the disposal of this material. Another advantage is the replacement of auxiliary power systems that support Nobreaks or Uninterruptible Power Supply (UPS) units, thus eliminating the use of punctual internal acid lead batteries in their consumers.

Key words: Telecommunications energy sources. DC-DC Converters. Twisted pair cables. Line Power Transmission.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Configuração geral da transmissão de energia	17
Figura 2 – Galeria de cabos de uma CT	23
Figura 3 – Distribuidor geral	24
Figura 4 – Terminação dos pares da CT	24
Figura 5 – Linha de Transmissão (LT) longitudinais e transversais	27
Figura 6 – Planta externa de uma rede telefônica	28
Figura 7 – Modelo de ONT da Huawei - EchoLife HG8245Q2.....	29
Figura 8 – Central Telefônica com a adição do converso CC-CC Up Conv	31
Figura 9 – Linha de Transmissão (LT) malha externa (par de fio de cobre) ...	31
Figura 10 – Down Conv adicionado a entrada do consumidor	32
Figura 11 – Adição do inversor (INV) à saída do conversor Down Conv	33
Figura 12 – Tensão de saída do Up Conv, Resistência da Linha (RL) e tensão de entrada Down Conv.....	37
Figura 13 – Transferência de energia para 1 km em um par de fios trançados	38
Figura 14 – Potência no consumidor x Distância percorrida	41
Figura 15 – Multiplicação de pares de fios telefônicos e conversores	42
Figura 16 – Transferência de energia para 3,75 km	43
Figura 17 – Adição do Inversor aplicado a equipamentos doméstico	45
Figura 18 – Recarga de energia para aparelhos celulares em terminais de ônibus..	49
Figura 19 – Método UPS	50
Figura 20 – Método Line Power.....	50
Figura 21 – Amplificador de linha	52
Figura 22 – a: Gabinete externo. b: Imagem interna do gabinete	52
Figura 23 – Configuração geral da alimentação.	53
Figura 24 – Método Line Power a amplificador de linha em rede <i>HFC</i>	54
Figura 25 – Proteção do módulo	55
Figura 26 – a. Bloco de terminais DG (externo). b. Bloco de terminais DGs ..	56
Figura 27 – Normas aplicáveis ao <i>Line Power</i> ..	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Número de acessos ao serviço de telefonia fixa.....	19
Tabela 2: Equações	22
Tabela 3: Tabela de resistência ôhmica	27
Tabela 4: Simulação da transferência de energia para uma distância de 3,75 km ..	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADSL	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i>
AGM	Absorção através de manta de fibra de vidro
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
AWG	<i>American Wire Gauge</i>
BAT	Bateria associada
CT	Central telefônica
DG	Distribuidor geral
<i>Down Conv</i>	Conversor CC-CC rebaixador
DPS	Dispositivo protetor de surto
DR	Dispositivo diferencial residual
ERB	Estação de rádio base
FTTH	<i>Fiber-to-the-home</i>
Gel	Absorção através de gelificação
HFC	<i>Hybrid fiber</i>
<i>IeDown</i>	Corrente de entrada <i>Down Conv</i>
<i>IeInv</i>	Corrente de entrada INV
<i>IeUP</i>	Corrente de entrada <i>Up Conv</i>
INV	Inversor estático
<i>IsDown</i>	Corrente de saída <i>Down Conv</i>
<i>IsInv</i>	Corrente de saída INV
<i>IsUP</i>	Corrente de saída <i>Up Conv</i>
LT	Linha de transmissão
<i>NDown</i>	Quantidade de <i>Down Conv</i>
η_{Inv}	Rendimento do INV
Nobreak	Equipamento de suprimento de energia ininterrupta
N_p	Quantidade de pares de fio de cobre
NUP	Quantidade de <i>UP Conv</i>
η_{UP}	Rendimento do <i>Up Conv</i>
ONT	<i>Optical Network Terminal</i>
<i>PeDown</i>	Potência de entrada <i>Down Conv</i>
<i>PeInv</i>	Potência de entrada INV

PeUP	Potência de entrada <i>Up Conv</i>
PL	Potência da linha de transmissão
PsDown	Potência de saída <i>Down Conv</i>
PsInv	Potência de saída INV
PsUP	Potência de saída <i>Up Conv</i>
RET	Retificador
RF	Rádio frequência
RI	Resistência da linha de transmissão
SE	Subestação de energia
<i>Up Conv</i>	Conversor CC-CC elevador
UPS	<i>Uninterruptible Power Supply</i>
Vca	Tensão alternada
VeDown	Tensão de entrada <i>Down Conv</i>
VeInv	Tensão de entrada INV
VI	Tensão da linha de transmissão
VRLA	<i>Valve-regulated lead-acid</i>
VsDown	Tensão de saída <i>Down Conv</i>
VsInv	Tensão de saída INV
VsUP	Tensão de saída <i>Up Conv</i>
η Down	Rendimento do <i>Down Conv</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

D	–	Diâmetro do condutor em mm
I	–	Corrente
l	–	Distância em km
P	–	Potência
R	–	Resistência elétrica
r	–	Raio do condutor em mm
s	–	Seção do cabo em mm ²
V	–	Tensão
α	–	Coefficiente de temperatura do material em °C ⁻¹
η	–	Rendimento
θ	–	Temperatura para conhecer a resistência em °C
ρ	–	Resistividade do material

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Objetivo principal	18
1.2	Objetivos secundários	18
1.3	Justificativa e relevância do tema	18
1.4	Organização da dissertação	20
1.5	Fundamentação teórica	21
1.5.1	Tipos de baterias chumbo ácidas	22
1.5.2	Central Telefônica ou ERB	23
1.5.2.1	Configurações gerais de energia em uma CT	24
1.5.3	Dados do módulo Up Conv	25
1.5.4	Dados do módulo Down Conv	25
1.5.5	Dados do Inversor estático	26
1.5.6	Aspectos das Linha de Transmissão (LT)	26
1.5.6.1	Parâmetros das linhas telefônicas	26
1.5.6.2	Os cabos telefônicos	27
1.5.6.3	Mapeamento dos cabos em redes telefônicas	27
1.5.7	ONTs em redes FTTH	28
2	MATERIAIS E MÉTODOS	30
2.1	Central Telefônica ou ERB	30
2.2	Adição do conversor CC-CC elevador (Up Conv) ao retificador da CT.	30
2.3	Análise de dados para simulação da LT	31
2.4	Consumidor ou carga	32
2.5	Adição do módulo Down Conv à entrada do consumidor	32
2.6	Adição do inversor estático (INV)	33
2.7	Baterias como fonte de energia auxiliar	33
3	RESULTADOS	35
3.1	Cálculo da resistência do condutor da LT	35
3.2	Correção da temperatura para uma nova resistência da LT	36
3.3	Determinação da distância de transmissão	36
3.4	Cálculo da Corrente e Potência a ser drenada da CT ou ERB	37
3.5	Cálculo da Corrente e Potência de saída do Down Conv entregue ao consumidor para uma distância de 1Km	38
3.6	Gráficos de resultados	39
3.7	Obtenção de maior potência no consumidor	41
3.8	Simulação para obtenção de maior Potência no consumidor	42
3.9	Cálculo para utilização do inversor estático (INV)	43
3.10	Simulação para obtenção de CA, a partir da saída CC do Down Conv	43
4	DISCUSSÃO	46
4.1	Aplicações relevantes do Line Power no Brasil	47
4.2	Aplicação do método a localidades e equipamentos da própria operadora	47
4.3	Recarga de energia para aparelhos celulares em terminais de transportes de acesso público	48
4.4	Soluções de alimentação para ONTs em redes FTTH	49
4.5	Solução de alimentação para amplificadores de linha em transmissão de dados via cabo (banda larga)	51
4.6	Considerações quanto a segurança do método Line Power	54

5	CONCLUSÕES	58
5.1	Trabalhos futuros	59
	REFERÊNCIAS	60
ANEXO A	– Manual técnico Up Conv CSM 36	65
ANEXO B	– Módulo Up Conv CSM 36, com 2 conversores internos	67
ANEXO C	– Bandeja para 13 módulos Up Conv CSM 36	68
ANEXO D	– Bandeja com suas conexões Up Conv CSM 36	69
ANEXO E	– Detalhes das conexões Up conv CSM 36	70
ANEXO F	– Manual técnico do Down Conv CSM 46	71
ANEXO G	– Módulo Down Conv CSM 46, com 2 conversores internos	72
ANEXO H	– Bandeja para 10 módulos conversores Down Conv CSM 46	73
ANEXO I	– Bandeja com suas conexões Down Conv CSM 46	74
ANEXO J	– Detalhes das conexões do Down Conv CSM 46	75
ANEXO L	– Manual Técnico do módulo Inversor (INV)	76
ANEXO M	– Módulo inversor estático (INV)	77
ANEXO N	– Procedimentos e testes de condutores para implantação	78

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho de pesquisa corresponde à área de concentração de Gerenciamento Eletroenergético e Controle de Processos, e trata-se de estudos e análise de uma fonte de energia alternativa e sua integração às redes elétricas existentes.

A aplicação das malhas externas de pares de fios de cobre trançados já existentes, implantadas por operadoras de telefonia ao longo das últimas décadas, tinha como objetivo atender a demanda para o funcionamento da telefonia fixa. Segundo Toledo (1977), denomina-se malha externa o conjunto de cabos telefônicos, linhas telefônicas, postes, canalização subterrânea, armários que distribuem a rede telefônica e demais acessórios necessários à sustentação, fixação e proteção dos cabos e linhas de telefonia. A rede externa ou rede de assinantes é o conjunto de cabos que saem do Distribuidor Geral (DG) e levam o serviço telefônico (linhas) aos assinantes. Estes cabos normalmente são subterrâneos e espalham-se por toda a região atendida pela Central Telefônica (CT).

Atualmente, os cabos pares de fios de cobre trançados (par trançado) já implantados para redes de telefonia fixa, têm sido preteridos devido à maior adesão da telefonia móvel, sendo assim, esses meios físicos ociosos que outrora seriam descartados podem ser reutilizados para transmissão de energia através de conversores de corrente contínua (conversores CC-CC).

Os avanços tecnológicos e a busca contínua por produtos mais modernos no mercado muitas vezes abrem precedentes para uma falta de planejamento de como proceder com os recursos adquiridos em tempos remotos. Com isto, o material pouco utilizado pode se tornar inativo e sem uma destinação pertinente, como por exemplo os pares trançados, que eram essencialmente utilizados pelas empresas de telefonia fixa, mas que no momento atual não tem tanta serventia e muitas vezes são retirados pelas prefeituras.

O método *Line Power* transfere energia de um ponto local centralizado até um local de destino remoto, transmitindo-a por longas distâncias sobre a infraestrutura de par de fios de cobre trançados em malhas existentes. Essa alimentação deve ser entendida como excedente ou sobra em CTs fixas ou Estações de Rádio Base (ERBs), podendo ser considerada como uma melhor forma de otimização dos serviços prestados nas redes de telecomunicações. Esta energia

excedente pode ser entregue a consumidores, direcionando aplicações viáveis incluindo soluções inovadoras às empresas de telecomunicações (BORDES, 2012).

A aludida transmissão consiste em elevar a tensão contínua, através de um conversor CC-CC, apresentado nesta pesquisa como conversor *Up Conv*, trafegando por uma Linha de Transmissão (LT), ou seja, uma infraestrutura de pares de fios de cobre. Na sua extremidade final, essa tensão será rebaixada através de um conversor CC-CC *Down Conv*, e será entregue aos consumidores ou equipamentos de carga.

A transmissão de energia e potência por linhas para alimentação de redes remotas (*Line Power*) vem crescendo em larga escala no ramo das Telecomunicações (CHERGUI, 2014). Esse método desenvolve soluções viáveis e inovadoras através de alimentação remota, onde a corrente alternada (CA) não está disponível ou quando há necessidade de uma energia ininterrupta, podendo ser utilizados em localidades em que a instalação, operação e manutenção de baterias de chumbo ácidas é proibitiva, como também em locais de difícil acesso.

Segundo Chergui (2015), as configurações tradicionais de alimentação para equipamentos locais de 48 V_{CC}, como sistemas de retificadores e baterias para múltiplos locais remotos, são considerados impraticáveis por gerarem custos para instalação ou manutenção periódica destas baterias. Resultante a essa situação, importante seria a implantação do método *Line Power*, mais dinâmico e inteligível, não havendo necessidade de energia CC local, banco de baterias e corrente CA, como usualmente são utilizados nos sistemas *Uninterruptible Power Supply* (UPS) ou *Nobreak*. Isto posto, elimina-se os custos de manutenção de um sistema de alimentação de emergência, ou seja, uma fonte de energia auxiliar. Contudo, há também a preocupação com as baterias inclusas no sistema, uma vez que devem ser substituídas após o tempo de vida útil (aproximadamente 5 anos) e causam custos e impactos quanto ao descarte no meio ambiente.

Diante do tema proposto, a utilização destas baterias provoca riscos de danos socioambientais, podendo causar desde curtos-circuitos a explosões, até problemas à população e ao meio ambiente devido à emissão de gases dos eletrólitos que são nocivos à saúde. Neste contexto, a segurança das pessoas e equipamentos próximos ao banco de baterias deve ser levada em consideração. Mediante essas informações e todos os problemas apontados, indica-se a retirada

deste sistema de alimentação local em algumas aplicações, substituindo pelo método proposto neste trabalho.

De acordo com Chergui (2014), para fins de aplicações de transmissão de energia local/remoto, será sugerida a opção de implantação do *Line Power* a sistemas de alimentação de terminal de rede óptica *Optical Network Terminal* (ONT), em redes de transmissão de dados de fibra óptica para clientes domésticos, o *Fiber-to-the-Home* (FTTH), como também na alimentação de amplificadores de linha em transmissão de dados via cabo e aplicações pontuais e remotas da própria operadora.

A Figura 1 elucida uma configuração geral (típica) do método de transmissão de energia de uma central local para um consumidor destinatário, através de conversores CC *Up Conv* e *Down Conv*.

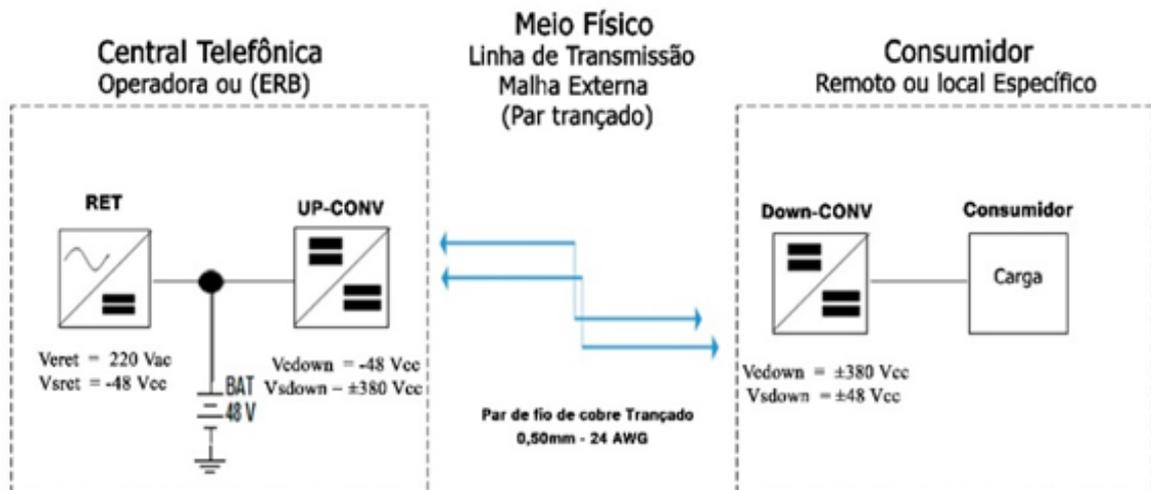


Figura 1. Configuração geral (típica) do método de transmissão de energia *Line Power*.
Fonte: Chergui (2014).

1.1. Objetivo principal

Este trabalho tem o objetivo de propor um modelo de configuração para transmissão de energia de uma localidade a outra, através do método *Line Power*, sendo possível sua implementação a partir de uma CT ou ERB, utilizando conversores CC-CC elevador (*Up Conv*) e rebaixador (*Down Conv*) sobre uma LT de pares de fios de cobre trançados existente.

1.2. Objetivos secundários

Como objetivos secundários pretende-se obter os cálculos e simulações, através do modelo de transmissão conhecido como método *Line Power*, em redes de telefonia obsoletas, pelo reaproveitamento de malhas existentes com a função de transferência de energia para longas distâncias. A partir do modelo obtido, serão propostas algumas aplicações e soluções a consumidores que utilizam como meio de energia ininterrupta *Nobreaks* ou UPS em seus sistemas internos, alocando baterias de chumbo ácidas. Mediante o objeto de estudo, será indicada a aplicabilidade de uma energia alternativa, o *Line Power*, o qual não necessita do uso de *Nobreaks* ou UPS, visto que, sendo oriunda de uma central local, essa alimentação energética visa a diminuição do contingente de baterias pontuais utilizadas nos consumidores locais.

1.3. Justificativa e relevância do tema

Os avanços tecnológicos desempenham um significativo papel na sociedade, sendo facilitadores na praticidade e modernização de sistemas de comunicação. Na contemporaneidade, as redes de telecomunicações vêm recebendo avanços em sua infraestrutura, tornando-se necessário seu crescimento e modernização, sendo possível mediante a implantação de redes de fibras ópticas e a migração de telefonia fixa para rede de telefonia móvel, sendo esta última indispensáveis para a população da era digital nos dias atuais.

A transferência digital de dados em banda larga por linhas telefônicas fixas, conhecida por ADSL (*Assymmetric Digital Subscriber Line*), é um tipo de conexão de dados ponto a ponto (central/assinante), sendo pioneira neste segmento. Contudo,

vem perdendo espaço para novas tecnologias, como por exemplo, as redes de dados transmitidas por fibras ópticas, por gerarem maior capacidade de transmissão, maior potência do sinal, e transmissões mais seguras e contínuas. Perante esse processo, verificou-se uma diminuição da utilização dos cabos de pares de fios trançados com a finalidade de transmissão de dados como o ADSL e telefonia fixa, com isso a preocupação de reaproveitamento desses meios físicos.

Conforme dados divulgados pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), entre outubro de 2017 a outubro de 2018, o Brasil apresentou uma redução de quase 2 milhões de acessos de serviço de linhas fixas e ocorre uma sucessão de quedas significativas demarcadas por regiões, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Número de acessos ao serviço de telefonia fixa.

