

**FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA  
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ESTUDO SOBRE A MODIFICAÇÃO DE UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO  
MONOFÁSICA RURAL CONVENCIONAL PARA REDE ISOLADA**

**GILIARDE DE MELO ROQUE**

**Trabalho de Conclusão de Curso**

**Caratinga/MG**

**2017**

**GILIARDE DE MELO ROQUE**

**ESTUDO SOBRE A MODIFICAÇÃO DE UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO  
MONOFÁSICA RURAL CONVENCIONAL PARA REDE ISOLADA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora do Curso Superior de Engenharia Elétrica das Faculdades Doctum de Caratinga como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.  
Professor Orientador: Guilherme Cassimiro de Araujo Borges.

**Caratinga/MG**

**2017**

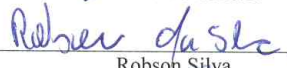
**TERMO DE APROVAÇÃO**

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: ESTUDO SOBRE A MODIFICAÇÃO DE UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO MONOFÁSICA RURAL CONVENCIONAL PARA REDE ISOLADA, elaborado pelo(s) aluno(s) GILIARDE DE MELO ROQUE foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de ENGENHARIA ELÉTRICA das FACULDADES DOCTUM CARATINGA, como requisito parcial da obtenção do título de

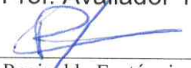
**BACHAREL EM ENGENHARIA ELÉTRICA.**

Caratinga 15 de Dezembro de 2017

  
\_\_\_\_\_  
Guilherme Casimiro  
Prof. Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Robson Silva

Prof. Avaliador 1

  
\_\_\_\_\_  
Reginaldo Eustáquio  
Prof. Examinador 2

*À Deus por todas as bênçãos desta vida e à todos que caminharam do meu lado !*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por minha vida, família e amigos!

Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo para formação profissional. Em especial meu orientador Guilherme Cassimiro Borges, pela disposição, apoio e confiança. Ao coordenador e professor, Joildo Fernandes, pelos conselhos e motivação durante todo o curso . Aos meus grandes amigos José Francisco, Ramon Silvério, Carlos Moreira, Everton Serapião, Gilmar Moraes, Charles Portes e demais que contribuíram diretamente para a realização deste trabalho.

À toda minha família que mesmo distante, contribuiu e confiou na minha capacidade e hoje tenho o orgulho de recompensá-los neste momento tão importante da minha carreira!

A CONSTRUEDE por ter concedido a oportunidade de realizar meu estágio, onde adquiri inúmeras experiências profissionais que me despertaram o interesse pela área e através das atividades desempenhadas foi possível realizar meu Trabalho de Conclusão de Curso.

*“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível”*

(CHARLES CHAPLIN)

DE MELO ROQUE, Giliarde. **ESTUDO SOBRE A MODIFICAÇÃO DE UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO MONOFÁSICA RURAL CONVENCIONAL PARA REDE ISOLADA.** Caratinga, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Elétrica - Curso de Engenharia Elétrica. Instituto Tecnológico de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2017.

## **RESUMO**

Este trabalho foi elaborado com o intuito de elencar vantagens e desvantagens no projeto inovador implementado no Parque Estadual Serra do Brigadeiro (PESB), onde uma Rede de Distribuição Rural (RDR) monofásica Convencional, foi substituída por uma RDR monofásica Isolada. Os dados da rede convencional foram extraídos e constatou-se um alto gasto financeiro com manutenções corretivas e preventivas. Através do estudo de caso pode-se comprovar a grande frequência de manutenções que geram gastos, morte dos macacos Muriqui, dentre outros problemas ocasionados pela rede convencional. Após a conclusão da obra, seu funcionamento foi perfeito, não houve nenhuma interrupção acidental ou por falhas em equipamentos, somente uma interrupção programada para realização de uma construção. Comprovando a qualidade que a rede Isolada traz ao sistema elétrico.

**Palavras-chave:** Rede Isolada. Qualidade de energia. Preservação da fauna e flora.

DE MELO ROQUE, Giliarde. **ESTUDO SOBRE A MODIFICAÇÃO DE UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO MONOFÁSICA RURAL CONVENCIONAL PARA REDE ISOLADA.** Caratinga, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Elétrica - Curso de Engenharia Elétrica. Instituto Tecnológico de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2017.

## **ABSTRACT**

This work was elaborated with the purpose of listing advantages and disadvantages in the innovative project implemented in the Serra do Brigadeiro State Park (PESB), where a conventional single phase Rural Distribution Network (RDR) was replaced by an isolated single phase RDR. The data of the conventional network were extracted and a high financial expense was verified with corrective and preventive maintenance. Through the case study we can verify the high frequency of maintenance that generate expenses, death of the Muriqui monkeys, among other problems caused by the conventional network. After completion of the work, its operation was perfect, there were no accidental interruptions or equipment failures, only a scheduled interruption to carry out a construction. Verifying the quality that the Isolated network brings to the electrical system.

**Key-words:** Isolated Network. Power Quality. Preservation of fauna and flora.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Cabo Convencional. . . . .	17
<b>Figura 2</b> – Cabo Protegido. . . . .	17
<b>Figura 3</b> – Cabo Isolado. . . . .	17
<b>Figura 4</b> – Conexão Loadbreak, externo. . . . .	20
<b>Figura 5</b> – Conexão Loadbreak, interno. . . . .	20
<b>Figura 6</b> – Junção Loadbreak. . . . .	21
<b>Figura 7</b> – Macaco eletrocutado. . . . .	27
<b>Figura 8</b> – Queimaduras causadas pela eletrocussão. . . . .	27
<b>Figura 9</b> – Descrição dos componentes da figura. . . . .	29
<b>Figura 10</b> – Macaco Eletrocutado na Rede. . . . .	29
<b>Figura 11</b> – DEC 2015. . . . .	32
<b>Figura 12</b> – DIC 2015. . . . .	33
<b>Figura 13</b> – DEC 2016. . . . .	35
<b>Figura 14</b> – DIC 2016. . . . .	36
<b>Figura 15</b> – Proximidade das árvores em relação a rede. . . . .	42

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	– Interrupções em 2015 . . . . .	31
<b>Tabela 2</b>	– Interrupções em 2016 . . . . .	34
<b>Tabela 3</b>	– Gastos financeiros . . . . .	39
<b>Tabela 4</b>	– Interrupções 2017 . . . . .	40

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PESB	Parque Estadual Serra do Brigadeiro.
MPMG	Ministério Público do Estado de Minas Gerais.
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
DEC	Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora.
FEC	Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora.
CAA	Cabo de Alumínio com Alma de Aço
CA	Cabo de Alumínio
ET	Estações Transformadoras
RDR	Rede de Distribuição Rural
NF	Normalmente Fechada
NA	Normalmente Aberta
BT	Baixa Tensão
MT	Média Tensão
DRP	Duração Relativa de Transgressão para Tensão Precária
DRC	Duração Relativa de Transgressão para Tensão Crítica
nlp	Número de Leituras Precárias
nlc	Número de Leituras Críticas
DIC	Duração Individual por Consumidor
FIC	Frequência Individual por Consumidor
DMIC	Duração Máxima de Interrupção por Consumidor
DICRI	Duração da Interrupção Individual ocorrida em Dia Crítico por Unidade Consumidora
ICC	Índice de Unidades Consumidoras com Tensão Crítica
FD	Fator de Desequilíbrio de Tensão

EUSD	Encargo de Uso do Sistema de Distribuição
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
IEF	Instituto Estadual de Florestas
Cc	Número total de unidades consumidoras faturadas do conjunto no período de apuração
n	Número de interrupções da Unidade Consumidora considerada, no período da apuração
t	Intervalo de tempo que o cliente ficou sem energia
t	Índice de Unidades Consumidoras faturadas do conjunto no período de apuração
t(i)	Tempo de duração da interrupção da unidade consumidora considerada ou ponto de conexão

## LISTA DE SÍMBOLOS

A	Ampere
I	Corrente
V	Tensão
Hz	Hertz
kA	Quiloampere
kV	Quilovolt
kVA	Quilovoltampere
kVAr	Quilovoltampere reativo
R	Resistência
W	Watt
kW	Quilowatt

## SUMÁRIO

<b>1 - Folha de Aprovação</b> . . . . .	<b>2</b>
<b>2 INTRODUÇÃO</b> . . . . .	<b>15</b>
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> . . . . .	<b>16</b>
3.1 Rede de distribuição aérea primária rural (Média tensão) . . . . .	16
<b>3.1.1 Cabos Convencionais</b> . . . . .	16
<b>3.1.2 Cabos Protegidos</b> . . . . .	17
<b>3.1.3 Cabo Isolado</b> . . . . .	17
3.1.3.1 Conductor (1) . . . . .	18
3.1.3.2 Semicondutor(2) . . . . .	18
3.1.3.3 Isolação(3) . . . . .	18
3.1.3.4 Semicondutor (4) . . . . .	18
3.1.3.5 Blindagem (5) e Capa Metálica (6) . . . . .	18
3.1.3.6 Cobertura (7) . . . . .	19
<b>3.1.4 Conexão e Acessórios</b> . . . . .	19
3.2 Estações transformadoras (ET) . . . . .	21
3.3 Redes de distribuição aérea secundária rural (Baixa tensão) . . . . .	21
3.4 Manutenções . . . . .	21
<b>3.4.1 Manutenção preventiva</b> . . . . .	21
3.4.1.1 Inspeções de rede . . . . .	22
3.4.1.2 Limpeza de faixa . . . . .	22
<b>3.4.2 Manutenção corretiva</b> . . . . .	23
3.5 Qualidade da energia . . . . .	23
<b>3.5.1 Tensão em regime permanente</b> . . . . .	23
<b>3.5.2 Indicadores Individuais</b> . . . . .	23
<b>3.5.3 Indicadores Coletivos</b> . . . . .	24
<b>3.5.4 Fator de potência</b> . . . . .	25
<b>3.5.5 Distorções harmônicas</b> . . . . .	26
<b>3.5.6 Flutuação de tensão</b> . . . . .	26
<b>3.5.7 Eletrocussão</b> . . . . .	26
<b>4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> . . . . .	<b>28</b>
4.1 Local . . . . .	28
4.2 Irregularidades identificadas na rede . . . . .	28
4.3 Soluções encontradas . . . . .	37
4.4 Comparações . . . . .	37
4.5 Orçamento . . . . .	37

4.6 Modificação da rede . . . . .	38
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES . . . . .</b>	<b>40</b>
<b>6 CONCLUSÃO . . . . .</b>	<b>43</b>
6.1 Trabalhos futuros . . . . .	43
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .</b>	<b>44</b>
<b>ANEXO A - Projeto da modificação de rede 1/3 . . . . .</b>	<b>46</b>
<b>ANEXO B - Projeto da modificação de rede 2/3 . . . . .</b>	<b>47</b>
<b>ANEXO C - Projeto da modificação de rede 3/3 . . . . .</b>	<b>48</b>
<b>ANEXO D - Anuência do PESB . . . . .</b>	<b>49</b>
<b>ANEXO E - E-mail mostrando a disponibilidade do PESB em contribuir para o estudo. . . . .</b>	<b>50</b>
<b>ANEXO F - Agradecimento. . . . .</b>	<b>51</b>
<b>ANEXO G - Autorização . . . . .</b>	<b>52</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica fornecida pela concessionária deve satisfazer seus consumidores quanto à qualidade do produto, serviço e atendimento, mantendo seu padrão de continuidade. Juntamente com os indicadores de segurança, que mostram a preocupação das concessionárias com a qualidade do trabalho aplicado pelos seus colaboradores e, de certa forma, exprimem o nível de risco ao qual está exposta a população em geral (ANEEL, 2016).

