



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA E AMBIENTE
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENERGIA E AMBIENTE

FLÁVIO HIROSHI PECORARO KOGA

GESTÃO DA QUALIDADE APLICADA NO PROCESSO DE PODA DE
ÁRVORES EM UMA DISTRIBUIDORA DE ENERGIA

São Luís – MA, Brasil

2018

FLÁVIO HIROSHI PECORARO KOGA

**GESTÃO DA QUALIDADE APLICADA NO PROCESSO DE PODA DE
ÁRVORES EM UMA DISTRIBUIDORA DE ENERGIA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia e Ambiente da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Energia e Ambiente

Orientador: Prof. Shigeaki Leite Lima, Dr. EE

São Luís – MA, Brasil

2018

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integradado de Bibliotecas/UFMA

Koga, Flávio Hiroshi Pecoraro.

GESTÃO DA QUALIDADE APLICADA NO PROCESSO DE PODA DE
ÁRVORES EM UMA DISTRIBUIDORA DE ENERGIA / Flávio Hiroshi
Pecoraro Koga. - 2018.

132 f.

Orientador(a): Shigeaki Leite Lima.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em
Energia e Ambiente/ccet, Universidade Federal do Maranhão,
São Luís - MA, 2018.

1. Estudo de tempos movimentos e métodos. 2. Gestão
da qualidade. 3. Manutenção de RD. 4. PDCA aplicado. 5.
Poda de árvores em distribuidora de energia. I. Lima,
Shigeaki Leite. II. Título.

FLÁVIO HIROSHI PECORARO KOGA

GESTÃO DA QUALIDADE APLICADA NO PROCESSO DE PODA DE ÁRVORES EM UMA DISTRIBUIDORA DE ENERGIA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia e Ambiente da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Energia e Ambiente

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Shigeaki Leite Lima (Orientador)
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Sérgio Sampaio Cutrim
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Mauro Sergio Silva Pinto
Universidade Estadual do Maranhão

*Dedico este trabalho à minha amada Mãe, que é
meu anjo da guarda aqui na Terra, ao meu querido Pai,
que é um verdadeiro guerreiro, aos meus preciosos Avós,
que sempre me ampararam, e à minha Esposa,
que sempre esteve ao meu lado me dando
amor, me apoiando e me motivando.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por me dar saúde, fé e força. Em seguida, deixo agradecimentos à minha especial e amada Mãe Regina, que sempre com as palavras certas acalma meu coração e minha alma, que sempre zelou por mim com muito amor e carinho, me instruindo, apoiando, aconselhando, iluminando e mostrando os caminhos certos da vida. Agradeço ao meu querido Pai Oscar Koga, grande homem, de personalidade forte, de caráter honrado e muito guerreiro. Vocês Mãe e Pai, sempre me deram amor incondicional, carinhos, cuidados, me propiciaram um ensino de qualidade com muito suor e moldaram o meu caráter, serei eternamente grato a vocês dois.

Agradeço à minha preciosa Avó Mathilde, que sempre cuidou de mim com muito amor e carinho, e que me tranquiliza com suas poderosas orações. Obrigado ao meu Avô Pecoraro, que sempre esteve presente zelando por mim.

Deixo agradecimentos especiais à minha esposa Maryana, pelo companheirismo, amor, cumplicidade, carinho, zelo e paciência. Agradeço também à minha companheira fiel de quatro patas Hermana, que com amor e ternura alegra a minha vida.

Agradeço aos meus irmãos Diego e Sthefânia, pela amizade e palavras de incentivos. Deixo agradecimentos também a todos meus Tios, Primos, Tias, Primas e Sobrinha, que sempre com bom astral tornam os momentos em família mais divertidos e gostosos de se viver. Obrigado também à minha Sogra, Sogro e Cunhados, que são pessoas maravilhosas.

Agradeço à Universidade Federal do Maranhão e a todos integrantes do PPGEA por ter proporcionado os recursos e a estrutura necessária para a conclusão desse Mestrado.

Um obrigado muito especial ao meu Orientador Professor Dr. Shigeaki Leite de Lima, um profissional fantástico, muito competente, que sempre foi muito receptivo. Obrigado pelas orientações, paciência e amizade.

Agradeço aos Doutores Sérgio Sampaio Cutrim e Mauro Sergio Silva Pinto pela disponibilidade e por fazerem parte de minha banca examinadora.

Obrigado aos meus chefes e colegas de trabalho da CEMAR, que são profissionais muito competentes: Roger, Simões, Adriel, Diogo, Erick, Hudson, Rondinele, Daniel e Tarcísio.

Por fim agradeço à CEMAR e ao grupo Equatorial Energia, por ter me recebido de portas abertas em 2012, quando me escolheram como *Trainee* dentre mais de seis mil concorrentes de todo o Brasil, e por ter autorizado o uso de todos os dados e informações para a realização deste trabalho.

*“Se enxerguei mais longe, foi porque me
apoiei sobre os ombros de gigantes”*

Isaac Newton

RESUMO

A exigência por distribuir energia com alta qualidade e de forma ininterrupta aos clientes aumenta cada vez mais conforme o tempo passa. A modalidade prevalecente de rede de distribuição (RD) de média tensão no estado do Maranhão é a rede aérea convencional, cujo tipo é o mais vulnerável existente, pois seus condutores não possuem nenhuma proteção, ficando expostos às intempéries. Um grande problema para as concessionárias de energia é a interação entre as árvores e os condutores da RD. A vegetação causa interrupção no fornecimento de energia elétrica ao entrar em contato com o condutor nu energizado, impactando negativamente os indicadores coletivos de continuidade de distribuição de energia. Árvore na rede foi a causa que gerou mais desenergizações na RD do estado do Maranhão nos anos de 2016 e 2017. Neste contexto, melhorar o processo de poda de árvores da Companhia Energética do Maranhão (CEMAR) é condição *sine qua non* para a evolução dos indicadores coletivos de continuidade de distribuição de energia do estado. A ferramenta de qualidade PDCA e o Estudo de Tempos, Movimentos e Métodos foram aplicados a fim de melhorar a eficiência do serviço de poda da CEMAR. Além disso, verificou-se o método correto de execução do serviço de poda, consultando a NBR 16246-1 e as boas práticas adotadas por outras distribuidoras de energia. Foram ministrados treinamentos às equipes de poda e estabeleceu-se diretrizes a serem seguidas. Como o Maranhão é um estado de rica flora, estabeleceu-se uma tabela com todos os possíveis tipos de podas a serem aplicadas na manutenção da RD da CEMAR, de acordo com a natureza de cada espécie de vegetação. Foi desenvolvido um método de denominação e identificação dos tipos de podas através de uma codificação de três dígitos. Como resultado desse trabalho, conseguiu-se reduzir 43,76 % do tempo total do serviço de poda tipo AML, além de diminuir também o tempo ocioso médio da equipe. Os podadores passaram a ter conhecimento sobre a maneira correta da execução das podas e a contribuir melhor para a obtenção dos resultados.

Palavras-chave: Gestão da qualidade, Poda de árvores em distribuidora de energia, Manutenção de RD, Estudo de tempos movimentos e métodos, PDCA aplicado.

ABSTRACT

The requirement to deliver high quality and uninterrupted electrical energy to customers increases more and more as time goes by. The prevailing mode of medium voltage distribution network (DN) in the state of Maranhão is the conventional air network, which type is the most vulnerable, since its conductors do not have any protection, being exposed to the elements in the weather. A major problem for energy utilities is the interaction between trees and DN drivers. The vegetation causes interruption in the supply of electric energy when it comes in contact with the energized naked conductor, negatively impacting the collective indicators of continuity of energy distribution. Tree in the network was the cause that generated the most deenergizations in the state of Maranhão in the years 2016 and 2017. In this context, improving the pruning process of trees of Companhia Energética do Maranhão (CEMAR) is a *sine qua non* for the evolution of collective indicators of continuity of the state's energy distribution. The PDCA quality tool and the Study of Times, Movements and Methods were applied in order to improve the efficiency of CEMAR's pruning service. In addition, the correct method of execution of the pruning service was verified, referring to NBR 16246-1 and the good practices adopted by other energy distributors. Training was given to the pruning teams and guidelines were established to be followed. As Maranhão is a state of rich flora, a table with all the possible types of prunings to be applied in the maintenance of the CEMAR's DN was established, according to the nature of each species of vegetation. A method of naming and identifying pruning types has been developed through a three-digit coding. As a result of this work, it was possible to reduce 43.76% of the total time of the AML pruning service, in addition to also reducing the team's average downtime. Mowers became aware of the correct way to perform pruning and better contribute to the achievement of results.

Keywords: Quality Management, Tree trimming in power companies, Maintenance of power distribution network, Study of times movements and methods, Applied PDCA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas do PDCA	27
Figura 2 - O ciclo PDCA	27
Figura 3 - Representação gráfica do diagrama de Ishikawa	30
Figura 4 - Diagrama de Pareto.....	31
Figura 5 - Base do galho de uma árvore e seus elementos	34
Figura 6 - Modelo básico de reação da árvore ao perder um galho.....	35
Figura 7 - Resultado de podas malfeitas.....	36
Figura 8 - Poda mal feita provocando a brotação de ramos epicórmicos ascendentes.....	37
Figura 9 - Crescimento de galhos epicórmicos em direção aos condutores provenientes de uma poda mal feita	38
Figura 10 - Crescimento desordenado de galhos epicórmicos provenientes de podas mal feitas	38
Figura 11 - Afastamento mínimo entre condutores da MT e paredes de edificações	39
Figura 12 - Técnica de três cortes para poda de galho em seu ponto de origem.....	41
Figura 13 - Corte para redução do comprimento do galho de origem.....	42
Figura 14 - Corte final para remoção de galho com pequeno ângulo de inserção	42
Figura 15 - Ângulo e posição correta do corte em podas	43
Figura 16 - Corte de três etapas de galhos com diâmetros maiores que 5cm.....	43
Figura 17 - Defeitos mais comuns em execução de podas	44
Figura 18 - RD aérea convencional	45
Figura 19 - RD aérea compacta	48
Figura 20 - Implantação de LT subterrânea em São Luís - MA.....	51
Figura 21 - Sistemas de gestão na intranet CEMAR	54
Figura 22 - Inputs nos campos chaves de busca.....	54
Figura 23 - Informações disponibilizadas no sistema provenientes de um religamento na RD	55
Figura 24 - Planilha de estratificação dos religamentos da CEMAR	56
Figura 25 - Malha de RD de média tensão na cidade de São Luís-MA	61
Figura 26 - Diagrama de Ishikawa - Problema de muitas ocorrências na RD por causa de vegetação	73
Figura 27 - Estado do Maranhão separado pelas regionais da CEMAR	76

Figura 28 - Equipe de poda trabalhando na regional Norte São Luís.....	76
Figura 29 - Exemplos de plantas da família P (palmeira)	77
Figura 30 - Exemplos de plantas da família A (árvore)	78
Figura 31 - Exemplos de plantas da família B (Bambu)	79
Figura 32 - Portes das vegetações.....	80
Figura 33 - Poda do tipo L (lateral)	80
Figura 34 - Poda do tipo C (central) em formato "V"	81
Figura 35 - Poda do tipo R (rebaixamento)	81
Figura 36 - Poda do tipo E (elevação)	82
Figura 37 - Cajueiro localizado abaixo de uma RD cujo tipo de serviço necessário é o AMR.....	84
Figura 38 - Filmagem de todo o processo de poda.....	86
Figura 39 - Planilha de apoio - Detalhamento do processo	87
Figura 40 - Período de ociosidade do motorista	92
Figura 41 - Período do podador 1 quase integralmente preenchido por atividades produtivas.....	93
Figura 42 - Treinamento - Correto manuseio e manutenção de motopodas – Foto 1	96
Figura 43 - Treinamento - Correto manuseio e manutenção de motopodas – Foto 2	97
Figura 44 - Gravação de vídeo-aula sobre manejo e manutenção de motopodas.....	97
Figura 45 - Poda executada de modo errado, realizada antes dos treinamentos	98
Figura 46 - Treinamento sobre método correto de execução da poda.....	99
Figura 47 - Reunião de alinhamento de diretrizes referente aos serviços de podas	101
Figura 48 - Comparativo de tempo da poda tipo AML - Antes x Depois	102
Figura 49 - Comparativo de produtividade do Fiscal - Antes x Depois	106
Figura 50 - Comparativo de produtividade do Podador - Antes x Depois	109
Figura 51 - Comparativo de produtividade do Auxiliar - Antes x Depois	112
Figura 52 - Poda executada corretamente no colar da árvore alguns dias após o treinamento	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Histograma da altura de alunos	29
Tabela 2: Custos de implantação de diferentes tipos de RD	51
Tabela 3 - Extensão de RD e LT 2017 CEMAR	58
Tabela 4 - Quantidade de ocorrências que geraram DEC/FEC em 2016 e 2017 na CEMAR ..	62
Tabela 5 - Tabela de-para utilizada na estratificação dos dados	62
Tabela 6 - Classificação do coeficiente de correlação de Pearson (r) e de determinação (r ²) ..	69
Tabela 7 - Capacidade dielétrica da madeira úmida.....	71
Tabela 8 - Tabela de análise das hipóteses	74
Tabela 9 - Tabela de Serviços de Podas	83
Tabela 10 - Lista de atividades com os tempos do motorista.....	87
Tabela 11 - Lista de atividades com os tempos do podador 2.....	90
Tabela 12 - Períodos produtivos e ociosos do serviço de poda AML	94
Tabela 13 - Tabela de-para referente aos cargos da equipe de podas.....	95
Tabela 14 - Visão dos tempos do serviço de poda AML antes e depois da aplicação das melhorias	103
Tabela 15 - Comparativo dos tempos de ociosidade do antes e depois da aplicação de melhorias	103
Tabela 16 - Atividades do Fiscal após o balanceamento.....	104
Tabela 17 - Atividades do Podador após o balanceamento	106
Tabela 18 - Atividades do Auxiliar após o balanceamento	109

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Trabalhos consultados sobre podas e manutenção de RD segregados por tema ...	22
Gráfico 2 - Gráfico tipo histograma	29
Gráfico 3 - Exemplo de um gráfico de <i>Gantt</i>	32
Gráfico 4 - DEC Apurado COPEL 2003 a 2016	49
Gráfico 5 - FEC Apurado COPEL 2003 a 2016	49
Gráfico 6 - Aumento de religamentos na RD de 2016 para 2017	57
Gráfico 7 - Gráfico de histórico de RS1 de LT's da CEMAR	58
Gráfico 8 - Histórico de extensão em km da rede MT CEMAR	59
Gráfico 9 - Histórico de extensão em km das linhas de transmissão CEMAR	59
Gráfico 10 - Impacto negativo no DEC por classe de tensão em 2017 – CEMAR.....	60
Gráfico 11 - Impacto negativo no FEC por classe de tensão em 2017 – CEMAR	60
Gráfico 12 - Evolução do DEC e FEC CEMAR	61
Gráfico 13 - Pareto das causas que impactaram no DEC/FEC da CEMAR em 2016.....	64
Gráfico 14 - Pareto das causas que impactaram no DEC/FEC da CEMAR em 2017.....	64
Gráfico 15 - Sazonalidade de saída de alimentadores da RD devido a toque de vegetação	66
Gráfico 16 - Volume de chuva <i>versus</i> quantidade de ocorrências por toque de árvore na rede em São Luís no ano de 2016.....	67
Gráfico 17 - Volume de chuva <i>versus</i> quantidade de ocorrências por toque de árvore na rede em São Luís no ano de 2017.....	68
Gráfico 18 - Gráfico de dispersão de volume de precipitação <i>versus</i> ocorrências por árvore na rede em São Luís no ano de 2017.....	69
Gráfico 19 - Gráfico de correlação entre velocidade média mensal e quantidade de ocorrências por toque de vegetação em São Luís no ano de 2017.....	72
Gráfico 20 - Gráfico de <i>Gantt</i> – Serviços do motorista.....	88
Gráfico 21 - Gráfico de <i>Gantt</i> - Serviços do encarregado	89
Gráfico 22 - Gráfico de <i>Gantt</i> - Serviço do podador 1	90
Gráfico 23 - Gráfico de <i>Gantt</i> - Serviço do podador 2	92
Gráfico 24 - Proporção de produtividade <i>versus</i> ociosidade do motorista.....	93
Gráfico 25 - Proporção produtividade <i>versus</i> ociosidade do podador 1.....	94
Gráfico 26 - Gráfico de <i>Gantt</i> do Fiscal após balanceamento e melhorias	105
Gráfico 27 - Gráfico de <i>Gantt</i> do Podador após balanceamento e melhorias	108

Gráfico 28 - Gráfico de <i>Gantt</i> do Auxiliar após balanceamento e melhorias	111
---	-----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRADEE	Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
AT	Alta Tensão
BT	Baixa Tensão
CEMAR	Companhia Energética do Maranhão
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
DEC	Duração Equivalente De Interrupção Por Unidade Consumidora
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FEC	Frequência Equivalente De Interrupção Por Unidade Consumidora
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LT	Linha de Transmissão
MT	Média Tensão
PMI	<i>Project Management Institute</i>
RAP	Relatório de Análise de Perturbação
RD	Rede de Distribuição
RS1	Religamento Satisfatório Um
RS2	Religamento Satisfatório Dois
RS3	Religamento Satisfatório Três
SI	Solicitação de Intervenção