País / Região	Acessos em outubro de 2018	Acessos (variação) em setembro de 2018	Acessos (variação) em outubro de 2017
Brasil	37.888.026	38.117.527 (▼ -0,60%)	39.871.876 (▼ -4,98%)
Centro-Oeste	3.050.618	3.063.660 (▼ -0,43%)	3.083.742 (▼ -1,07%)
Nordeste	4.046.667	4.077.610 (▼ -0,76%)	4.399.601 (▼ -8,02%)
Norte	1.100.804	1.107.903 (▼ -0,64%)	1.168.047 (▼ -5,76%)
Sudeste	23.004.673	23.169.478 (▼ -0,71%)	24.431.841 (▼ -5,84%)
Sul	6.685.264	6.698.876 (▼ -0,20%)	6.788.645 (▼ -1,52%)

Fonte: <http://www.anatel.gov.br/dados/acessos-telefonia-fixa>.

Analisando o declínio da utilização do serviço de telefonia fixa, e por conseguinte a obsolescência de seus meios físicos, conclui-se que os pares de fios de cobre encontram-se atualmente com pouca aplicabilidade. Assim faz-se indispensável o estudo para a reutilização destes meios, tendo em vista que a falta de uso pode acarretar a corrosão por não haver uma proteção catódica. Sendo assim, nesta situação seria inevitável a retirada dos cabos, podendo gerar custos. Evitando a corrosão, o descarte e seus eventuais gastos adicionais, será apresentada uma forma eficaz de reaproveitamento desses meios físicos implantados, através do método *Line Power* como solução inovadora e segura.

De acordo com Chergui (2015), o método *Line Power* oferece às operadoras as soluções mais eficientes e econômicas para alimentar equipamentos de comunicação, utilizando seus ativos de rede de par de fios de cobre trançados já existentes, considerando seus benefícios e flexibilidade.

O tema proposto é relevante, em razão de o método *Line Power* satisfazer as novas tendências de transmissão de energia ininterrupta a consumidores remotos a partir de meios físicos já existentes, eliminando UPS e *Nobreaks* pontuais ou locais com atmosferas explosivas, até mesmo onde o uso de baterias é impeditivo. Outra solução viável é alimentação de energia remota para equipamentos da própria operadora.

Segundo Chergui (2015), o método *Line Power* vem sendo implantado em vários segmentos do ramo de telecomunicações, como por exemplo o *FTTH*. Em muitos cenários, a alimentação de linha oferece às operadoras as soluções mais eficientes e econômicas para alimentar seus equipamentos de comunicação. Outrossim, é relevante explicitar que a transformação de um sistema existente em um método mais modernizado requer algumas observâncias na implantação, desenvolvimento e aplicação, sendo assim, pode-se destacar a preocupação com a finalidade das baterias que eram utilizadas em sistemas convencionais.

1.4. Organização da dissertação

Este trabalho apresenta a seguinte organização:

O Capítulo 1 compõe a introdução, os fundamentos, objetivos, bases teóricas e relevância deste trabalho, percorrendo em importantes tópicos assuntos relacionados à implantação do método *Line Power* como uma nova opção de transferência de energia, através do reaproveitamento de uma rede de pares de fios trançados existente. Ainda no Capítulo 1 é informada a configuração geral do sistema estudado. No Capítulo 2 é mostrada a seção de Materiais e Métodos, onde estão descritos os conversores, inversores utilizados com seus respectivos dados retirados de seus manuais técnicos, características dos pares de fios telefônicos, e as características de CTs e ERB's para comprovar a viabilidade da configuração desta aplicação; no Capítulo 3 apresenta-se a simulação, cálculos e resultados. As discussões encontram-se no Capítulo 4, onde denotam-se algumas aplicações do método, comprovando sua exequibilidade e realização, diante dos resultados

obtidos. No Capítulo 5 são apresentadas as Conclusões, bem como oportunidades de execução e aplicações em futuros trabalhos e ferramentas.

1.5. Fundamentação teórica

A fundamentação teórica compreende o desenvolvimento do método, substituindo os métodos convencionais de alimentação em equipamentos de telecomunicações. Com a premissa da aplicação de um método modernizador e facilitador, viabiliza a transferência de energia e potência de um ponto a outro com mais segurança e menos prejuízos à vida da sociedade, restringindo o uso de materiais que contém produtos tóxicos na sua composição. Com a adesão a esse método, não será necessário o uso de baterias de chumbo ácidas pelos consumidores pontuais ou finais.

Este processo envolve a coleta de dados e análise de materiais técnicos dos equipamentos, gráficos, equações e simulação em *software*, ferramentas indispensáveis para atingir a finalidade do método proposto. As fórmulas que serão utilizadas na pesquisa (Tabela 2) serão baseadas na 1ª e 2ª Lei de Ohm e suas derivações, conforme ilustra a tabela abaixo, lembrando que os símbolos, abreviações e siglas mencionadas nas equações estão descritas na Lista de abreviaturas/siglas e símbolos deste trabalho.

Tabela 2. Equações utilizadas no modelamento do *Line Power*.

Nome	Fórmulas	Item
Lei de Ohm	$R = \frac{V}{I}$	(1.0)
Resistência do condutor	$R = \frac{\rho \cdot l}{S}$	(1.1)
Área da circunferência	$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$	(1.2)
Variação da resistência com a temperatura	$R = R_{20}(1 + \alpha(\theta - 20))$	(1.3)
Resistência da LT	$R_L = \frac{V_{sup} - V_{edown}}{I_L}$	(1.4)
Distância Máxima em km	$D_{Máx} = \frac{R_L}{R}$	(1.5)
Corrente de entrada do UP Conv	$I_{eUp} = \frac{I_{sUp} \cdot \left(\frac{V_{sUp}}{V_{eUp}} \right)}{\eta}$	(1.6)
Potência de entrada do UP Conv	$P_{eUp} = (V_{eUp}) \cdot (I_{eUp})$	(1.7)
Corrente de saída do Down Conv	$I_{sDown} = \frac{(I_{eDown}) \cdot (\eta_{Down})}{\left(\frac{V_{sDown}}{V_{eDown}} \right)}$	(1.8)
Potência de saída do Down Conv	$P_{sDown} = (V_{sDown}) \cdot (I_{sDown})$	(1.9)
Corrente de entrada do INV	$I_{eInv} = \frac{P_{sInv}}{\eta \cdot V_{eInv}}$	(1.10)
Potência de entrada do INV	$P_{eInv} = (V_{eInv}) \cdot (I_{eInv})$	(1.11)

1.5.1. Tipos de baterias chumbo ácidas

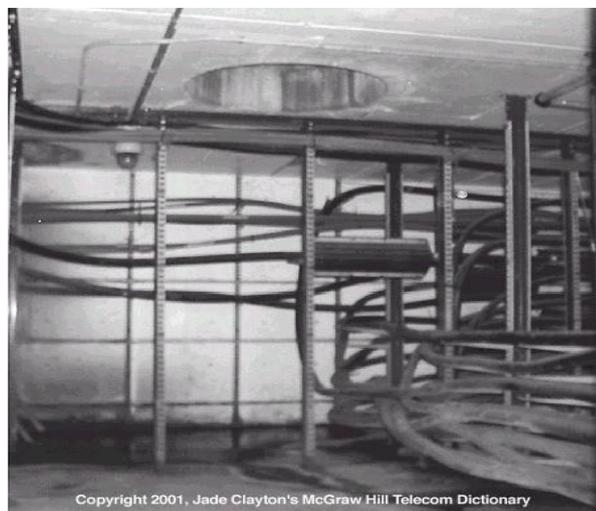
De acordo Carneiro et al. (2017), há quatro diferentes classificações para baterias chumbo ácidas, sendo elas: baterias de arranque (ventiladas e seladas), baterias tracionárias, baterias estacionárias e baterias seladas reguladas por válvulas (VRLA). As baterias VRLA são classificadas em dois tipos, a saber: gel e AGM (*absorbent glass mat*). A bateria AGM é composta por uma manta de fibra de vidro absorvente, sendo a mais utilizada em *Nobreaks* e *UPS* e mais econômica que a gel. A bateria gel se dá pela gelificação do eletrólito, atendendo melhor aos

ambientes com maiores variações de temperatura, e por esse motivo são utilizadas em locais de difícil acesso.

1.5.2. Central Telefônica ou ERB

Uma CT é composta por um conjunto de equipamentos, circuitos e infraestrutura responsáveis por fornecer o serviço telefônico, realizando a comunicação entre assinantes. A central possui duas funções essenciais, e utiliza equipamentos para realizar a comutação com um par de fios entre assinantes, e a transmissão para sinais físicos ou via radiofrequência (RF).

Da central telefônica partem os cabos telefônicos que devem chegar até a casa dos assinantes. Estes, por sua vez, estão distribuídos em ampla área geográfica e os pares de fios devem percorrer certa distância até a central telefônica. Conforme Dos Santos (1990), cabos telefônicos provenientes da planta externa chegam aos destinatários através de dutos subterrâneos e alcançam uma galeria chamada de galeria de cabos, conforme Figura 2.



Cable Vault

Figura 2. Galeria de cabos de uma CT.

Fonte: Jeszensky (2004).

Ainda, de acordo com Dos Santos (1990), estes são separados em pares menores e levados até o DG conforme Figura 3.



Central office distribution frame

Figura 3. Distribuidor Geral (DG).

Fonte: Jeszensky (2004).

1.5.2.1. Configurações gerais de energia em uma CT

De acordo com Jeszensky (2004), o fornecimento de energia em uma central telefônica é realizado por uma Subestação de Energia (SE), que entrega esta energia a 3 condutores, sendo duas Fases e um Neutro, normalmente a 220 ou 380 V_{CA}. A alimentação dos equipamentos de comutação e transmissão é entregue por tensão contínua de -48 V_{CC}, provinda de retificadores industriais, sendo estes associados a bancos de baterias, encontrados em salas apropriadas dentro da CT. A Figura mostra o diagrama elétrico desta configuração.

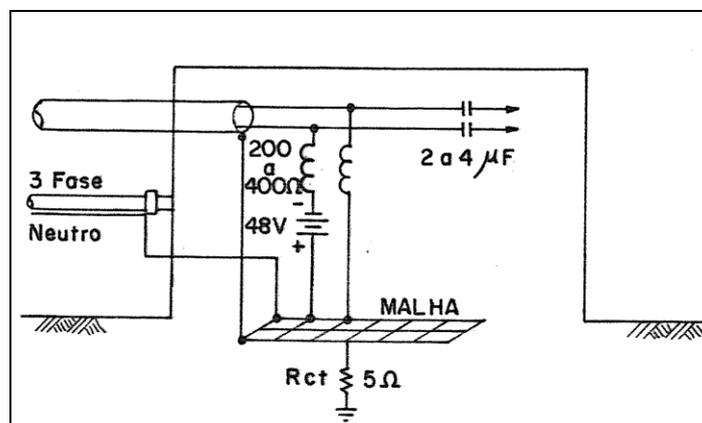


Figura 4. Terminação dos pares de fio da CT.

Fonte: Dos Santos (1990).

O sinal negativo da tensão informa que o polo positivo é aterrado e, isto ocorre pelo fato de que neste caso a reação de corrosão é menor nos cabos que percorrem redes subterrâneas.

Na falta, quedas ou picos de energia da SE, o banco de baterias mantém o sistema energizado, garantindo uma forma ininterrupta de energia, considerando sua autonomia estabelecida. Em uma ERB utilizada em telefonia celular, existem retificadores industriais e banco de baterias associados inclusos em suas salas de comutação e transmissão, com o intuito de manter a alimentação de seus equipamentos, podendo assim, realizar a mesma função de uma CT (DOS SANTOS, 1990).

1.5.3. Dados do módulo *Up Conv*

Os conversores eletrônicos de tensão de corrente contínua para corrente contínua (*Up Conv*), também conhecido como conversores *boost*, são circuitos eletrônicos que aumentam a tensão de sua entrada para sua saída. Os dados do módulo conversor *Up Conv* que serão utilizados na simulação deste trabalho foram obtidos de manuais técnicos conforme Anexo A, contendo informações necessárias para inserção do módulo entre a CT e a LT. O mesmo possui um faixa de entrada (V_{eUP}) de $-40 V_{CC}$ a $60 V_{CC}$, contendo 2 saídas com tensão de $190 V_{CC}$, que neste projeto serão interligadas em série, resultando na saída uma tensão (V_{sUP}) $380 V_{CC}$, com potência de saída (P_{sUP}) $97 W$, possuindo um rendimento (η_{UP}) de 92% , e uma corrente máxima de saída (I_{sUP}) $255 mA$.

1.5.4. Dados do módulo *Down Conv*

Os conversores eletrônicos de tensão de corrente contínua para corrente contínua (*Down Conv*), também conhecidos como conversor *Buck*, são circuitos eletrônicos que abaixam a tensão de sua entrada para sua saída. Os dados do módulo *Down Conv* foram obtidos do Manual Técnico (Anexo F), o qual possui uma faixa de valores de entrada de (V_{eDown}) $380 V_{CC}$ a $210 V_{CC}$, estabilizando em sua saída uma tensão de V_{sDown} de $40 V_{CC}$ a $60 V_{CC}$, com potência de saída de (P_{sDown}) $75 W$ e um rendimento de (η_{Down}) de 85% .

1.5.5. Dados do Inversor Estático

O Inversor Estático (INV) é um dispositivo elétrico capaz de converter um sinal elétrico CC em um sinal elétrico CA, podendo em sua entrada ser alimentada por uma fonte contínua CC ou um banco de baterias.

Os dados do módulo INV foram obtidos de seu Manual Técnico (Anexo L). Possui uma faixa de valores de entrada de (I_{eINV}) $40 V_{CC}$ a $58 V_{CC}$, sendo nominal $48 V_{CC}$ e estabilizando em sua saída uma tensão (V_{sINV}) $120 V_{AC}$, com potência de saída (P_{sINV}) $1200 W$, tendo um rendimento (η_{INV}) de 88%.

1.5.6. Aspectos das Linha de Transmissão (LT)

As LTs são formadas por condutores metálicos com diversas disposições, onde segundo Jeszensky (2004), apresentarão comportamentos elétricos específicos dependendo dos condutores e características do meio.

As características das linhas físicas dos pares de fios são obtidas diretamente a partir da natureza dos circuitos, da disposição geométrica dos condutores e do material utilizado. Tais parâmetros, como resistência e capacitância dos pares de fios e da blindagem, podem ser encontrados em catálogos do fabricante.

1.5.6.1. Parâmetros das linhas telefônicas

Os parâmetros encontrados em LTs de CTs são classificados em longitudinais e transversais, conforme podemos definir:

Longitudinais: existentes ao longo dos condutores que constituem a linha, e são elas: resistência por unidade de comprimento – R (Ω/km) e indutância por unidade de comprimento – L (H/km).

Transversais: existente entre os condutores que constituem a linha, são elas: capacitância por unidade de comprimento – C (F/km) e condutância do dielétrico por unidade de comprimento – G (Ω^{-1}/km).

A Figura 5 a seguir remete a uma linha de transmissão longitudinal e transversal com seus componentes característicos.

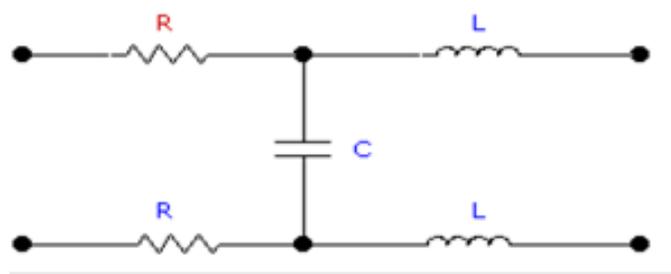


Figura 5. Linha de Transmissão longitudinais e transversais.

1.5.6.2. Os cabos telefônicos

Segundo Toledo (1977), os cabos telefônicos normalmente utilizados em rede de telefonia fixa são compostos por vários pares de fios de cobre trançados, possuindo diâmetros que variam de 0,40 mm a 0,90 mm. Os cabos possuem uma blindagem metálica, sendo uma capa de alumínio ou chumbo. Envoltos a esta blindagem existe um revestimento de isolamento elétrico normalmente de polietileno.

Será utilizado o cobre eletrolítico recozido, com o diâmetro dos condutores padronizado, sendo assim, a tabela abaixo serve como referência.

Tabela 3. Tabela de resistência ôhmica.

Diâmetro dos condutores no Brasil (mm)	Bitola americana dos condutores (AWG)	Resistência à corrente contínua CC (Ω/km)	
		20°C	45°C
0,5106	24	184	202
0,6438	22	106	117
0,9116	19	56	62

1.5.6.3. Mapeamento dos cabos em redes telefônicas

Em se tratando de redes telefônicas, os pares de cabos proveniente das CT trafegam por redes subterrâneas e terminam em um armário metálico, normalmente localizado no logradouro a ser atendido. Do armário os cabos sobem até os postes, separados em 10 pares nas caixas de dispersão, onde será destinado para cada

assinante. A Figura 6 representa uma planta externa de rede telefônica, demonstrando o sinal desde a CT até o seu destinatário final (JESZENSKY, 2004).

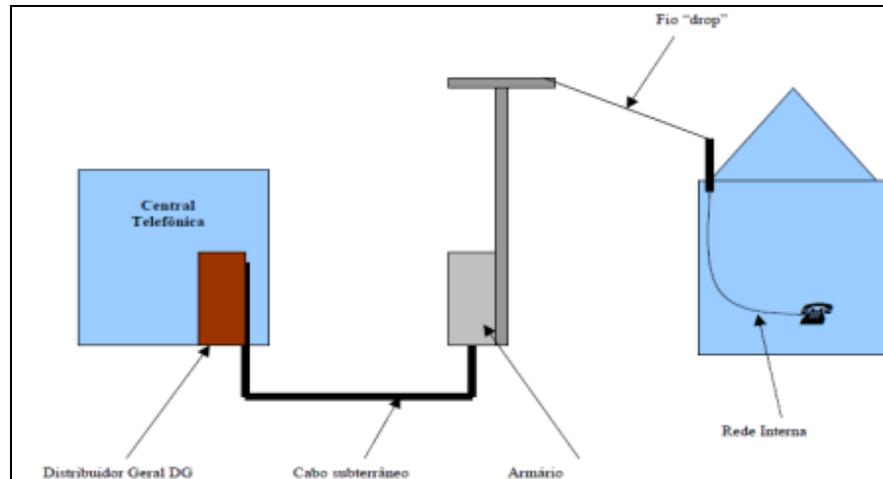


Figura 6. Planta externa de uma rede telefônica.
Fonte: Jenzensky (2004).