Para maior satisfação e segurança de todos é essencial atender os direitos dos clientes seja de forma preventiva ou corretiva, através de manutenções, modificações ou inovações. Fortalecendo cada vez mais o relacionamento entre fornecedor e consumidor.

Para elaboração deste trabalho, estudou-se as constantes falhas por diversos fatores em uma rede de distribuição rural monofásica convencional, que acarreta em falta de energia e mortes de animais.

Diante dessas informações o Ministério Público de Minas Gerais (MPMG), comunicou a concessionária local sobre o Parque Estadual Serra do Brigadeiro (PESB), situado na Zona da Mata mineira, relatando que a rede de distribuição que passa pelo local, por ser composta de cabos convencionais, cabos sem nenhuma proteção, está causando mortes de animais em extinção da fauna regional por eletrocussão, pedindo possíveis mudanças para evitar essas percas irreparáveis.

Com esse fato relevante, pesquisas foram feitas, constatando que naquela localidade ocorriam grande número de interrupções de energia aos consumidores, outro problema era o não atendimento da norma quanto à limpeza de faixa, por se tratar de uma reserva natural, fatores que acarretavam em interrupções, gerando gastos para a concessionária.

Sendo assim foi proposto a modificação da rede de distribuição convencional monofásica para rede isolada, que além de corrigir o problema relatado pelo PESB irá melhorar a qualidade da energia, trazendo benefícios para a concessionária e consumidores.

O trabalho será apresentado através do Referencial Teórico que fundamenta todas as aplicações utilizadas nos Procedimentos Metodológicos. Em seguida os Resultados obtidos através das pesquisas realizadas, e por fim a Conclusão mostrando se os objetivos propostos foram alcançados.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Relata os fundamentos teóricos aplicados para a realização do estudo. Estão apresentados temas em relação a distribuição da energia elétrica como: rede de distribuição, manutenções em redes de distribuição, qualidade e continuidade da energia e eletrocussão.

### 2.1 REDE DE DISTRIBUIÇÃO AÉREA PRIMÁRIA RURAL (MÉDIA TENSÃO)

As redes de distribuição rurais (RDR) são bem comuns em nossas regiões, com baixos consumos para uso pessoal ou altos consumos para uso comercial e agrícola.

Segundo Kagan et al (2010), a construção dessas redes são realizadas muitas vezes em locais de difícil acesso, como altos relevos no terreno, alta umidade no solo, vegetação alta, fatores que dificultam o processo de construção e futuras manutenções.

As redes de distribuição rurais basicamente são compostas de postes de madeira tratada ou concreto, que suportam em seu topo, a cruzeta que também pode ser de madeira ou fibra, onde são fixados os isoladores que prendem e não deixam os condutores entrarem em contato com a estrutura. Em obras monofásicas com cabo isolado algumas estruturas utilizam o Braço de Suspensão para Cabo ao invés da cruzeta e isolador (CEMIG, 2000).

Em alguns pontos da rede existe a derivação, direcionando a energia aos consumidores, eles são protegidos por elos fusíveis em chaves de seccionamento, que funcionam normalmente fechadas (NF), isolando a carga do tronco principal, se preciso é possível desenergizar o circuito em operações para manutenção. A rede também possui chaves normalmente abertas (NA), que são utilizadas em manobras de transferência de carga para outro circuito mantendo a população o menor tempo possível sem energia (CEMIG, 2012).

Existem 3 tipos de cabos que podem ser utilizados: convencional, protegido ou isolado, sejam eles com o condutor de alumínio com alma de aço (CAA), ou sem alma de aço (CA) e também pode ser utilizado o condutor de cobre.

Abaixo segue os detalhes dos três tipos de cabos utilizados:

#### 2.1.1 Cabos Convencionais

Cabo composto somente pelo condutor que pode ser de fio único ou com mais fios formados por um encordoamento, apresentado na figura 1, dando mais flexibilidade ao sistema (KAGAN et al., 2010).



**Figura 1:** Cabo Convencional.

Fonte: (www.conduspar.com.br)

### 2.1.2 Cabos Protegidos

“Os cabos protegidos contam com capa externa de material isolante que se destina à proteção contra contatos ocasionais de objetos, por exemplo, galhos de árvores, sem que se destine a isolar os condutores (KAGAN et al., 2010 p. 14).” Representado pela figura 2.



**Figura 2:** Cabo Protegido.

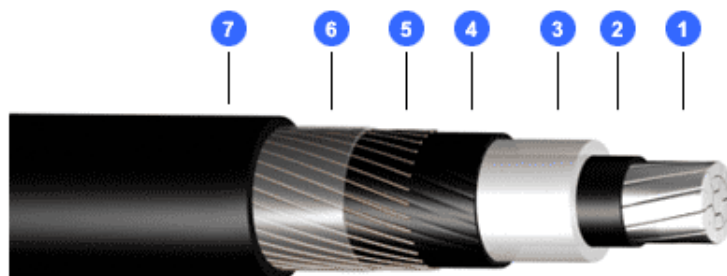
Fonte: (www.conduspar.com.br)

### 2.1.3 Cabo Isolado

De acordo com Kagan et al (2010) as isolações utilizadas em cabos são com papel impregnado, isolação com dielétricos sintéticos ou isolação por gases comprimidos.

O estudo aplicou somente a isolação com dielétricos sintéticos que como as outras é exigido alta resistência de isolação, grande durabilidade, resistividade térmica razoavelmente baixa, características não higroscópicas, imunidade a ataques químicos, facilidade de manuseio e o menor custo benefício.

O cabo isolado é constituído por sete camadas, descrito na figura 3:



**Figura 3:** Cabo Isolado.

Fonte: (www.conduspar.com.br)

### 2.1.3.1 Condutor (1)

É feito de cobre ou alumínio, mantém o contato elétrico entre o ponto de suprimento e a carga. O material para fabricação é selecionado e depois calculado a bitola de acordo com a capacidade de conduzir a corrente, limitações, custo e massa. O alumínio possui menor massa, densidade e custo em relação ao cobre que é superior em suas características elétricas, mecânicas e baixa resistividade (TEIXEIRA JUNIOR, 2004).

### 2.1.3.2 Semicondutor(2)

Feito de fita de papel carbono, compatível quimicamente e termicamente com os componentes do condutor, tem sua finalidade de uniformizar o campo elétrico na superfície do condutor e reduzir os gradientes de potencial, através do preenchimento dos espaços vazios entre o condutor e a isolamento, evitando bolhas de ar que ocasionam na corrosão do condutor (TEIXEIRA JUNIOR, 2004).

### 2.1.3.3 Isolação(3)

Segundo Teixeira Junior (2004), a isolamento constituída por dielétrico sintético, que são substâncias que contam com longas macromoléculas obtidas de moléculas curtas ou grupos de moléculas. Atende as exigências de uma frequência com 60Hertz (Hz) e o impulso, baixa perda dielétrica, dissipação no calor com facilidade trazendo baixa resistividade térmica, no caso de contato direto com a água é estável dificultando a corrosão, tem seu tempo de vida útil acima de 30 anos devido a qualidade da fabricação. Sua flexibilidade facilita o trabalho que é necessário locomoção.

### 2.1.3.4 Semicondutor (4)

Possui a mesma finalidade do semicondutor 1 deve manter o contato perfeito com a superfície externa da isolamento, eliminando possíveis descargas parciais ou corrosão (TEIXEIRA JUNIOR, 2004).

### 2.1.3.5 Blindagem (5) e Capa Metálica (6)

É composta por fios dispostos helicoidalmente sobre a isolamento, seguido por uma capa metálica chamada de armação que protege o cabo de tensões e danos mecânicos. O conjunto gera uma capacitância uniforme entre condutor e terra, melhorando a performance diante das solicitações de impulso, devido a impedância uniforme que evita pontos de reflexão. Essa camada confina o campo elétrico, minimizando a possibilidade de descargas superficiais, reduzindo o

risco de choque elétrico, quando a blindagem estiver aterrada, também protege o cabo de tensões induzidas e limita a radiointerferência (KAGAN et al., 2010).

#### 2.1.3.6 Cobertura (7)

É feita com o intuito de proteger o núcleo do cabo, mantendo sua flexibilidade. Sua função é proteger o conjunto de camadas contra a penetração de umidade, inflamabilidade, danificação mecânica, baixa emissão de poluentes em caso de queimadas, ataque químico ou eletroquímico ou qualquer outra influência externa que venha a prejudicar o funcionamento do mesmo (TEIXEIRA JUNIOR, 2004).

#### 2.1.4 Conexão e Acessórios

Os acessórios utilizados nas redes de distribuição de energia elétrica têm uma grande importância, pois cada um desempenha sua função, através de seus compostos, formatos e tecnologias. Grande parte são muito sensíveis ao sistema, exigindo atenção e compreensão em seus processos de montagem, eliminando a possibilidade de falhas futuras (COOPER Power Systems, 2012).

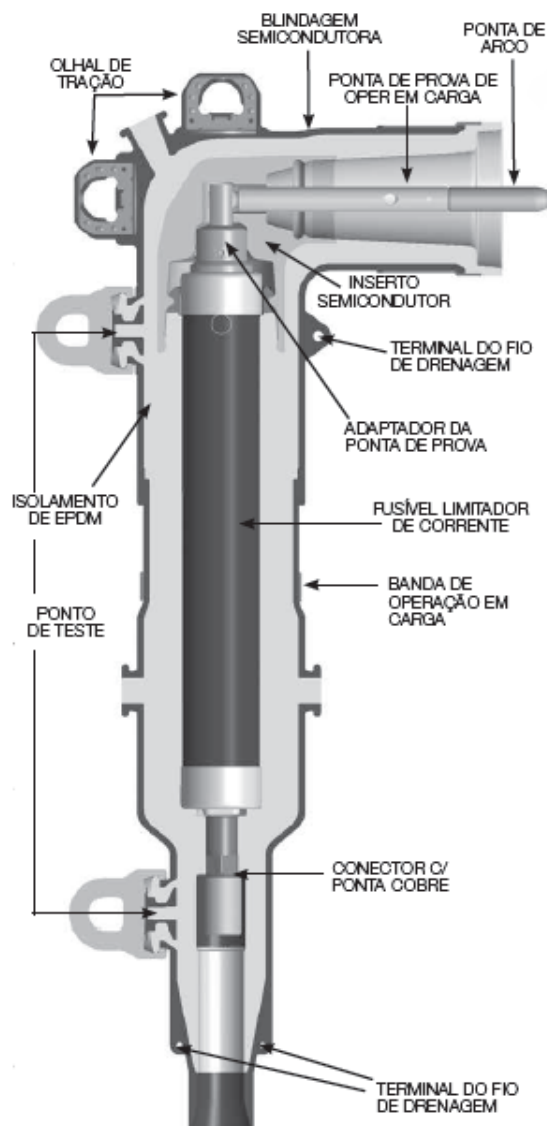
Os Terminais Desconectáveis Cotovelo, Loadbreak são totalmente blindados e isolados, possuem em seu interior um fusível limitador de corrente para proteção do circuito (COOPER Power Systems, 2012).