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 Objetivo	19
1.1.1 Objetivo geral.....	19
1.1.2 Objetivos específicos.....	20
1.2 Metodologia.....	20
1.3 Estrutura do trabalho	21
2 ESTADO DA ARTE	22
3 FERRAMENTAS DA QUALIDADE, PODAS E TIPOS DE RD.....	25
3.1 O ciclo PDCA de melhoria contínua.....	26
3.2 Estratificação de dados	28
3.3 Histograma.....	28
3.4 Diagrama de Ishikawa	29
3.5 Diagrama de Pareto.....	30
3.6 Diagrama de <i>Gantt</i>.....	31
3.7 Estudo de tempo, movimentos e métodos.....	33
3.8 Podas.....	33
3.8.1 Técnicas de execução de podas	40
3.9 Tipos de rede de distribuição	44
3.9.1 RD aérea convencional	45
3.9.2 RD aérea compacta	46
3.9.3 RD subterrânea	50
3.9.4 Custos de implantação de diferentes tipos de RD	51
4 LEVANTAMENTO E ESTRATIFICAÇÃO DO HISTÓRICO DE RELIGAMENTOS E SAÍDAS DE ALIMENTADORES DA CEMAR.....	52
4.1 Levantamento do histórico de religamentos da RD da CEMAR.....	56
4.2 Levantamento do histórico e estratificação das saídas de alimentadores da RD	62
5 SAZONALIDADE DE DESENERGIZAÇÃO DA RD POR TOQUE DE ÁRVORE E A CORRELAÇÃO COM CHUVAS E VENTOS.....	66
5.1 Estudo de sazonalidade de saída de alimentadores da RD por árvore na rede.....	66
5.2 Correlação entre chuvas e saídas de alimentadores da RD por toque de vegetação.....	67
5.3 Propriedades dielétricas da madeira e a influência da umidade	70

5.4 Correlação entre a velocidade média dos ventos e as saídas de alimentadores da RD por toque de vegetação	72
6 MÉTODOS E TÉCNICAS DE GESTÃO	73
6.1 Aplicação do diagrama de Ishikawa e ponderação das hipóteses.....	73
6.2 Criação de um método de identificação e denominação dos tipos de podas	75
6.2.1 Primeiro dígito: Família da vegetação	77
6.2.2 Segundo dígito: Porte da vegetação.....	79
6.2.3 Terceiro dígito: Tipo da poda	80
6.3 Possíveis combinações de tipos de podas.....	82
6.4 PDCA aplicado à melhoria do tipo de poda AML	84
6.4.1 Etapa “Plan” do PDCA	84
6.4.2 Etapa “Do” do PDCA	85
6.4.3 Etapa “Check” do PDCA.....	86
6.4.3.1 Lista de atividades e gráfico de <i>Gantt</i> do motorista.....	87
6.4.3.2 Lista de atividades e gráfico de <i>Gantt</i> do encarregado.....	89
6.4.3.3 Lista de atividades e gráfico de <i>Gantt</i> do podador 1.....	89
6.4.3.4 Lista de atividades e gráfico de <i>Gantt</i> do podador 2.....	90
6.4.4 Etapa “Act” do PDCA.....	92
6.5 Método correto de execução da poda	96
6.5.1 Treinamento de operação e manutenção de motopoda	96
6.5.2 Treinamento de técnicas de podas em árvores e alinhamento de diretrizes.....	98
7 RESULTADOS OBTIDOS	102
7.1 Resultados obtidos a partir da aplicação do PDCA	102
7.1.1 Atividades e gráfico de <i>Gantt</i> do fiscal após o balanceamento.....	104
7.1.2 Atividades e gráfico de <i>Gantt</i> do podador após o balanceamento	106
7.1.3 Atividades e gráfico de <i>Gantt</i> do auxiliar após o balanceamento	109
7.2 Resultados obtidos quanto às podas	112
8 CONCLUSÕES.....	114
REFERÊNCIAS	116
APÊNDICE I – Lista de atividades com os tempos do encarregado	125
APÊNDICE II – Lista de atividades com os tempos do podador 1.....	129

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é de vital importância para o bem-estar da sociedade e para o desenvolvimento econômico.

Estima-se que entre 2013 e 2050, a demanda brasileira total de energia cresça pouco mais de duas vezes (EPE, 2016). Além do aumento da demanda energética que ocorre em âmbitos globais e nacionais, também é crescente a exigência dos consumidores quanto a qualidade e continuidade do serviço de distribuição de energia.

O modelo de geração e distribuição de energia que se conhece e é utilizado em todo o mundo na atualidade, foi idealizado e desenvolvido por Nikola Tesla no fim do século XIX. A energia gerada em corrente alternada é transportada em alta tensão (AT) através de condutores metálicos por longas distâncias via linhas de transmissão até as subestações das distribuidoras. A energia é rebaixada para média tensão (MT) com o auxílio de transformadores de subestações e então distribuída através de condutores metálicos, chamados de alimentadores, os quais se ramificam nas áreas urbanas. Para atender a maioria dos clientes residenciais e comerciais, a média tensão dos alimentadores ainda é rebaixada para baixa tensão (BT), em transformadores normalmente fixados em postes.

No Brasil são predominantes as redes de distribuição (RD's) radiais com classe de tensão de 15 kV (13,8 kV entre fases), com três fases e neutro multiterrado e interligado à subestação (JÚNIOR, 2006).

A modalidade prevalecente de rede de distribuição (RD) de média tensão no estado do Maranhão é a rede aérea convencional, que é composta por postes e cruzetas de concreto, isoladores de cerâmica e condutores de alumínio e aço nus. Esse é o tipo de RD mais vulnerável, pois seus condutores não possuem nenhum tipo de proteção. Os condutores metálicos ficam expostos ao tempo, permanecendo suscetíveis a toques de galhos de árvores, a vandalismo, a acidentes como ocorrências em que materiais leves são levados pelo vento e causam curto-circuitos entre as fases, além de serem perigosos para os animais que escalam postes ou pousam sobre os cabos e também para civis, caso haja o rompimento de um segmento da RD.

Um grande problema para as distribuidoras de energia é a interação entre as árvores e os condutores de energia da RD. A vegetação ao entrar em contato com o condutor nu energizado, cria um caminho para a corrente elétrica até a terra gerando um curto-circuito (falha de alta impedância), que faz com que a proteção da rede atue, causando interrupção no fornecimento de energia elétrica. Isso causa desconforto aos clientes, pode gerar danos em

aparelhos elétricos, reduz o faturamento das distribuidoras de energia e provoca impactos negativos nos indicadores de qualidade das concessionárias.

Nesse trabalho, verificou-se as causas das interrupções de alimentadores da RD da distribuidora de energia do estado do maranhão. A causa verificada que gerou mais desenergizações na RD foi árvore na rede. A ferramenta de qualidade PDCA foi utilizada e o estudo de tempos e métodos foi aplicado a fim de melhorar a eficiência no serviço de podas da concessionária de energia do estado do Maranhão. Além disso, verificou-se o método correto de execução de podas, e foram ministrados treinamentos aos podadores, melhorando assim a eficiência do serviço, eliminando a rebrotação pós poda na vegetação.

A distribuição de energia é realizada no Maranhão pela Companhia Energética do Maranhão – CEMAR, única empresa de distribuição de energia elétrica autorizada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) a atuar em toda área de concessão do estado (CEMAR, 2018).

A ANEEL acompanha o nível de qualidade de prestação de serviço das concessionárias de energia do Brasil e utiliza indicadores para fazer medições. A seguir é mostrado o trecho em que a ANEEL discorre sobre os indicadores em seu *site online* (ANEEL, 2018):

As distribuidoras são avaliadas em diversos aspectos no fornecimento de energia elétrica. Entre eles, está a qualidade do serviço e do produto oferecidos aos consumidores.

A qualidade dos serviços prestados compreende a avaliação das interrupções no fornecimento de energia elétrica.

Destacam-se no aspecto da qualidade do serviço os indicadores de continuidade coletivos, DEC e FEC, e os indicadores de continuidade individuais DIC, FIC e DMIC.

A qualidade do produto avalia a conformidade de tensão em regime permanente e as perturbações na forma de onda de tensão. Destacam-se neste quesito os indicadores coletivos DRPe e DRCe, obtidos a partir da campanha de medição amostral instituída pela ANEEL.

A ANEEL também avalia a percepção que os consumidores têm das distribuidoras de energia elétrica.

Os indicadores definidos pela ANEEL são:

- a) Indicadores de qualidade comercial;
- b) Indicadores de inadimplência e atraso;
- c) Indicadores de teleatendimento;
- d) Indicadores de continuidade:
 - DEC/FEC;
 - DIC/FIC/DMIC;
- e) Indicadores de Conformidade do Nível de Tensão (DRP e DRC);
- f) Tempo de Atendimento às Ocorrências Emergenciais;
- g) Indicadores de Segurança do Trabalho e das Instalações;
- h) Índice ANEEL de Satisfação do Consumidor – Iasc;

Vale ser explanado com mais detalhe os indicadores coletivos de continuidade DEC e FEC, que terão maior enfoque nesse trabalho. Segundo o módulo 8 dos procedimentos de distribuição – PRODIST da ANEEL, DEC e FEC são definidos conforme segue (ANEEL, 2018):

- DEC: Duração equivalente de interrupção por unidade consumidora;
- FEC: Frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora.

Esses indicadores coletivos são apurados pelas concessionárias e enviados periodicamente à ANEEL para o acompanhamento do serviço prestado. Retratam o tempo e o número de vezes que uma unidade consumidora (UC) ficou sem energia elétrica, permitindo que seja feita uma avaliação sobre a continuidade da energia oferecida à sociedade (ANEEL, 2018).

O segmento que mais impacta negativamente os indicadores de qualidade de fornecimento de energia da CEMAR é o bloco de média tensão, que é distribuída pelas RD's da distribuidora.

Grande parte das causas de religamentos e saídas de alimentadores da RD da CEMAR ocorre devido a toque de vegetação na rede.

Esse trabalho se justifica pelo desejo de melhorar os indicadores de DEC e FEC da CEMAR no segmento de média tensão da companhia através da otimização do serviço de podas de árvores.

1.1 Objetivo

Este trabalho possui objetivo geral e objetivos específicos, os quais são descritos a seguir.

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral do trabalho consiste em melhorar os indicadores coletivos de continuidade de distribuição de energia do estado do Maranhão, gerando uma evolução na eficiência e eficácia do processo de podas, aumentando a produtividade das equipes da linha de frente, diminuindo assim a quantidade de saídas/desenergizações dos alimentadores da rede de distribuição por causa de toque de vegetação.

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- Analisar o histórico dos religamentos e das saídas de alimentadores, verificando a causa que mais impacta negativamente os indicadores coletivos de continuidade de distribuição de energia;
- Definir os tipos de podas possíveis a serem aplicadas na manutenção da RD, criando nomenclaturas quanto a cada tipo existente de poda;
- Melhorar a produtividade das equipes de poda através método PDCA e da aplicação do estudo de tempos e métodos;
- Melhorar a eficiência do serviço de podas da CEMAR, verificando o método correto de execução do serviço de poda, consultando a NBR 16246-1 e as práticas de algumas distribuidoras de energia, ministrando treinamentos e estabelecendo diretrizes junto aos podadores.

1.2 Metodologia

Primeiramente foi feito uma revisão bibliográfica quanto aos assuntos referentes a ferramentas da qualidade, estudo de tempos e métodos, podas e tipos de redes de distribuição.

Logo após, ferramentas da qualidade foram utilizadas na realização de uma investigação sobre a problemática de saídas de alimentadores e ramais da RD no estado do Maranhão.

Verificou-se a partir da estratificação de dados e gráficos de Pareto que a principal causa das ocorrências das desenergizações na RD no ano de 2016 e 2017 na CEMAR foi o problema de árvore tocando a rede. A seguir realizou-se um diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa-efeito, para investigar a causa raiz do problema.

Um time formado por profissionais de diferentes especialidades do ramo de distribuição de energia realizou uma análise das hipóteses levantadas no diagrama de Ishikawa, ponderando as causas que cada um julgasse mais relevante.

Ao fim, em consenso, chegou-se à conclusão de que três possíveis causas seriam as mais relevantes quanto ao problema de saída de alimentadores e ramais da RD por toque de vegetação na rede.

Então por último aplicou-se melhorias para cada uma das três causas mais relevantes. Para o problema relacionado à operacionalização e procedimentos do serviço de poda utilizou-

se o estudo de tempos e métodos. Para o problema de método errado de execução de podas foi consultada a norma de referências que explica a maneira correta de podar vegetações e verificado as práticas adotadas por outras distribuidoras de energia. Para o problema de podas malfeitas, aplicou-se treinamentos aos podadores e estabeleceu-se diretrizes quanto à maneira correta de execução da poda.

1.3 Estrutura do trabalho

No capítulo seguinte será apresentado o estado da arte quanto a podas e manutenção da RD, e então no capítulo 3 será exposta a revisão bibliográfica feita quanto a ferramentas da qualidade, podas e tipos de RD. No capítulo 4 serão mostrados o levantamento e a análise do histórico de religamentos e saídas de alimentadores da CEMAR. O capítulo 5 exibirá um estudo de sazonalidade sobre a desenergização da RD por toque de árvore, e sua correlação com chuvas e ventos. O capítulo 6 discorrerá sobre os métodos e técnicas de gestão aplicadas. No capítulo 7 serão exibidas as melhorias e os resultados obtidos. Por fim, no capítulo 8 serão apresentadas as conclusões e propostas de trabalhos futuros.

2 ESTADO DA ARTE

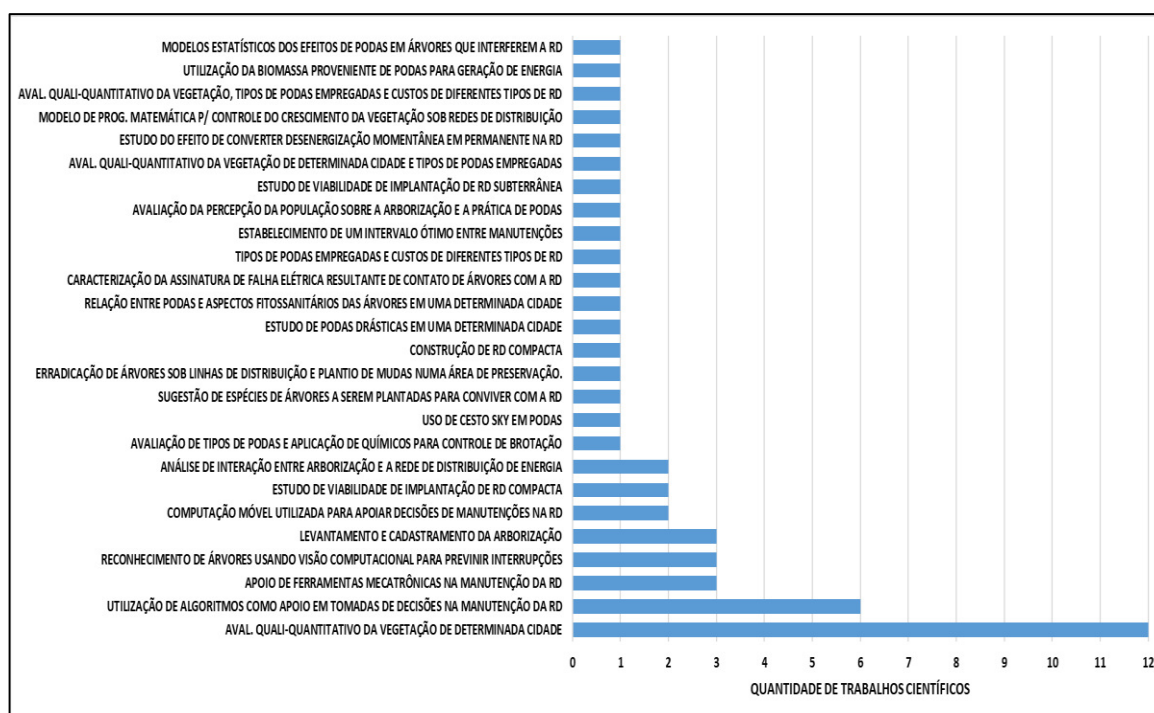
Na elaboração do estado da arte foi realizada uma revisão bibliográfica na qual foram consultados artigos científicos em periódicos, dissertações de mestrados e teses de doutorados tanto em âmbitos nacionais quanto em internacionais.

No total foram consultados 51 trabalhos científicos sobre podas e manutenção de RD, sendo eles:

- 30 artigos científicos de periódicos nacionais;
- 16 artigos científicos de periódicos internacionais;
- 4 dissertações de mestrados nacionais;
- 1 tese de doutorado nacional.

A seguir seguem os trabalhos consultados sobre podas e manutenção de RD segregados por tema:

Gráfico 1 - Trabalhos consultados sobre podas e manutenção de RD segregados por tema



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Percebe-se pelo gráfico acima que o tipo de trabalho com o tema avaliação quali-quantitativo sobre a vegetação em determinada região é o mais comum dentre os que foram

consultados. O segundo assunto mais encontrado foi utilização de algoritmos como apoio em tomadas de decisões para se dar manutenção na RD.

Os trabalhos consultados propõem vários tipos diferentes de soluções para o problema relacionado à interação entre a vegetação e a RD de energia.

O trabalho de Fortes *et al.* (2010) é extremista, sugerindo a erradicação total de árvores sob linhas de distribuição, seguida do plantio de novas mudas em reservas próprias ou em áreas de preservação.

Lemos *et al.* (2016) fizeram um experimento para verificarem os tipos de podas associados à aplicação de produtos químicos mais eficazes, que geravam menos brotações após a intervenção em determinadas espécies de árvores, visando a minimização de podas no paisagismo urbano.

Butler *et al.* (1999) realizaram um estudo que buscou a caracterização da assinatura de falha elétrica resultante do contato de árvores com a RD em oscilografias registradas por relés.

Kobayashi *et al.* (2009), Silva e Melo (2012) e Lima *et al.* (2015) propõem a utilização e o processamento de imagens de satélites para a identificação de árvores perigosas à RD. Os estudos desses autores sugerem o reconhecimento de árvores usando visão computacional com o intuito de prevenir interrupções no serviço de distribuição de energia.

Pretto *et al.* (2006), e Heffley e Halter (2007) em seus estudos discorrem sobre o uso de computação móvel como um aliado no planejamento e execução de podas e manutenções na RD.

Beckert *et al.* (2006), Fróes *et al.* (2008) e Fonseca *et al.* (2014) escreveram sobre o levantamento e cadastramento de arborização usando geoprocessamento, visando dar apoio em tomadas de decisões quanto ao planejamento de implantação de áreas verdes urbanas. Também procuraram dar embasamento a estratégias que poderiam ser tomadas quanto a execução de podas.