1.5.7. ONTs em redes *Fiber-to-the-Home* (FTTH)

As implantações de redes *Fiber-to-the-Home* (FTTH), mais conhecidas como transmissão de dados de fibra óptica para clientes domésticos, atualmente vem crescendo devido a maior aderência deste serviço. Estes sistemas possuem em seus destinatários ou consumidores, equipamentos como o *Optical Network Terminal* (ONT), terminal de rede óptica, que servem como um *gateway* doméstico *high-end* para acesso a rede de dados em banda larga. A Figura 7 ilustra uma ONT comum de mercado.



Figura 7. Modelo de ONT da Huawei - EchoLife HG8245Q2.

As redes FTTH serão utilizadas simultaneamente com o método do *Line Power*, com a função de alimentar as ONTs para garantir um funcionamento contínuo de seus dados em banda larga. No capítulo Discussão, será apresentada a configuração dessas redes e o desenvolvimento dessa aplicação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão apresentados os materiais e métodos, onde será detalhado o modelo a ser estudado e sua simulação, através de cálculos e informações dos equipamentos utilizados, considerando perdas de baixa impedância no meio físico, demonstrada na transferência de energia em longas distância, bem como a qualidade desta energia entregue ao consumidor final.

Os parâmetros usados no estudo e simulação foram obtidos de equipamentos reais, como os conversores *CC-CC Up Conv* e *Down Conv* e inversor estático (INV), através de seus manuais técnicos que se encontram nos ANEXOS A a M.

O simulador utilizado foi o NI Multisim (versão XX, National Instruments Inc.) e os gráficos gerados pelo software MATLAB (versão XIV, The Mathworks Inc.). O desenvolvimento da simulação consistiu em três etapas, sendo elas: CT ou ERB, meio físico LT, e Consumidor ou Carga. Em algumas aplicações, será necessária a conversão de energia CC em CA no consumidor, por meio de um INV.

2.1. Utilização da energia de uma CT ou ERB.

Como proposta deste trabalho, não serão utilizados equipamentos de comutação e transmissão de uma CT, somente a tensão contínua de $-48 V_{CC}$ de seus retificadores industriais e banco de baterias associados para uma transmissão de energia, entendendo esta energia como excedente ou sobra.

2.2. Adição do conversor CC-CC elevador (*Up Conv*) ao retificador da CT

A Figura 8 ilustra a central telefônica com a inserção do conversor *Up Conv* conforme Anexo B, com a função de elevar a tensão de entrada $48 V_{CC}$ para $380 V_{CC}$, e interligar aos pares trançados existentes em malhas externas de telefonia. Cada par transporta uma fração da corrente elétrica total que chega ao consumidor.

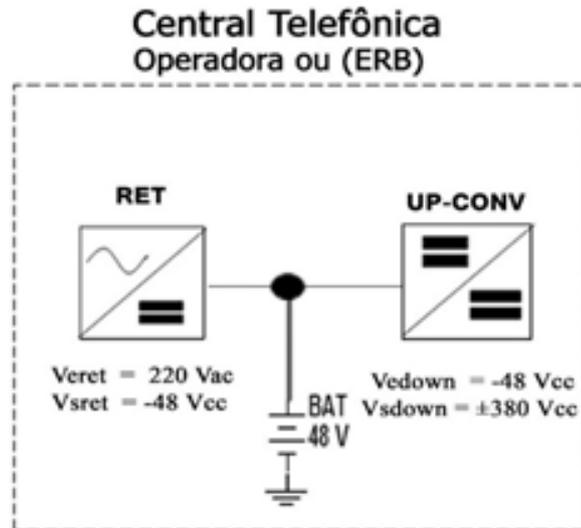


Figura 8- Central Telefônica com a adição do conversor CC-CC *Up Conv.*

2.3. Análise de dados para simulação da LT

Neste projeto, a LT refere-se aos cabos de pares de fios de cobre trançados, instalados nas plantas ou malhas externas das CTs. A Figura 9 ilustra um par de fios de cobre trançado referência a LT que será simulada.



Figura 9. Linha de Transmissão (LT) de uma malha externa (par de fio de cobre).

Para a simulação dos cálculos, adotou-se como diâmetro um par de fios de cobre de 24 AWG, conhecida como bitola americana, que no Brasil corresponde à área da seção $S = 0,20428 \text{ mm}^2$ ou diâmetro $D = 0,5106 \text{ mm}$.

2.4. Consumidor ou Carga

O Consumidor ou Carga é compreendido como elemento que consumirá uma energia ou potência dissipada em uma determinada grandeza, sendo estas: luz, calor, som ou movimento de uma fonte de energia existente. Neste trabalho, o consumidor ou carga refere-se a todo equipamento ou conjunto que receberá a energia transmitida da CT. A energia alcançará o consumidor com uma tensão contínua de 48 V_{CC}, podendo assim alimentar equipamentos de telecomunicações.

Como alternativa, é possível que essa tensão seja facilmente reduzida a valores necessários, como também a conversão em tensão CA, apenas adicionando inversores estáticos em série à tensão contínua.

2.5. Adição do módulo *Down Conv* à entrada do consumidor

Os pares de fios ao chegarem a seu destino, consumidor ou carga, deverão rebaixar a tensão para 48 V_{CC}, com a finalidade de alimentar equipamentos de telecomunicações, com a tensão padronizada neste segmento ou outras aplicações que serão citadas no decorrer desta pesquisa. A Figura 10 indica a adição do conversor *Down Conv* (Anexo G) à entrada do consumidor, rebaixando sua saída para tensão de 48 V_{CC}.

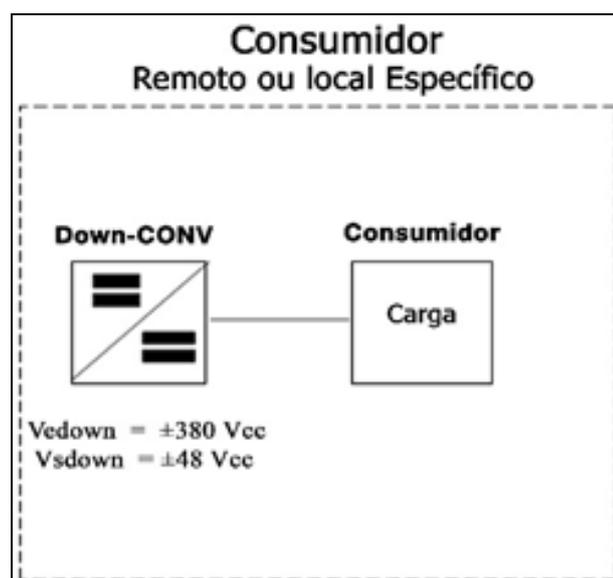


Figura 10. *Down Conv* adicionado à entrada do consumidor.

2.6. Adição do inversor estático (INV)

Em algumas aplicações sugeridas neste trabalho referentes à utilização em equipamentos domésticos, como computadores *desktop*, *notebooks*, impressoras, servidores e entre outros, sendo assim, será necessário o uso de um INV (Anexo M) para realizar a conversão de tensão CC em tensão CA. A Figura 11 explicita esta inserção.

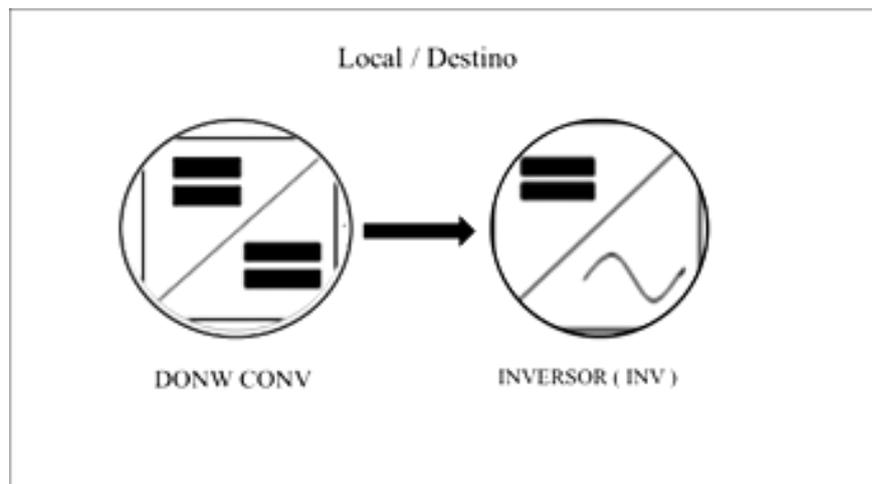


Figura 11. Adição do inversor (INV) à saída do conversor *Down Conv.*

2.7. Baterias como fonte de energia auxiliar

As baterias mais utilizadas são as de chumbo ácidas que são importantes meios de armazenamento de energia de veículos automotores e frequentemente utilizadas em larga escala em *Nobreaks* ou *UPS*, como iluminações de emergência, alarmes, hospitais, subestações de energia e telecomunicações, CTs, redes GSM, *wireless* e entre outros. Com a função de energia auxiliar, as baterias mantêm os equipamentos alimentados ininterruptamente na queda ou picos de corrente alternada da concessionária, respeitando a autonomia ou *runtime* estabelecido.

No desenvolvimento deste trabalho, será denotada a energia de retificadores industriais associada a banco de baterias estacionárias chumbo ácidas ventiladas encontradas em CT. No caso desta energia ser oriunda de ERB, os bancos de bateria são em sua maioria do tipo seladas VRLA.

No destino/consumidor são encontradas baterias seladas VRLA, alojadas dentro de *Nobreaks* e UPS. Nos dias de hoje, é habitual encontrar uma caixa metálica no poste de energia em vias públicas. A referida caixa funciona como *Nobreak*, contendo baterias VRLA em seu interior, com a função de alimentação ininterrupta aos amplificadores de linha em rede de dados de banda larga. Esse tipo de alocação exige uma preocupação quanto ao manuseio, instalação e manutenção.

Uma bateria VRLA de pequeno e médio porte, até 33 Ah, possui vida útil de aproximadamente 5 anos em regime de flutuação, e o tempo de vida estimado deve ser respeitado, bem como a manutenção periódica que deve ser realizada de forma adequada a cada três meses, conforme a recomendação da Norma Brasileira NBR No. 15641 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Deverão também ser verificados os valores de tensão, aspectos visuais, temperatura ambiente e, quando possível, valores de resistência ôhmica das baterias.

3. RESULTADOS

Os resultados obtidos na transmissão de energia possibilitam a implantação do método *Line Power* em empresas de telecomunicações e de geração e transmissão de energia, de modo promissor e com segurança, optando por uma fonte de energia alternativa com o reaproveitamento de uma malha de telefonia existente, já implantada em território nacional, como também em diversos outros países.

Neste capítulo serão desenvolvidos os cálculos necessários para a elaboração do sistema, utilizando a interligação entre os equipamentos envolvidos, bem como especificidades e aprimoramentos características da linha de transmissão.

3.1. Cálculo da resistência do condutor da LT

A resistência elétrica (R) de um condutor é função da área da sua seção (S), da resistividade de seu material (ρ) e do seu comprimento (l). A equação (1.1) trata da expressão básica da resistência de um condutor metálico em função das variáveis acima. A área da seção da circunferência é obtida a partir da equação (1.2). A resistência do par de fios trançados de condutores de cobre é o dobro da resistência do condutor, por se tratar de um *loop*.

O cálculo apresentado é executado para determinar a resistência da LT, utilizando uma distância de 1 km, com o diâmetro (D) 0,5106 mm, que corresponde a um cabo de 24 AWG no padrão americano e resistividade do cobre recozido (ρ) 0,0172 mm²/m. Portanto, ao inserir os dados acima na equação (3.1), obtém-se o valor da resistência do condutor de 168 Ω por km.

$$R = \frac{(8000).(0.0172)}{\pi.(0.5106)^2} = 168\Omega/\text{km} \quad (3.1)$$

3.2. Correção da temperatura para uma nova resistência da LT

Os valores informados na Tabela 3, em fundamentação teórica, são referentes às temperaturas de 20 °C para redes subterrâneas e 45 °C para redes aéreas. Geralmente, a aceitação elétrica dos parâmetros das temperaturas é corrigida para a temperatura ambiente.

Será utilizada uma temperatura média entre 25 °C e 40 °C para efeito dos cálculos e a resistência de 184 Ω/km, referente a 24 AWG, correspondente a um diâmetro (D) 0,5106 mm, ambos retirados da Tabela 3.

A equação (1.3) informa os cálculos para correção da resistência em função da temperatura, sendo: R (Ω/km) a resistência a ser calculada; R_{20} (Ω/km) a resistência a 20 °C retirada da Tabela 3; α (°C⁻¹) o coeficiente de temperatura do cobre recozido, com valor de 0,00382 e θ (°C) a temperatura para qual se deseja conhecer, neste caso 32,5 °C. Insere-se os valores de R_{20} , α e θ na equação (3.2), onde encontra-se o valor da resistência da linha para cada km, sendo 193 Ω/km.

$$R = 184(1 + 0.00382(32.5 - 20)) = 192.8 \cong 193\Omega/\text{km} \quad (3.2)$$

3.3. Determinação da distância de transmissão

A distância será determinada pelas características dos cabos e dos conversores utilizados. A resistência do condutor, equação (1.1) informa que quanto maior a seção do condutor maior será a distância alcançada.

Antes de se prosseguir com os meios práticos de determinar as limitações da distância, serão realizados cálculos para encontrar a distância máxima para uma determinada queda de tensão na linha de transmissão, sendo utilizado uma resistência de linha de 193 Ω/km da equação (3.2) e o limite de tensão de entrada máxima do *Down Conv* de 210 V_{CC}, para que este garanta uma tensão de 48 V_{CC} em sua saída, conforme informado no Manual Técnico, Anexo F. A tensão de saída do *Up Conv* (V_{SUP}) de 380 V_{CC}, conforme junção de 2 conversores de 190 V_{CC} em série.

Baseando-se na Lei de Ohm, equação (1.0), pode-se encontrar a resistência da linha máxima ($R_{L\text{máx}}$), equação (3.3), sendo a tensão *UP Conv* 380 V_{CC} menos 210 V_{CC} da LT que será denominada VL, sobre a corrente máxima que percorrerá

esta linha (I_L) de 235 mA, drenada pelo *Down Conv*. Assim obtém-se a resistência da linha máxima de 723,4 Ω .

$$R_{L_{\text{máx}}} = \frac{380\text{v} - 210\text{v}}{235\text{mA}} = 723,4\Omega \quad (3.3)$$

A Figura 12 trata-se da configuração geral de tensão da CT ou ERB até a entrada do *Down Conv* inserido no consumidor ou carga, considerando a tensão de entrada do *Down Conv* limite de 210 V_{CC}, essa configuração foi simulada através do programa Multisim.

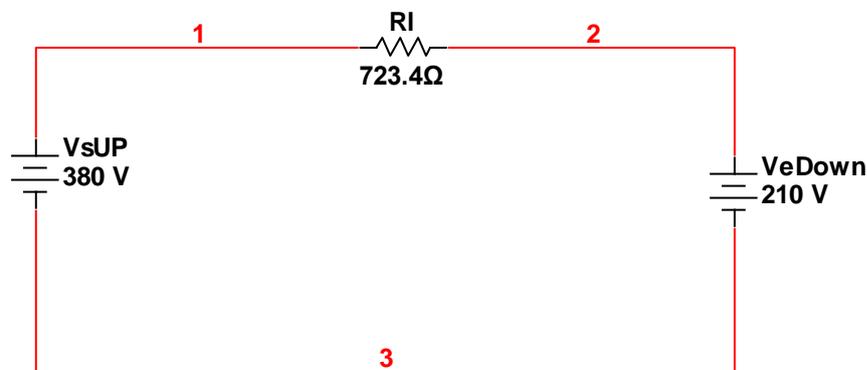


Figura 12. Tensão de saída do *Up Conv*, Resistência da Linha (R_L) e tensão de entrada *Down Conv*.

A distância máxima em km utilizada neste estudo, será dada pela relação da resistência da linha máxima ($R_{L_{\text{máx}}}$) de 723,4 Ω encontrada na equação (3.3), sobre a resistência da linha para cada km de 193 Ω /km retirada da equação (3.2). Inserindo os dados acima mencionado na equação (3.4), obtém-se o valor da distância máxima ($D_{\text{Máx}}$) de 3,75 km.

$$D_{\text{Máx}} = \frac{723,4\Omega}{193\Omega/\text{km}} = 3,75\text{km} \quad (3.4)$$

3.4. Cálculo da corrente e potência a ser drenada da CT ou ERB

Atendendo a um cálculo para obter a corrente e potência a ser drenada do retificador da CT ou ERB, deve-se aplicar a equação (1.6). Na equação (3.5), para obter a corrente de entrada do *Up Conv* (I_{eUP}), deve-se conhecer a sua corrente de

saída (I_{sUP}), que é de 235 mA conforme informação do Manual Técnico, Anexo F. Este valor deverá ser multiplicado pela razão da tensão de saída do *Up Conv* (V_{sUP}) 380 V_{CC} e tensão de entrada do *Up* (V_{eUP}) 48 V_{CC} , sendo dividida pelo rendimento do *Up Conv* (η_{UP}) que é 92%, resultando no valor de 2,02 A.

$$I_{eUP} = \frac{235 \times 10^{-3} \cdot \left(\frac{380}{48}\right)}{0,92} = 2,02 \text{Acc} \quad (3.5)$$

Para se obter a potência drenada da CT (P_{eUP}), conforme equação abaixo, deverá apenas multiplicar a corrente de entrada do *Up Conv* (I_{eUP}) de acordo com o resultado da equação (3.5), pela tensão de entrada do *Up Conv* (V_{eUP}) 48 V_{CC} , assim a potência consumida da CT será de 97,07 W.

$$P_{eUP} = (48) \cdot (2,02) = 97,07 \text{W} \quad (3.6)$$

3.5. Cálculo da corrente e potência de saída do *Down Conv* entregue ao consumidor, percorrida uma distância de 1 km

A Figura 13 ilustra a configuração da transmissão com a resistância da LT de 193 Ω/km , da equação (3.2), com uma tensão de saída do *Up Conv* (V_{sUP}) de 380 V_{CC} menos a queda de tensão da linha (V_L) de 45,3 V_{CC} , resulta uma tensão de entrada do *Down Conv* (V_{eDown}) de 334,67 V_{CC} para uma distância de 1 km.