A figura 4 mostra a imagem externa do Loadbreak, e a figura 5 seu interior com a descrição de cada item.



**Figura 4:** Conexão Loadbreak, externo.

Fonte: (Cooper Power Systems)



**Figura 5:** Conexão Loadbreak, interno.

Fonte: (Cooper Power Systems)

Os dispositivos são utilizados nos sistemas de distribuição conectados a Junção Loadbreak que tem como função distribuir o circuito, sem comprometer o isolamento, ele possui uma entrada e duas saídas, uma sai direto ao transformador e outra dá continuação ao circuito. Eles podem ser conectados e desconectados com o sistema energizado, pois sua tecnologia permite essa operação em carga, desde que cumpra todos os procedimentos corretos e utilize os devidos equipamentos de segurança (COOPER Power Systems, 2012).



**Figura 6:** Junção Loadbreak.

**Fonte:** (CHARDON GROUP)

## 2.2 ESTAÇÕES TRANSFORMADORAS (ET)

Constituídas por transformadores, trabalhando em conjunto com demais equipamentos da rede realizando a função de transformar por indução eletromagnética a tensão e corrente alternada entre seus enrolamentos, ou seja, reduz a média tensão para baixa tensão, transformadores elevadores não estão presentes no estudo. Para proteção utilizam-se para-raios, contra sobretensões, e elos fusíveis contra sobrecorrentes, conectados à média tensão (KAGAN et al, 2010).

## 2.3 REDES DE DISTRIBUIÇÃO AÉREA SECUNDÁRIA RURAL (BAIXA TENSÃO)

Saindo da ET, entra em percurso a rede de distribuição secundária ou, baixa tensão (BT), entregando aos consumidores 220/127 Volts(V) ou 380/220 V, operando em malha ou radial, suprindo os consumidores da baixa tensão, residenciais, pequenos comércios, indústrias e produções agrícolas (KAGAN et al, 2010).

## 2.4 MANUTENÇÕES

### 2.4.1 Manutenção preventiva

“Manutenção preventiva é todo serviço programado de controle, conservação ou restauração de instalações e equipamentos, executado com a finalidade de mantê-los em condições de operação e prevenir possíveis ocorrências que afetem sua disponibilidade” (ELETROBRAS, 1982, p.69).

#### 2.4.1.1 Inspeções de rede

As inspeções de redes de distribuição rurais são feitas com o intuito de achar irregularidades que possam vir a comprometer o funcionamento do sistema, para que sejam corrigidas a tempo de parar o fornecimento de energia.

Conforme a Eletrobras (1982) os métodos utilizados em inspeções, são:

- Total, que verifica todos os postes e seus componentes da rede de distribuição;
- Setorial, analisa a rede primária e secundária da rede de distribuição, dando uma grande atenção aos seus acessórios e componentes;
- Amostragem, é feita uma pré-seleção antes da saída para o campo dos pontos onde se quer inspecionar a rede de distribuição; Essas inspeções são realizadas por meio visual, a olho nu, ou utilizando um binóculo para facilitar a visibilidade a longa distância da rede de energia elétrica e todo seu conjunto, observando o estado dos equipamentos.

Quando é necessário extrair dados específicos da rede, utiliza-se o tipo de inspeção instrumental, que trabalha com alguns equipamentos ligados diretamente à ela, ou sem contato algum, armazenando os dados e enviando para uma verificação mais detalhada em laboratórios. Os tipos de inspeções instrumental utilizadas são através de (ELETROBRAS, 1982):

- Termovisor, realiza a medição da temperatura através da imagem térmica capturada pelo aparelho, podendo descobrir com mais facilidade pontos de aquecimento no sistema (FLUKE, 2012).
- “Termodetector, é um pirômetro indicador calibrado, que mede a temperatura da superfície com a qual entra em contato. É utilizado nas redes de distribuição, nos testes das conexões (ELETROBRAS, 1982, p.85).”
- Medição, verifica se as cargas estão compatíveis com a bitola do condutor, para manter o limite térmico, equilíbrio de carga, valores de tensão máximos e mínimos no ponto de cada consumidor, resistência de terra (ELETROBRAS, 1982).

#### 2.4.1.2 Limpeza de faixa

De acordo com o Manual MT-RD-13002 da CEMIG, deve ser feito periodicamente o corte da vegetação que possa vir a colocar em risco a rede de energia. As limpezas feitas por onde passam as redes de distribuição, com medidas de 15 metros de largura, 7,5 pra cada lado do condutor, cortes e derrubadas junto ao solo, na altura máxima de 30 centímetros de toda vegetação independente do porte. Árvores fora da faixa que levem riscos, também devem ser cortadas, com o órgão ambiental ciente. Quando for necessário interromper a energia para realizar o trabalho, a contratante deve ser informada para direcionar uma equipe responsável para desenergizar a rede e o trabalho seja feito sem perigos (CEMIG, 2011).

“Em Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação, em caso de necessidade de supressão, a CONTRATANTE estabelecerá os procedimentos especiais a serem adotados (CEMIG, 2011).”

#### **2.4.2 Manutenção corretiva**

Acontece quando não é feita uma boa manutenção preventiva eliminando riscos, ou, por motivos acidentais podem acontecer a qualquer momento, como: abalroamento em estruturas, tempestades, descargas atmosféricas, árvores, animais, defeito em equipamentos da rede, dentre outros fatores (CEMIG, 2012).

Tais fatores que acarretam em curto-circuitos e sobrecargas:

- **Curto-circuito:** É gerado muitas das vezes por falhas na isolação ou fatores externos que atuam no sistema. Acontece pelo contato entre, duas fases quaisquer ou entre fase e terra quando o circuito é aterrado. Quando ocorre o fato a tensão tende a zero e a corrente ao infinito (MAMEDE Filho; MAMEDE, 2014).

- **Sobrecarga:** Caracteriza-se pela ousadia, erro de dimensionamento ou descargas atmosféricas na rede, aplicando carga acima do que se foi projetado para que o sistema suporte, fazendo com que os dispositivos de proteção atuem quando se atinja o máximo permitido, se tiverem sido aplicados de maneira adequada (MAMEDE Filho; MAMEDE, 2014).

### **2.5 QUALIDADE DA ENERGIA**

Tratar os seguintes fenômenos da qualidade do produto em regime permanente ou transitório:

#### **2.5.1 Tensão em regime permanente**

O acompanhamento de todo o sistema de distribuição de energia elétrica, deve ser feito de forma técnica e antecipada para manter o controle da tensão em regime permanente dentro dos limites exigidos pelo órgão regulamentador (ANEEL, 2008).

#### **2.5.2 Indicadores Individuais**

Nas faturas de energia de todos clientes vem registrados mensalmente alguns indicadores individuais de fornecimento de energia na localidade:

- **DIC (Duração de Interrupção por Consumidor)** – “Exprime o intervalo de tempo que cada cliente ficou privado do fornecimento de energia elétrica no período, considerando interrupções maiores ou iguais a três minutos;”



$$DIC = \sum_{i=1}^n t_i \quad (2.1)$$

• FIC (Frequência de Interrupção por Consumidor) – “Exprime o número de interrupções que cada cliente sofreu no período, considerando as interrupções maiores ou iguais a três minutos;”

$$FIC = n \quad (2.2)$$

• DMIC (Duração Máxima de Interrupção por Consumidor) – “Exprime o tempo máximo de interrupção contínua do fornecimento de energia para o cliente;”

• DICRI (Duração da Interrupção Individual ocorrida em Dia Crítico por unidade consumidora).

### 2.5.3 Indicadores Coletivos

ANEEL (2016), estabelece metas que devem ser cumpridas pelas concessionárias para os Indicadores de Continuidade Coletivos, em cada conjunto de unidades consumidoras são apurados os valores de DEC e FEC através das equações 2.3 e 2.4:

$$DEC = \frac{\sum_{i=1}^{cc} DIC(i)}{C_c} \quad (2.3)$$

$$FEC = \frac{\sum_{i=1}^{cc} FIC(i)}{C_c} \quad (2.4)$$

Onde:

- DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora);
- FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) – Expresso em número de interrupções;
- I – Índice de Unidades Consumidoras faturadas do conjunto no período de apuração;
- C<sub>c</sub> – Número total de unidades consumidoras faturadas do conjunto no período de apuração;
- n – Número de interrupções da Unidade Consumidora considerada, no período da apuração;
- t(i) – Tempo de duração da interrupção da unidade consumidora considerada ou ponto de conexão.

### 2.5.4 Fator de potência

Em circuitos de corrente alternada são analisadas as grandezas elementares de potência elétrica, ativa (P), reativa (Q) e aparente (S). De acordo com diferentes formas de ondas senoidais para suprir cargas linearmente distintas surgem algumas relações comportamentais (MAMEDE, 2012).

- Obedecendo a Lei de Ohm tem-se o bloco de cargas elétricas lineares resistivas.

$$V = R.I \quad (2.5)$$

V= Tensão ou diferença de potencial, Volts;

R= Resistência, Ohms;

I= Corrente, Amperes.

Tendo como característica a linearidade senoidal, os circuitos de cargas puramente resistivas possuem ondas de tensão e corrente em fase, ou seja, sua polaridade se altera a cada ciclo senoidal, nessas cargas toda energia transportada é consumida, desprezando as perdas no transporte, representando potência ativa, (MAMEDE, 2012).

- De acordo com Mamede (2012), as cargas não-lineares possui um deslocamento das ondas senoidais de corrente e tensão a partir do suprimento das cargas consumidoras de potência reativa.

A potência aparente é a soma fasorial das potências ativa e reativa, relação que possibilita descobrir o valor do fator de potência. Relação dada a partir do cosseno do ângulo de defasagem entre a onda senoidal da corrente e tensão (CREDER, 2007).

Nas cargas reativas indutivas a corrente se atrasa em 90°, em relação à tensão nos ciclos senoidais. Já nas cargas reativas capacitivas puras, a tensão se atrasa em 90° comparando à corrente. Em circuitos puramente resistivos, tensão e corrente estão em fase, denominando fator de potência unitário (CREDER, 2007).

Segundo ANEEL (2012), um baixo fator de potência remete no aumento da circulação de energia reativa, eleva a corrente das redes de distribuição, sobrecarregando todo o sistema, fato que culmina no:

- Aumento da conta de energia;
- Limita a capacidade de condução e equipamentos da rede;
- Aumenta as perdas no sistema;
- Quedas e flutuações de tensão.