Já Apolinário e Mantovani (2011) sugerem um modelo de programação matemática para o controle do crescimento da vegetação sob redes de distribuição de energia elétrica considerando fatores como taxas de falhas devido ao toque de árvore na RD, comprimento dos alimentadores, recursos financeiros disponíveis para a execução de podas, entre outros.

De todos os trabalhos consultados, não há nenhum que se assemelhe a o que está sendo proposto neste, provando assim a sua originalidade. Esse trabalho usa ferramentas da qualidade, como o PDCA, e aplica o estudo de tempos e métodos, buscando a melhoria no serviço de podas de uma distribuidora de energia elétrica. Também é verificado a maneira correta de se executar

uma poda, consultando a NBR 16246-1 e práticas adotadas por outras concessionárias de energia.

É mostrado nesse trabalho que o uso de ferramentas da qualidade, a aplicação do estudo de tempos e métodos, e a execução do serviço de poda conforme estabelece a NBR 16246-1, são fortes aliados para se conseguir melhorias no processo de podas de uma concessionária de energia.

3 FERRAMENTAS DA QUALIDADE, PODAS E TIPOS DE RD

Existe um conjunto de técnicas de gestão, que utiliza ferramentas da qualidade como apoio, que podem ser utilizados para melhorar o processo de podas. Nesse trabalho foram utilizadas algumas ferramentas de qualidade para conseguir se chegar à causa raiz do problema.

As ferramentas da qualidade são utilizadas para dar apoio nas tomadas de decisão de gestores, visando a melhoria do processo e a garantia da geração de um produto ou serviço padrão.

Koga (2010) diz que as ferramentas da qualidade devem ser usadas para ajudar a interpretar os dados obtidos e a maximizar a obtenção dos resultados, buscando melhoria contínua e a identificação, resolução e prevenção de problemas.

O *Project Management Institute* (PMI) relata que existem sete ferramentas básicas de qualidade que são usadas no contexto do PDCA para resolver problemas de qualidade: Diagrama de Ishikawa, fluxogramas, folhas de verificação, diagramas de Pareto, histogramas, gráficos de controle e diagramas de dispersão (PMI, 2013).

Nesse capítulo serão conceituadas as seguintes ferramentas da qualidade:

- PDCA de melhoria contínua;
- Estratificação de dados;
- Histograma;
- Diagrama de Ishikawa;
- Diagrama de Pareto;
- Diagrama de *Gantt*.

Além disso, será mostrado o método correto de se executar uma poda. Para o processo de podas, é muito importante se ter o conhecimento da maneira correta de se executar o serviço, pois para que a poda seja eficiente e gere resultados eficazes, não deve haver rebrotações após o corte dos galhos, desse modo a vegetação fica afastada da RD.

Alguns tipos de RD são melhores quanto a mitigações de problemas devido a toque de vegetação na rede. Serão mostrados também os tipos de RD existentes e seus custos médios de implantação nos itens 3.9.1, 3.9.2, 3.9.3 e 3.9.4.

3.1 O ciclo PDCA de melhoria contínua

O ciclo PDCA de melhoria contínua começou a ser desenvolvido em 1920 por Walter Shewhart e passou a ser conhecido por todos graças a Edward Deming (ROCHA, 2017).

O ciclo PDCA se embasa no conceito japonês *Kaizen*, que consiste na filosofia da qualidade total, a qual possui a ideia da busca de melhoria contínua em tudo o que é realizado em uma companhia (PEINADO e GRAEML, 2007). Significa uma melhoria constante, o desenvolvimento de uma cultura de aperfeiçoamento contínuo.

O PMI (2013), relata que o ciclo PDCA é a base para a melhoria da qualidade, e que iniciativas como o Gerenciamento da qualidade total, Seis sigma e Lean seis sigma aprimoram a qualidade do gerenciamento de projetos.

Juran e Godfrey (1998) dizem que o ciclo PDCA é dividido em quatro etapas, sendo elas:

- *Plan* (Planejar): Etapa de escolher os métodos de controle e de estabelecer metas;
- *Do* (Fazer): Executar o processo;
- *Check* (Checar): Etapa de checar, pelo ato de detectar possíveis problemas ou oportunidades de melhorias e julgá-los;
- *Act* (Agir): Atuar corretivamente, tomando ações.

Maximiano (2006), diz que o PDCA é um dos métodos mais utilizados do TQC (*Total Quality Control*), pois o mesmo é utilizado para auxiliar a gestão das organizações com foco em identificar e solucionar problemas existentes, sendo assim um norte a ser seguido para o atingimento das metas estabelecidas.

Por sua simplicidade, o PDCA é um modelo de referência para os planos de melhoramento contínuo adotados por várias companhias, que utiliza uma linguagem comum a todos na melhoria contínua da qualidade (PEINADO e GRAEML, 2007).

Pessoa (2007), afirma que o ciclo PDCA é um sequencial de atividades que é percorrido de maneira cíclica para melhorar os resultados e/ou colaborar para o atingimento de metas estabelecidas.

A sigla PDCA refere-se às iniciais das palavras inglesas *plan*, *do*, *check* e *act*, as quais significam planejar, fazer, verificar e agir (de modo corretivo). A Figura 1 ilustra o ciclo PDCA:

Figura 1 - Etapas do PDCA

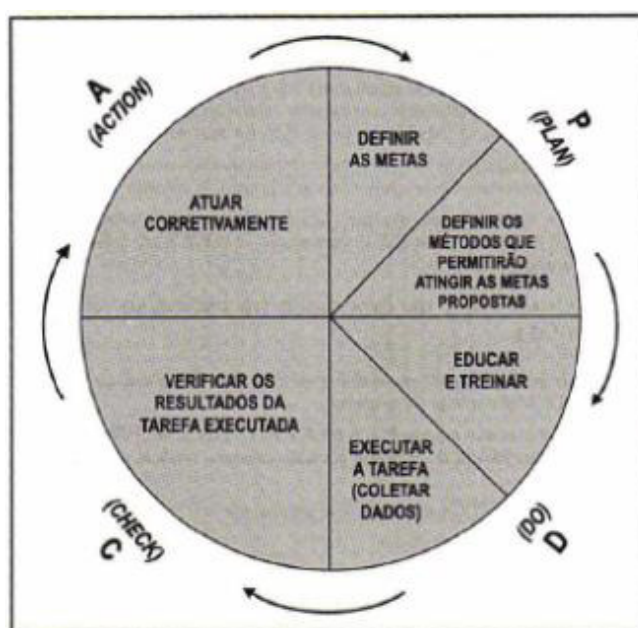
P	1	Identificação do problema
	2	Observação
	3	Análise para descobrir causas
	4	Plano de ação
D	5	Ação
C	6	Verificação
	?	Bloqueio foi efetivo? Não: retorna ao passo 2 Sim: segue para passo 7
A	7	Padronização
	8	Conclusão

Fonte: Peinado e Graeml (2007)

Bonato (2008) diz que este ciclo possui quatro fases sendo elas: Planejar, executar, verificar e atuar corretivamente.

Rocha (2017) afirma que o ciclo PDCA é dinâmico e pode ser desdobrado nas etapas dos processos de uma empresa, sendo uma metodologia associada ao planejamento, à implantação, ao controle e à melhoria ininterrupta na produção de produtos ou na prestação de serviços.

Figura 2 - O ciclo PDCA



Fonte: Robes Junior e Boneli (2006)

3.2 Estratificação de dados

A estratificação consiste na separação dos dados levantados em diferentes grupos e permite que os mesmos sejam analisados separadamente, ajudando a localizar onde realmente está a verdadeira causa de um problema (PEINADO e GRAEML, 2007).

Para descobrir as características de um problema por meio de coleta de dados, deve-se iniciar uma observação do problema por vários pontos de vista (estratificação), os quais podem ser listados da maneira a seguir (MELO e CARAMORI, 2001):

- Tempo: É verificado se os resultados variam de acordo com um certo período temporal (de manhã, à tarde, à noite, de segundas-feiras, feriados, etc.);
- Local: Os resultados podem variar em diferentes partes de uma peça (casos de problemas focados em produtos), se apresentam defeitos na base ou no topo. Os resultados diferem de acordo com o local onde o serviço é feito (no caso de serviços);
- Tipo: Os resultados são diferentes dependendo do produto, o insumo ou o material utilizado;
- Sintoma: Verifica-se por exemplo se a interrupção de um serviço ocorre devido à fatores climáticos ou por falha mecânica de um equipamento.

3.3 Histograma

Os histogramas são utilizados para mostrar a frequência com que algo acontece.

O PMI (2013) conceitua histogramas dizendo que os mesmos são gráficos de barras que descrevem a tendência central, o grau de dispersão e o formato de uma distribuição estatística, e que estes não consideram a influência do tempo na variação existente.

Marshall Junior *et al.* (2006, p.106) discorre sobre histograma da seguinte maneira:

O histograma pode ser representado por um gráfico de barras que associa os valores de uma característica da qualidade, divididos em pequenos intervalos, com a frequência com que ocorreram na amostra. Este gráfico representa a distribuição de frequência dos dados. O objetivo é resumir um grande conjunto de dados, ressaltando suas características globais, tais como faixa de valores observados, dispersão ou forma de variação.

Por exemplo, se fosse preciso mostrar de forma gráfica a distribuição da altura dos alunos de uma determinada faculdade, uma boa maneira seria fazer por meio de um histograma (PEINADO e GRAEML, 2007). Para a realização de um histograma, se utilizam tabelas como apoio, conforme a que segue abaixo:

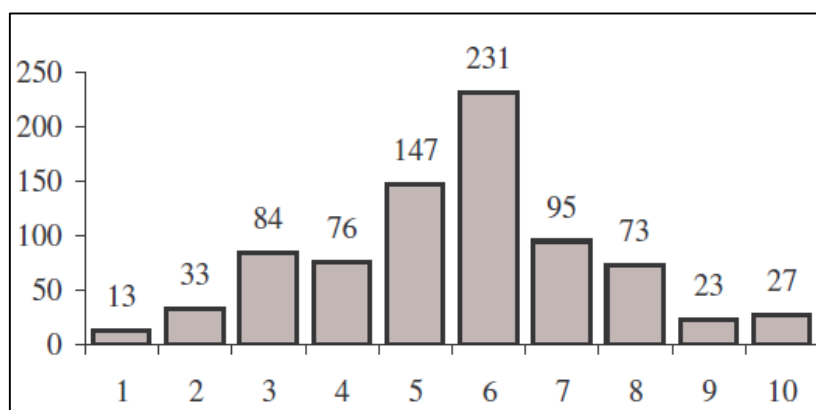
Tabela 1 - Histograma da altura de alunos

Nº	Altura (m) ²⁷	Quantidade de Alunos
1	1,45 — 1,50	13
2	1,50 — 1,55	33
3	1,55 — 1,60	84
4	1,60 — 1,65	76
5	1,65 — 1,70	147
6	1,70 — 1,75	231
7	1,75 — 1,80	95
8	1,80 — 1,85	73
9	1,85 — 1,90	23
10	1,90 — 1,95	27

Fonte: Peinado e Graeml (2007)

Lopes (1999) diz que histograma é um gráfico de colunas que é utilizado na estatística, e é composto por retângulos adjacentes. O gráfico tipo histograma representa uma tabela de frequências onde os valores são agrupados por classe, sendo que na escala horizontal, marcam-se os intervalos de classe e na escala vertical são registradas as alturas dos retângulos, os quais representam as respectivas frequências das classes.

Gráfico 2 - Gráfico tipo histograma



Fonte: Peinado e Graeml (2007)

3.4 Diagrama de Ishikawa

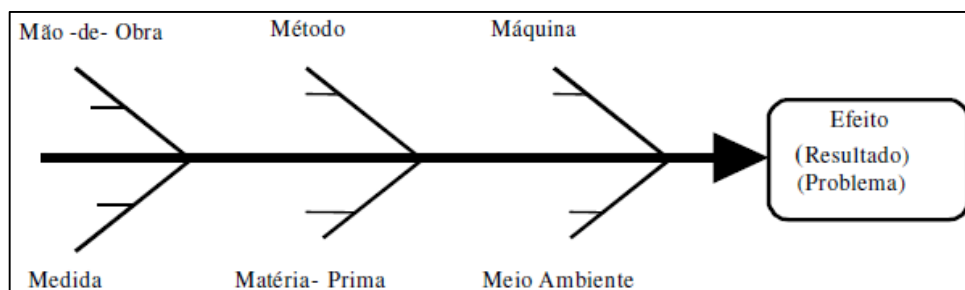
Kaoru Ishikawa criou e desenvolveu essa ferramenta, que também é conhecida como diagrama de espinha de peixe, ou diagrama 6 M. É uma técnica simples e eficaz na

determinação das possíveis causas de um problema. As causas são agrupadas em famílias para facilitar a análise, sendo relacionadas com o efeito causado (MARIANI, 2005).

O PMI (2013) relata que no diagrama de Ishikawa, o problema é colocado e descrito na cabeça da espinha de peixe, e que o mesmo é usado como um ponto de partida para buscar a origem do problema até a sua causa-raiz acionável.

Bonduelle (2007) diz o diagrama de Ishikawa é uma técnica que é usada para apoiar a identificação de possíveis causas de um problema, e que também pode ser utilizada para melhorar alguma atividade.

Figura 3 - Representação gráfica do diagrama de Ishikawa



Fonte: Campos (1992)

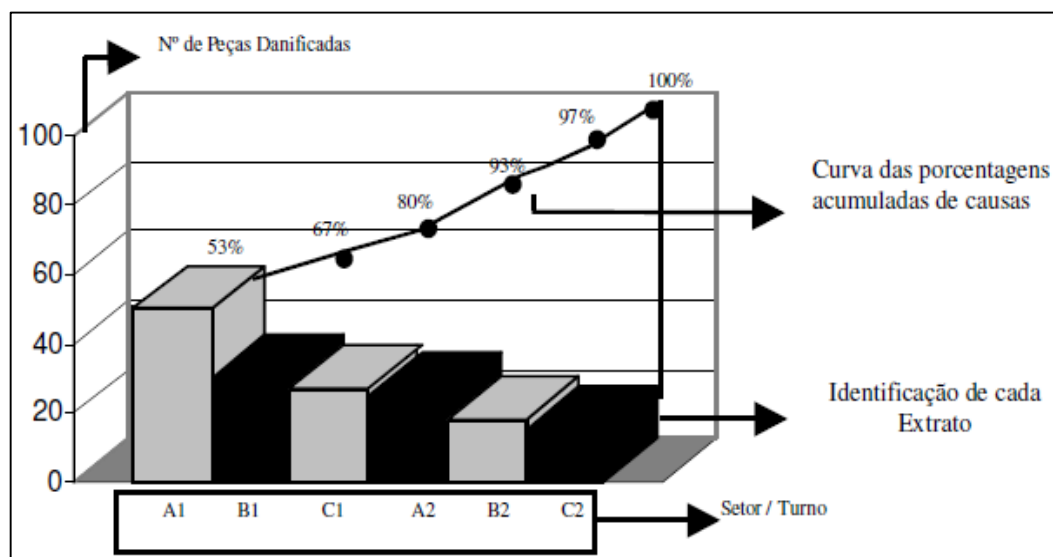
3.5 Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto é uma técnica utilizada para registrar e analisar informações, que ajuda na priorização da tomada de decisão. A utilização desse diagrama sugere em quais erros ou atividades os recursos de solução devem ser concentrados com maior prioridade para solucionar o problema (BONDUELLE, 2007).

O PMI (2013) fala que o diagrama de Pareto utiliza gráficos de barras verticais para identificar fontes críticas de um problema, e que as categorias exibidas no eixo horizontal funcionam como uma distribuição de probabilidades válidas que representam todas as observações possíveis. O PMI (2013) ainda informa que o diagrama de Pareto é geralmente organizado em categorias para medir frequências ou consequências.

Silva (1995) diz que a partir da estratificação de dados, o diagrama de Pareto pode ser feito e utilizado para apontar as causas mais significativas de um determinado problema.

Figura 4 - Diagrama de Pareto



Fonte: Silva (1995)

3.6 Diagrama de Gantt

Desenvolvido em meados de 1917 pelo engenheiro norte-americano Henry Laurence Gantt, o diagrama de Gantt é uma das técnicas mais antigas e mais utilizadas na criação de cronogramas de projetos (CARVALHO e RABECHINI JR, 2011).

O gráfico ou diagrama de Gantt é utilizado na organização e gestão de atividades diversas no tempo.

O PMI (2013, p. 584) descreve gráfico de Gantt como “Um gráfico de barras com informações do cronograma em que as atividades são listadas no eixo vertical, as datas são mostradas no eixo horizontal, e as durações das atividades aparecem como barras horizontais posicionadas de acordo com as datas de início e término”.

Heizer e Render (2011) dizem que o diagrama de Gantt é uma ferramenta simples, visual e amplamente utilizada, pois com baixo custo e de fácil entendimento, ela ajuda os gestores a garantir que as atividades sejam planejadas, que o desempenho das tarefas seja documentado, que as estimativas de tempo de cada atividade sejam registradas e que a duração total do projeto/conjunto das atividades seja prevista.

Neste diagrama, barras horizontais que representam o tempo de cada atividade são dispostas, possibilitando o entendimento de maneira fácil e visual de quando uma operação começa e termina. Ao se visualizar um diagrama de Gantt, é possível verificar o tempo total que é necessário para a conclusão de um projeto ou de um conjunto de atividades.

Batista *et. al.* (2006) dizem que no diagrama de *Gantt*, os recursos são representados nas colunas do gráfico, enquanto que as tarefas são alocadas nas linhas, e ainda falam que os valores representam o momento no tempo em que a tarefa da barra horizontal deve ter sua execução iniciada através da coluna.