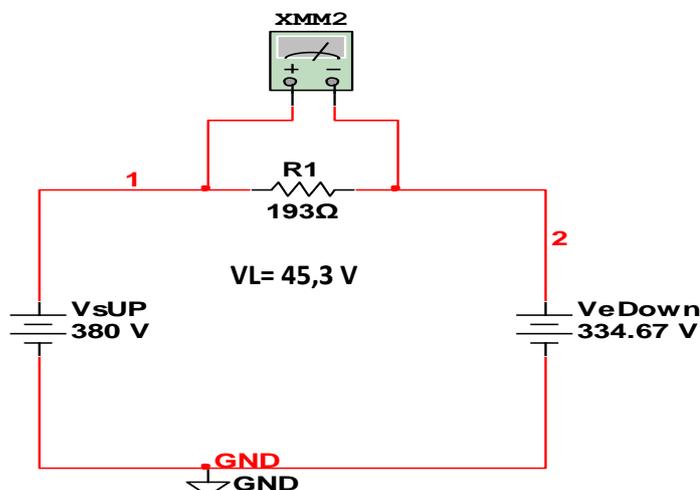


Figura 13. Transferência de energia por km em um par de fios trançados.

Pretendendo encontrar a corrente e a potência de saída do *Down Conv* com tensão de saída de 48 V_{CC} no consumidor, aplica-se as equações (1.8) e (1.9). A corrente de saída do *Down Conv* (I_{sDown}), multiplica-se a corrente de entrada do *Down Conv* (I_{eDown}) de 235 mA, pelo seu rendimento (η_{Down}) de 85% estipulado pelo manual técnico, ANEXO F e divide-se pela razão entre a tensão de saída do *Down Conv* (V_{sDown}) 48 V_{CC} e a tensão da entrada do *Down Conv* (V_{eDown}) 334,67 V_{CC}. Como resultado atinge-se uma corrente de saída de 1,39 A_{CC}.

$$I_{sDown} = \frac{(235 \times 10^{-3}) \cdot (0,85)}{\left(\frac{48}{334,67}\right)} = 1,39 A_{CC} \quad (3.7)$$

Conseqüentemente, a potência de saída do *Down Conv* (P_{sDown}) será alcançada ao multiplicar a tensão de saída do *Down Conv* (V_{sDown}) 48 V_{CC} pela corrente de saída do *Down Conv* (I_{sDown}) de 1,39 A_{CC}. Através do cálculo da equação (3.8) atinge-se uma P_{sDown} de 66,85 W.

$$P_{sDown} = (48) \cdot (1,39) = 66,85 W \quad (3.8)$$

3.6. Gráficos de resultados

Recorrendo a pesquisa aplicada, que visa produzir conhecimento para a efetivação da aplicação do método *Line Power* no ramo de telecomunicações, foi estudado manuais técnicos, que através de simulações e cálculos, culminaram na obtenção de resultados. Este processo metodológico, decorrente de pesquisa qualitativa, limitou-se a coleta de informações destes manuais, bem como a aplicação de técnicas e softwares que analisaram estes dados.

A Tabela 4 informa o aumento da distância em quilômetros e sua queda de tensão na linha para cada km percorrido, bem como as correntes, tensões e potências, tanto na entrada do *Up Conv*, como na saída do *Down Conv*, conforme calculado nos itens anteriores. Observou-se que a distância máxima alcançada foi de 3,75 km, equação (3.4), até satisfazer o limite mínimo de tensão de entrada do

Down Conv, qual seja: 210 V_{CC}. Abaixo desta tensão mínima, não será garantido uma tensão de 48 V_{CC}, estabelecida como tensão padrão de telecomunicações.

Nessa simulação foram utilizados apenas dois módulos conversores: um *Up Conv* na função de gerador de energia e um *Down Conv* na função de receptor de energia. Na LT foi utilizado um par de fios de cobre trançados de 24 AWG ou $S = 0,20428 \text{ mm}^2$ ou diâmetro $D = 0,5106 \text{ mm}$.

Tabela 4. Simulação da transferência de energia para uma distância de 3,75 km.

Range	UP CONV						Linha de Transmissão					DOWN CONV						
Down Conv	01 - Módulo = 02 Conversores						01 - Par de fio 24 AWG					01 - Módulos = 02 Conversores						
380 à 210 V _{CC}	leup(A)	Veup(V)	Peup(W)	Isup(A)	Psup (W)	η	Vsup(V)	RL(Ω /Km)	VI(V)	IL(A)	DL(km)	IeDown(A)	VeDown(V)	PeDown(w)	η	VsDown(V)	PsDown(W)	IsDown(A)
Satisfaz	2,02	48,00	97,07	0,235	89,30	0,92	380,00	192,91	45,33	0,235	1,00	0,235	334,67	78,65	0,85	48,00	66,85	1,39
Satisfaz	2,02	48,00	97,07	0,235	89,30	0,92	380,00	385,82	90,67	0,235	2,00	0,235	289,33	67,99	0,85	48,00	57,79	1,20
Satisfaz	2,02	48,00	97,07	0,235	89,30	0,92	380,00	578,72	136,00	0,235	3,00	0,235	244,00	57,34	0,85	48,00	48,74	1,02
Satisfaz	2,02	48,00	97,07	0,235	89,30	0,92	380,00	723,40	170,00	0,235	3,75	0,235	210,00	49,35	0,85	48,00	41,95	0,87
Não Satisfaz	2,02	48,00	97,07	0,235	89,30	0,92	380,00	771,63	181,33	0,235	4,00	0,235	198,67	46,69	0,85	48,00	39,68	0,83

O gráfico da Figura 14 expressa que a potência de entrada do *Down Conv* (P_{eDown}) diminui à medida que se aumenta a distância em km. Quando se atinge a potência de 49,35 W, obtém-se a distância máxima de 3,75 km. Esta distância máxima alcançada refere-se ao limite mínimo de tensão de entrada do *Down Conv* de 210 V_{CC}, sendo este o limiar entre satisfazer ou não a simulação desta configuração, de acordo com os dados obtidos dos conversores e características da LT.

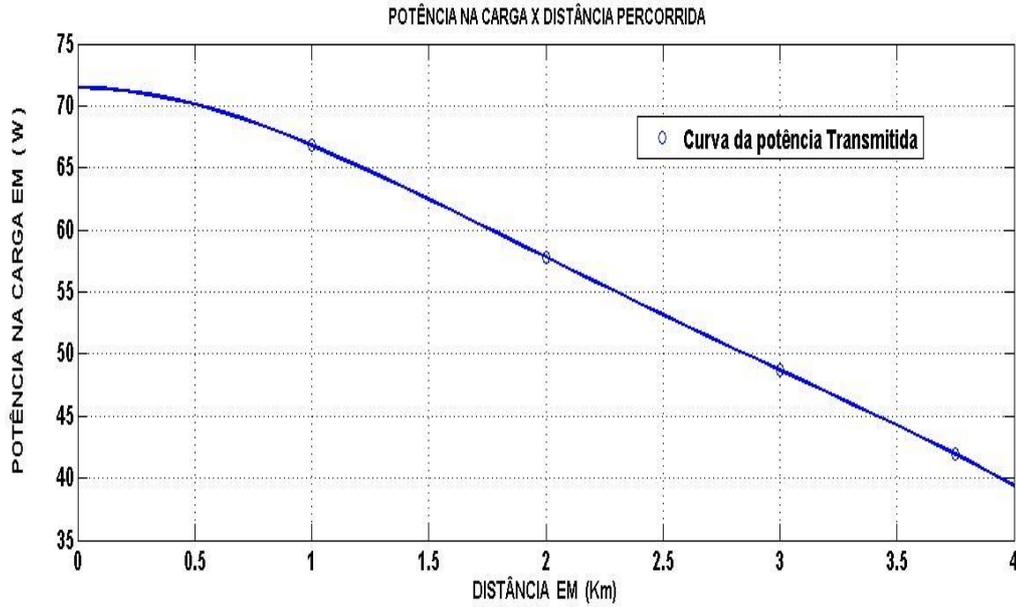


Figura 14. Potência no consumidor x Distância percorrida.

3.7. Obtenção de maior potência no consumidor

Com a facilidade da adição de módulos conversores em paralelo e a multiplicação de pares de fios na malha externa, cada conversor com seu par de fios pode transportar uma corrente fracionada, podendo assim, alcançar um aumento da corrente no consumidor ao somar as saídas de cada *Down Conv*. A Figura 15 mostra a esta configuração, que resulta em um aumento de potência no consumidor.

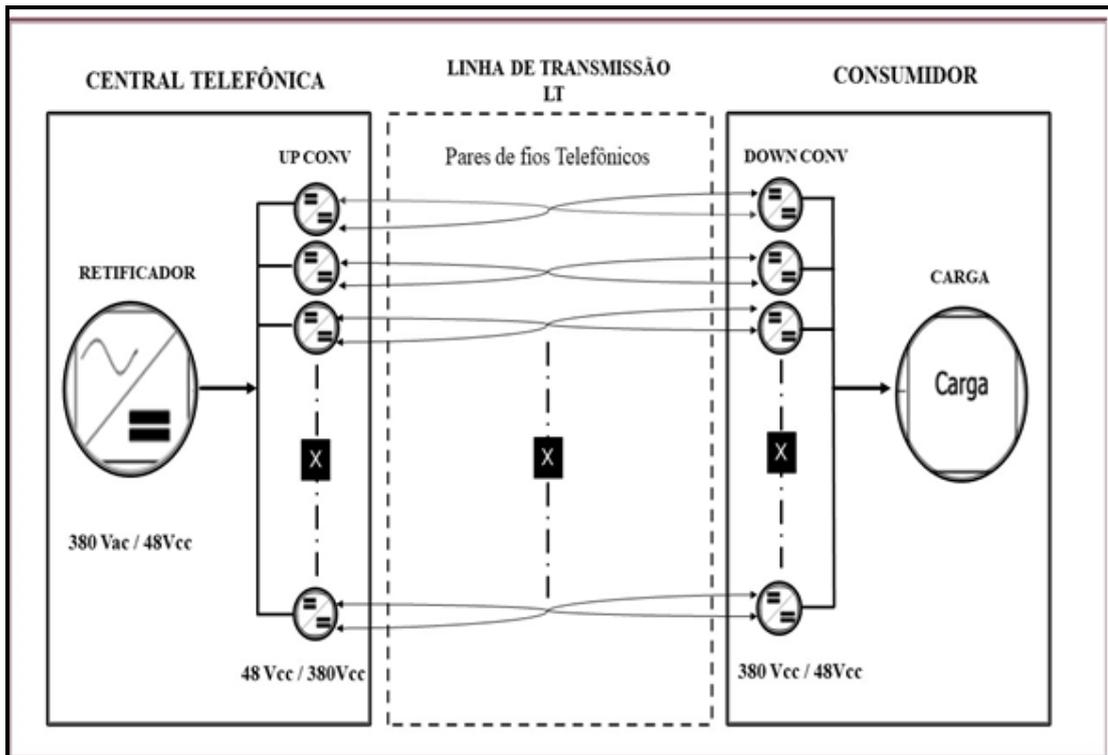


Figura 15. Multiplicação de pares de fios telefônicos e conversores.

3.8. Simulação para obtenção de maior potência no consumidor

Pretendendo alcançar a distância de 3,75 km, escolheu-se arbitrariamente uma potência de saída do *Down Conv* ($P_{s\text{Down}}$) 1364 W no consumidor, para isto, foi necessário a adição de *UP* e *Down Conv* e a multiplicação de pares de fios na LT. Assim, a Figura 16 elucida a soma da corrente de saída de cada *Down Conv* que será de 28,4 Acc, considerando aproximadamente 33 módulos conversores *Up Conv* e *Down Conv* e a mesma quantidade de pares de fio telefônicos na LT. A Figura 16 também informa que a potência que será consumida do retificador da CT é de aproximadamente de 3.200 W em 48 Vcc. Importante salientar que não há limite para potência no consumidor, com a facilidade de adição de pares de fios e conversores, permitindo assim que se obtenha a potência desejada.

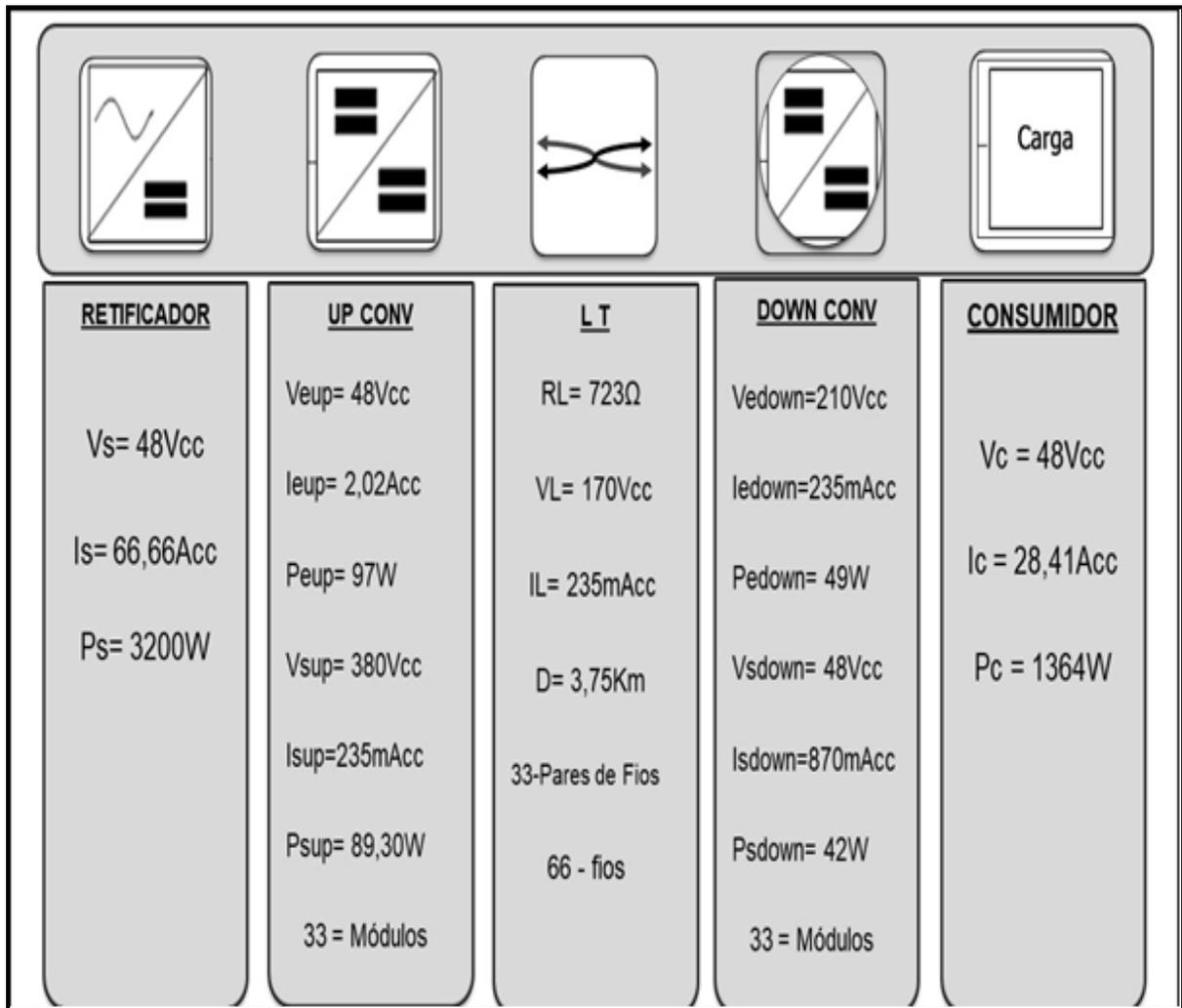


Figura 16. Transferência de energia para 3,75 km.

3.9. Cálculo para utilização do inversor estático (INV)

Para alcançar a corrente de entrada do INV é necessário compreender sua potência de saída, tensão de entrada e seu rendimento, conforme a equação (1.10).

3.10. Simulação para obtenção de CA, a partir da saída CC do *Down Conv*

Na simulação de transmissão de energia, conforme visto na Figura 16, obteve-se na saída do consumidor *Down Conv* uma potência (P_{sDown}) de 1.364 W em 48 V_{CC}, percorrida uma distância de 3,75 km. Para converter esta energia contínua para alternada, deve ser adicionado um INV, Anexo M. Com os dados do INV informados no item 1.5.5 em fundamentação teórica e de seu Manual Técnico,

Anexo L, aplica-se as equações (1.10) e (1.11) para obter a corrente (I_{eInv}) e potência (P_{eInv}) requerida na entrada do INV.

Ao inserir os valores do referido manual na equação (3.9), baseado na equação (1.10), almejando atingir uma potência de saída do INV (P_{sInv}) de 1.200 W, deve-se dividir essa potência pelo seu rendimento (η_{Down}) de 88%, multiplicado pela sua tensão de entrada (V_{eInv}) 48 V_{CC}, o que resulta em uma corrente de entrada de 28,41 Acc.

$$I_{eInv} = \frac{1200}{(0.88) \cdot (48)} = 28.41Acc \quad (3.9)$$

Para se calcular a Potência de entrada do INV (P_{eInv}), basta multiplicar a sua corrente de entrada, conforme equação (3.9) pela tensão de entrada de 48 V_{CC}. A inserção desses valores é apresentada na equação (3.10):

$$P_{eInv} = (48) \cdot (28.41) = 1364 W \quad (3.10)$$

A Figura 17 ilustra a adição do INV na saída do *Down Conv* para obter uma tensão alternada e suas possibilidades de aplicações. Na saída do INV encontra-se uma tensão (V_{sInv}) de 120 V_{CA}/60Hz, corrente (I_{sInv}) 10 ACA e a potência (P_{sInv}) de 1200 W. Através dos valores informados, pode-se alimentar equipamentos domésticos como: computadores *desktop*, *notebook*, impressoras, modem e roteadores, dentre outros equipamentos, com a finalidade de propor uma energia ininterrupta.