A ANEEL com o decreto nº 479 de 20 de março de 1992, estabeleceu o valor do fator de

potência 0,92 como o mínimo aceitado para qualquer tipo de consumidor, fazendo com que o sistema funcione de forma ideal e contínua sem prejudicar um ou outro.

### **2.5.5 Distorções harmônicas**

Acontece quando se tem uma deformação de forma similar em cada ciclo da frequência fundamental, sendo seu espectro refletido em função do comprimento da senoide, contém apenas as frequências múltiplas inteiras da onda primária. Ocorre pela relação não linear da tensão e corrente, causado por determinados componentes da rede (POMILIO, DECKMANN, 2003).

A identificação de harmônicos na rede de um sistema pode ser um baixo fator de potência.

As distorções harmônicas podem apresentar diversas irregularidades no sistema como:

- Erros adicionais em medidores de energia elétrica;
- Perdas adicionais em condutores e barramentos;
- Sobrecarga em motores elétricos;
- Atuação intempestiva de equipamentos de proteção.

Mesmo havendo vários estudos sobre as distorções harmônicas, de acordo com a ANEEL (2012), o Brasil ainda não possui uma legislação que regulamenta os limites de harmônicas no sistema elétrico.

### **2.5.6 Flutuação de tensão**

“A flutuação de tensão é um fenômeno caracterizado pela variação aleatória, repetitiva ou esporádica do valor eficaz ou de pico da tensão instantânea (ANEEL, 2016, p.17).”

Tal fato é observado pelos consumidores por meio da cintilação luminosa, a alta e baixa luminosidade das lâmpadas na baixa tensão que causa certo desconforto visual. O efeito é causado por cargas mais elevadas ligadas ao sistema (ANEEL, 2016).

### **2.5.7 Eletrocussão**

Os animais de pequeno porte possuem uma baixa resistência em seu corpo, em contato com a corrente alternada a intensidade da corrente é superior a resistência do seu corpo, causando a eletrocussão . Os efeitos variam de acordo com a intensidade da corrente, local do corpo por onde ela percorre e o tempo de duração. As consequências podem variar de contrações musculares, queimaduras graves, fibrilação ventricular e até a morte, (FUNDACENTRO, 2005).

Quando atingido e mesmo assim permanece vivo, irá sobreviver com algumas dessas sequelas:

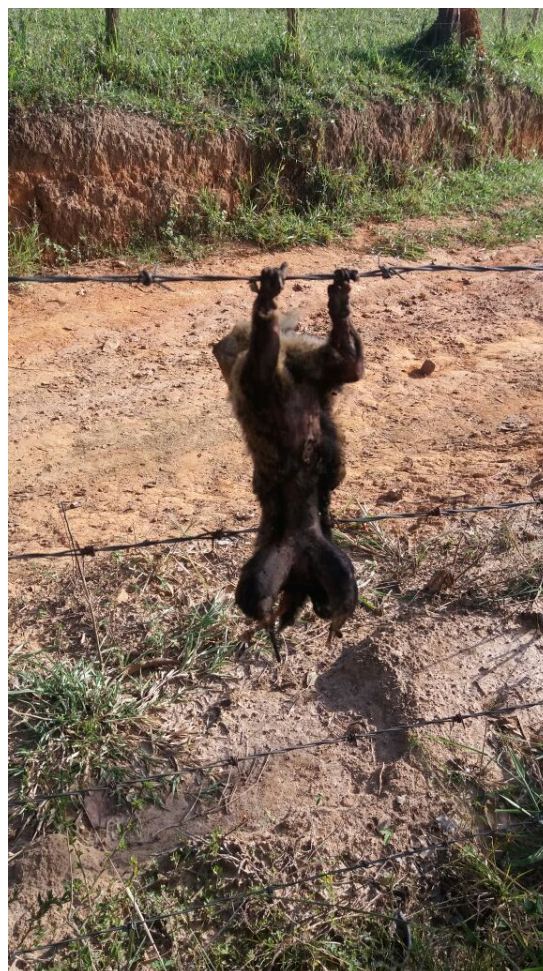
- Queimaduras;
- Parada respiratória;
- Parada circulatória;
- Dilatação dos vasos sanguíneos;
- Infecção dos músculos e órgãos internos;
- Contrações musculares.

Com esse problemas nos organismos ou nos tecidos, após o choque elétrico a maioria dos animais atingidos morrem por terem uma baixa resistência devido a seu porte, ou permanecem vivos com algumas sequelas.



**Figura 7:** Macaco eletrocutado.

Fonte: (Próprio autor)



**Figura 8:** Queimaduras causadas pela electrocussão.

Fonte: (Próprio autor)

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo foi levantado os dados sobre a localidade, irregularidades na rede e tempo de interrupção no fornecimento de energia.

#### 3.1 LOCAL

O estudo foi realizado em uma RDR monofásica, que pertence a Companhia Energética de Minas Gerais. Localizada no Parque Estadual Serra do Brigadeiro, que tem como responsável o Instituto Estadual de Florestas (IEF), o parque está situado no córrego Serra do Grama no município de Fervedouro.

Dados da RDR antes da modificação:

- Tensão nominal 13,8kV;
- Comprimento aproximadamente 2.418 quilômetros;
- Carga Instalada total 90 kVA;
- Número de transformadores de potência 5 unidades;
- Número de consumidores 11;
- Número de condutores: 2, fase e neutro;
- Bitola dos condutores 50mm.

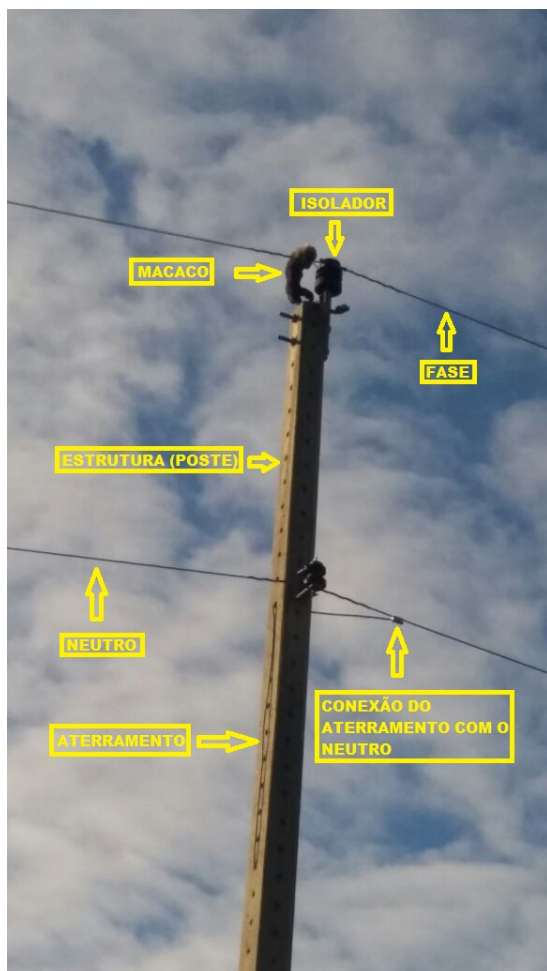
Ela se estende por trechos de difícil acesso na mata fechada, dificultando a chegada quando é necessário realizar alguma manutenção, inspeção ou modificação.

#### 3.2 IRREGULARIDADES IDENTIFICADAS NA REDE

O principal problema de acordo com o PESB era a morte do macaco Muriqui, a mudança se fez necessária, por ser uma espécie que se encontra em extinção, e não há nada que possa reverter esse quadro a não ser proteger os que ali habitam, possibilitando sua reprodução.

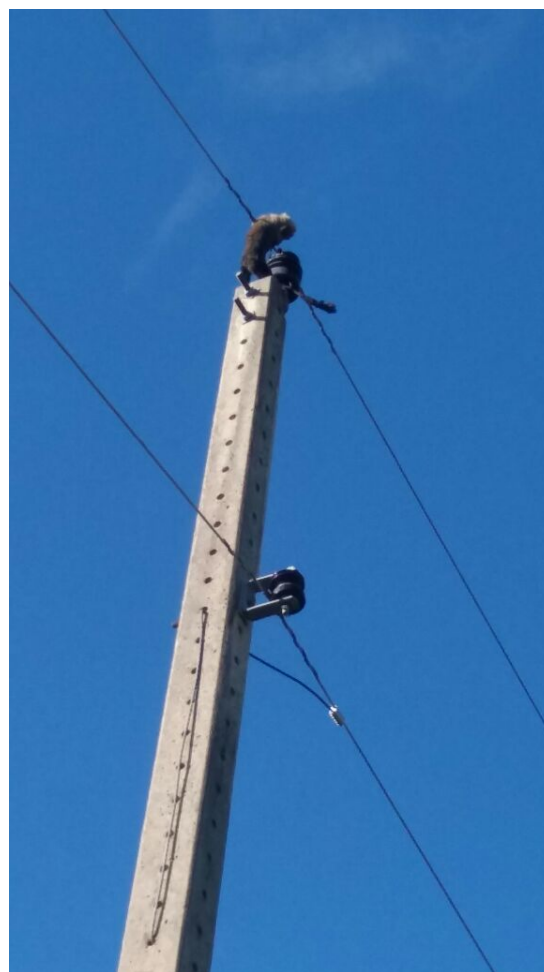
As figuras 9 e 10 confirmam o último caso de morte dessa espécie, ocasionado pela falta de proteção da rede convencional.





**Figura 9:** Descrição dos componentes da figura.

Fonte: (Acervo do autor)



**Figura 10:** Macaco Eletrocutado na Rede.

Fonte: (Acervo do autor)

Com as análises para atender o pedido, percebeu-se outros fatores que estavam gerando gastos para concessionária e que poderiam ser corrigidos em conjunto com a morte de animais.

Mesmo com a realização das manutenções preventivas no decorrer dos anos, notou-se grande frequência de interrupções no fornecimento de energia da rede, ocorrências causadas por motivos ambientais, como árvores, erosões, animais que acabam entrando em contato com a rede, provocando o curto-circuito, desarmando a chave fusível. Gerado, interrupção por esse motivo, é necessário o deslocamento de uma equipe para corrigir as falhas e fechar o circuito novamente.

No ano de 2015 as falhas em equipamentos eram responsáveis por 40% das interrupções na localidade, devido ao longo tempo em funcionamento a vida útil dos equipamentos já estava ficando comprometida.

Por ser uma reserva natural a limpeza de faixa e poda ficavam comprometidas, sendo realizada somente em pontos e tamanhos permitidos que não atendem as medidas impostas pela

norma.

Por ser um local afastado, trechos de estrada não pavimentados e rede em mata fechada, em dias chuvosos o tempo no atendimento ficava comprometido. De acordo com o fato ocorrido, disponibilidade de equipe e o tempo de chegada ao local, o prazo para estabilização do sistema aumentava.

Diante de tantas interrupções foi necessário apresentar uma solução que acabasse com os problemas informados e melhoraria a qualidade e continuidade da energia elétrica.