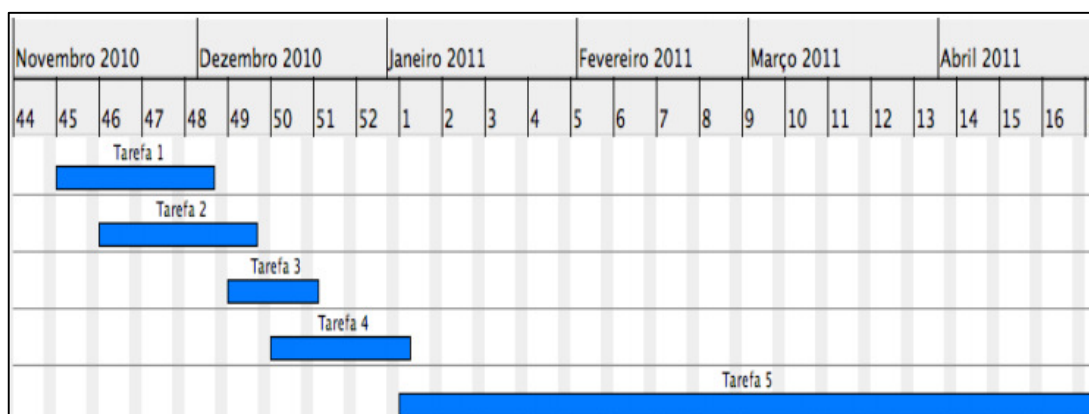
Sommerville (1992) diz que o gráfico de *Gantt* possui barras que ilustram o tempo demandado por uma tarefa, indicando o início e o fim dela. O mesmo autor relata que esse diagrama permite o agrupamento de tarefas, e que deste modo possibilita a visualização do início e fim, permitindo a quebra da atividade em várias subatividades.

Em projetos pequenos, o gráfico de *Gantt* permite que os gestores observem o progresso de cada atividade e identifiquem e resolvam as áreas problemáticas, porém esse mesmo diagrama não consegue ilustrar adequadamente a inter-relação entre as atividades e os recursos (HEIZER e RENDER, 2011).

Slack *et. al.* (2002) dizem que o gráfico de *Gantt* é uma ferramenta muito simples, que representa o tempo através de barras em um gráfico, e discorrem também explicando que o mesmo proporciona uma representação visual que mostra o projetado *versus* o realizado. Slack *et. al.* (2002) ainda falam que o gráfico de *Gantt* pode ser usado para testar programações diferentes em um projeto

O gráfico adaptado de Afonso (2011) a seguir demonstra um exemplo de um gráfico de *Gantt*:

Gráfico 3 - Exemplo de um gráfico de *Gantt*



Fonte: Adaptado de Afonso (2011)

3.7 Estudo de tempo, movimentos e métodos

A ideia de se cronometrar os processos produtivos de algum produto ou a execução de algum serviço pode ser velha, porém, muitas empresas ainda adotam essa prática. Com o passar dos anos e com a evolução dos estudos nessa área, metodologias foram criadas com o apoio da estatística e de análises de dados.

O estudo de tempos, movimentos e métodos foi introduzida por Frederick Taylor e começou em 1881, na usina da *Midvale Steel Company*. Ainda hoje é muito usado no planejamento e padronização do trabalho (PEINADO e GRAEML, 2007).

O estudo de tempos movimentos e métodos é uma ferramenta que tem como objetivo o aumento de produtividade, seja de uma empresa de serviços ou de uma indústria produtora de bens de consumo.

Peinado e Graeml (2007, p. 88) definem estudo de tempo, movimentos e métodos da seguinte maneira:

O estudo de tempos, movimentos e métodos aborda técnicas que submetem a uma detalhada análise cada operação de uma dada tarefa, com o objetivo de eliminar qualquer elemento desnecessário à operação e determinar o melhor e mais eficiente método para executá-la.

Ribeiro (2006) diz o estudo de tempos movimentos e métodos utiliza fluxogramas, cronômetro, filmagens, observação direta e gráficos como apoio na busca de otimizar a relação tempo-esforço, procurando identificar os melhores movimentos e tempos na realização de um determinado trabalho.

3.8 Podas

No início da existência da humanidade a relação homem-natureza era harmoniosa, nesse período a intervenção no meio ambiente ocorria em amplitudes consideráveis triviais. Com o advento de tecnologias, da urbanização e da industrialização essa relação se tornou exponencialmente danosa à natureza, e cada vez mais o homem passou a poluir e degradar o meio ambiente. O impacto do homem na natureza foi tanto que as consequências de seus atos passaram a atingir magnitudes globais, aumentando a temperatura média do planeta e contribuindo para a extinção de várias espécies de seres vivos.

Com esse pensamento, nota-se o quão impactante são as atitudes dos seres humanos no meio. Deste modo, cada vez mais são adotadas e bem vistas as atitudes sustentáveis e ecologicamente corretas. As novas gerações estão sendo cada vez mais conscientizadas e influenciadas a encontrarem soluções ambientalmente corretas, visando a preservação e melhoria do meio ambiente.

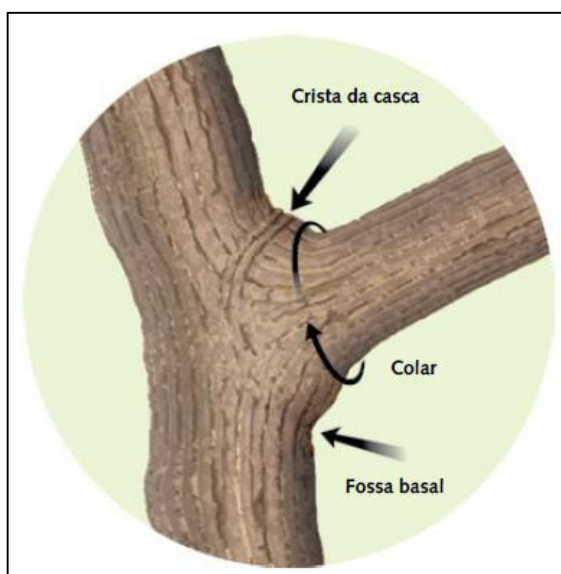
Nesse contexto, as podas de árvores que são necessárias para manter o serviço de distribuição de energia devem ser bem estudadas e analisadas visando a melhor relação homem-natureza possível.

A definição de poda em árvores urbanas é dada pela eliminação de ramos e galhos de uma planta, visando deixá-la compatível com o espaço em seu entorno, buscando manter o máximo possível de seu formato original (MANUAL, 2015).

A realização de podas em árvores urbanas é uma prática comum e tem como objetivo a promoção de árvores seguras, com bom aspecto visual e que estejam adequadas ao local onde as mesmas estiverem localizadas (FUNPAR, 2017). Funpar (2017) ainda diz que as podas são utilizadas para solucionar conflitos, como por exemplo, o toque de vegetação na rede elétrica, a barreira física que as árvores geram frente à iluminação pública ou à sinalização de trânsito, e casos em que galhos invadem as fachadas e sacadas de edificações.

A figura seguinte mostra a base de um galho de uma árvore e seus respectivos elementos:

Figura 5 - Base do galho de uma árvore e seus elementos



Fonte: Cemig (2011)

Cemig (2011, p. 59) diz que a crista da casca é “representada pelo acúmulo de casca na parte superior do galho, na inserção com o tronco”, que colar é a “porção inferior do galho, também localizado na inserção com o tronco” e que fossa basal é “uma depressão que surge no tronco abaixo da base dos galhos que já não contribuem mais para o crescimento da árvore”.

Grande parte das espécies de árvores reagem à perda de galhos. Cemig (2011) diz que essas reações são fisiológicas e ocorrem nas células do tronco e da base do galho, criando barreiras para impedir o avanço de fungos e bactérias, e explica que este processo de proteção é chamado de compartimentalização da lesão. A figura a seguir mostra um modelo básico de reação da árvore ao perder um galho:

Figura 6 - Modelo básico de reação da árvore ao perder um galho



Fonte: Cemig (2011)

A NBR 16246-1, cujo título é “Florestas urbanas – Manejo de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas. Parte 1: Poda” discorre sobre podas em árvores. Dentre os tipos de poda que a NBR 16246-1 cita, as que são aplicáveis aos serviços de manutenção em redes de distribuição são:

- Podas de Limpeza: São podas seletivas que removem galhos mortos, doentes ou quebrados (ABNT, 2013);
- Desrama ou raleamento: São podas seletivas que visam a redução da densidade de galhos vivos (ABNT, 2013);
- Elevação de Copa: Visam fornecer espaços verticais (ABNT, 2013);

- Redução: Poda que tem por objetivo a redução da altura e/ou a largura da copa da árvore (ABNT, 2013);
- Poda Emergencial: É realizada quando precisa-se resolver problemas emergenciais causados por galhos de árvores, que geram riscos à sociedade ou a serviços de utilidade pública, como a distribuição de energia (ABNT, 2013);
- Poda de Palmeiras: Deve-se efetuar esse tipo de poda quando partes desse tipo de vegetal estiver criando condições de risco (ABNT, 2013).

Normalmente os serviços de podas de árvores nas distribuidoras de energia são terceirizados, e nem sempre a empresa terceira possui conhecimento e *know-how* para efetuar a poda da maneira correta. Uma poda malfeita pode fazer com que novos galhos cresçam desordenadamente, e então gerar problemas futuros.

Na figura a seguir pode-se observar o impacto causado na árvore urbana e na RD da CEMAR decorrentes de uma sequência de podas malfeitas, que geraram o crescimento de vários novos galhos. Houve tanto crescimento e nascimento de novos galhos que o galho principal não suportou o peso e foi levado à queda sobre a rede de energia.

Figura 7 - Resultado de podas malfeitas



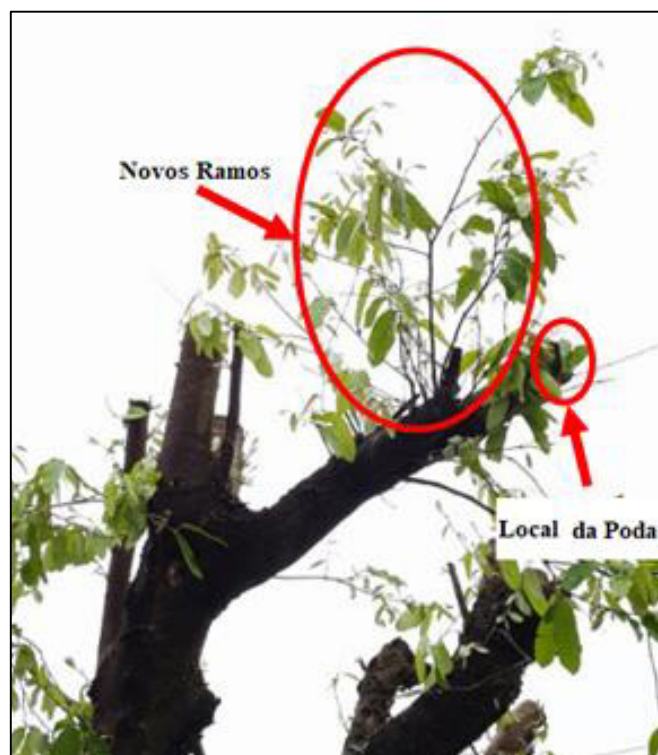
Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Balensieder e Wiecheteck (1987) dizem que podas drásticas não são economicamente viáveis, pois após sua execução ocorrem brotações epicórmicas nas proximidades do corte e os novos ramos tendem a uma posição ascendente.

A poda gera uma instabilidade na árvore, que por sua vez, ao tentar recuperar a sua folhagem, ativa suas gemas epicórmicas gerando novos brotos. As gemas epicórmicas podem ficar desativadas desde a formação de seus galhos, como também podem ser o resultado de uma morfogênese, que modifica suas células e faz nascer novos brotos (RAST *et. al*, 1988).

A figura a seguir mostra brotações epicórmicas próximas ao corte, com os novos ramos crescendo em posição ascendente:

Figura 8 - Poda mal feita provocando a brotação de ramos epicórmicos ascendentes



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Seitz (1996) diz que ramos epicórmicos geram transtornos, demandando a remoção dos mesmos no ano seguinte e também afirma que esses podem ser evitados com podas menos severas quando a árvore ainda é nova e possui capacidade satisfatória de desenvolvimento de gemas na parte externa da copa.

Elektro (2018) diz que uma poda mal feita pode gerar:

- Desequilíbrio na árvore;

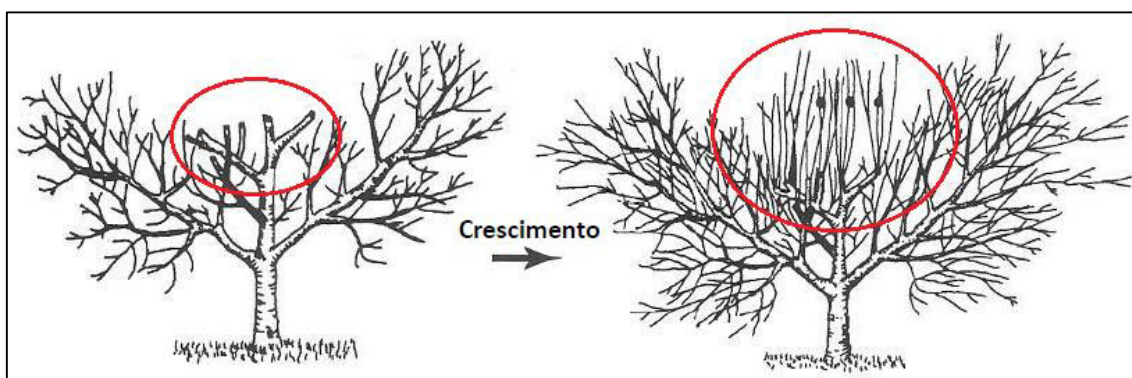
- Comprometimento da cicatrização dos cortes;
- Formação desordenada de galhos epicórmicos que podem crescer em direção aos condutores.

Figura 9 - Crescimento de galhos epicórmicos em direção aos condutores provenientes de uma poda mal feita



Fonte: Elektro (2018)

Figura 10 - Crescimento desordenado de galhos epicórmicos provenientes de podas mal feitas



Fonte: Adaptado de Castro (2014)

Apolinário e Mantovani (2011) dizem que as redes aéreas estão susceptíveis ao toque da vegetação, que provoca a interrupção no serviço de fornecimento de energia, causando

transtornos para os consumidores e rebaixando os indicadores de confiabilidade das distribuidoras.

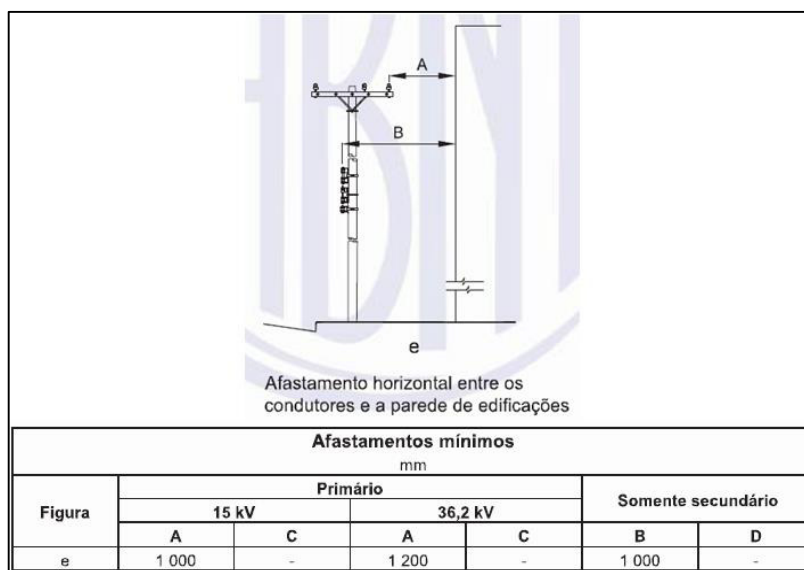
Wischkaemper *et al.* (2008) falam que os galhos de árvores podem cair sobre os condutores, empurrando-os e os aproximando, facilitando assim o contato entre as fases ou estabelecendo a formação do arco elétrico. Esses autores também citam que as árvores, em condições ambientais propícias, podem servir como meio de acesso à rede de distribuição para os animais, causando faltas nos sistemas elétricos e prejudicando a fauna local.

Albertin e Angelis *et al.* (2011) fizeram um estudo na cidade de Nova Esperança-PR e constataram que a maior responsável pela má execução dos serviços de podas era a distribuidora de energia elétrica da cidade, que realizava podas fora de um padrão técnico correto.

As podas devem ser realizadas corretamente e de forma sistemática, respeitando o ciclo de crescimento das espécies. As árvores devem ser podadas de modo a manter uma distância mínima entre a extremidade da vegetação e o condutor elétrico, o chamado “limite de segurança” (JÚNIOR, 1996).

A Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT), através da NBR 15688, que estabelece normas a respeito de redes de distribuição aérea de energia elétrica com condutores nus, não explicita a distância mínima de segurança entre condutores da MT e árvores. A distância informada na NBR 15688 que mais se aproxima a esse tipo de aplicação é o afastamento horizontal entre condutores e paredes de edificações conforme se verifica na figura a seguir:

Figura 11 - Afastamento mínimo entre condutores da MT e paredes de edificações



Fonte: Adaptado de ABNT (2012)

3.8.1 Técnicas de execução de podas

Visando evitar problemas tanto para a rede de energia quanto para a vegetação, o uso de técnicas de podas deve ser empregado.

A ABNT em sua norma NBR 16246-1, estabelece diretrizes quanto à execução de podas de árvores relacionadas ao sistema elétrico (ABNT, 2013, p.10):

Convém que seja realizado o mínimo de cortes para se alcançarem os objetivos da poda em redes elétricas e que seja levada em consideração a estrutura natural da árvore. (...)

Recomenda-se a adaptação da rede, a poda ou a remoção de árvores, nos casos em que as árvores ou galhos estiverem crescendo abaixo ou para dentro da área de passagem da rede elétrica. É recomendado que essa poda seja feita pela remoção de galhos inteiros ou pela remoção de galhos que tenham ramos laterais crescendo em direção ao espaço de segurança. No caso de árvores de grande porte, com reconhecidos valores históricos e/ou culturais, que não apresentem risco iminente de queda, deve ser considerada preferencialmente a opção de adaptação da rede. (...)