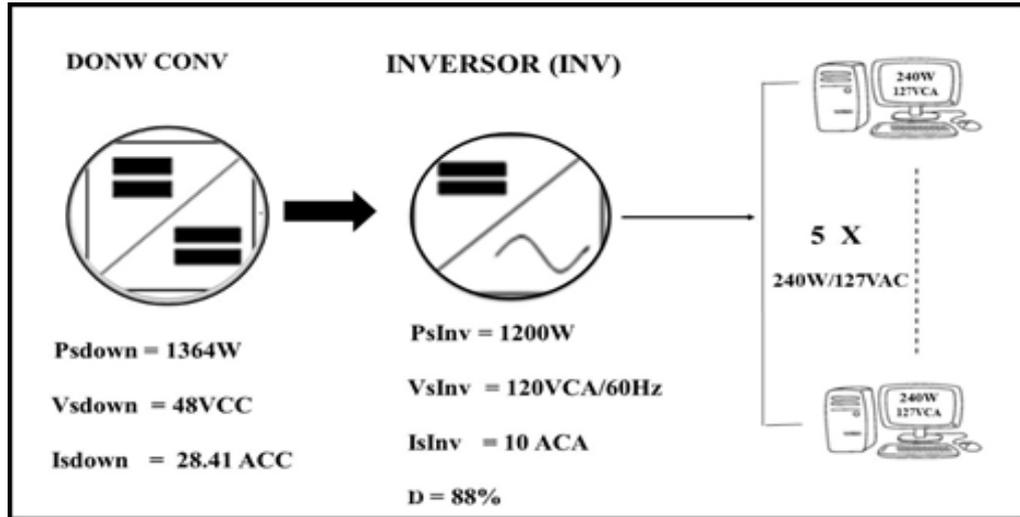


Figura 17. Adição do Inversor aplicado a equipamentos doméstico.

4. DISCUSSÃO

Nesta pesquisa, optou-se pelo método *Line Power* como uma possibilidade de inovação na tentativa de oportunizar uma melhor alimentação de energia a consumidores remotos.

Ao simular a transferência de energia de um ponto a outro, como foi desenvolvido no capítulo anterior, os dados informados na Tabela 4 resultaram em uma tensão de 48 V_{CC} a uma distância máxima de aproximadamente 3,75 km, considerando as características das linhas existentes e a tensão mínima de 210 V_{CC} na entrada do *Down Conv*, para garantir 48 V_{CC} em sua saída. Para tensões abaixo de 210 V_{CC} o *Down Conv* não garante os 48 V_{CC} em sua saída, logo, não satisfaz a simulação. Foram utilizados um módulo *Up* e *Down Conv* e um par de fios trançados na LT, a corrente máxima na saída do *Dow Conv* em 3,75 km atingiu uma potência de 41,95 W.

Como um meio de aumentar a potência no consumidor, escolheu-se adicionar mais módulos *UP* e *Down Conv* e a multiplicação de pares de fio trançados na LT, com isso a potência no consumidor atingiu cerca de 1.364 W, sendo utilizados 33 módulos *UP* e *Down* e 33 pares de fios na LT, conforme informa a Figura 16. Uma observação relevante é que não há limite na potência no consumidor, necessitando atingir maior potência no consumidor deverá apenas aumentar a quantidade de conversores e pares de fios na LT. Com isso, a simulação de transferência de energia deste método, caracteriza-se como uma alternativa conveniente e funcional a equipamentos de telecomunicações como também domésticos.

Nota-se a importância das aplicações do método *Line Power* nos setores de Telecomunicações e de Energia, visando um modelo inovador e, com isso, uma mudança na maneira de fornecimento de energia a seus consumidores.

Foram abordados elementos que dinamizaram a aplicação do método proposto, uma vez que este utiliza malhas de pares de fios já implantadas, ocasionando mais praticidade e facilidade implantação. Outro fator considerável é a substituição dos sistemas convencionais e suas implicações quanto à manutenção, descarte adequado das baterias e outras providências em relação à forma de armazenamentos em sistemas de energia redundantes, conforme mencionado no item 2.6.

4.1. Aplicações relevantes do *Line Power* no Brasil

Em 2016, o *Line Power* foi implantado no Parque Olímpico para as olimpíadas realizadas no Rio de Janeiro, no Centro Operacional de Tecnologia (TOC) responsável pela gestão da infraestrutura de telecomunicações de todo parque. A alimentação remota foi utilizada para fornecer energia de uma fonte CT até o seu consumidor, onde alimentou as Remotas Radio Unidades (RRUs), rádios transceptores localizados em torres de celular como provedores de serviço sem fio (HARIHARAN et al, 2017).

4.2. Aplicação do método a localidades e equipamentos da própria operadora

A primeira aplicação será a entrega de energia a locais e equipamentos da própria operadora, a partir de redes de pares de cabos de cobre existentes, com isso, adquire-se a facilidade de reutilizar um material disponível, sem a necessidade de contratar este serviço de terceiros. Diante da energia desenvolvida neste sistema, ela poderá alimentar locais e equipamentos essenciais como: computadores *desktop*, *notebooks*, impressoras, servidores e entre outros, em lojas e pontos de acesso.

A fonte convencional de abastecimento de energia da concessionária possui a necessidade ou obrigatoriedade da utilização de *Nobreaks* ou *UPS*, ficando sob a responsabilidade das lojas e pontos de acesso a adesão destes equipamentos, gerando custos na aquisição, realização de manutenções periódicas e troca das baterias por término de vida útil.

Conforme Chergui (2014), o custo de equipamentos de alimentação de linha *Line Power* para a mesma carga de energia é mais caro do que a fonte de alimentação local, devido ao seu nível de complexidade. No entanto, ao contabilizar o custo total de instalação inicial, equipamentos, licenças, baterias e mão-de-obra, a aderência da alimentação de linha na forma convencional se torna mais dispendiosa, pois são custos periódicos e constantes oriundos da utilização desse sistema.

Outras desvantagens da alimentação convencional são os riscos de explosão das baterias chumbo ácidas e emissão dos gases nocivos ao meio ambiente e aos profissionais que atuam diretamente nos equipamentos. Importante

salientar que existem locais onde o uso das baterias ácidas é proibitivo, devido ao alto índice de atmosfera explosiva.

No Capítulo 3, ratificou-se a implantação do *Line Power*, comprovado através de simulação de cálculos a viabilidade deste método, propiciando uma energia ininterrupta, substituindo os sistemas convencionais de alimentação AC.

Contraopondo o sistema da alimentação convencional, o método, objeto de estudo deste trabalho, exprime as vantagens da sua implementação, quais sejam: energia ininterrupta que proporciona maior conforto aos destinatários, não necessidade de uso de baterias ácidas pontuais alocadas em *Nobreaks* ou *UPS* em seus consumidores, logo, não há custos com manutenção nem os riscos provenientes da sua utilização. Outro ponto relevante é que o sistema *Line Power* não depende da autonomia ou *runtime* do banco de bateria associado ao sistema *Nobreak* ou *UPS* e sim da CT, possuindo uma maior capacidade de autonomia em horas.

4.3. Recarga de energia para aparelhos celulares em terminais de transportes de acesso público

Através de simulação dos cálculos utilizados para alimentar equipamentos em locais da própria operadora, pode-se concluir que dados obtidos também são favoráveis para fornecimento de energia para recarga de aparelhos celulares em terminais de transporte de acesso público ou outras localidades de livre acesso, como aeroportos e rodoviárias, o que favorece a vida da população que necessita recarregar seus aparelhos eletrônicos. Esses pares de fios percorrem galerias, DGs e postes, por isso possivelmente poderá ser fornecida energia para pontos de terminais de transporte, apenas com liberação através de aplicativos.

Outra possibilidade de alimentação desta energia é disponibilizar a iluminação contínua do próprio terminal e, principalmente, em caso de quedas de energia, devido ao consumo extremamente reduzido de sistemas de iluminação baseados em tecnologia LED.

A Figura 18 ilustra o arranjo da interligação aplicada em um terminal de transporte, adicionando um INV, conforme simulação no item 3.11. Diante dessas deduções, é possível obter uma energia alternada e ininterrupta, capaz de alimentar até 10 tomadas de 127 V_{CA}/1 A.

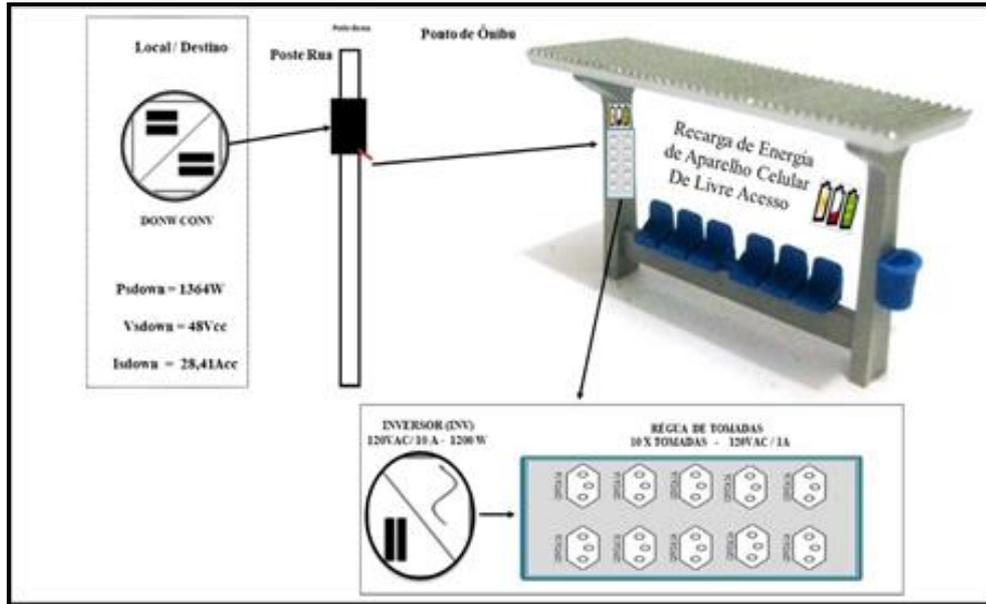


Figura 18. Recarga de energia para aparelhos celulares em terminais de ônibus.

4.4. Solução de alimentação para ONTs em redes FTTH

Borders (2012) e Chergui (2014, 2015) indicam uma solução de aplicação em redes FTTH, onde em seus consumidores encontram-se os ONT, deste modo, apresenta a utilização do método *Line Power*, junto com o cabo de banda larga de fibra óptica, com a função de entregar energia ininterrupta a seus ONT. Assim, descarta-se a necessidade de utilizar um *Nobreak* ou *UPS* e, como consequência dessa não utilização, não serão gerados custos adicionais como: manutenção, troca de baterias com tempo de vida útil excedido, e problemas quanto a alocação do mesmo em locais onde o seu uso é proibido.

O sistema convencional possui uma fonte de alimentação, aconselhada a seus clientes com aquisição de *Nobreaks* ou *UPS*, mantendo assim seus sistemas *online* na possível falta, picos ou quedas de energia da concessionária. Porém, é transferida, de forma subentendida, a onerosidade dos custos de aquisição, manutenção e a responsabilidade quanto ao descarte das baterias internas de seus sistemas a seus clientes. A Figura 19 exemplifica a configuração do sistema operando com o método *UPS*.

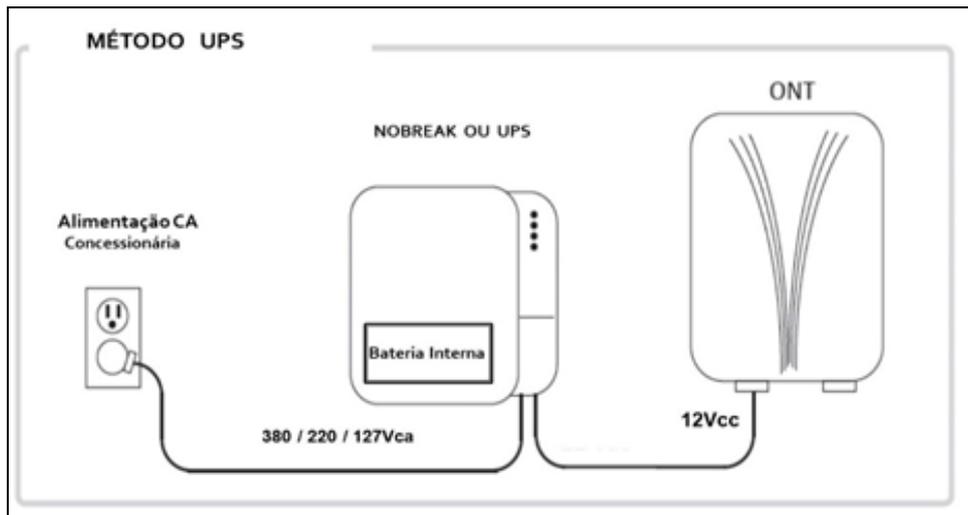


Figura 19. Método UPS.

Fonte: Border (2012) e Chergui (2014, 2015).

O método de suprimento de energia *Line Power* descrito neste trabalho também possibilita a alimentação ininterrupta das ONTs. A configuração desta aplicação é apresentada na Figura 20, podendo ser comparada ao sistema convencional anteriormente citado.

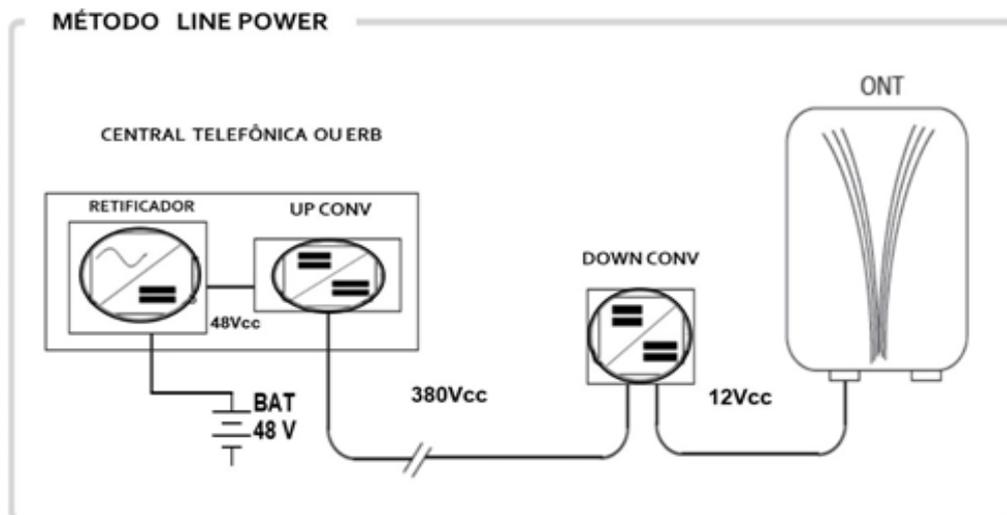


Figura 20. Método Line Power.

Fonte: Borders (2012) e Chergui (2015).

Esta implantação requer uma análise em relação ao método convencional, considerando suas vantagens e desvantagens. A substituição do método convencional de alimentação através de *Nobreaks* e *UPS* pelo método *Line Power* possibilita uma solução inovadora e viável a redes de dados FTTH a consumidores

domésticos ONT entregando uma alimentação de 12 V_{CC} ininterrupta ao ONT, concomitante com a rede de dados de fibra óptica.

Com esta configuração, não há a necessidade de fontes de alimentação de 12 V_{CC} pontuais, sendo dispensável a utilização de um sistema de *No/Stop*, como *Nobreaks/UPS* em fonte de energia auxiliar, também será desnecessária a preocupação com a autonomia em horas, pois a CT que servirá de alimentação, possui um banco de baterias como fonte auxiliar de energia (CHERGUI, 2015).

A partir dessa configuração, os clientes da ONT estarão seguros quanto a interrupções de energia, pois sem ela, em eventual pico ou queda, seu tráfego de dados seria interrompido, causando um desconforto com a paralisação do sistema, com espera de cerca de 3 a 4 minutos para que todo sistema volte a ficar *online* novamente. Em alguns casos, essa espera pode gerar transtornos aos usuários.

4.5. Solução de alimentação para amplificadores de linha em transmissão de dados via cabo (banda larga)

Nos dias atuais, em Telecomunicações, a transmissão de sinais de dados, como por exemplo, operadoras de canal a cabo, os dados são transmitidos através de cabos coaxiais, percorrendo postes e galerias, devido às altas frequências utilizadas na rede *Hybrid Fiber Coaxial* (HFC), onde sinal sofre atenuação ao propagar-se pelos cabos.

Rede HFC é um termo usado em telecomunicações que identifica o tipo de rede híbrida, utilizando simultaneamente fibra óptica e cabos de RF, normalmente usados em sistema de transmissão banda larga (MATTARREDONA, 2001). Por conta disso, faz-se necessário a utilização de amplificadores de linha em intervalos regulares para compensar tal atenuação.

A Figura 21 ilustra o amplificador de linha, instalado na rede de dados suspensa em postes, abaixo da rede de baixa tensão da concessionária.

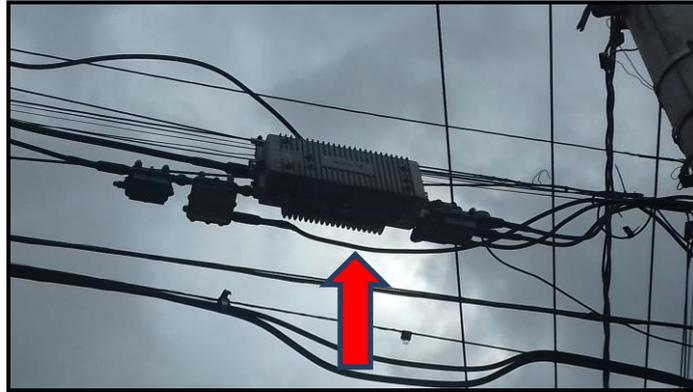


Figura 21. Amplificador de linha.

O amplificador de linha necessita de uma fonte de alimentação que converta a tensão da rede comercial (CA) de $127 V_{CA}$ ou $220 V_{CA}$ para tensão mais baixa, de aproximadamente 60 a $90 V_{CA}$, multiplexando com os sinais de RF, inserindo o sinal resultante em um cabo coaxial que alimentará os elementos ativos da rede (MATTARREDONA, 2001).

A corrente pode situar-se entre $10 A$ e $15 A$ ou mesmo $40 A$, dependendo da quantidade de elementos sendo alimentados. Cada fonte pode alimentar um grupo de 10 a 20 elementos e conta com baterias recarregáveis. Em caso de falta de energia elétrica, por um período de 2 a $8 h$, dependendo da quantidade de baterias instaladas.

A Figura 22a trata-se de um gabinete metálico com a fonte de alimentação comumente utilizado pelas empresas de telecomunicações, instalado no poste de uma via pública. A Figura 22b demonstra o compartimento interno do gabinete.



Figura 22a. Gabinete externo.



Figura 22b. Imagem interna do gabinete.

Fonte: <http://www.manualsdir.com/manuals/317462/alpha-technologies-pme-series-pwe-series.html>.