Utilizando o aplicativo Gemini foi possível extrair os dados das interrupções geradas em 2015 e 2016, do trecho em que houve a modificação, apresentados nas tabelas 1 e 2. Para o dimensionamento de gráficos com as variações do DEC, FEC e DIC. Os dados apresentam a sequência de falta de energia elétrica, grande parte causada por questões ambientais em que a rede convencional não foi feita para suportar.

$$FEC(2015) = \frac{\sum_{i=1}^{cc} FIC(i)}{C_c} \quad (3.1)$$

$$FEC(2015) = \frac{20}{11}$$

$$FEC(2015) = 1,82$$

$$FEC(2016) = \frac{\sum_{i=1}^{cc} FIC(i)}{C_c} \quad (3.2)$$

$$FEC(2016) = \frac{18}{11}$$

$$FEC(2016) = 1,63$$

Tabela 1: Interrupções em 2015

INTERRUPÇÕES OCORRIDAS EM 2015									
Interrupção		Duração em minutos	Nº da interrupção	Nº do documento	Causas	DEC	DIC		
Início	Término								
04/01/2015 22:37:00	05/01/2015 00:28:08	111,13	9999024	139974299	FALHAS EM EQUIPAMENTOS	4,5	1222,4		
31/01/2015 21:52:00	31/01/2015 22:35:00	43,00	10082235	140578656	OPERACIONAIS - EMERGÊNCIA	1,7	473		
02/02/2015 18:37:45	02/02/2015 18:41:05	3,33	10106203	140512567	OPERACIONAIS - EMERGÊNCIA	0,1	36,63		
07/02/2015 11:11:09	07/02/2015 12:05:30	54,35	10071386	140619910	FALHAS EM EQUIPAMENTOS	2,2	597,85		
19/02/2015 16:56:00	19/02/2015 17:09:00	13,00	10122770	140947624	FENÔMENOS NATURAIS - TEMPORAL	0,5	143		
27/02/2015 22:56:32	28/02/2015 13:04:04	847,53	10126002	140962445	MEIO AMBIENTE - ÁRVORE	34	9322,8		
30/03/2015 18:12:00	30/03/2015 18:15:00	3,00	10217936	141510595	FALHA EM ISOLADOR	0,1	33		
30/03/2015 18:24:00	30/03/2015 22:53:00	269,00	10217937	141510595	FALHAS EM EQUIPAMENTOS	10,8	2959		
30/03/2015 23:19:00	30/03/2015 23:23:00	4,00	10217940	141510595	OPERACIONAIS - EMERGÊNCIA	0,2	44		
06/04/2015 22:24:42	06/04/2015 23:19:58	55,27	10253154	141790110	FALHA EM PARA RAIOS	2,2	607,97		
24/04/2015 11:00:21	24/04/2015 11:04:21	4,00	10266176	141886788	PROGRAMADA - OPERAÇÃO	0,2	44		
29/04/2015 09:54:12	29/04/2015 15:14:26	320,23	10274760	141651082	PROGRAMADA - MANUTENÇÃO	12,9	3522,5		
12/05/2015 17:19:00	12/05/2015 17:33:00	14,00	10302634	142161389	FALHAS EM CRUZETAS	0,6	154		
21/05/2015 09:00:00	21/05/2015 12:40:04	220,07	10315385	142299782	MEIO AMBIENTE - EROSÃO	8,8	2420,8		
15/06/2015 09:30:00	15/06/2015 11:30:00	120,00	10352952	142434189	PROGRAMADA - MANUTENÇÃO	4,8	1320		
17/06/2015 13:00:00	17/06/2015 13:06:00	6,00	10388380	142701964	FALHAS EM CONECTORES	0,2	66		
11/09/2015 05:16:00	11/09/2015 11:50:00	394,00	10502274	143942476	FENÔMENOS NATURAIS - TEMPORAL	15,8	4334		
22/10/2015 08:30:00	22/10/2015 13:00:00	270,00	10562868	144493270	MEIO AMBIENTE - ABALROAMENTO	10,8	2970		
08/11/2015 01:28:00	08/11/2015 01:42:00	14,00	10663470	144730034	MEIO AMBIENTE - ANIMAL	0,6	154		
19/12/2015 18:59:00	20/12/2015 17:30:00	1351,00	10796824	145384737	MEIO AMBIENTE - ÁRVORE	54,2	14861		

Fonte: (GEMINI, 2017)



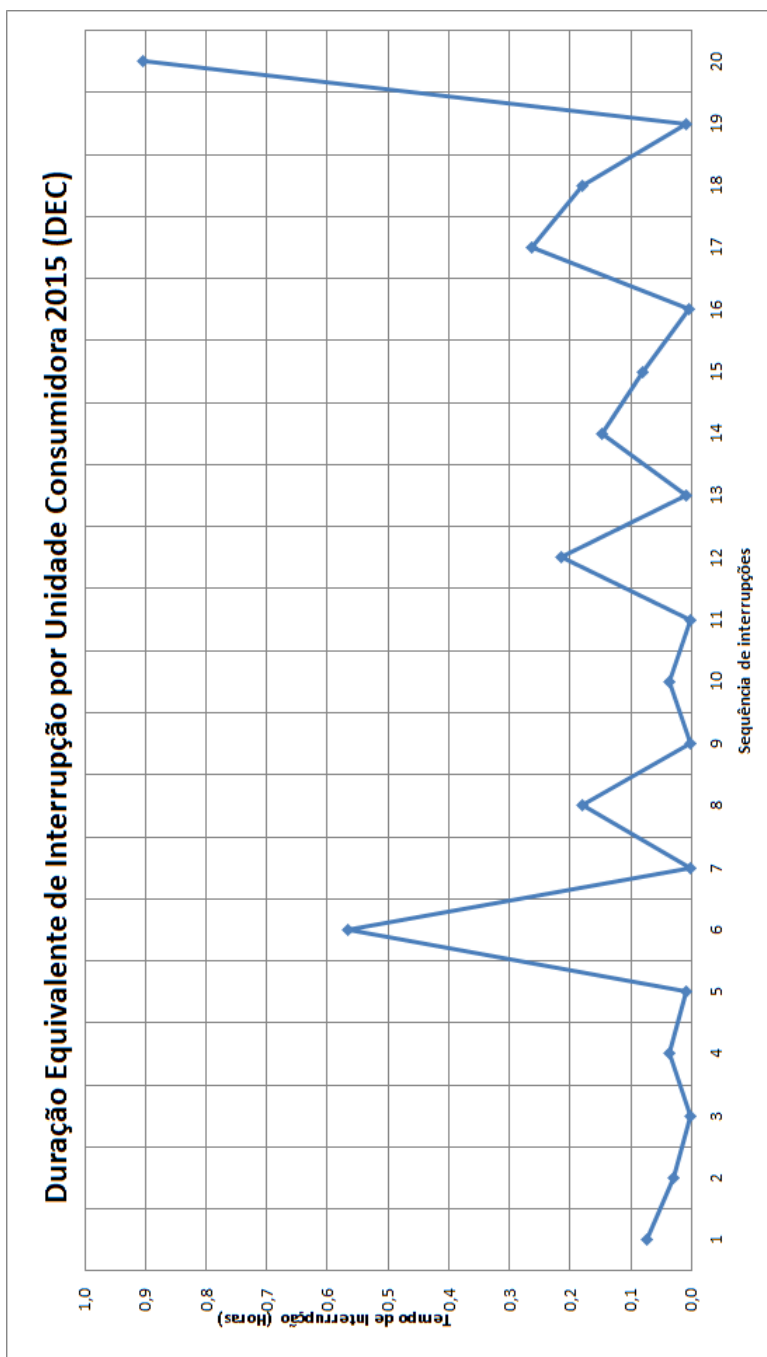
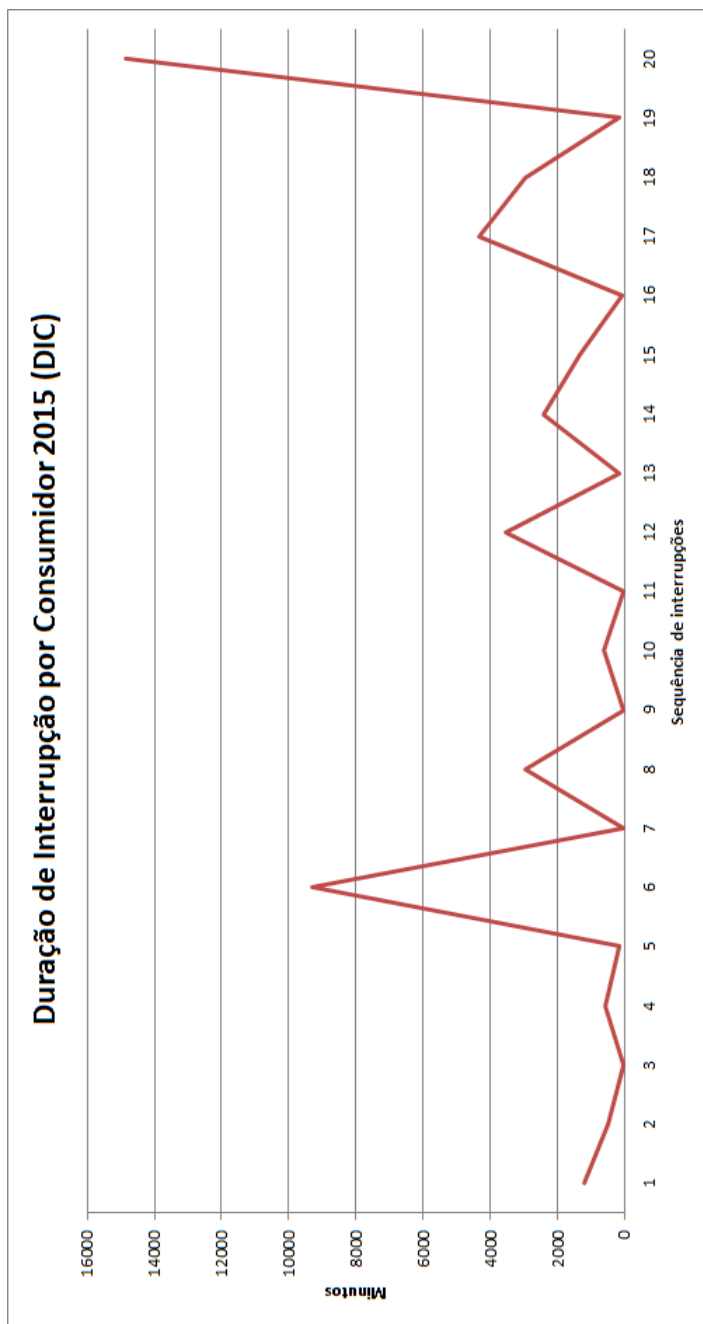


Figura 11: DEC 2015.