Convém que as árvores que estejam crescendo próximo ou para dentro do espaço de segurança da rede sejam podadas, cortando os galhos junto a um galho lateral (...), a fim de se direcionar o crescimento para fora do espaço de segurança, ou cortando o galho inteiro. Recomenda-se a remoção de galhos que, após cortados, produzirão brotações ou crescerão para dentro do espaço de segurança da rede. (...)

Convém que o corte de galhos seja realizado junto a outro galho lateral ou de origem, e não a uma distância de segurança predeterminada. Caso uma distância de segurança seja estabelecida, convém que os cortes de poda sejam realizados junto a outros galhos laterais ou de origem além dessa distância de segurança. (...)

Durante situações de emergência no sistema elétrico, o serviço deve ser restabelecido com a maior rapidez possível, evitando-se danos irreversíveis às árvores. (...) Após a emergência, podas corretivas devem ser realizadas, caso necessário.

A NBR 16246-1 também estabelece métodos corretos de execução de podas em árvores (ABNT, 2013, p.10 e 11):

Um corte de poda que remova o galho em seu ponto de origem deve ser feito junto ao tronco ou ao galho de origem, sem danificar a crista da casca ou o colar, e sem deixar o toco do galho (...).

Convém que um corte de poda para redução da extensão do comprimento do galho ou caule de origem seja a bissetriz entre a crista da casca e uma linha imaginária perpendicular ao galho ou caule a ser suprimido (...).

O corte final deve resultar em uma superfície plana, com a casca adjacente firmemente ligada.

Ao se remover um galho morto, o corte final deve ser feito no limite da crista e do colar, respeitando-os, junto e para fora do colar de tecido vivo.

Galhos de árvore devem ser removidos de tal forma a que não causem danos a outras partes da árvore, a outras plantas ou a propriedades. Galhos muito grandes, para serem seguros com uma das mãos, devem ser cortados em fases

(técnica dos três cortes), a fim de se evitarem lascas ou a queima da casca na madeira ou rompimento da casca (...). Onde é necessário, cordas ou outros equipamentos devem ser usados para a descida de galhos grandes ou suas partes até o chão.

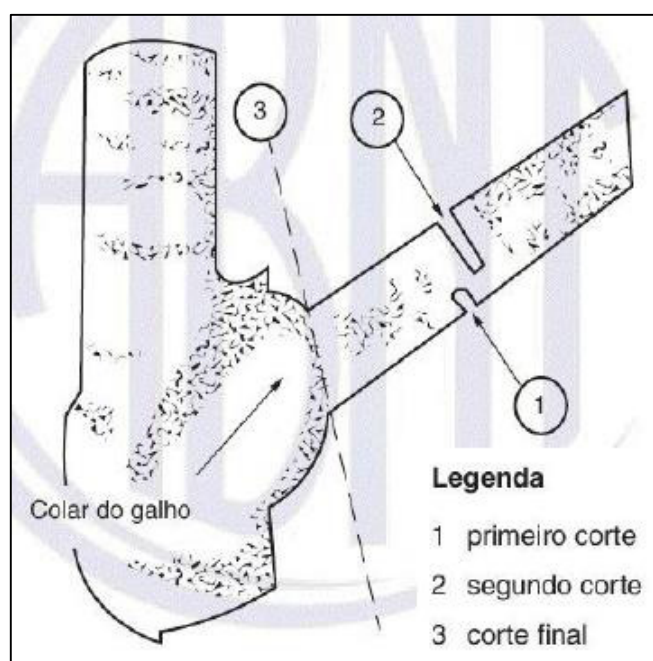
O corte final para remoção de galho com pequeno ângulo de incisão deve ser feito a partir da parte externa do galho, a fim de se evitarem danos ao galho de origem (...).

Galhos danificados devem ser removidos da copa após o término do serviço, quando a árvore for deixada sem assistência ou ao final do dia de trabalho.

O corte de destopo é técnica aceitável, em determinados casos, quando necessário para se alcançar um objetivo específico.

A figura a seguir mostra a técnica de três cortes para poda de galho em seu ponto de origem:

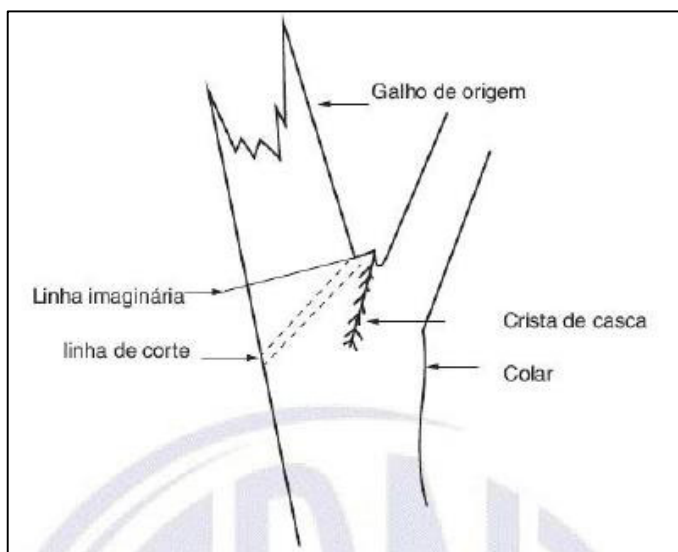
Figura 12 - Técnica de três cortes para poda de galho em seu ponto de origem



Fonte: ABNT (2013)

A figura seguinte mostra a técnica de corte para redução do comprimento do galho de origem:

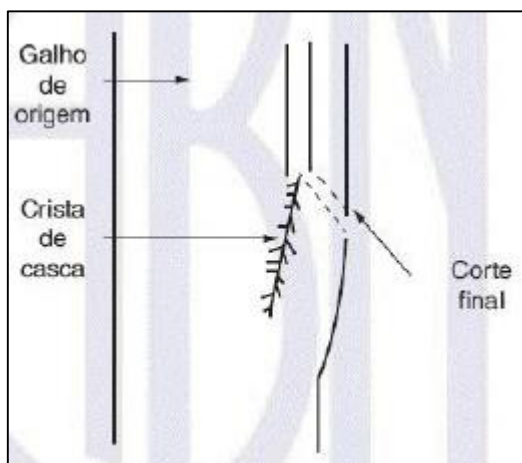
Figura 13 - Corte para redução do comprimento do galho de origem



Fonte: ABNT (2013)

A figura abaixo mostra a técnica de corte final para remoção de galho com pequeno ângulo de inserção:

Figura 14 - Corte final para remoção de galho com pequeno ângulo de inserção



Fonte: ABNT (2013)

Elektro (2018) diz que os quatro itens a seguir devem ser considerados antes da realização de uma poda:

- De antemão, deve-se identificar se existem galhos tocando os condutores da RD. Deve-se tomar cuidado com a segurança das pessoas e do fornecimento de energia, evitando possíveis acidentes;

- Na poda, não se deve deixar tocos, ou seja, os galhos devem ser cortados em seu início. Em galhos grandes, o corte deve ser realizado aos poucos, em pedaços menores;
- Os cortes das podas devem ser brevemente inclinados;
- Não se deve, em hipótese alguma, quebrar os galhos com as mãos.

Figura 15 - Ângulo e posição correta do corte em podas



Fonte: Elektro (2018)

Cemig (2011) diz que a poda deve ser realizada de acordo com o estado anatômico e fisiológico do galho, e que galhos com diâmetros menores devem ser cortados no limite entre o colar e o galho, sem lesionar a crista e o colar. Ainda Cemig (2011) em concordância com a NBR 16246-1 da ABNT, informa que galhos pesados, com diâmetros maiores que 5 cm, devem ser cortados em três etapas:

Figura 16 - Corte de três etapas de galhos com diâmetros maiores que 5cm



Fonte: Adaptado de Cemig (2011)

Lemos *et al.* (2016) realizaram um estudo sobre brotações em árvores decorrentes de diferentes tipos de podas e em seus experimentos chegaram à conclusão de que o tipo de poda mais eficiente, ou seja, o que mais suprimia o nascimento de novos brotos, foi a poda rente ao colar da árvore.

Cemig (2011) mostra os defeitos mais comuns em execução de podas:

Figura 17 - Defeitos mais comuns em execução de podas



Fonte: Cemig (2011)

3.9 Tipos de rede de distribuição

A frequência alta ou baixa de religamentos no sistema elétrico devido ao toque de vegetação na rede é altamente influenciada pelo tipo da RD construída. Existem três tipos de RD's, que serão descritas a seguir:

- Aérea convencional;

- Aérea compacta;
- Subterrânea.

3.9.1 RD aérea convencional

A rede aérea convencional é o tipo de rede elétrica mais comum do Brasil, na qual os condutores são nus, ou seja, sem isolamento, e por isso, são mais susceptíveis à ocorrência de defeitos (ABRADEE, 2016). É uma instalação elétrica em que os condutores, normalmente nus, ficam elevados em relação ao solo e afastados de outras superfícies, que não os respectivos suportes (ELEKTRO, 2014).

Pelo fato dos condutores ficarem expostos, as intervenções para consertos ocorrem com maior frequência. Os danos podem ser causados por chuvas, descargas atmosféricas, contaminação ambiental como salinidade e poluição, pássaros e ventos (PIRELLI, 2000).

Figura 18 - RD aérea convencional



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

O sistema de rede aérea convencional foi desenvolvido há aproximadamente 60 anos e proporciona baixo nível de confiabilidade no sistema elétrico, podendo causar contato acidental com pessoas (CASTRO, 2000).

A rede aérea convencional quando em contato com a vegetação, sofre um curto-circuito e consequentemente interrompe o fornecimento de energia, demandando podas nas árvores

localizadas em seu entorno. Caso essa rede aérea convencional esteja molhada, a chance de haver um curto-circuito quando ocorrer algum contato com um galho de árvore aumenta significativamente (COPEL, 2013).

Devido à baixa confiabilidade que esse tipo de RD proporciona, maiores quantidades de manutenções são demandadas, gerando assim maiores custos de operação.

Nesse tipo de rede os condutores não apresentam uma capa protetora, o que demanda maior espaçamento físico entre eles e, conseqüentemente, a área de poda da copa tem que ser maior, o que normalmente gera a necessidade de realização de podas drásticas (ANGELES e MAREK *et. al.*, 2011).

3.9.2 RD aérea compacta

Surgidas no Brasil na década de 1990, as redes compactas são mais protegidas que as redes aéreas convencionais, não apenas pelo fato dos condutores possuírem uma camada de isolamento, mas também por ocuparem menos espaço, tornando-as menos vulneráveis às perturbações externas (ABRADEE, 2016). Esse tipo de rede é composto por três condutores cobertos com uma camada de material polimérico apoiados em separadores ou em espaçadores, também em material polimérico, sustentados por um cabo mensageiro de aço. Os materiais poliméricos utilizados na cobertura dos condutores são o polietileno reticulado (XLPE) e o polietileno de alta densidade (HDPE) (MUNARO *et al.*, 2003).

A construção e os estudos das primeiras redes aéreas compactas no Brasil foram realizados em Minas Gerais, pela concessionária CEMIG, em 1991. A partir de 1992, a concessionária de energia paranaense COPEL, começou a fazer estudos na área, vindo a instalar suas primeiras redes de distribuição compactas em 1995 (SARDETO, 1999). Em 1996, a concessionária de energia goiana CELG passou a utilizar suas primeiras redes de distribuição compactas, e devido ao seu bom desempenho, a empresa passou a utilizá-las em seu sistema elétrico (GOMES, 2010).

As redes de distribuição compactas fornecem maior confiabilidade e, portanto, mais qualidade no fornecimento de energia, são mais seguras para o público e podem reduzir em até três vezes a duração das interrupções em relação às convencionais (VELASCO, 2003).

A implantação desse tipo de rede de distribuição de energia fornece vários benefícios ao sistema elétrico (ROCHA *et al.*, 2002):

- Diminuição de manutenção corretiva;

- Redução de taxa de falha com consequente redução de demanda por equipes de manutenção;
- Minimização na frequência e duração de interrupções.

As redes compactas apresentam benefícios em prol da arborização (promovendo podas não-drásticas, manutenção da arquitetura arbórea, menor estresse, maior vitalidade e longevidade da árvore) e do consumidor de energia elétrica (diminuindo o tempo de interrupção do fornecimento), além de proporcionar uma melhor convivência entre o homem e o meio ambiente (ANGELES e MAREK *et al.*, 2011).

A COPEL em sua norma técnica NTC 841100 de Maio de 2013 faz um *link* entre os benefícios da RD compacta e a arborização (COPEL, 2013, p. 7):

A Rede Compacta Protegida se apresenta como uma boa solução para o convívio harmonioso entre os cabos de energia elétrica e a arborização de vias públicas, sendo uma solução técnica e economicamente viável para atender as diretrizes ecológicas vigentes. O fato dos condutores serem cobertos por uma camada de material isolante permite que eles possam ficar mais próximos uns dos outros e também próximos aos galhos de árvores, sem o risco de provocar curto-circuito em caso de toque dos galhos em contato, não permanente, ou entre condutores. Isso resulta na compactação da rede elétrica, que passa a ocupar um espaço bastante reduzido e consequentemente uma menor agressão às árvores durante a poda.

Angeles e Marek *et al.* (2011) reforçam dizendo que com a implantação da rede compacta, é possível perceber a diminuição dos impactos da arborização sobre a rede de distribuição de energia elétrica.

Vale deixar claro que a camada protetora de material isolante da RD compacta não é suficiente para torná-la totalmente isolada. Poderão acontecer curtos-circuitos caso ocorra contato entre galhos de árvores molhados e esse tipo de RD.

Recco (2005) em seu trabalho verificou que a distribuidora de energia da cidade de Maringá-PR tomou uma ação de aumentar significativamente a quantidade de redes de energia compactas, visando reduzir os problemas de desligamentos da rede por toques da vegetação.

Beckert *et al.* (2006) dizem que devido à pressão comunitária contra podas drásticas, a COPEL em parceria com a prefeitura da cidade de Maringá-PR, decidiu substituir todo o parque de rede aérea de média tensão por rede compacta protegida.

De acordo com a norma técnica da COPEL NTC 841100, de Maio de 2013, a rede compacta deve ser considerada como a primeira escolha na construção de redes conforme destaca o trecho a seguir (COPEL, 2013, p. 6):

A rede de distribuição compacta protegida deverá ser considerada como primeira opção de uso, em detrimento a rede convencional nua que somente poderá ser aplicada em trechos primários de até 100 m, desde que a rede adjacente seja do tipo convencional nua. Em áreas com baixo crescimento vegetativo (ex.: distritos municipais) e travessias de difícil acesso (ex.: rodovias), a aplicação da rede convencional nua deverá ser considerada no planejamento do projeto. A rede de distribuição compacta protegida é indicada em locais onde há necessidade de melhores índices de confiabilidade e segurança das instalações elétricas, maior compactação das redes ou uma melhor convivência com a arborização, conforme segue:

- a) Áreas de congestionamento de circuitos (saída de subestação);
- b) Com a compactação das redes há a possibilidade da instalação de até quatro circuitos na mesma estrutura;
- c) Áreas onde exige-se um maior índice de confiabilidade devido as características dos consumidores especiais;
- d) Condomínios e loteamentos fechados, quando houver exigência de áreas fechadas, considerando os aspectos de segurança e confiabilidade;
- e) Em locais com arborização;
- f) Em áreas de difícil convívio da rede convencional com as edificações;
- g) Em locais onde são constantes os desligamentos causados por contatos de objetos estranhos à rede;
- h) Em áreas com frequentes ações de vandalismo;
- i) Em áreas rurais com vegetação preservada por lei.

A figura 19 mostra um trecho de RD aérea compacta localizada na cidade de São Luís – MA:

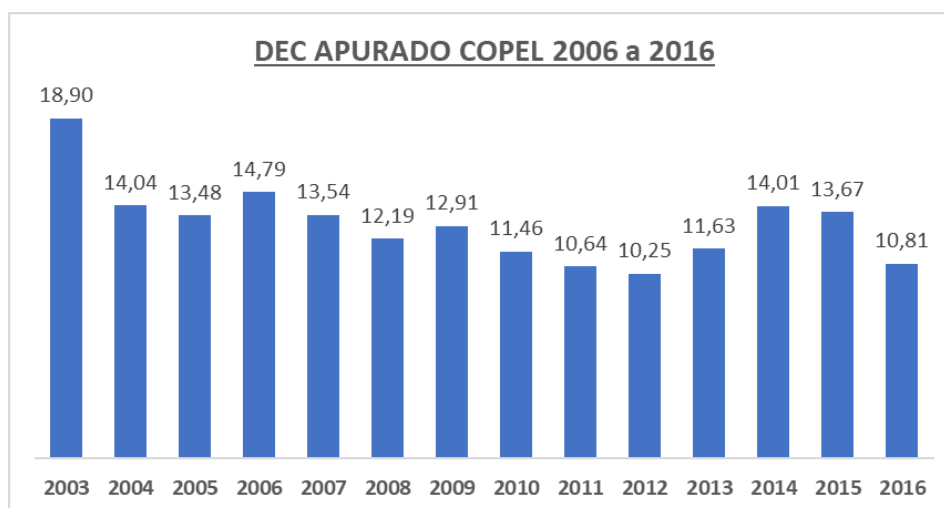
Figura 19 - RD aérea compacta



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

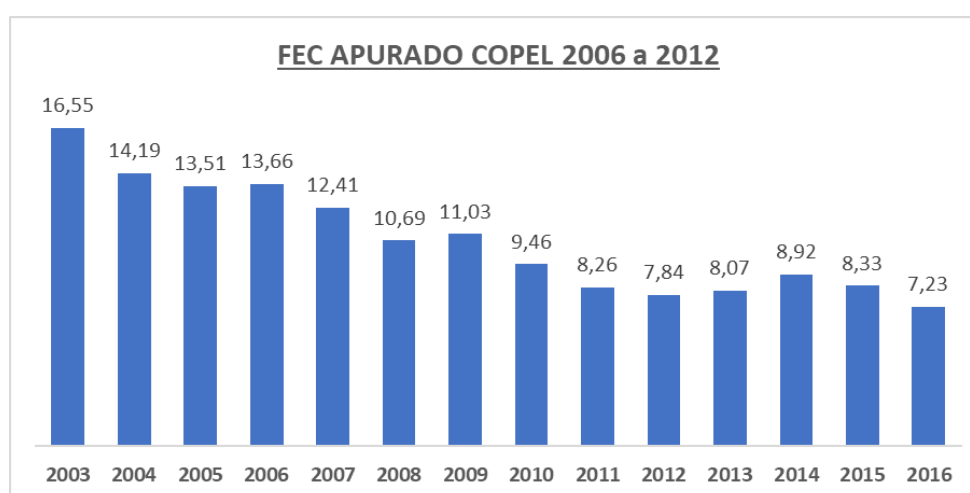
Verifica-se nos gráficos dois gráficos seguintes que de 2003 a 2016 houve melhorias significativas nos indicadores de continuidade DEC e FEC da COPEL. Com certeza a preferência por utilizar cada vez mais as redes compactas em sua RD colaborou para a melhora do desempenho da COPEL em seus indicadores.