A Figura 23 mostra a fonte de alimentação em sua configuração geral, o gabinete afixado no poste, mediante a alimentação de entrada CA fornecida pela rede da concessionária e sua saída entrega energia ao amplificador de linha da rede HFC.

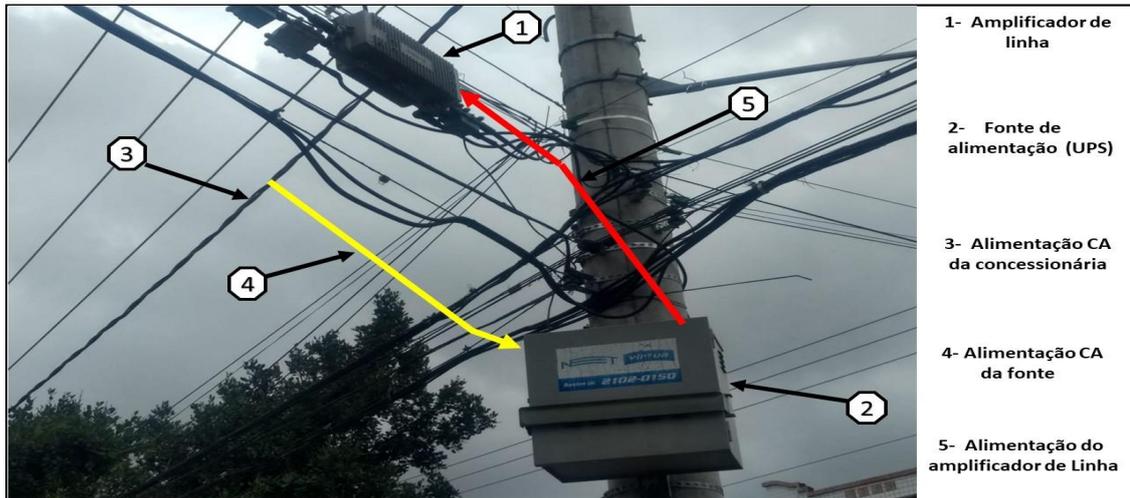


Figura 23. Configuração geral da alimentação.

O método *Line Power* é indicado para transferência de alimentação de energia, com a perspectiva de um novo direcionamento neste segmento, sugerindo a troca de gabinetes em postes que se comportam como *Nobreaks/UPS* em uma rede HFC. Nesta lógica, adere-se um sistema mais moderno e facilitador, reduzindo a quantidade de *Nobreaks*, tanto qual, baterias locais que carecem de manutenções periódicas, trocas e custeios em geral.

Com a facilidade de reutilização dos pares de fios que se encontram nos postes de vias públicas, torna-se mais acessível e prático a implantação do método sugerido, diante da necessidade de atualização e modernização do serviço prestado no ramo de telecomunicações, sendo ajustado o princípio basilar da aplicação do novo método, o reaproveitamento dos meios físicos já implantados.

Diante do evidenciado, é possível a substituição da fonte convencional com seus bancos de baterias inclusos, propiciando uma transmissão de energia mais eficaz, conforme demonstrado no decorrer deste trabalho. Nota-se que a energia transmitida é oriunda de uma CT com seus bancos de baterias, podendo assim, a critério da necessidade da operadora, substituir a fonte de alimentação existente pela implantação do método em questão.

A Figura 24, exibe a implantação do método *Line Power*. Observa-se que foi retirado o *Nobreak* e baterias do gabinete metálico e inserido o *Down Conv* e o INV, com a finalidade de alimentação do amplificador sem a utilização de banco de baterias.

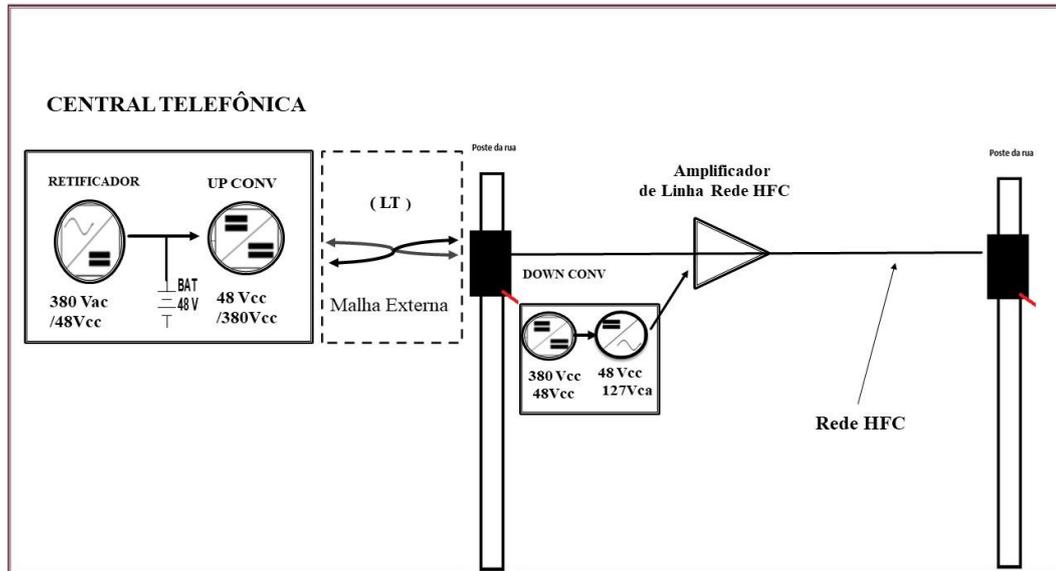


Figura 24. Método *Line Power* a amplificador de linha em rede HFC.

A inserção desta nova forma de alimentação, além de possuir a vantagem de não utilização de bancos de baterias, também proporciona uma autonomia em horas definida pela CT.

4.6. Considerações quanto à segurança do método *Line Power*

A preocupação na implantação dessas técnicas limita-se ao âmbito de segurança deste sistema, ficando restrita apenas em manter funcionários treinados e habilitados para o manuseio e manutenção, como também, a identificação dessas redes e proteção interna dos próprios conversores CC-CC.

Os conversores *Up Conv* e *Down Conv* possuem proteção de sobrecorrente, curto-circuito, Dispositivo de Proteção contra Surto (DPS) e inversão de polaridade. Na ocorrência de uma sobrecorrente e curto-circuito, fusíveis de entrada e de saída atuam contra surtos de descargas atmosféricas, ou seja, ocorre a atuação do DPS. Na inversão de polaridade, apenas o módulo para de funcionar, acionando um

alarme, pois existe proteção de tensão reversa através de diodos, como ilustra a Figura 25.



Figura 25. Proteções do módulo.

Para minimizar os riscos, é essencial a realização de treinamentos constantes ao pessoal de instalação e manutenção. É necessário dar atenção ao manuseio, ferramentas utilizadas e controles de EPIs.

Para implantação e manutenção do método *Line Power*, alguns procedimentos devem ser seguidos para determinar se um par de cabos pode ser utilizado neste sistema em função do seu isolamento e condições do condutor. Abaixo encontram-se os procedimentos e teste a serem realizados:

- Teste dos pares de fios em corrente alternada CA
Com um voltímetro em corrente alternada, medir a tensão entre os condutores, e cada condutor para terra.
- Teste dos pares de fios em corrente contínua CC
Com um voltímetro em corrente contínua, medir a tensão entre os condutores, e cada condutor para terra.
- Teste dos pares de fios para resistência de isolamento
Com um megômetro, medir a resistência de isolamento entre os condutores, e cada condutor para terra.
- Teste dos pares de fios em resistência de ida e volta (*loop*)
Com um Ohmímetro, medir a resistência dos condutores ida e volta e compará-lo com o valor calculado.

Conforme os dados obtidos nos testes acima, pode-se concluir se os pares estão de acordo ou não para serem utilizados, mediante comparação dos valores estipulados no ANEXO N.

Quanto ao manuseio, por precaução poderá ser adicionado uma forma de identificação, através de etiqueta colorida dentro da instalação, marcando o grupo de aglutinantes ou pares de cabos.

Outra maneira de obter mais segurança é a identificação destes pares com tampão de cor vermelha, sendo um modo informativo de demonstrar a presença do *Line Power* na instalação, em ambos os casos, é possível designar os pares de cabos no pedestal ou DG. A Figura 26a indica o modelo de bloco terminais (DG) externo, identificando com tampão vermelho as junções no pedestal, e a Figura 26b bloco de terminais (DG) interno (Borders, 2017).

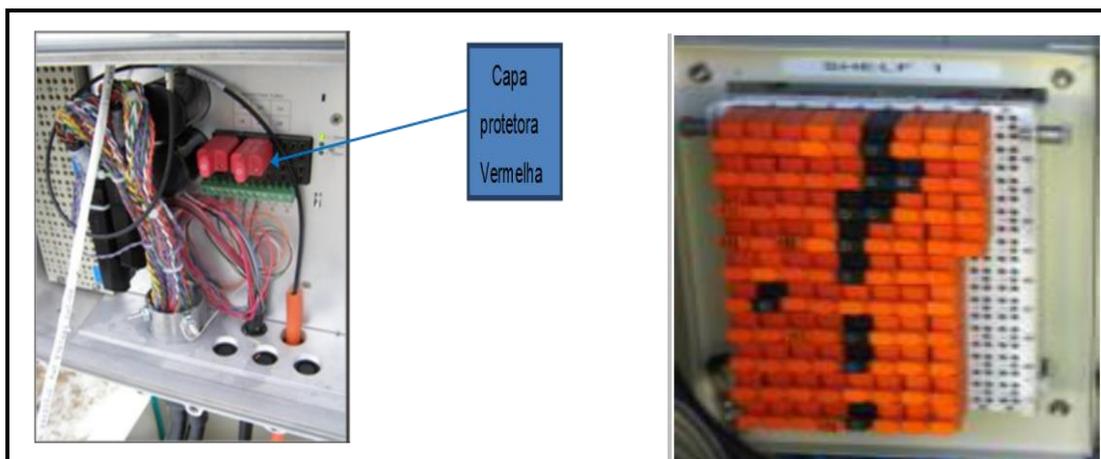


Figura 26 a. Bloco DG (externo).

Figura 26b. Blocos DGs (interno)

Fonte: Chergui (2015).

Há uma preocupação em encontrar mecanismos para aumentar a segurança humana, haja vista que nestes cabos percorrem uma tensão máxima de 380 V_{cc} com uma corrente de 255 mA, sendo assim, observa-se a preocupação em propor uma maior segurança aos profissionais da área (instaladores e pessoal de manutenção técnica) quanto ao contato direto e indireto com a linha, minimizando um possíveis riscos de faísca ou choque elétrico, pois a mesma encontra-se acima do limite limiar de fibrilação humana (maior que 30 mA), conforme a NBR 5410 e NR-10.

A segurança e padrões aplicáveis ao método *Line Power* vão de encontro a IEC 6095021 (Primeira Edição do *Line Power* - 2002); IEC 60479-1 (Efeitos da

corrente sobre seres humanos e animais domésticos - Parte 1: Aspectos Gerais – 2005; IEC 60479-2 (Efeitos da corrente sobre os seres humanos e a pecuária - Parte 2: Aspectos especiais, 2007); GR-1089 - Core Telcordia (Compatibilidade eletromagnética e segurança elétrica - Critérios genéricos para equipamento de telecomunicações e rede - 2013) e o mais atual o ATIS-0600030.2016 (*Alliance for Telecommunications Industry Solutions – “Line Power de Equipamentos de Telecomunicações em Laços de Par de fio trançado”* - 2016). A Figura 27 ilustra as normas aplicáveis a este método.

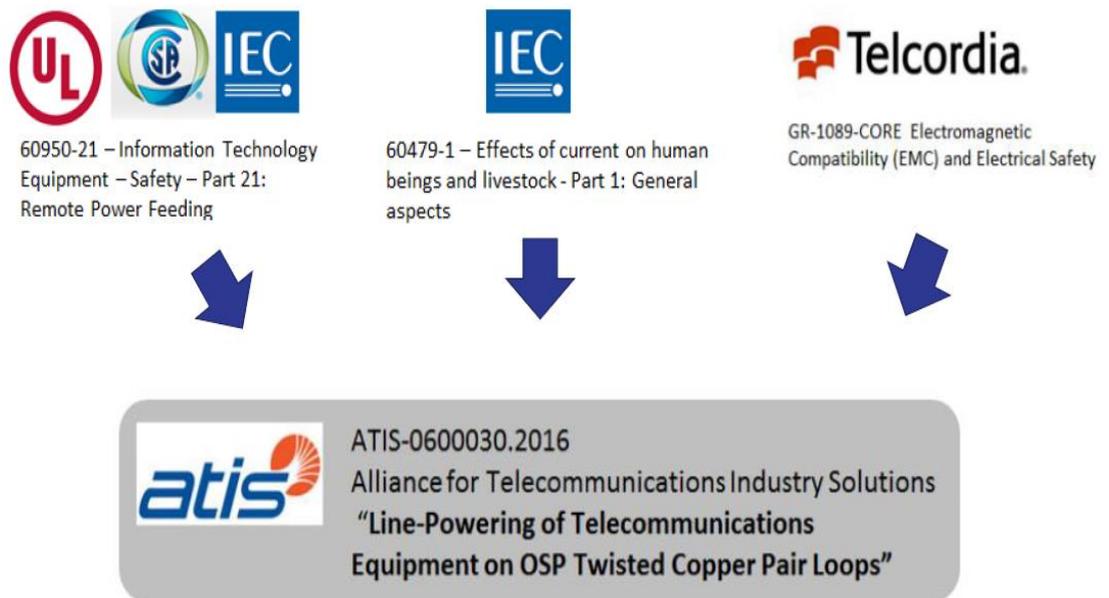


Figura 27. Normas aplicáveis ao *Line Power*.

Fonte: <https://www.alpha.ca/solutions/by-applications/line-power>.

5 CONCLUSÕES

O estudo desenvolvido através de informações retiradas de manuais técnicos, simulou mediante cálculos, meios para a comprovação da aplicabilidade do método *Line Power*. Foram agregados no sistema conversores que possibilitaram a transferência de energia de um ponto local a um consumidor remoto, com o propósito de aprimorar o fornecimento de uma energia ininterrupta, isto é, energia alternativa mais categórica no ramo de telecomunicações. Substituindo o método convencional de alimentação, sugere-se a retirada de baterias locais associadas em *Nobreaks* e *UPS*, pois elas geram custos operacionais e acarretam riscos socioambientais devido à emissão de gases.

A aplicação do método *Line Power* pode ser aderida em âmbito nacional ou internacional, flexibilizando e aperfeiçoando a entrega de energia, como também propicia a alimentação de energia em locais onde o uso de baterias é proibido, devido ao ambiente com atmosfera explosiva. Os cálculos de potência no consumidor, permitiram concluir que o método proposto é viável em sua implementação, à medida que será reutilizada a malha de cabos já existentes, o que facilita a sua adesão, além de reduzir gastos, seja pela retirada de malhas de cabos em desuso ou pela manutenção deles. Da mesma maneira, importante observar que esse método permite uma transmissão de energia para longas distâncias, inclusive a autonomia fica sob responsabilidade da central telefônica.

De certo, a adoção do método *Line Power* promoverá um enriquecimento tecnológico na área de telecomunicações, dado que trará benefícios às empresas desse segmento, garantindo o suprimento constante de energia sem o dispêndio de custos onerosos.

5.1. Trabalhos futuros

O *Line Power* está emergindo como uma nova alternativa ao uso de energia local, como meio de alimentar consumidores de telecomunicações e de energia, conforme mencionados neste trabalho. Empresas de telecomunicações estão começando a utilizar a energia pelo método *Line Power* para garantir que os assinantes e consumidores de tv/internet recebam o mesmo alto nível de qualidade e confiabilidade com que estão acostumadas, mesmo durante interrupções prolongadas de energia da concessionária, melhorando assim a confiabilidade da rede e a satisfação do cliente, porém, no Brasil esse método ainda não está sendo muito utilizado.

Entende-se como trabalhos futuros, o aprimoramento deste método e sua possível aplicação em outros setores, como por exemplo, os setores rurais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15641. Bateria Chumbo Ácida Estacionária Regulada por Válvula – Manutenção.** São Paulo: ABNT, 2008. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/27801/abnt-nbr15641-bateria-chumbo-acida-estacionaria-regulada-por-valvula-manutencao>. Acesso em 10 fevereiro 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5410. Instalações Elétricas de Baixa Tensão.** São Paulo: ABNT, 2004. Disponível em: https://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/normas%20e%20relat%F3rios/NRs/nbr_5410.pdf. Acesso em 8 outubro 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE TECOMUNICAÇÕES - ANATEL. **Serviço de TV a Cabo - Norma Nº 13/96 - Rev/97.** Brasília: Agência Nacional de Telecomunicações. Leis, Decretos e Regulamentações. 1997. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br/servicos/tvacabo/tvacabo.asp>. Acesso em: 20 julho 2018.

BASSETO, F. et al. **Metodologia de Planejamento de Redes de Acesso com Otimização de Receitas.** Disponível em: <http://www.scribd.com/doc/19603316/Metodologia-de-Planejamento-de-Redes-de-Acesso-comOtimizacao-de-Receitas>. Acesso em 12 outubro 2018.

BLONDEL, E.; BISCHOFF, J. C. **Efficient powering of access network elements using remote powering strategy.** In: INTELEC 2013 - 35th International Telecommunications Energy Conference. Hamburg, 13-17 Outubro 2013. Berlin: VDE, p. 1-5.

BORDERS, K. **Designing Line Power Networks for FTTH Applications.** Whitepapers series. Burnaby: Alpha Technologies, 2012. Disponível em: <http://www.alpha.ca/lp-designing-line-power-networks-ftth>. Acesso em 15 março 2018.

BORDERS, K. **FTTH Networks: Line Power vs Local Power.** Whitepapers series. Burnaby: Alpha Technologies, 2014. Disponível em: <https://www.alpha.ca/solutions/by-applications/line-power>. Acesso em 15 março 2018.

BORDERS, K. **Alpha Technologies' Kevin Borders on Network Resiliency, Line Power, and Other Innovations.** OSP TV 2014. Disponível em: <https://fast.wistia.net/embed/iframe/crjl2c6a5f?popover=true>. Acesso em 16 março 2018.

BORDERS, K. **Introduction to Line Powered DSLAMs.** In: BORDERS, K. The Power of Loop Reduction: Planning, Engineering, & Commissioning Line Powered DSLAM Networks. Whitepapers series. Burnaby: Alpha Technologies, 2016. Disponível em: <https://64c9554cf4dc29551849-2d2677986a78fea8424de1eb93edd542.ssl.cf2.rackcdn.com/1C941EBA-A90F-4A32-B8A3-468358924D70.pdf>. Acesso em 28 março 2018.