Fonte: (GEMINI, 2017)



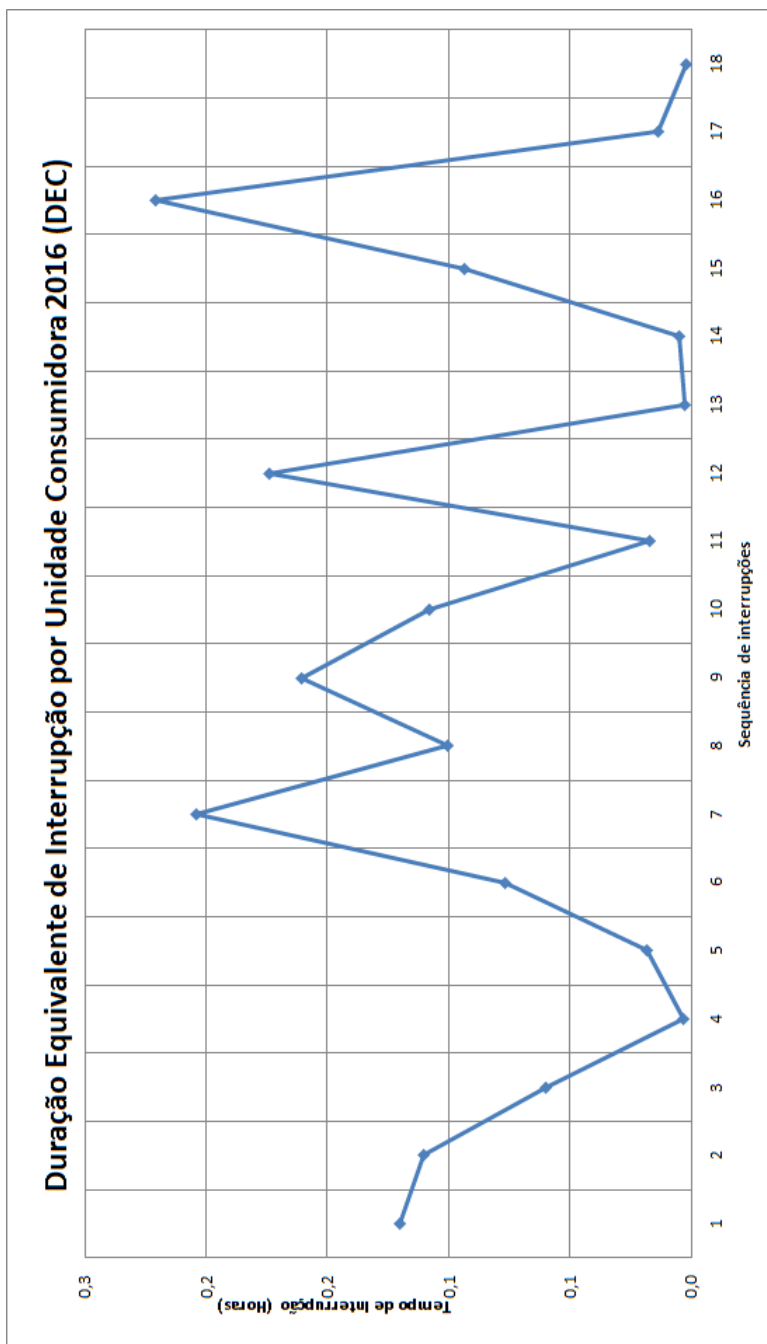
**Figura 12:** DIC 2015.

Fonte: (GEMINI, 2017)

Tabela 2: Interrupções em 2016

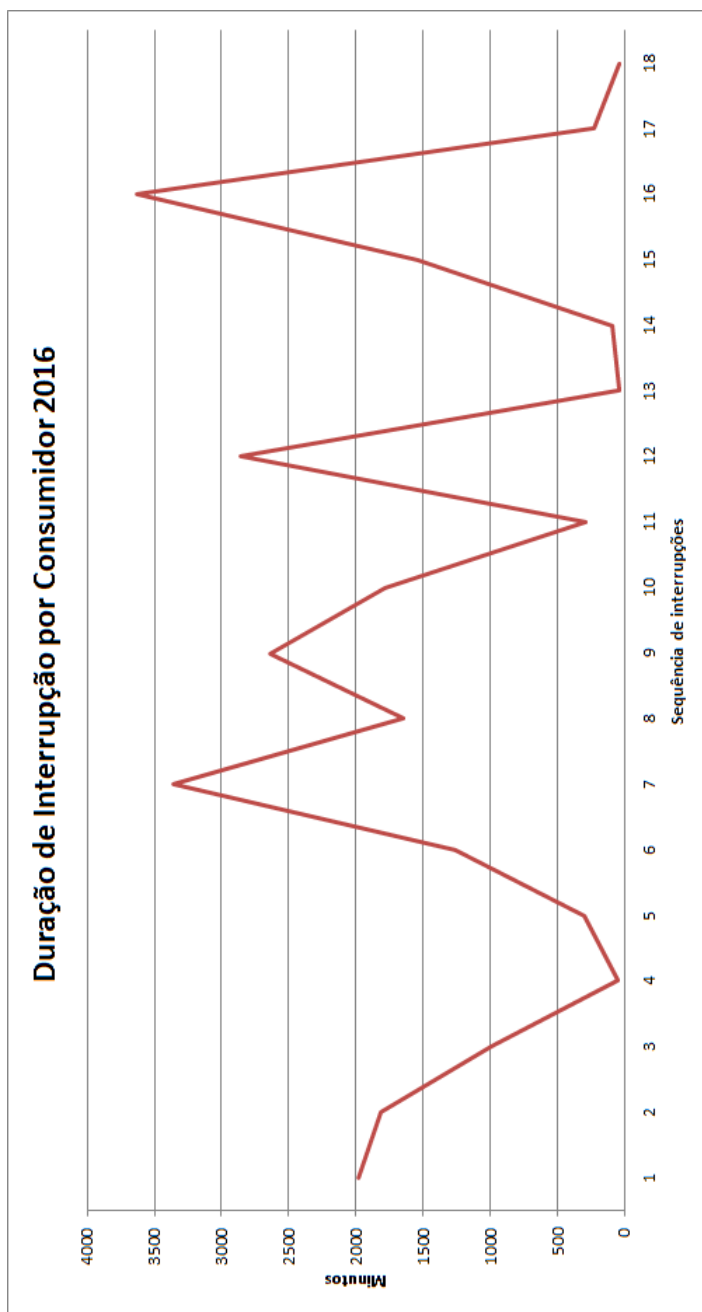
INTERRUPÇÕES OCORRIDAS EM 2016									
Interrupção		Duração em minutos	Nº da interrupção	Nº do documento	Causas	DEC	DIC		
Início	Término								
12/02/2016 12:00:00	12/02/2016 15:00:00	180,00	10974528	145744660	PROGRAMADA- CONSTRUCAO	7,2	1980		
17/02/2016 10:00:00	17/02/2016 12:45:00	165,00	10921571	145895525	MEIO AMBIENTE - ÁRVORE	6,6	1815		
18/02/2016 08:00:00	18/02/2016 09:30:00	90,00	10923516	145818079	MEIO AMBIENTE - ÁRVORE	3,6	990		
24/02/2016 11:37:00	24/02/2016 11:42:00	5,00	10976021	146253016	FALHAS EM EQUIPAMENTOS	0,2	55		
04/03/2016 15:14:00	04/03/2016 15:41:45	27,75	10963173	146257665	OPERACIONAIS - EMERGENCIA	1,1	305,25		
28/04/2016 08:00:00	28/04/2016 09:55:00	115,00	11072156	146629340	F.N. - TEMPORAL	4,6	1265		
16/05/2016 09:30:00	16/05/2016 14:35:00	305,00	11102857	146817314	PROGRAMADA -CONSTRUÇÃO	12,2	3355		
01/07/2016 12:00:00	01/07/2016 14:30:00	150,00	11220745	147226507	PROGRAMADA-PODA DE ÁRVORE	6	1650		
25/07/2016 09:30:00	25/07/2016 13:30:00	240,00	11214951	147444846	OPERACIONAIS - EMERGÊNCIA	9,6	2640		
23/08/2016 02:25:18	23/08/2016 05:07:00	161,70	11258919	147871757	QUEIMADA/INCÊNDIO	6,5	1778,7		
25/09/2016 14:48:00	25/09/2016 15:14:00	26,00	11319213	148224230	F. N. - TEMPORAL	1	286		
04/10/2016 10:00:00	04/10/2016 14:20:00	260,00	11352433	148185497	PROGRAMADA - CONSTRUÇÃO	10,4	2860		
28/10/2016 19:37:00	28/10/2016 19:41:00	4,00	11399513	148649203	OPERACIONAIS - EMERGÊNCIA	0,2	44		
11/11/2016 19:39:00	11/11/2016 19:47:00	8,00	11469906	148818237	MEIO AMBIENTE - ÁRVORE	0,3	88		
02/12/2016 00:09:22	02/12/2016 02:29:32	140,17	11476975	149090872	DESCARGA ATMOSFÉRICA	5,6	1541,9		
09/12/2016 10:30:00	09/12/2016 16:00:00	330,00	11504010	149205527	OPERACIONAIS-EMERGÊNCIA	13,2	3630		
12/12/2016 04:43:00	12/12/2016 05:03:23	20,38	11512091	149235372	FENÔMENOS NATURAIS-VENTO	0,8	224,18		
12/12/2016 18:05:00	12/12/2016 18:08:38	3,63	11517123	149252122	FENÔMENOS NATURAIS-VENTO	0,1	39,93		

Fonte: (GEMINI, 2017)



**Figura 13: DEC 2016.**

Fonte: (GEMINI, 2017)



**Figura 14:** DIC 2016.

Fonte: (GEMINI, 2017)

### 3.3 SOLUÇÕES ENCONTRADAS

Para resolver o problema da morte de animais, a concessionária tem feito a substituição da rede convencional para isolada, garantindo segurança no sistema.

Além dessas correções, como descrito no referencial teórico cada camada do cabo isolado tem sua função formando um conjunto com tecnologia adequada para condução de energia elétrica, galhos podem encostar, traz confiabilidade ao sistema elétrico. As conexões são totalmente isoladas assim como o cabo.

Outra mudança possível foi o percurso da rede para beira da estrada, boa parte estava implantada dentro da mata. Facilitando qualquer manutenção futura e lançamento dos cabos utilizados no presente projeto. A extensão da rede aumentou 750 metros devido a essa mudança no trajeto.

### 3.4 COMPARAÇÕES

Por não existirem normas que se apliquem em redes de distribuição rurais monofásicas isoladas, a concessionária local, em situações semelhantes, utilizou as normas e referências existentes para as redes trifásicas na construção de redes isoladas monofásicas.

Nessas obras semelhantes em que foram utilizadas a norma da rede trifásica, a princípio os problemas apontados foram solucionados, tais problemas eram os mesmos do presente estudo. No entanto, o custo ficou 3 vezes maior por utilizar um padrão construtivo diferente. Neste caso utilizava o condutor trifásico, onde dois condutores ficaram desperdiçados, sem funcionalidade alguma, aumentando o custo da obra.