Gráfico 4 - DEC Apurado COPEL 2003 a 2016



Fonte: Adaptado de ANEEL (2018)

Gráfico 5 - FEC Apurado COPEL 2003 a 2016



Fonte: Adaptado de ANEEL (2018)

3.9.3 RD subterrânea

O sistema de distribuição elétrico subterrâneo é mais complexo que o sistema aéreo e sua utilização varia de acordo com a região (VELASCO, 2003). Esse tipo de RD proporciona maior nível de confiabilidade e melhor resultado estético, dado que as redes ficam enterradas. Porém, as redes subterrâneas são muito mais caras que as demais soluções, sendo frequentes apenas em regiões muito densas ou onde há restrições para a instalação das redes aéreas (ABRADEE, 2016).

As instalações elétricas subterrâneas que utilizam condutores isolados de média tensão estão sendo cada vez mais utilizados como uma das principais opções de instalação, mesmo com seu alto custo de implantação (ALVES, 2013).

Essa modalidade de RD vem sendo aplicada desde 1907, quando foi implantada a primeira rede subterrânea em malha reticulada na cidade de Memphis no Tennessee – EUA (NEVES e SANTOS, 2015). Os primeiros condutores subterrâneos eram feitos com papel impregnado a óleo isolante, e alguns destes ainda se encontram instalados e em funcionamento. Na década de 1940, o polietileno começou a ser utilizado como isolante dos condutores, e na década de 1960 surgiram os cabos isolados com polímeros reticulados “XLPE”, apesar do excelente desempenho dos cabos isolados com papel impregnados a óleo, eles aos poucos foram sendo substituídos pela nova geração de cabos (ALVES, 2013).

As redes subterrâneas não são muito comuns no Brasil, e embora a instalação de uma RD subterrânea seja mais cara e complexa, a mesma possui várias vantagens, como por exemplo, a segurança, o baixo custo de manutenção e a preservação da estética regional (NEVES e SANTOS, 2015).

Pode-se dizer que o melhor tipo de RD quanto à problemática de desligamento da rede causado por toque de vegetação é a subterrânea, seguido pela aérea compacta e então pela convencional. O tipo de rede aérea convencional é o mais susceptível a promover religamentos causados por toques de vegetação e é o que demanda maiores e mais volumosas podas.

Mesmo apresentando índices de confiabilidade menores, o sistema de distribuição de energia que é predominante na maioria dos países é do tipo aéreo, principalmente nas regiões próximas dos centros comerciais, devido a seu baixo custo (APOLINÁRIO e MANTOVANI, 2011).

A relação entre a arborização e a rede de energia elétrica ocorre de forma conflituosa, em que cada um dos elementos passa a representar obstáculo à presença do outro. Esses conflitos se manifestam de duas formas (ANGELES e MAREK *et al.*, 2011):

- Efeito sobre a rede elétrica - quando galhos de árvores tocam os condutores nus causando desligamento da rede, provocando interrupção no fornecimento de energia;
- Efeito sobre a arborização – quando podas são feitas para evitar o toque de galhos na rede, provocando danos estéticos e fitossanitários às árvores.

Figura 20 - Implantação de LT subterrânea em São Luís - MA



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

3.9.4 Custos de implantação de diferentes tipos de RD

Foram levantados os custos médios de implantação da RD aérea convencional, RD aérea compacta e RD subterrânea. Na tabela a seguir esses custos são exibidos:

Tabela 2: Custos de implantação de diferentes tipos de RD

Tipo de Rede de Distribuição	Tipo de Cabo Condutor	Custo Médio de Implantação (R\$/Km)
Aérea Convencional	4/0AWG CAA	42.202,97
Aérea Compacta	185 mm ² Spacer	78.642,38
Subterrânea	Isolado	1.000.000,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Percebe-se pelos valores da tabela 2 as grandes diferenças de custos de implantação entre a RD subterrânea e os outros tipos de RD.

4 LEVANTAMENTO E ESTRATIFICAÇÃO DO HISTÓRICO DE RELIGAMENTOS E SAÍDAS DE ALIMENTADORES DA CEMAR

Assegurar a continuidade do serviço de distribuição de energia é imprescindível para manter os clientes satisfeitos e prevenir custos às concessionárias de energia. Para garantir o fornecimento ininterrupto de energia, as distribuidoras de energia precisam ter um sistema de distribuição elétrico confiável.

Algumas anomalias podem ocorrer na rede de distribuição, que podem ser de caráter permanente ou transitório, cujas definições seguem abaixo:

- **Anomalia Permanente:** São anomalias na rede de energia que impedem a reenergização da mesma, que possuem caráter permanente. Pode-se citar como exemplo deste tipo de anomalia um galho de árvore caído sobre a RD;
- **Anomalia Transitória:** São anomalias de caráter transitório, que não impedem a reenergização do sistema. Um exemplo de defeito transitório que pode ser dado é de um galho de uma árvore que após um forte vento o fez tocar na rede elétrica, e que logo após, voltou ao seu local inicial, longe dos condutores, não impedindo assim a reenergização do sistema elétrico, que é realizada por equipamentos chamados de religadores, que seguem protocolos específicos para estes casos.

As redes de distribuição possuem dispositivos de proteção, que fazem com que o sistema seja desligado em casos de ocorrências de curtos-circuitos gerados por anomalias permanentes ou transitórias. Nos casos em que ocorre um defeito transitório na RD, e a mesma possua um religador como aparato de proteção, a rede é reenergizada automaticamente após um período preestabelecido nas configurações do equipamento. O religador é um equipamento de proteção da rede que ao perceber um curto-circuito, abre o sistema a fim de protegê-lo de altos níveis de corrente elétrica, e após um período preestabelecido, religa a rede que estava desenergizada. Os religadores funcionam muito bem em casos de curtos-circuitos gerados por defeitos transitórios. A reenergização da rede elétrica provocada por esses equipamentos é chamada de religamento.

Na CEMAR, esses religamentos são chamados de RS1, RS2 ou RS3 sendo definidos da seguinte maneira:

- **RS1:** É a abreviação de religamento satisfatório um. São denominados RS1 os religamentos que ocorreram de maneira satisfatória logo após a primeira tentativa de reenergização da rede pelo religador;

- RS2: É a abreviação de religamento satisfatório dois. São denominados RS2 os religamentos que ocorrerem de maneira satisfatória logo na segunda tentativa de reenergização da rede pelo religador. Nesse caso, o religador tentou reenergizar a rede pela primeira vez, porém sem sucesso, pois o defeito transitório ainda persistia no local durante a tentativa de religamento. Após a primeira tentativa, o religador aguardou outro período preestabelecido nas configurações do equipamento de proteção e então tentou reenergizar a rede novamente, dessa vez com sucesso, caracterizando assim o RS2.
- RS3: É a abreviação de religamento satisfatório três. São denominados RS3 os religamentos que ocorrerem de maneira satisfatória na terceira tentativa de reenergização da rede pelo religador.

Quando o religador não consegue reenergizar a rede após todas as tentativas preestabelecidas, um bloqueio no equipamento ocorre, e a RD permanece desenergizada devido à anomalia, que nesse caso é de caráter permanente.

O alto índice de religamentos é um problema para as concessionárias de energia e também para os clientes, que são os que mais sentem os transtornos gerados por esses fenômenos.

Em seus sistemas de proteção, as distribuidoras de energia utilizam as técnicas de coordenação e seletividade lógica, buscando evitar a queima de equipamentos e procurando deixar a menor quantidade possível de clientes sem energia.

A concessionária de energia elétrica do estado do Maranhão distribui seus religadores em pontos estratégicos do sistema elétrico tentando impedir desenergizações permanentes, as quais geram impactos negativos sobre os indicadores DEC e FEC.

A CEMAR possui vários sistemas de gestão em sua *intranet*. Um desses sistemas é utilizado para realizar o acompanhamento e a disponibilização de dados referentes aos religamentos que ocorrem nas redes de distribuição e nas linhas de transmissão da companhia.

Figura 21 - Sistemas de gestão na intranet CEMAR



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Para se obter os dados históricos de religamentos do estado do Maranhão foi necessário o acesso à página de registros da CEMAR. Foi realizada uma busca inserindo os *inputs* nos campos chaves para se obter informações quanto aos casos ocorridos nos anos de 2016 e 2017.

Figura 22 - Inputs nos campos chaves de busca

Religamentos Satisfatórios do Sistema - Google Chrome

Não seguro | distribuicao/coi/gesttor/rs.asp

OPÇÕES DE CONSULTA

Componente: Período: De: 01/01/2017 até 31/12/2017 Relig.: Proteção:

COMPONENTE	DATA/HORA	RELIG.	PROTEÇÃO	OBSERVAÇÕES
PDS01C4	18/3/2029 13:36	RS1	51-ABC	-
PDS02L4	18/3/2029 13:25	RS1	50-CN	NA SE PDS 12L4 ICC 1180 DIST 3,59KM. NA SE IGG 12L4 PROTEÇÃO 50BN DIST -24,5KM ICC 461
ZDC01C4	18/3/2029 13:24	RS1	51-BCN	ICC 578 DIST 11,72KM
SJC01C2	18/3/2029 10:49	RS1	51-ACN	-
FTN09F4	18/3/2029 07:48	RS1	51-CN	ICC 89 DIST -108KM
FTN09F4	18/3/2029 07:43	RS1	51-CN	ICC 83 DIST -117KM
SJP09P1	18/3/2029 07:35	RS1	51-CN	DIST -1,14KM ICC 172
BCP09N2	29/3/2018 23:59	RS1	51-NA	DIST: 18,01 KM TEMPO MUITO CHUVOSO
MTR01C2	29/3/2018 14:44	RS1	51-CN	-
ACL09F1	29/3/2018 14:23	RS1	51-ABCN	-
UBS09L2	29/3/2018 14:19	RS1	51-ABN	DIST 11,30KM ICC 237
AGV01C1	29/3/2018 14:10	RS1	51-NA	-
PRO02J6	29/3/2018 14:08	RS1	50-AB	TEMPO CHUVOSO. BCB 12J6 DIST -24,3KM ICC 730
PRO02J6	29/3/2018 14:07	RS1	50-C	TEMPO CHUVOSO. BCB 12J6 DIST -45KM ICC 634
GNF09F3	29/3/2018 14:05	RS1	51-ABC	-
IPA09L2	29/3/2018 14:03	RS1	51-CN	-
GLJ09F1	29/3/2018 13:53	RS1	51-NB	ICC 162 DIST 56,89KM
GNF09F3	29/3/2018 13:45	RS1	51-BC	DIST 6,5KM ICC 838
COO01C7	29/3/2018 02:42	RS1	51-ABC	-
PFD09L5	29/3/2018 02:32	RS1	51-NB	DIST: 8,70 KM ICC: 704,3 A
PDT09L2	29/3/2018 01:48	RS2	51-BC	DIST: 30,15 KM ICC: 155

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

O resultado da pesquisa fornece as seguintes informações quanto ao religamento:

- **Componente:** É o alimentador ou linha de transmissão em que ocorreu o religamento;
- **Data/Hora:** Informa quando ocorreu o fato;
- **Religação:** Indica qual foi o tipo do religamento (RS1, RS2 ou RS3);
- **Proteção:** Informa qual o tipo de proteção que atuou (50-Instantânea ou 51-Temporizada) e em qual fase que foi detectada a anomalia (A, B ou C);
- **Observações:** É o campo onde são disponibilizadas as informações sobre a ocorrência e a distância estimada do local do defeito caso o sistema de religação seja munido com relé de distância.

Abaixo segue um exemplo de religamento ocorrido no componente BCP09N2 em 29 de março de 2018:

Figura 23 - Informações disponibilizadas no sistema provenientes de um religamento na RD

COMPONENTE:	DATA/HORA:	RELIG.:	PROTEÇÃO:	OBSERVAÇÕES:
BCP09N2	29/3/2018 23:59	RS1	51-NA	DIST: 18,01 KM TEMPO MUITO CHUVOSO

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

O resultado da busca trouxe informações de religamentos tanto da média tensão (13,8 kV e 34,5 kV) quanto da alta tensão (69 kV e 138 kV). Essa segmentação de média e alta tensão de acordo com as magnitudes informadas são adotadas pela distribuidora de energia estudada.

Os dados foram adaptados em uma planilha eletrônica, onde se fez uma estratificação, selecionando apenas os religamentos ocorridos na RD, ou seja, nas redes de distribuição cujas tensões são de 13,8 kV e 34,5 kV. Os religamentos ocorridos nas linhas de transmissão, cujas tensões na CEMAR são de 69 kV e 138 kV, foram excluídos, pois não fazem parte do enfoque do trabalho.

Figura 24 - Planilha de estratificação dos religamentos da CEMAR

COMPONENTE	DATA/HORA	RELIG.	PROTEÇÃO	OBSERVAÇÕES
GNF09F2	01/01/2017 06:08	RS1	51-CN	ICC 343A DIST 1,51A
FTN09F4	01/01/2017 08:49	RS1	51-CN	DIST: 6,49KM ICC: 499A
PFD09L2	01/01/2017 12:09	RS1	51-AC	DIST: 53,59KM
UBS09L3	01/01/2017 13:41	RS1	51-BC	DIST: 48,38 KM ICC: 386A
UBS09L3	01/01/2017 13:56	RS1	51-ABN	DIST: 43,38KM ICC: 379A
BL509F1	01/01/2017 14:31	RS1	51-NB	DIST: 110,23KM IC: 127A
IP202L1	01/01/2017 15:21	RS1	51-ABC	DISTANCIA 29,6KM ICC 1.159A EM NOSSO TERMINAL 12L1 ACL HOUE ATUAÇÃO DE 50ABC E DISTANCIA -20,6KM.
PRB01C1	01/01/2017 16:13	RS1	51-AC	ICC 908A
PFD09L2	01/01/2017 23:20	RS1	51-CN	DISTANCIA 36,30 KM VIA AUTOMAÇÃO
TS402V2	01/01/2017 23:38	RS1	21-1ª ZONA	DITANCIA 44,43KM PROTEÇÃO 50V50ABON SE CXS DISTANCIA -37,51 PROTEÇÃO 50V50N T.CHUVOS.
GJ09F2	01/01/2017 23:44	RS1	51-C	SEM ACESSO AO RELÉ VIA AUTOMAÇÃO
CX501C8	02/01/2017 00:02	RS1	51-N	VIA AUTOMAÇÃO
CET01C2	02/01/2017 00:04	RS1	51-CN	VIA AUTOMAÇÃO
TRU01C9	02/01/2017 00:17	RS1	51-N	VIA AUTOMAÇÃO
PDT01C4	02/01/2017 00:47	RS1	51-N	VIA AUTOMAÇÃO
CET01C2	02/01/2017 00:47	RS1	51-CN	VIA AUTOMAÇÃO
SR01C3	02/01/2017 00:51	RS1	51-NB	VIA AUTOMAÇÃO
SJ501C2	02/01/2017 01:01	RS1	51-NB	VIA AUTOMAÇÃO
DP001C1	02/01/2017 01:07	RS1	51-BCN	VIA AUTOMAÇÃO
SAL01C2	02/01/2017 02:44	RS1	51-AB	VIA AUTOMAÇÃO
PRO02J7	02/01/2017 03:04	RS1	50-N	SEM INFORMAÇÃO DISTANCIA DEVIDO NÃO TER OPERADOR NESTE TURNO,
IG001C2	02/01/2017 04:00	RS1	51-NB	VIA AUTOMAÇÃO
SJ501C2	02/01/2017 07:50	RS1	51-NA	ICC 142,2A DIST 8,5KM
SJ09L1	02/01/2017 09:19	RS1	51-CN	ICC 149A DIST 37,33KM

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Devido ao alto volume de ocorrências de religamentos na RD, a CEMAR não consegue realizar a inspeção de todos alimentadores para determinar exatamente a causa que fez o equipamento se religar. Porém, quando há a desenergização permanente não intencional de algum alimentador/tronco que impacte os indicadores de qualidade de fornecimento DEC e FEC da companhia, se faz um relatório de análise de perturbação (RAP) do sistema elétrico afetado, onde se registra a causa da saída do componente. Após a análise do RAP pela área responsável, são feitas recomendações de melhorias à seccional da CEMAR para evitar futuras saídas do mesmo alimentador.