BORDERS, K. Planning Considerations for Line Powered DSLAMs. In: BORDERS, K. The Power of Loop Reduction: Planning, Engineering, & Commissioning Line Powered DSLAM Networks. Whitepapers series. Burnaby: Alpha Technologies, 2016. Disponível em: <https://64c9554cf4dc29551849-2d2677986a78fea8424de1eb93edd542.ssl.cf2.rackcdn.com/1C941EBA-A90F-4A32-B8A3-468358924D70.pdf>. Acesso em 28 março 2018.

BORDERS, K. Determining the Reach for Line Powered DSLAM Networks. In: BORDERS, K. The Power of Loop Reduction: Planning, Engineering, & Commissioning Line Powered DSLAM Networks. Whitepapers series. Burnaby: Alpha Technologies, 2016. Disponível em: <https://64c9554cf4dc29551849-2d2677986a78fea8424de1eb93edd542.ssl.cf2.rackcdn.com/1C941EBA-A90F-4A32-B8A3-468358924D70.pdf>. Acesso em 28 março 2018.

BORDERS, K. Qualifying Cable Pairs for Line Powered DSLAM Networks. In: BORDERS, K. The Power of Loop Reduction: Planning, Engineering, & Commissioning Line Powered DSLAM Networks. Whitepapers series. Burnaby: Alpha Technologies, 2016. Disponível em: <https://64c9554cf4dc29551849-2d2677986a78fea8424de1eb93edd542.ssl.cf2.rackcdn.com/1C941EBA-A90F-4A32-B8A3-468358924D70.pdf>. Acesso em 28 março 2018.

BORDERS K. Engineering the 48Vdc Power Plant to Power the Line Powered Equipment. In: BORDERS, K. The Power of Loop Reduction: Planning, Engineering, & Commissioning Line Powered DSLAM Networks. Whitepapers series. Burnaby: Alpha Technologies, 2016. Disponível em: <https://64c9554cf4dc29551849-2d2677986a78fea8424de1eb93edd542.ssl.cf2.rackcdn.com/1C941EBA-A90F-4A32-B8A3-468358924D70.pdf>. Acesso em 28 março 2018.

BORDERS, K. The Power of Loop Reduction: Planning, Engineering, & Commissioning Line Powered DSLAM Networks. Whitepapers series. Burnaby: Alpha Technologies, 2016. Disponível em: <https://64c9554cf4dc29551849-2d2677986a78fea8424de1eb93edd542.ssl.cf2.rackcdn.com/1C941EBA-A90F-4A32-B8A3-468358924D70.pdf>. Acesso em 28 março 2018.

BORDERS, K. Engineering the OSP Connections in a Line Powered DSLAM Network. In: BORDERS, K. The Power of Loop Reduction: Planning, Engineering, & Commissioning Line Powered DSLAM Networks. Whitepapers series. Burnaby: Alpha Technologies, 2016. Disponível em: <https://64c9554cf4dc29551849-2d2677986a78fea8424de1eb93edd542.ssl.cf2.rackcdn.com/1C941EBA-A90F-4A32-B8A3-468358924D70.pdf>. Acesso em 28 março 2018.

BORDERS, K. Installing the Line Power Equipment. In: BORDERS, K. The Power of Loop Reduction: Planning, Engineering, & Commissioning Line Powered DSLAM Networks. Whitepapers series. Burnaby: Alpha Technologies, 2016. Disponível em: <https://64c9554cf4dc29551849-2d2677986a78fea8424de1eb93edd542.ssl.cf2.rackcdn.com/1C941EBA-A90F-4A32-B8A3-468358924D70.pdf>. Acesso em 28 março 2018.

BORDERS, K. Commissioning the Line Power Equipment. In: BORDERS, K. The Power of Loop Reduction: Planning, Engineering, & Commissioning Line Powered

DSLAM Networks. Whitepapers series. Burnaby: Alpha Technologies, 2016. Disponível em: <https://64c9554cf4dc29551849-2d2677986a78fea8424de1eb93edd542.ssl.cf2.rackcdn.com/1C941EBA-A90F-4A32-B8A3-468358924D70.pdf>. Acesso em 28 março 2018.

BORDERS, K. **Alpha Technologies Accelerates Small Cell Implementation with Remote Line Power**. Burnaby: Alpha Technologies, 2018. Disponível em: http://tools.alpha.ca/webdocs/Press%20Release/Accelerate%20Small%20Cell%20with%20Remote%20Line%20Power_2018.pdf?_ga=2.214330066.412610747.1554379395-2126079032.1548940354. Acesso em 28 março 2018.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília: Diário Oficial da União, 2010. Disponível em: <https://webstore.iec.ch/publication/2219>. Acesso em 05 outubro 2018.

BURKHALTER, M. **OSP EXPO 2013 Interview with Alpha Technologies' Mike Burkhalter**. Burnaby: Alpha Technologies, 2013. Disponível em: https://youtu.be/w-cWxuoQR_4. Acesso em 15 novembro 2018.

CARNEIRO, R. L. et al. **Aspectos essenciais das Baterias Chumbo-Ácido e Princípios Físico-Químicos e Termodinâmicos do seu Funcionamento**. Revista Virtual de Química, v. 9, no. 3, pág. 889-911. 2017.

CECÍLIO, E. L. **Acesso Residencial em Banda Larga**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2000. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Informática, Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: http://www.nce.ufrj.br/labnet/Teses_Artigos_Finais/Cecilio/trabalho/Trab%20Acesso%20Resid%20Banda%20Larga.pdf. Acesso em 10 janeiro 2019.

CHERGUI, M. **Remote line powering deployment considerations**. IEEE 36th International Telecommunications Energy Conference (INTELEC 2014). Vancouver, CA, 2014. p. 1-7.

CHERGUI, M. **The cost benefits of deploying line powering systems from a centralized location over an existing a copper twisted-pair outside plant to energize remote equipment in the distributed telecom network**. IEEE 37th International Telecommunications Energy Conference (INTELEC 2015), Osaka, JP, 2015. p. 1-6.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução No. 257/1999**. Brasília: CONAMA, 1999. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res25799.html>. Acesso em 02 de jan 2019.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução No. 401/2008**. Brasília: CONAMA, 2008. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=589>. Acesso em 02 janeiro 2019.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução No. 424/2010**. Brasília: CONAMA, 2010. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=629>. Acesso em 02 janeiro 2019.

DE TOLEDO, A. P. **Redes telefônicas**. São Paulo: McGraw-Hill, 1977.

DOS SANTOS, I. M. **Modelamento e Cálculo de Indução Magnética de Linha de Energia Elétrica em Linha Telefônica**. UFMG, 1990. 92 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1990. Disponível em: <https://www.ppgee.ufmg.br/defesas/768M.PDF>. Acesso em 05 janeiro 2018.

FERNANDES, J. D. et al. **Estudo de impactos ambientais em solos: o caso da reciclagem de baterias automotivas usadas, tipo chumbo-ácido**. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, v. 7, no. 1, pág. 231-251. 2011.

FIGUEIREDO, F. D. V. **Avaliação da Contaminação do Solo por Metais Provenientes de Indústrias Recicladoras de Chumbo**. Bauru: UNESP, 2004. 109 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Bauru, 2004. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90808/figueiredo_fv_me_bauru_prot.pdf?sequence=1. Acesso em 04 janeiro 2019.

HARIHARAN, S. et al. **Remote powering the cellular infrastructure at the RIO 2016 olympic games**. IEEE International Telecommunications Energy Conference (INTELEC 2017), Broadbeach, QLD, 2017, p. 171-176. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8214130>. Acesso em 13 fevereiro 2019.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMISSION. **IEC 60479-1:2018. Effects of Current on Human Beings and Livestock – Part 1: General Aspects**. Geneva: IEC, 2018. Disponível em: <https://webstore.iec.ch/publication/62980>. Acesso em 04 janeiro 2019.

JESZENSKY, P. J. E. **Sistemas telefônicos**. São Paulo: Editora Manole, 2004.

MATTARREDONA, E. A. C. **Dos Parâmetros de Degradação do Canal de Retorno em Redes Híbridas Fibra/Coaxial (HFC) Interativas**. Campinas: UNICAMP, 2001. 114 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas, 2001.

MIFTAKHUTDINOV, R. **Overview and design aspects of data-and telecommunication power system to meet latest efficiency and power saving standards and regulations**. IEEE 33rd International Telecommunications Energy Conference (INTELEC 2011), Amsterdam, 2011, p. 1-9.

NIZZOLI, E; SILVEIRA JR, L; FERNANDES, L. A. **Reaproveitamento de meios físicos ociosos para transmissão de energia.** Anais do Encontro Nacional de Pós Graduação - VI ENPG, v. 1, no. 1, p. 255-260. 2017.

NIZZOLI, E; SILVEIRA, L; FERNANDES L. A. **Técnicas de estimação para reaproveitamento de meios físicos ociosos para transmissão de energia em Telecomunicações.** Revista Seleção Documental, v. 49, no. 1, pág. 23-26. 2018.

VANASSE, H. A.; JONES, D. **Monobloc Batteries: High Temperatures, Life and Catalysts.** Montgomeryville: Philadelphia Scientific, 2006. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/3924/c26228c925a0e820fa269e25cbb72b599b30.pdf>. Acesso em 31 agosto 2018.

ANEXO A – Manual Técnico Up Conv - CSM 36

Specifications for Argus Technologies' Modular Converter System CSM36	
Converter Module Output	
Voltage:	2 x $\pm 190\text{Vdc} \pm 2\%$ w.r.t. chassis common @ no load
Current:	Up to 0.255A(dc) $\pm 1\%$ per output
Power:	2 x 100W maximum, 92W minimum
Static Voltage Regulation:	<-0.5% no load to full load < $\pm 0.05\%$ line
Dynamic Voltage Regulation:	<+4% to -6% for 0 to 100% load step with 50 μs rise/fall time
Response Time:	5ms to $\pm 2.5\%$ of output for 0 to 100% load step
Startup Time:	≤ 0.2 seconds to rated Vdc @ no load (after 1 to 2 second turn on delay)
Startup Overshoot:	$\leq \pm 200\text{Vdc}$ in less than 10ms, OVP will not trip
Current Limit:	0.255A $\pm 1\%$ folding back to 0.07 $\pm 0.01\text{A}$ @ $\pm 80\text{V}$ ($\pm 5\text{V}$ ref. to common)
Short Circuit Current:	Output turns off and restarts every 1.5 (± 0.5) seconds
Noise:	<200mVRMS to 10MHz (wide band) <2Vp-p to 100MHz Meets requirements of GR-1089-CORE, Section 3.2.2.2 with test method of Section 3.4.5
Acoustic Noise:	<45dBa at 1m (3 ft)
Transient Protection:	Compliant to GR-1089-CORE, Section 4.6.7 and 4.6.8 for lightning surge susceptibility Section 4.6.10 and 4.6.12 for ac power faults
EMI:	Meets requirements of GR-1089-CORE, Sections 3.2.2.2 and 3.3.2
Fuse:	4 x 2.5A @ 250V, slow-blow type (2AG)
Indicators:	Green LED – Outputs OK, powered and not shorted Red LED – 2 each converter Fail/Overload - lit continuous for converter fail alarm condition - flash @ 1/2 Hz for overload condition, $< \pm 90\text{V}$ to $\pm 80\text{V}$
Alarms:	2 converter fail outputs
Ground Fault Interrupt (GFI): [Optional]	GFI will tolerate a maximum of 5mA (dc) without being activated, GFI will tolerate a maximum of 10mA (ac, 60Hz) before being activated

Specifications for Argus Technologies' Modular Converter System CSM36 Continued

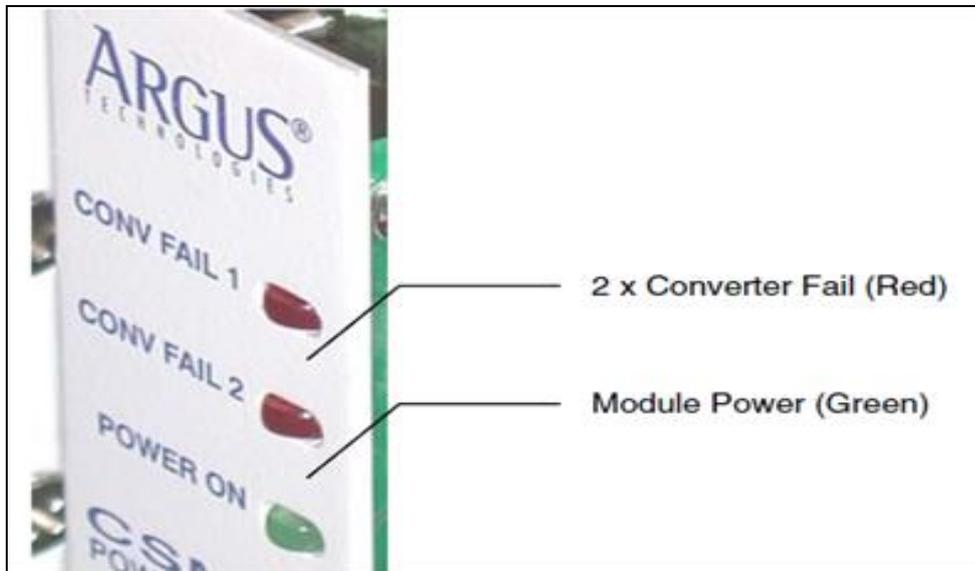
Converter Module Input

Voltage:	-40 to -60Vdc, positive earthed, negative inputs A & B with option for dual input isolation (OR-ing diodes at the module inputs) Transients to 75V for 10ms
Noise:	<300mVp-p to 100MHz <100mVRMS to 10MHz Compliant to GR-1089-CORE, Section 3.2.2.2 and 3.3.2
Current:	4.5A @ 52Vdc (5.6A @ 40Vdc)
Efficiency:	>86% @ 100% load
Soft Start and Inrush Delay:	2 to 5 seconds
Transient Protection:	Compliant to TR-NWT-000499, Section 13.2 Transients to 75V for 10ms
Surge Current:	Limited to 10A peak on module insertion
Off State Current:	<30mA input current when module is turned off
Power Module Fuse:	1 x 7A @ 125Vdc rated, fast type; 2 x 4A @ 125Vdc rated, time lag (see Spare Parts List, document #012-552-G0)
Isolation:	Inputs isolated from outputs and ground; 10M Ω insulation resistance and \geq 500Vdc insulation strength

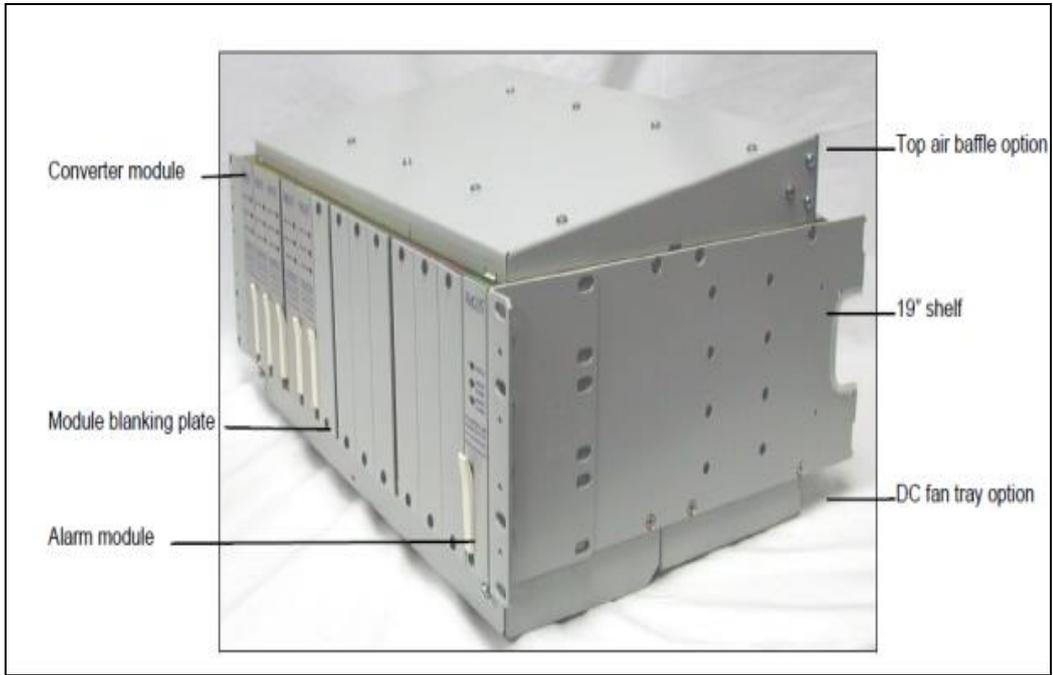
Alarm Module

Input Voltage:	-40 to -60Vdc
Input Current:	\leq 30mA
Indicators:	Green LED – PWR OK, shelf is powered (flashes if either input is above 60V) Red LED – Major alarm Amber LED – Minor alarm
Alarm Connection Ratings:	60Vdc, 0.5A maximum, Form C contacts (major and minor)

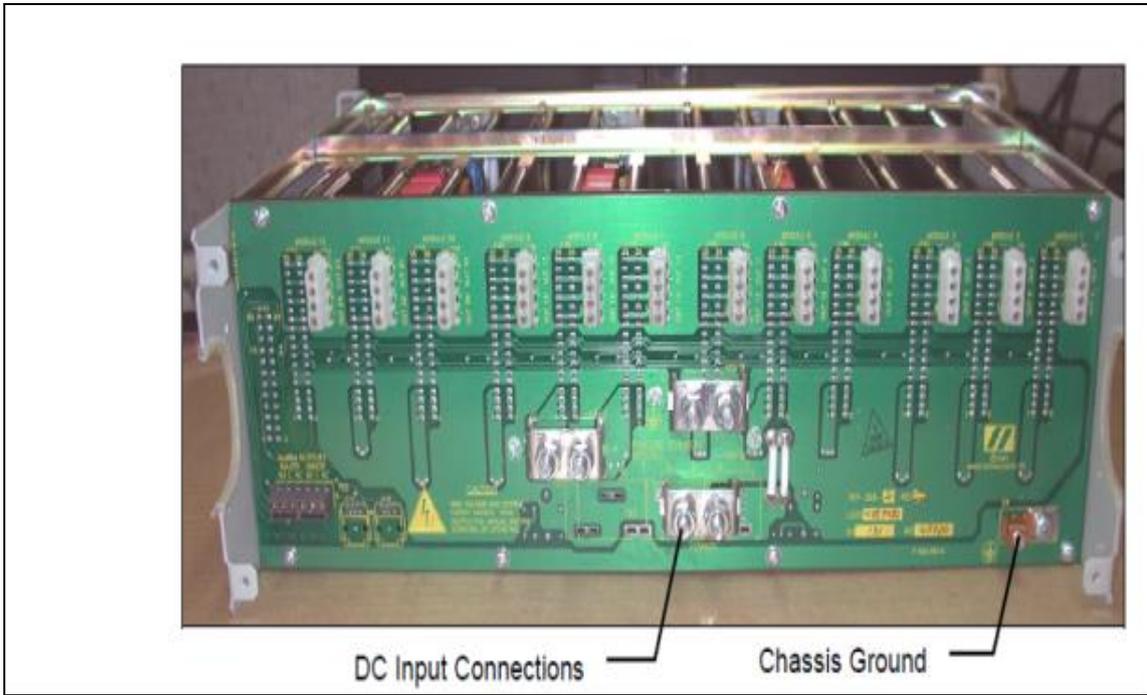
ANEXO B – Módulo Up Conv - CSM36, com 2 conversores internos