O motivo do acontecimento é a pouca demanda de obra com rede de distribuição isolada monofásica rural. Mas mesmo com o pequeno número de obras, se faz necessário a utilização das normas, trazendo garantia no serviço e economia. Segundo os colaboradores a norma já se encontra em fase de construção.

### 3.5 ORÇAMENTO

Com o intuito de inovar e economizar, em busca de novas tecnologias e produtos. Técnicos da concessionária foram submetidos a treinamentos e até viagem ao exterior para trazer conhecimento do produto juntamente com seus modos de funcionamento, construção e montagem.

Foi solicitado ao fabricante o orçamento do cabo isolado monofásico, especialmente para implantação nessa obra trazendo economia, acabando com o desperdício de material e facilitando seu manuseio na instalação.

As conexões adotadas foram do modelo cotovelo com a tecnologia Loadbreak, que permite a operação em carga. Em caso de manutenções não é necessário desenergizar o circuito, pois cumprindo as normas de segurança e a operação de forma correta, sua função é semelhante ao equipamento de abertura em carga Load Buster, extinguindo o arco elétrico na abertura da chave em cargas.

Além desta função ele está equipado com um fusível limitador de corrente, que protege o sistema contra curto-circuito.

Alguns postes foram dimensionados para suportar maior peso, aumentando sua profundidade no solo, pois assim não é necessário utilizar o estai, garantindo sustentação a rede e evitando escavação do solo e quebra de galhos de árvores.

### 3.6 MODIFICAÇÃO DA REDE

A partir dos problemas apontados e as soluções cabíveis, o projeto foi criado com o número do serviço 2000028294, conforme o anexo A, B e C.

Após a etapa de análises, vistorias, aprovação e liberação do projeto, foi pedido a anuência ao PESB, conforme o anexo D, consolidando a permissão para execução do projeto. Que foi encaminhado ao setor de obras da empreiteira responsável pela construção, programando uma data disponível para uma equipe de construção dar início a obra. Os materiais necessários também foram enviados ao almoxarifado de forma antecipada, para devida conferência.

Para a realização da obra todas as equipes envolvidas devem estar devidamente instruídas de acordo com a norma que trata sobre a rede isolada trifásica e que deverá ser direcionada a rede monofásica, manuais de montagem e as normas de segurança.

Mão de obra e equipamentos utilizados:

- 06 caminhões com guindauto;
- 06 Equipes de construção de redes de Distribuição, contendo cada uma:
  - 01 Encarregado;
  - 01 Motorista;
  - 04 Eletricistas;
  - 02 Ajudantes de eletricista.
- Ferramentas de construção de redes de Distribuição;
- Equipamentos de Proteção Individual (EPI);
- Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC);
- Técnico Ambiental;

- Técnico de Segurança do Trabalho;
- Supervisores de obras;
- Acompanhamento, supervisão e orientação, concessionária local.

A modificação se deu início no dia 01 de abril de 2016, com uma equipe implantando os postes à beira da estrada.

Nas dependências da empreiteira, adiantou a montagem das conexões, pois é um processo que se exige tempo, paciência e delicadeza.

Cada corte nas camadas devem ser medidos corretamente, trabalhar com as mãos sempre limpas, eliminar qualquer tipo de resíduo que venha danificar a conexão, sempre lubrificar o cabo antes do encaixe, facilitando o processo.

Do dia 24 a 28 de outubro 2016 uma equipe equipou os postes com devidos materiais e instalou estai onde foi preciso.

Dia 03 a 17 de novembro 2016 foram feitos os aterramentos da rede e o lançamento dos cabos no novo percurso. Devido ao tempo chuvoso em alguns dias, houve paralisação aguardando estiagem para ter acesso a obra.

No dia 18 de novembro 2016 foi programado o desligamento para retirada da então rede convencional, dando início a operação da rede isolada, haviam 6 equipes de construção aguardando a liberação dos serviços. No entanto, por motivo de chuva os serviços foram cancelados e reprogramados.

Finalmente no dia 28 de dezembro conforme Programação de Interrupção, 6 equipes puderam dar continuidade a construção, realizando a instalação dos últimos equipamentos necessários e finalizando todo o processo, tendo excelência na primeira rede monofásica isolada rural com cabo unipolar duplex, elevando o nível dos empregados envolvidos e na qualidade das obras da concessionária.

**Tabela 3:** Gastos financeiros

<b>Custos da Obra</b>	
<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>VALOR</b>
Administração	R\$ 11.699,71
Mão de obra própria	R\$ 73.123,61
Materiais requisitados	R\$ 257.417,48
Mão de obra da construção	R\$ 102.719,95
Mão de obra do projeto	R\$ 6.559,32
<b>Total geral</b>	<b>R\$ 451.520,07</b>

Fonte: (GEMINI, 2017)



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em funcionamento a partir do dia 29 de dezembro de 2016, os resultados da rede isolada começaram a aparecer, logo no primeiro mês o número de interrupções foi zero, garantindo um ótimo índice de continuidade da energia e nenhum custo da concessionária em relação a manutenções na rede. Os resultados descritos são a partir da data de conclusão da obra até 09 de novembro de 2017.

Nos meses a seguir o índice se manteve constante. Somente no dia nove de maio de 2017 que houve uma interrupção programada para realizar a construção de uma obra de extensão de rede, atendendo ao pedido de um cliente.

**Tabela 4:** Interrupções 2017

INTERRUPÇÕES OCORRIDAS EM 2017							
Interrupção		Duração em minutos	Nº da interrupção	Nº do documento	Causas	DEC	DIC
Início	Término						
09/05/2017 10:43:31	09/05/2017 14:30:00	226,48	11874719	151167673	PROGRAMADA -CONSTRUCAO	9,1	2491,3

Fonte: (GEMINI, 2017)

Através da tabela 4 é possível perceber o quão eficiente é a rede isolada, a estabilidade que ela traz para ao sistema é exuberante.

Os gastos da concessionária com mão de obra, deslocamento e manutenções para evitar ou corrigir falhas no sistema, comparado aos dois anos anteriores foi zero.

Cálculo do FEC no ano de 2017 está apresentado através da equação 4.1 .

$$FEC(2017) = \frac{\sum_{i=1}^{cc} FIC(i)}{Cc} \quad (4.1)$$

$$FEC(2017) = \frac{1}{11}$$

$$FEC(2017) = 0,09$$

De acordo com o GEMINI, 2017 estes foram os custos anuais com manutenções:

Preventivas

- Em 2015 foram R\$ 1.731,57;

- Em 2016 foram R\$ 1.674,88;
- Em 2017 não houve gastos com esse tipo de manutenção.

Corretivas

- Em 2015 foram R\$ 24.261,15;
- Em 2016 foram R\$ 26.842,65;
- Em 2017 não houve gasto para corrigir falhas no sistema.

Se nos próximos anos a rede continuar em perfeito estado de funcionamento como no primeiro ano, aproximadamente com 18 anos o investimento será compensado. Como a rede Isolada tem vida útil mínima de 30 anos, o investimento é alto em relação à rede convencional, porém os gastos com manutenções já são eliminados imediatamente.

- Custo médio por quilômetro construído da rede Isolada foi de R\$142.435,35.
- Custo médio de quilômetro construído de rede Convencional, são aproximadamente R\$ 55.201,24.

Em relação as árvores nos locais por onde passa o cabo isolado, foram feitas podas de alguns galhos onde era impossível lançar o condutor sem que as retirasse, sendo que estas foram realizadas com a liberação do PESB, garantindo a conservação do ecossistema.



**Figura 15:** Proximidade das árvores em relação a rede.

**Fonte:** (Próprio Autor)

A figura 15 descreve perfeitamente como o cabo isolado permite a proximidade de galhos e objetos sem que haja qualquer transtorno.

Foram feitas visitas ao parque para coleta de dados e foi informado que nos últimos 4 anos, três macacos da espécie Muriqui morreram pelo contato com a rede elétrica nua, mas após a alteração nenhuma espécie de animal foi vítima de eletrocussão, atendendo as expectativas do Parque que buscou melhorias e foi atendido com a melhor tecnologia que se tem disponível no mercado.

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho analisou a tecnologia de condutores isolados, em especial na distribuição de energia, de forma a comprovar a importância de se estudar os tipos de materiais que devem ser aplicados na construção ou modificação de uma rede de distribuição visando a funcionalidade operacional e preservação do meio ambiente. Foram analisados diversos dados a fim de se comprovar que essa tecnologia promissora deve sim ser aplicada e sua viabilidade técnica aliada à financeira pode ser observada através dos valores das compensações.

A modificação da rede de distribuição construída mostrou-se funcional e capaz de atender o objetivos propostos, pois através dos anexos E e F é possível notar a satisfação do PESB que pediu correções para os devidos problemas que vinham acontecendo. Em relação as interrupções o resultado foi surpreendente, reduzindo ao máximo. E no ano de 2017 até a data pesquisada não foi possível constatar nenhum gasto financeiro para corrigir qualquer problema em relação a modificação que foi feita, garantindo 100% no fornecimento de energia elétrica e segurança.

Por fim, conclui-se que o planejamento de uma RDR pode evitar modificações futuras, traz segurança para a sociedade e melhora a qualidade do sistema elétrico de potência. Este trabalho poderá vir a ser utilizado para auxiliar na implantação de novas normas e estudos sobre a proteção das redes e o impacto delas ao meio ambiente, inclusive na preservação da vida de animais ameaçados de extinção como o caso do macaco Muriqui.

### 5.1 TRABALHOS FUTUROS

Como continuação deste trabalho poderão ser realizadas medições na rede, com a finalidade de realizar cálculos apresentados na fundamentação teórica.

Seguindo a orientação do PESB, descrita no anexo E, o trabalho será direcionado ao IEF para análise e se possível a publicação servindo de acervo para o Estado.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. **Procedimentos de Distribuição Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional: Módulo 8 - Qualidade de Energia Elétrica- PRODIST.** - Brasília, 2016. 76p. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/qualidade-na-distribuicao>>. Acesso em: 23 de agosto de 2017.

ARAGÃO, F. M. **Choque elétrico em animais de vida livre: Revisão de Literatura.** Brasília, 2011. 43p. Revisão de Literatura.

CHARDON GROUP. **Instruções sobre instalação e operação da Junção Loadbreak.** High Ridge, 2015, 2p.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS (CEMIG). **Instalações Básicas de Redes de Distribuição Aéreas Rurais, (ND 2.2).** Belo Horizonte, 2012. 142p.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS (CEMIG). **Instalações Básicas de Redes de Distribuição Aéreas Isoladas.** Belo Horizonte: Cemig, 2000. 113p.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS (CEMIG). **Nota Fiscal - Conta de Energia Elétrica.** Belo Horizonte: Cemig. 2017. 1p.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS (CEMIG). **Poda de árvore, limpeza de faixa e aceiro MT-RD-13002.** Belo Horizonte: Cemig, 2011. 28p.

CONDIS; GEMINI. **Sistemas de Controle de Distribuição.** Disponível em: <https://sistemasdeacessorimoto.cemig.com.br/Citrix/XenApp/auth/login.aspx?CTXMessageTypeSUCCESSeCTXMessageKeyUsableClientForced>. Acesso em: 21 de outubro de 2017.