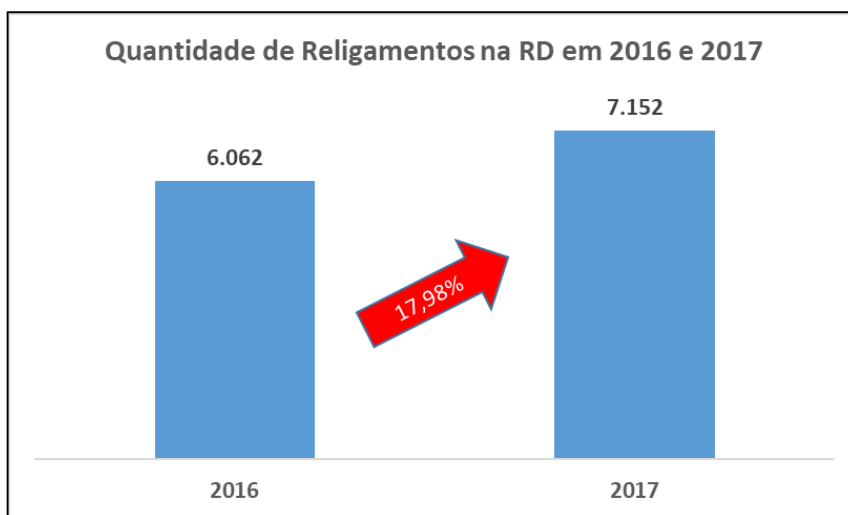
4.1 Levantamento do histórico de religamentos da RD da CEMAR

Foram levantados os dados históricos de religamentos ocorridos na RD em 2016 e 2017 no estado do Maranhão.

Com a estratificação de dados, verificou-se que em 2016 houve 6.062 religamentos na rede de distribuição de média tensão da CEMAR, e que no ano de 2017 ocorreram 7.152 religamentos, ou seja, 1.090 eventos a mais em relação ao ano anterior, representando um

aumento de 17,98%. Esse fato impacta diretamente na qualidade percebida pelo cliente quanto ao serviço prestado pela distribuidora de energia do estado do Maranhão.

Gráfico 6 - Aumento de religamentos na RD de 2016 para 2017



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

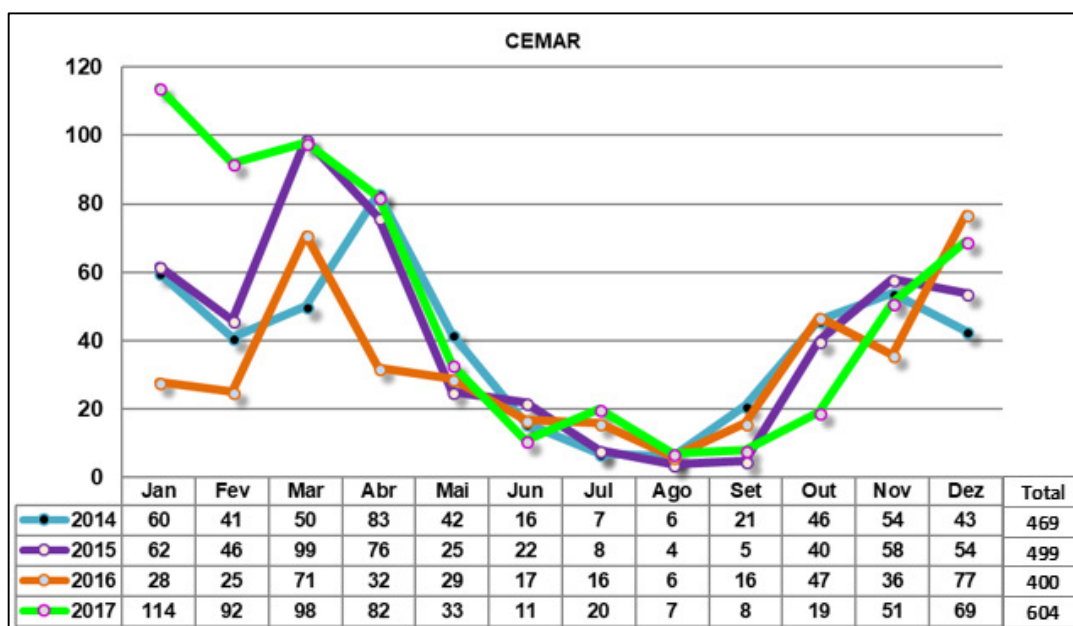
Os fatores que geram esses religamentos são variados e podem ser causados por:

- Toque de vegetação na rede;
- Isoladores vazados (com fuga de corrente elétrica);
- Descargas atmosféricas;
- Problemas na subestação;
- Acidentes com animais e usuários;
- Vandalismos;
- Outras causas que interferem no sistema elétrico.

Os curtos-circuitos que ocorrem na rede de distribuição podem avariar equipamentos elétricos residenciais. Em 2017 a CEMAR pagou R\$ 2,38 milhões em ressarcimentos aos clientes do estado do Maranhão por danos elétricos.

O gráfico a seguir mostra o comportamento de religamentos nas LT's da CEMAR de 2014 a 2017:

Gráfico 7 - Gráfico de histórico de RS1 de LT's da CEMAR



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Percebe-se que o comportamento dos religamentos nas LT's da CEMAR é muito parecido todos os anos. O período em que se tem menos religamentos é o período de estiagem no estado do Maranhão, indicando um forte indício de sazonalidade.

O aumento das extensões de RD ampliam também a possibilidade de geração de novos religamentos e de novas ocorrências de desenergizações.

Em dezembro de 2017, a CEMAR possuía 103,14 mil km em extensão de RD de média tensão e 5,13 mil km de comprimento de linhas de transmissão (LT).

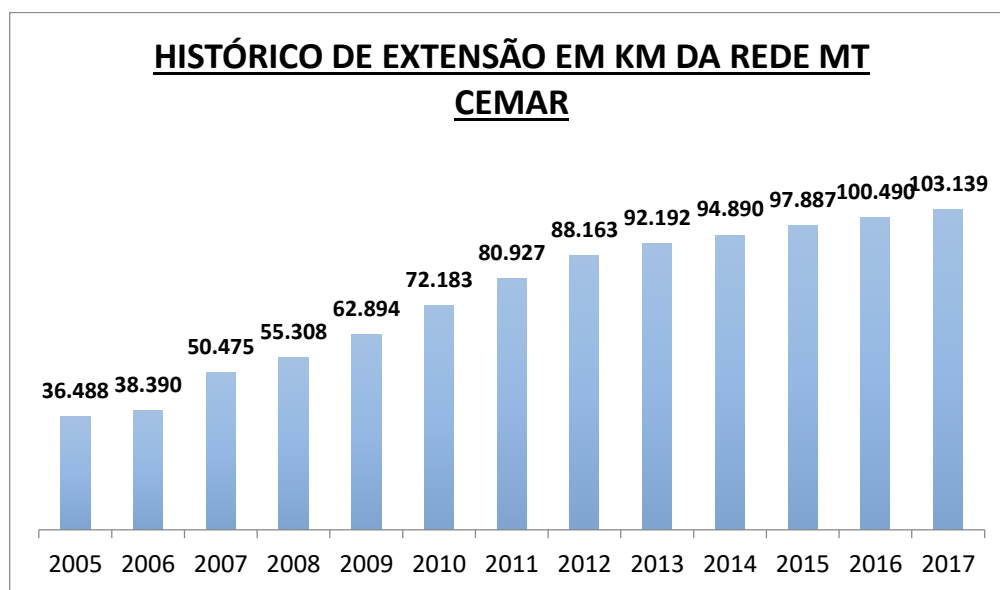
Tabela 3 - Extensão de RD e LT 2017 CEMAR

CLASSE DE TENSÃO	EXTENSÃO (KM)
MÉDIA TENSÃO	103.139
ALTA TENSÃO	5.133

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

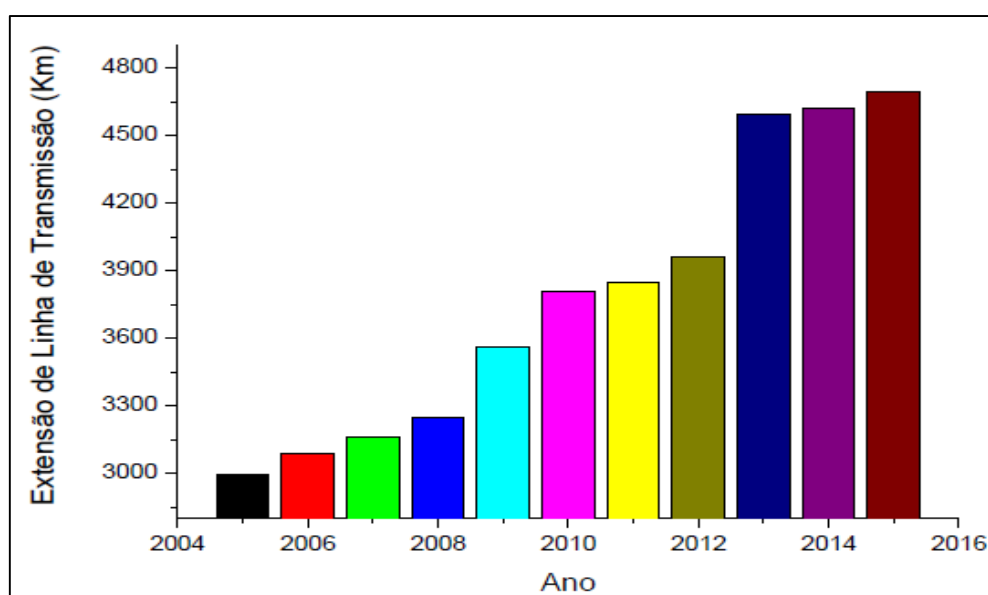
Os gráficos 8 e 9 a seguir mostram a evolução histórica da extensão da RD e LT CEMAR:

Gráfico 8 - Histórico de extensão em km da rede MT CEMAR



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

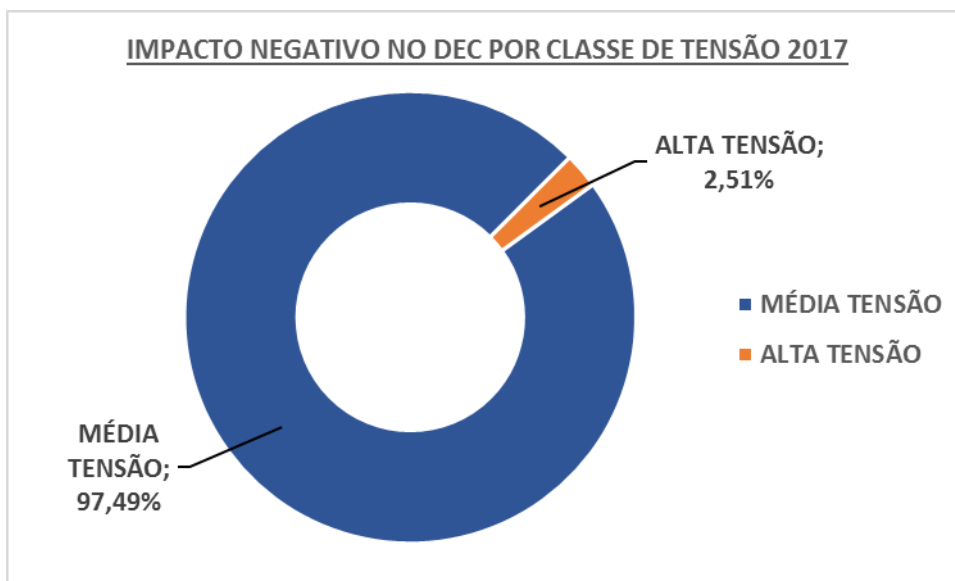
Gráfico 9 - Histórico de extensão em km das linhas de transmissão CEMAR



Fonte: Gissoni (2016)

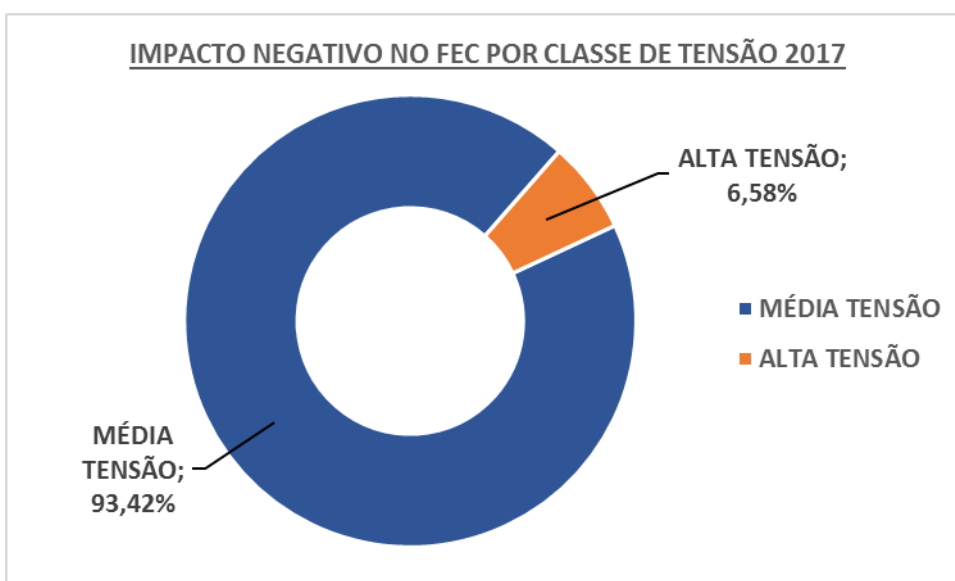
Os gráficos 10 e 11 a seguir mostram a representatividade do segmento de média tensão quanto aos impactos negativos que são gerados aos indicadores de DEC e FEC da CEMAR em comparação ao bloco de alta tensão:

Gráfico 10 - Impacto negativo no DEC por classe de tensão em 2017 – CEMAR



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Gráfico 11 - Impacto negativo no FEC por classe de tensão em 2017 – CEMAR

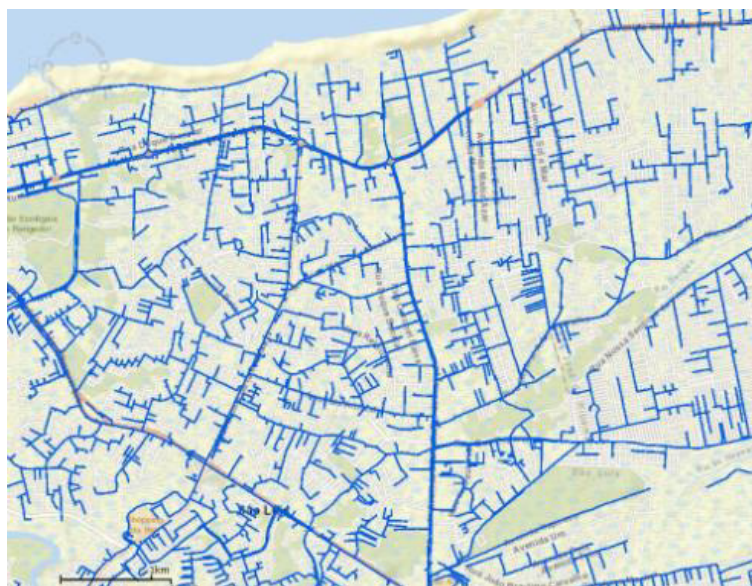


Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Essa maior fatia do gráfico de impacto negativo no DEC e FEC por classe de tensão em 2017 da CEMAR decorrente de eventos na RD se explica pela grande extensão e capilaridade desse segmento pelo estado em comparação ao grupo da AT.

A figura abaixo mostra a capilaridade da RD de média tensão em uma parte da cidade de São Luís-MA:

Figura 25 - Malha de RD de média tensão na cidade de São Luís-MA

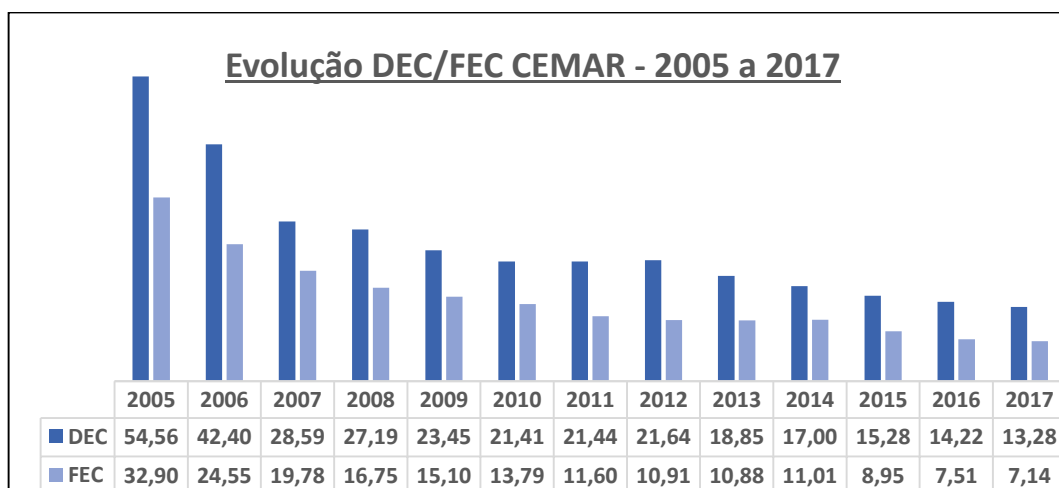


Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Com o passar do tempo, os ativos em redes de distribuição e linhas de transmissão da CEMAR cresceram, porém, o quadro de colaboradores e terceiros não acompanhou essa taxa de crescimento, forçando a distribuidora a melhorar e otimizar seus processos para conseguir atingir suas metas de DEC e FEC.

O gráfico abaixo mostra que a CEMAR conseguiu melhorar seus indicadores de continuidade de fornecimento de energia elétrica DEC/FEC mesmo com o aumento contínuo de seus ativos.

Gráfico 12 - Evolução do DEC e FEC CEMAR



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

4.2 Levantamento do histórico e estratificação das saídas de alimentadores da RD

Foi levantado todo o histórico das saídas de alimentadores da RD que geraram DEC e FEC na CEMAR em 2016 e 2017 para que então fosse possível realizar uma análise quanto às causas dessas desenergizações permanentes não intencionais. Vale explicar que as desenergizações intencionais são aquelas que ocorrem por necessidade de manutenção na rede com a mesma desligada.

A ANEEL estabelece que saídas de alimentadores com tempo de duração maior ou igual a três minutos, deve gerar indicadores DEC e FEC.