ANEXO C – Bandeja para 13 módulos Up Conv - CSM 36

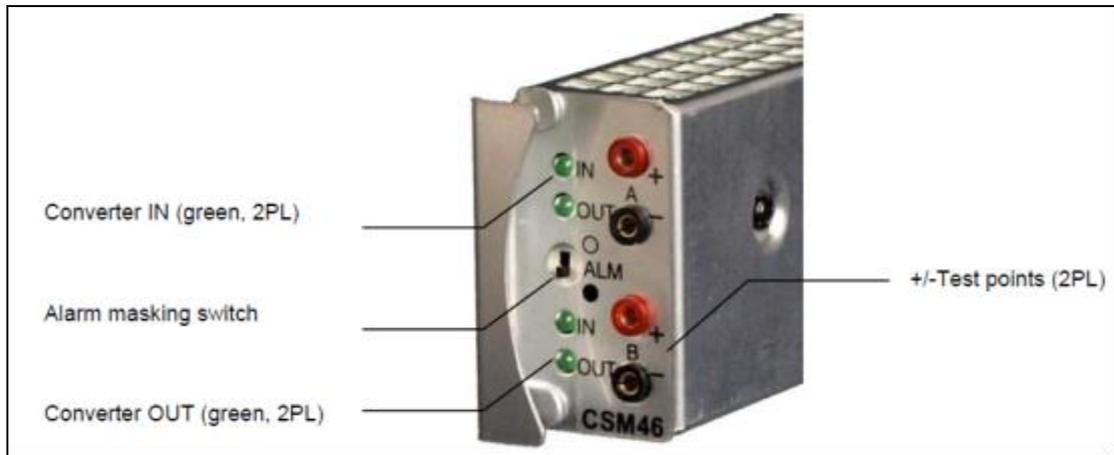


ANEXO D – Bandeja com suas conexões Up Conv - CSM 36



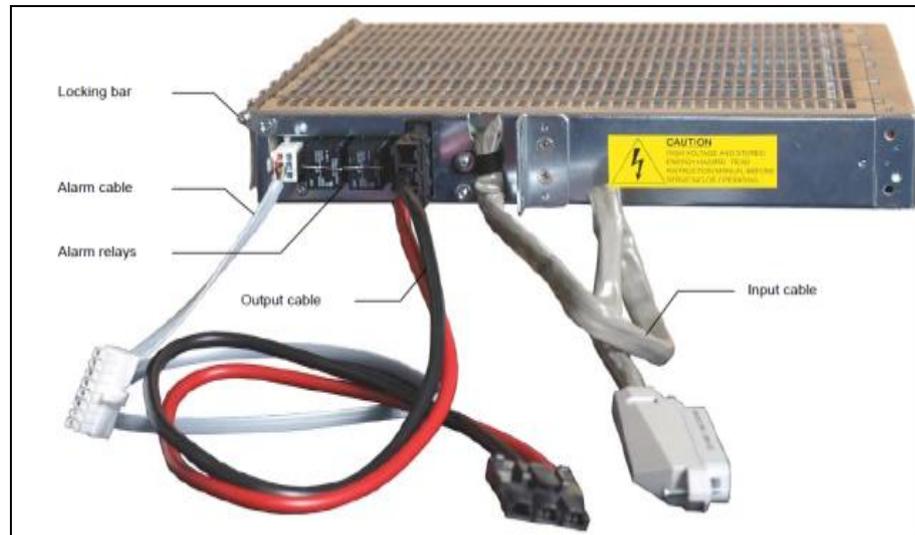
ANEXO F – Manual técnico do Down Conv - CSM 46

CSM46 ±190Vdc to -48Vdc Converter	
Part Number: 012-554-20	
ELECTRICAL	SHELVES
Input voltage: 195 to 380Vdc (+/- 97.5 to +/- 190Vdc) Input current: 240mA +/- 2% Efficiency: >85% Output power: Up to 75W (de-rates linearly with input voltage) Output voltage: -50 to -55Vdc Output current: 1.5A max (de-rates linearly with input voltage) Noise: <500mv p-p to 20MHz <250mVrms to 20MHz	10-Module shelf P/N: 030-831-20 > Mechanical Dimensions: mm: 45H x 273W x 311D in: 1.75H x 10.75W x 12.25D (excludes connectors and mounting brackets) Weight: 4.87kg (10.8lbs)
PERFORMANCE / FEATURES	> Performance / Features
Indicators: Converter A: I/P OK (green LED) Converter A: O/P OK (green LED) Converter B: I/P OK (green LED) Converter B: O/P OK (green LED)	Access: Front access Connections: Input: 50-pin amp-champ style connector and wireharness Output: Anderson SBS50 and molex style options and wireharness Alarm: Flying leads or molex style connector and wireharness Chassis gnd: ¼" studs on ½" C
Test points: Converter A: I/P voltage Converter B: I/P voltage	Alarms: Major form C relay Minor form C relay Note: Relays are field replaceable
Protection: Input fuses Input current limit Input transient portection Input high and low voltage shutdown Thermal shutdown Output parallel diodes Output OVP Reverse polarity protection	AGENCY COMPLIANCE
Miscellaneous: Alarm masking switch for disabling shelf level alarming	Safety: CSA/UL 60950-1 CSA/UL 60950-21 (RFT-V circuit) CE IEC/EN 60950 EMI: Class A radiated GR-1089 issue 3 (applicable sections)
MECHANICAL	
Dimensions: mm: 42H x 23W x 280D in: 1.65H x .9W x 11D Weight: 0.67kg (1.5lbs)	
ENVIRONMENTAL	
Temperature: -40 to 75°C (-40 to 167°F) with external airflow Humidity: 0 to 95% NC	

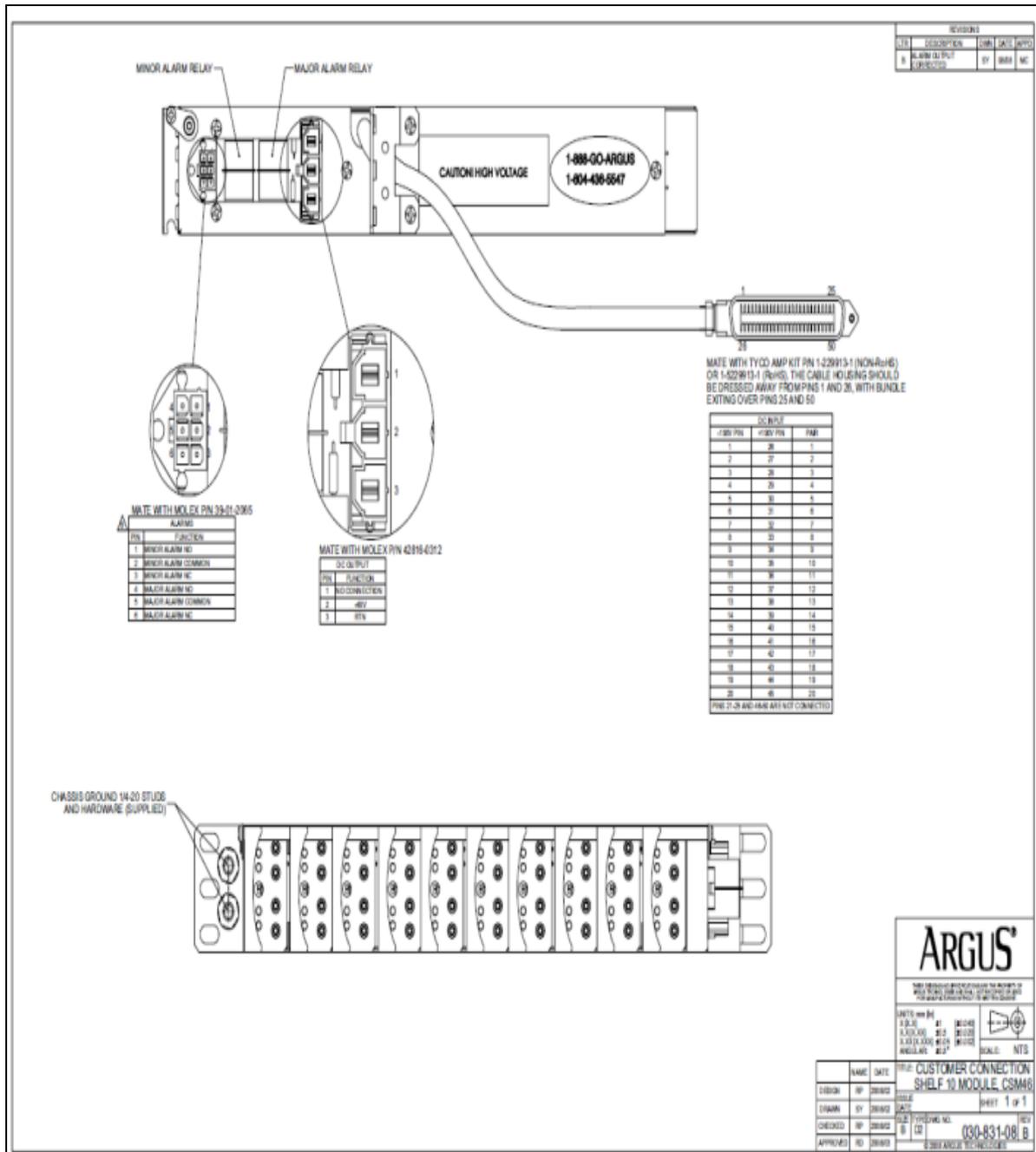
ANEXO G – Módulo Down Conv CSM 46 - com 2 conversores internos

ANEXO H – Bandeja com suporte para 10 módulos Down Conv - CSM 46

ANEXO I – Bandeja com suas conexões do Down Conv - CSM 46



ANEXO J – Detalhes das conexões Down Conv CSM 36



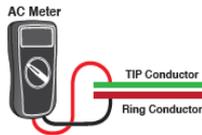
ANEXO M – Módulo inversor estático (INV)

ANEXO N – Procedimentos e testes dos condutores para Implantação

Test the pair for AC (Alternating Current) voltage (Vac)

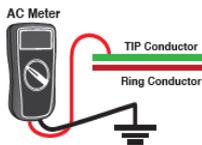
Connect a meter to the pair as shown in the diagrams below. Do not terminate the far end of the pair.

WARNING: If the voltage exceeds 50Vac, the testing should be stopped immediately due to potential hazardous conditions (e.g., the cable pair may be crossed with AC phase power).



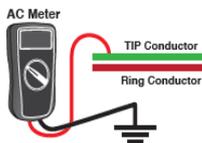
TIP TO RING

- If $V_{TR} < 10Vac$, proceed to the next test.
- If $V_{TR} \geq 10Vac$, the fault must be cleared in order to use the pair for Line Power service. Consult your local company practices to identify and resolve the problem.



TIP TO GROUND

- If $V_{TG} < 10Vac$, proceed to the next test.
- If $V_{TG} \geq 10Vac$, the fault must be cleared in order to use the pair for Line Power service. Consult your local company practices to identify and resolve the problem.

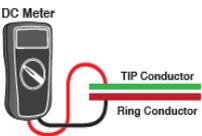


RING TO GROUND

- If $V_{RG} < 10Vac$, proceed to the next test.
- If $V_{RG} \geq 10Vac$, the fault must be cleared in order to use the pair for Line Power service. Consult your local company practices to identify and resolve the problem.

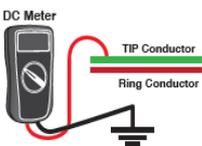
Test the pair for DC (Direct Current) voltage (Vdc)

Connect a meter to the pair as shown in the diagrams below. Do not terminate the far end of the pair.



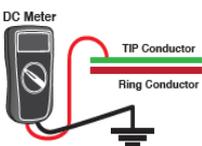
TIP TO RING

- If $V_{TR} < 3Vdc$, proceed to the next test.
- If $V_{TR} \geq 3Vdc$, the fault must be cleared in order to use the pair for Line Power service. Consult your local company practices to identify and resolve the problem.



TIP TO GROUND

- If $V_{TG} < 3Vdc$, proceed to the next test.
- If $V_{TG} \geq 3Vdc$, the fault must be cleared in order to use the pair for Line Power service. Consult your local company practices to identify and resolve the problem.



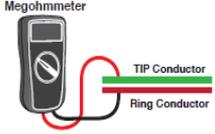
RING TO GROUND

- If $V_{RG} < 3Vdc$, proceed to the next test.
- If $V_{RG} \geq 3Vdc$, the fault must be cleared in order to use the pair for Line Power service. Consult your local company practices to identify and resolve the problem.

Test the pair for Insulation Resistance

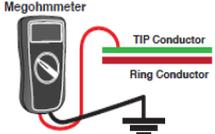
Connect a meter to the pair as shown in the diagrams below. Do not terminate the far end of the pair. For the Tip to Ring test, use 500Vdc as the source voltage. For Tip to Ground and Ring to Ground tests, use 250Vdc as the source voltage.

CAUTION: When performing this test, customer equipment must be removed or damage may occur.



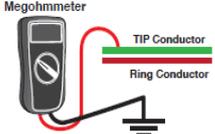
TIP TO RING

- Apply **500Vdc** to the pair.
- If $R_{T-R} > 100M\Omega$, proceed to the next test.
- If $R_{T-R} \leq 100M\Omega$, there is a possible problem in the line that must be cleared in order to use the pair for Line Power service. Consult your local company practices to identify and resolve the problem.



TIP TO GROUND

- Apply **250Vdc** between Tip and Ground.
- If $R_{T-G} > 100M\Omega$, proceed to the next test.
- If $R_{T-G} \leq 100M\Omega$, there is a possible problem in the line that must be cleared in order to use the pair for Line Power service. Consult your local company practices to identify and resolve the problem.



RING TO GROUND

- Apply **250Vdc** between Ring and Ground.
- If $R_{R-G} > 100M\Omega$, proceed to the next test.
- If $R_{R-G} \leq 100M\Omega$, there is a possible problem in the line that must be cleared in order to use the pair for Line Power service. Consult your local company practices to identify and resolve the problem.

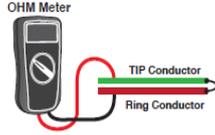
Test the pair for DC Loop Resistance

This test can be used to compare the measured resistance to the calculated resistance of the loop. It also verifies end-to-end continuity in the cable.

$$R_{\text{Calculated}} = (L_{26} * R_{26}) + (L_{24} * R_{24}) + (L_{22} * R_{22}) + (L_{19} * R_{19})$$

CALCULATED LOOP RESISTANCE

- Record the calculated value for comparison with the measured loop resistance.
- Note: $L_{\#}$ is the length of #AWG cable (kft, excluding bridged taps)
 $R_{\#}$ is the DC resistance of #AWG cable



MEASURED LOOP RESISTANCE

- At the far end of the loop, place a short between Tip and Ring. Measure the resistance on the test set.

$$\text{Ratio} = R_{\text{Calculated}} \div R_{\text{Measured}}$$

COMPARE

- Divide the calculated loop resistance by the measured loop resistance. If the difference is greater than $\pm 2.5\%$, you should employ troubleshooting measures per local company practice to determine if there is a fault in the cable pair or an error in the cable records.
- If the difference between the measured and calculated resistance is less than $\pm 2.5\%$ and all the above tests passed, the pair is suitable for $\pm 190Vdc$ Line Power service.

emerson_nizzoli@hotmail.com

De: Revista Eletrônica de Potência <onbehalf@manuscriptcentral.com>
Enviado em: quinta-feira, 24 de outubro de 2019 09:35
Para: emerson_nizzoli@hotmail.com
Assunto: Revista Eletrônica de Potência - Manuscript ID REP-2019-0063

24-Oct-2019

Dear Dr. Nizzoli:

Your manuscript entitled "APLICAÇÕES DO MÉTODO *LINE POWER* COMO FONTE DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA VISANDO REAPROVEITAMENTO SOCIOAMBIENTAL" has been successfully submitted online and is presently being given full consideration for publication in the Revista Eletrônica de Potência.

Your manuscript ID is REP-2019-0063.

Please mention the above manuscript ID in all future correspondence or when calling the office for questions. If there are any changes in your street address or e-mail address, please log in to ScholarOne Manuscripts at <https://mc04.manuscriptcentral.com/revistaep> and edit your user information as appropriate.

You can also view the status of your manuscript at any time by checking your Author Center after logging in to <https://mc04.manuscriptcentral.com/revistaep>.

Thank you for submitting your manuscript to the Revista Eletrônica de Potência.

Sincerely,

Revista Eletrônica de Potência Editorial Office

Revista Eletrônica de Potência
 # Home
 / Author
 > Review

Submission Confirmation

 Print

Thank you for your submission

Submitted to
 Revista Eletrônica de Potência

Manuscript ID
 REP-2019-0063

Title
 APLICAÇÕES DO MÉTODO *LINE POWER* COMO FONTE DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA VISANDO REAPROVEITAMENTO SOCIOAMBIENTAL

Authors
 Nizzoli, Emerson
 Silveira Jr., Landulfo
 Fernandes, Luiz

Date Submitted
 24-Oct-2019

[Author Dashboard](#)

© Clarivate Analytics | © ScholarOne, Inc., 2019. All Rights Reserved.
 ScholarOne Manuscripts and ScholarOne are registered trademarks of ScholarOne, Inc.
 ScholarOne Manuscripts Patents #7,257,767 and #7,263,655.

[@ScholarOneNews](#) | [System Requirements](#) | [Privacy Statement](#) | [Terms of Use](#)