CONDUSPAR. **Cabos de energia elétrica.** Disponível em: <https://www.conduspar.com.br>. Acesso em: 11 de setembro de 2017.

COOPER POWER SYSTEMS. **Terminais desconectáveis para operação em carga.** Waukesha, Wisconsin, EUA: COOPER, 2012. 12p.

CREDER, Hélio. **Instalações elétricas.** 15<sup>a</sup>ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 2007. xii, 428p.

ELETROBRAS. **Manutenção e operação de sistemas de distribuição.** 4. vol. Rio de Janeiro: Campus, 1982. 158 p.

FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO (FUNDACENTRO). **NR10: Manual de Treinamento - Segurança em instalações e serviços em eletricidade.** São Paulo, 2005. 276p.

HUBBELL POWER SYSTEMS. **Installation and Operating Hubbell Loadbreak Connector.** U.S.A. Copyright, 2006. 12p.

KAGAN, Nelson; OLIVEIRA, C.C.B; ROBBA, E.J. **Introdução aos sistemas de Distribuição de Energia Elétrica**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010. 328 p.

MAMEDE FILHO, João; MAMEDE. **Proteção de sistemas elétricos de potência**. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

MINAS GERAIS, Ministério Público do Estado de Minas Gerais. **Ofício 017/2016/ASJUR/IEF/SISEMA**. Belo Horizonte, 2016. 1p.

POMILIO, J. A; DECKMANN, S. M. **Distorção Harmônica: causas, efeitos e soluções**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas: DSCE-FEEC, 2003. Disponível em: <<http://www.dsce.fee.unicamp.br>>. Acesso em 02 de set. 2017.

PRYSMIAN CABLES E SYSTEMS. **Instrução de montagem dispositivo de aterramento termocontrátil**. São Paulo, 2011. 1p.

RIBEIRO, J.F. **Estudo de viabilidade técnica para correção de fator de potência em redes de distribuição rurais monofásicas**. Caratinga: Instituto Tecnológico de Caratinga, 2016. 89p. Trabalho de Conclusão de Curso.

ROBBA, E.J. **Introdução a sistemas elétricos de potência**. 2ºEd. São Paulo: Editora: Edgard Blucher, 2001, 484p.

SALARI FILHO. J. C. **Características das Descargas Atmosféricas para Estudos de Desempenho de linhas de Distribuição e Transmissão**. Relatório Técnico DPP/PER nº 737 CEPEL, Rio de Janeiro, Brasil, 2002.

TEIXEIRA JUNIOR, Mario Daniel R. **Cabos de energia**. 1. ed. São Paulo: ARTLIBER, 2004. 192 p.

TYCO ELECTRONICS. **Instrução de Instalação EPP-0580-BR-9/95**. São Paulo, Energy Division, 2009. 5p.









## ANEXO D - ANUÊNCIA DO PESB



Governo do Estado de Minas Gerais  
Sistema Estadual de Meio Ambiente  
Instituto Estadual de Florestas  
Escritório Regional Zona da Mata

Ofício nº 017/2016/ASJUR/TEF/SISEMA

Ubá, 01 de março de 2016.

**Assunto:** Resposta a anuência/manifestação requerida pela empresa CEMIG Distribuição S.A. para intervenção no Parque Estadual Serra do Brigadeiro para limpeza da faixa de rede existente e para construção de nova rede Isolada.

Prezados,

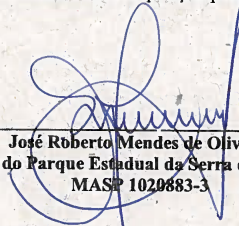
Tendo em vista o Ofício OM/GA- 01312/2016 apresentado por V.Sa. à esta gerência de Unidade de Conservação de Proteção Integral a fim de obter a autorização para intervir dentro dos limites desta unidade, nos termos do art. 47 da Lei 20.922/2013.

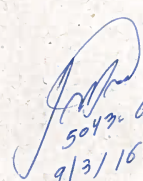
Informamos que, pela presente e, após a apresentação da regularidade ambiental da atividade, através das declarações emitidas pela SUPRAM-ZM de que as atividades de limpeza da faixa de rede existente e construção de nova rede isolada não são passíveis de licenciamento ambiental, como ainda, após ouvido o Conselho Consultivo do Parque Estadual, da Serra do Brigadeiro em reunião ordinária, datada de 18 de fevereiro de 2016, esta gerência entende, por bem da preservação das espécies nativas da fauna, uma vez que a atividade se trata de medida preventiva a mortandade das mesmas, como ainda, vai de encontro ao que determina o plano de manejo da unidade, AUTORIZAR a realização das referidas atividades, nos termos em que foram solicitadas e apresentadas no FCEI e FOBI, em acordo ao que preconiza o art. 47 da Lei 20.922/2013.

Ressalta-se que, no intuito de embasar a referida decisão, encontra-se averbado processo administrativo para a concessão da mesma, sob o nº 0500000059-16, no qual se faz constar toda a documentação necessária a referida autorização, qual seja, Declarações de Não Passíveis de Licenciamento Ambiental emitidas a CEMIG sob o nº 0161936/2016 e 162166/2016, como também, a Ata da Reunião Ordinária do Conselho Consultivo do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, realizada no dia 18/02/2016, nas dependências daquela unidade de conservação.

Ressaltamos, ainda, que toda a atividade deverá ser acompanhada por responsável que será designado por esta gerência nos dias e locais que serão convencionados entre esta gerência e V.Sa..

Sem mais para o momento, colocamo-nos à disposição para quaisquer esclarecimentos que se fizerem necessários.

  
José Roberto Mendes de Oliveira  
Gerente do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro  
MASP 1020683-3

  
501926  
9/3/16

Pedro Mendes Castro – CEMIG Distribuição S.A.  
Avenida Barbacena, 1200 – 11º andar, Ala B2 – Santo Agostinho  
Belo Horizonte-MG – CEP: 30.190-131

Rodovia Ubá/Juiz de Fora – Km 02 – Caixa Postal -176 - Horto Florestal – Ubá- MG CPF 36.500-000 PABX (32)3539-2740

**ANEXO E - E-MAIL MOSTRANDO A DISPONIBILIDADE DO PESB EM CONTRIBUIR PARA O ESTUDO.**

De: Pesquisa PESB <pesquisa.pesb@hotmail.com>  
Enviado: segunda-feira, 21 de agosto de 2017 15:32  
Para: gilliarde.melo2010@hotmail.com  
Cc: jose.oliveira@meioambiente.mg.gov.br; alessandre.custodio@meioambiente.mg.gov.br  
Assunto: Re: Rede Isolada

Boa tarde Gilliarde,

primeiramente ficamos felizes em fazer parte de seu projeto de TCC e acreditamos que todas as pesquisas são de extrema importância para o PESB.

Orientamos que as pesquisas científicas realizadas no Parque são registradas no IEF e convidamos você a registrar seu projeto para que os dados de sua pesquisa torne parte deste acervo, servindo assim de referência para o Estado (principalmente pelo tema de seu projeto onde temos pouquíssimas UC's com rede isolada). Segue o link para maiores informações: <http://www.ief.mg.gov.br/noticias/1/1821-pesquisa-cientifica>.

Este serviço no qual citou, é similar à obra que foi realizada em 2013 e 2014 pela CEMIG aqui no PESB, quando foram substituídos os cabos condutores nos trechos onde foram registradas mortes de 3 Muriquis (*Brachyteles hypoxanthus*). Essa obras da modificação da rede atendeu as expectativas pois foram modificadas para rede isolada toda a rede que está dentro do PESB, além de transferir para a margem da estrada o trecho que encontrava-se dentro da mata colaborando assim com a recuperação florestal pois não é mais necessário as podas para proteção da rede.

A rede por hora está funcionando perfeitamente e os animais já voltaram a transitar no local (não na fiação, mas utilizam a travessia entre copas acima da rede). Ficamos também felizes em saber que somos o primeiro local de rede monofásica a utilizar a nova tecnologia da empresa CEMIG.

Também tivemos a felicidade de sermos contemplados pelo projeto da empresa ENERGISA no qual também modificaram o projeto de rede de responsabilidade da empresa no ponto dentro do PESB denominado Fazenda do Brigadeiro. Ou seja, temos duas empresas que fornecem energia para a UC!

Agende conosco uma visita para conhecer melhor nossa Unidade de conservação e assim podemos conversar melhor a respeito. Estamos aqui de segunda a sexta no horário de 8 às 17h e inscreva seu projeto junto ao IEF!

Att.

**Laurielen Gurgel Pacheco**  
**Monitora Ambiental**  
**Parque Estadual da Serra do Brigadeiro**  
**(32) 3721-7491**

## ANEXO F - AGRADECIMENTO.

Prezados,

as obras de modificação da rede, atendeu as expectativas e por hora funcionando perfeitamente. Ficamos felizes em saber que somos o primeiro local de rede monitorada a utilizar a nova tecnologia da empresa.

Rescato o comprometimento e parceria dos colaboradores quanto da CEMIG em atender nossas solicitações (alteração de projeto, etc.).

Desde já, colocamos o FESB à disposição, esperamos que no ano de 2017 possamos estreitar ainda mais esta parceria com novos projetos.

Ótimo 2017 a todos nós!!!

Att.

Laurielen Gurgel Padeco

Monitora Ambiental

Parque Estadual da Serra do Brigadeiro

(32) 3711-7491

**ANEXO G - AUTORIZAÇÃO**

<b>CONSTRUREDE</b> CONSTRUREDE ELETRICIDADE LTDA. CNPJ 00.600.238/0001-58 Projeto - Construção - Manutenção e Conservação de Redes Elétricas.
<b>CONSTRUREDE ELETRICIDADE LTDA</b> CNPJ: 00.600.238/0001-58 Rua Padre Vigilato 21 – Esplanada, Caratinga - MG
<b>OFÍCIO DE SOLICITAÇÃO</b>
Caratinga/ MG, 03 de agosto de 2017
Ilustríssimo Sr. Moacyr Mendonça Costa Júnior Gerente e Eng. Eletricista, CREA: 61403/D
Solicito a esta conceituada instituição autorização para citar informações que venham a contribuir para uma pesquisa de cunho científico (TCC – Trabalho de Conclusão de Curso), que será desenvolvida pelo Sr. Giliarde de Melo Roque, brasileiro, solteiro, estudante, inscrito no CPF sob nº 114.931.126-60, residente e domiciliado a Av. Dário da Anunciação Grossi nº 856, Caratinga.
Os dados necessários à pesquisa citada acima, referem-se a serviços de construção e manutenção prestados a Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, perante o contrato de nº 4680004182.
 Moacyr Mendonça Costa Júnior Eng. Eletricista, CREA: 61403/D
<b>Moacyr Mendonça Costa Júnior</b> Engenheiro Eletricista Engenheiro de Segurança do Trabalho RG CREA 61403/D
Rua Padre Vigilato, 21 - Bairro Esplanada - CEP: 35.300-249 - CARATINGA - MINAS GERAIS