De 2016 para 2017 a CEMAR apresentou uma diminuição na quantidade de ocorrências que geraram DEC/FEC na RD.

Tabela 4 - Quantidade de ocorrências que geraram DEC/FEC em 2016 e 2017 na CEMAR

ANO	QUANTIDADE DE OCORRÊNCIAS QUE GERARAM DEC/FEC
2016	52.432
2017	44.319

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Com o apoio de um *software* que a CEMAR utiliza para realizar o registro das saídas de alimentadores da RD, uma base de dados foi montada e então a partir dela realizou-se uma estratificação para estabelecer grupos de causas. Foram encontradas muitas causas descritas de formas diferentes, porém que se encaixavam em um grupo de mesma natureza. A seguir é exibida a tabela do tipo de-para que foi utilizada para fazer a estratificação dos dados, classificando as causas em grupos de mesma natureza:

Tabela 5 - Tabela de-para utilizada na estratificação dos dados

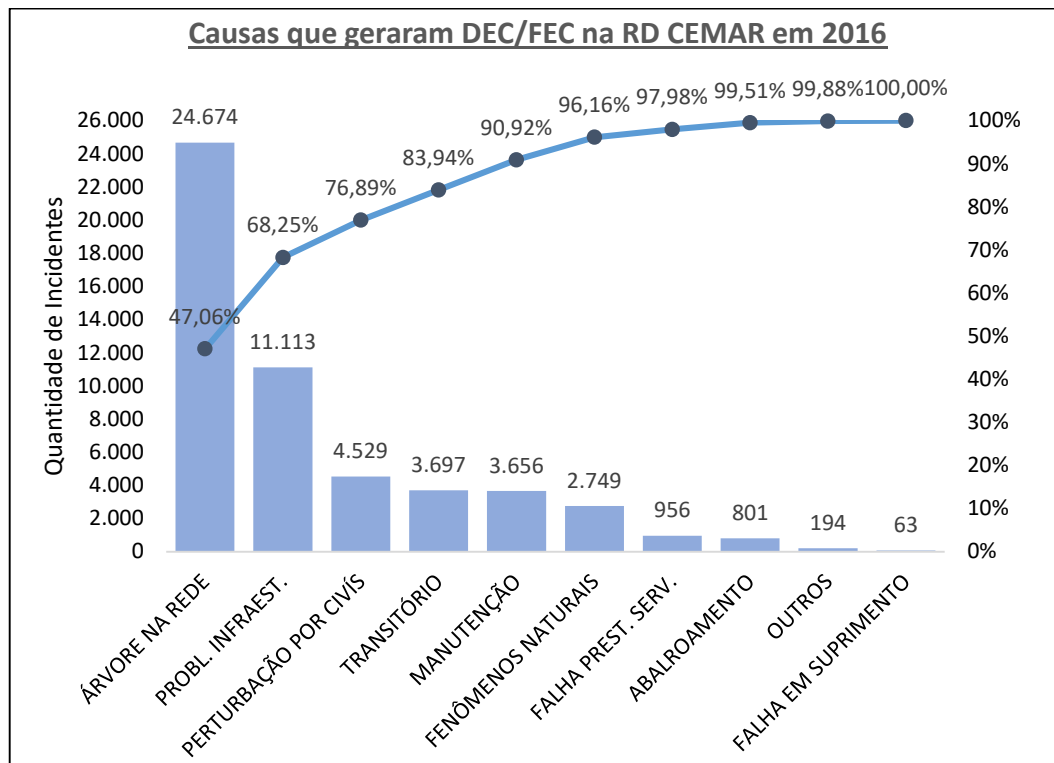
DE	PARA
POSTE ABALROADO COM/INTER	ABALROAMENTO
DP - POSTE ABALROADO	ABALROAMENTO
FENÔMENOS NATURAIS COM/ INTER	ÁRVORE NA REDE
ARVORE NA REDE COM/INTER	ÁRVORE NA REDE
DP - FENOMENOS NATURAIS	ÁRVORE NA REDE
DP - ARVORE NA REDE	ÁRVORE NA REDE
FALHA EM SUPRIMENTO	FALHA EM SUPRIMENTO
SOBRECARGA COM/INTER	FALHA NA PRESTAÇÃO DO SERVIÇO
ELO FUSIVEL INADEQUADO	FALHA NA PRESTAÇÃO DO SERVIÇO

FALHA EM CONEXAO BORNE DO MEDIDOR COM/INTER	FALHA NA PRESTAÇÃO DO SERVIÇO
FALHA NA MEDIÇÃO	FALHA NA PRESTAÇÃO DO SERVIÇO
DP - SOBRE CARGA	FALHA NA PRESTAÇÃO DO SERVIÇO
FALHA DE EQUIPE	FALHA NA PRESTAÇÃO DO SERVIÇO
FALHA EM CONEXAO BORNE DO DISJUNTOR COM/INTER	FALHA NA PRESTAÇÃO DO SERVIÇO
REDE DESNIVELADA	FALHA NA PRESTAÇÃO DO SERVIÇO
VAZAMENTO DE CORRENTE	FALHA NA PRESTAÇÃO DO SERVIÇO
CORTE INDEVIDO	FALHA NA PRESTAÇÃO DO SERVIÇO
ANIMAL NO CIRCUITO COM/INTER	FENÔMENOS NATURAIS
DESCARGA ATMOSFÉRICA COM/INTER	FENÔMENOS NATURAIS
POLUIÇÃO AMBIENTAL COM/INTER	FENÔMENOS NATURAIS
EROSÃO COM/INTER	FENÔMENOS NATURAIS
VENTANIA	FENÔMENOS NATURAIS
VENTANIA SEM/INTER	FENÔMENOS NATURAIS
MANUTENÇÃO	MANUTENÇÃO
MANUTENÇÃO P/ OBRAS	MANUTENÇÃO
MANOBRA EM RD	MANUTENÇÃO
DP - OUTROS	OUTROS
OUTROS	OUTROS
CAUSA EM ANALISE	OUTROS
INTERV. ACIDENTAL NA REDE P/ TERCEIROS COM/INTER	PERTURBAÇÃO POR CIVIS
PIPA NA REDE COM/INTER	PERTURBAÇÃO POR CIVIS
BOLA NA REDE COM/INTER	PERTURBAÇÃO POR CIVIS
OUTROS OBJETOS NO CIRCUITO - P/TERCEIROS COM/INTER	PERTURBAÇÃO POR CIVIS
GAMBIARRA COM/INTER	PERTURBAÇÃO POR CIVIS
VANDALISMO COM/INTER	PERTURBAÇÃO POR CIVIS
FALHA CIRCUITO ILM PUBLICA COM/INTER	PERTURBAÇÃO POR CIVIS
PODAS DE ÁRVORES POR TERCEIROS COM/INTER	PERTURBAÇÃO POR CIVIS
INTERRUPÇÃO COLETIVA POR DEFEITO INTERNO	PERTURBAÇÃO POR CIVIS
INCÊNDIO POR TERCEIROS COM/INTER	PERTURBAÇÃO POR CIVIS
INTERVENÇÃO SEM AUTORIZAÇÃO	PERTURBAÇÃO POR CIVIS
QUEIMADASCOM/INTER	PERTURBAÇÃO POR CIVIS
INTERRUPÇÃO NA RD A PEDIDO DE TERCEIROS	PERTURBAÇÃO POR CIVIS
EXECUÇÃO DE SERVIÇOS POR TERCEIROS	PERTURBAÇÃO POR CIVIS
FURTO COM/INTER	PERTURBAÇÃO POR CIVIS
RETORNO DE CARGA	PERTURBAÇÃO POR CIVIS
ACIDENTE COM TERCEIROS COM/INT	PERTURBAÇÃO POR CIVIS
MEDIDOR AVARIADO/QUEBRADO/COM_INTER	PERTURBAÇÃO POR CIVIS
FALHA DE CONEXÃO	PROBLEMA INFRAESTRUTURAL
ENVELHECIMENTO COM/INTER	PROBLEMA INFRAESTRUTURAL
DETERIORAÇÃO DE MATERIAL COM/INTER	PROBLEMA INFRAESTRUTURAL
TRAFO AVARIADO COM/INTER	PROBLEMA INFRAESTRUTURAL
FALHA EM CONEXÃO RAMAL DE SERVIÇO COM/INTER	PROBLEMA INFRAESTRUTURAL
DP - FALHA EM CONEXAO	PROBLEMA INFRAESTRUTURAL
POSTE ADERNADO/MAU ESTADO COM/INTER	PROBLEMA INFRAESTRUTURAL
RAMAL PRECÁRIO COM/INTER	PROBLEMA INFRAESTRUTURAL
FALHA EM EQUIPAMENTO COM/INTER	PROBLEMA INFRAESTRUTURAL
DP - FALHA EM EQUIPAMENTO	PROBLEMA INFRAESTRUTURAL
FALHA EM CONEXÃO MT	PROBLEMA INFRAESTRUTURAL
TRANSITÓRIO	TRANSITÓRIO

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

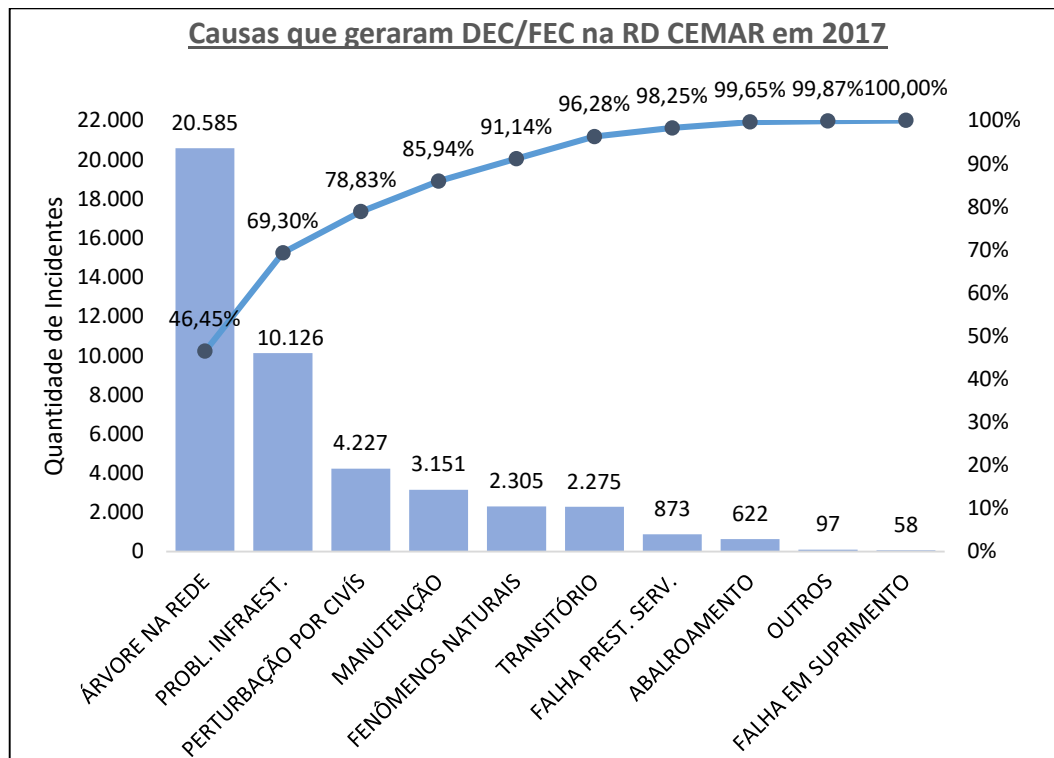
A seguir realizou-se gráficos de Pareto para verificar as causas que mais impactaram os indicadores de continuidade de fornecimento de energia DEC e FEC da CEMAR nos anos de 2016 e 2017:

Gráfico 13 - Pareto das causas que impactaram no DEC/FEC da CEMAR em 2016



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Gráfico 14 - Pareto das causas que impactaram no DEC/FEC da CEMAR em 2017



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Analisando-se os gráficos de Pareto percebe-se que as causas que mais impactaram negativamente os indicadores DEC e FEC da CEMAR, e que consequentemente prejudicaram também os indicadores de qualidade percebida pelos clientes da companhia, foram de Árvore na Rede e Problema Infraestrutural, representando 47,06% e 21,19% em 2016 e 46,45% e 22,85% em 2017 respectivamente.

No trabalho não foi realizado nenhum tipo de segregação quanto a desenergizações em zonas rurais ou urbanas, considerando as ocorrências de perturbações na RD de uma maneira global. Se essa segregação tivesse sido realizada, provavelmente as causas mais incidentes de desenergizações em determinada zona poderia ser diferente em relação a outra.

Com a análise e construção do gráfico de Pareto, fica claro que o problema de árvore na rede tem uma influência muito grande nos indicadores de qualidade de fornecimento de energia do Maranhão.

5 SAZONALIDADE DE DESENERGIZAÇÃO DA RD POR TOQUE DE ÁRVORE E A CORRELAÇÃO COM CHUVAS E VENTOS

Neste capítulo foi realizado um estudo de sazonalidade de saída de alimentadores da RD por árvore na rede, foi verificado o grau de correlação entre o volume de chuvas, e a velocidade média dos ventos da cidade de São Luís - MA *versus* as desenergizações ocorridas por toque de vegetação, e foram checadas as propriedades dielétricas da madeira e a influência que a umidade exerce sobre ela.

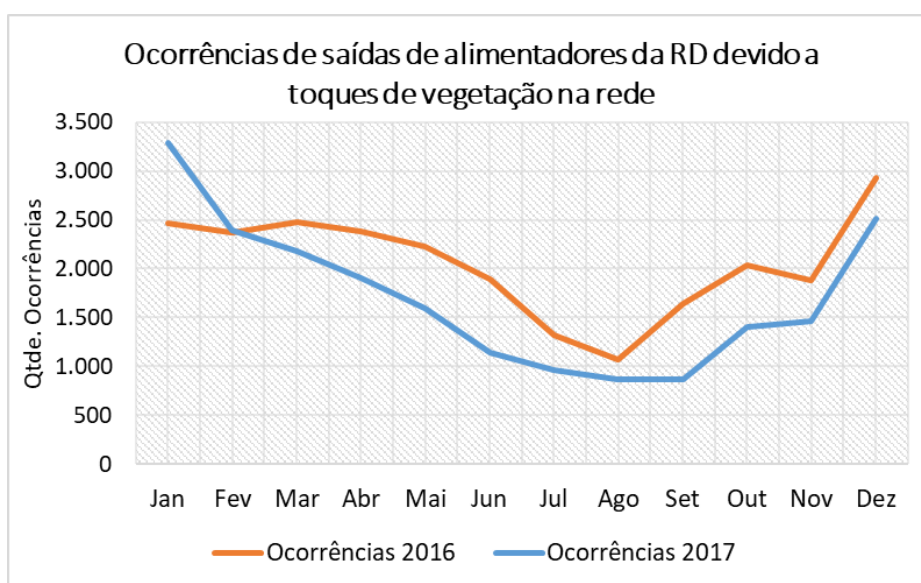
5.1 Estudo de sazonalidade de saída de alimentadores da RD por árvore na rede

A fim de se verificar a existência de sazonalidade referente às saídas de alimentadores da RD por toque de vegetação, realizou-se uma nova estratificação dos dados para verificar a quantidade de ocorrências mensais provenientes desse tipo de causa nos anos de 2016 e 2017.

Foram plotados em um gráfico duas linhas representando as quantidades de saídas mensais do ano de 2016 e 2017 devido a toque de vegetação na rede.

Conforme se percebe no gráfico abaixo, as curvas que indicam os anos de 2016 e 2017 apresentam comportamentos parecidos, indicando sim a existência de sazonalidade:

Gráfico 15 - Sazonalidade de saída de alimentadores da RD devido a toque de vegetação



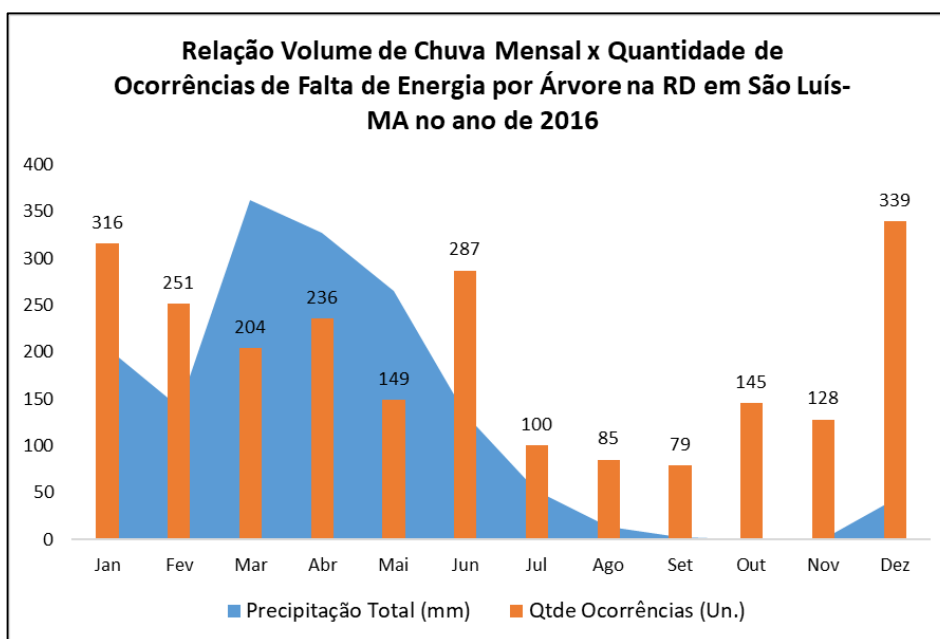
Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Percebe-se que o período entre os meses de junho a novembro, a quantidade de ocorrências de saídas de alimentadores da RD devido a toques de vegetação na rede é menor em comparação ao restante do ano. Esse é justamente o período de estiagem do maranhão.

5.2 Correlação entre chuvas e saídas de alimentadores da RD por toque de vegetação

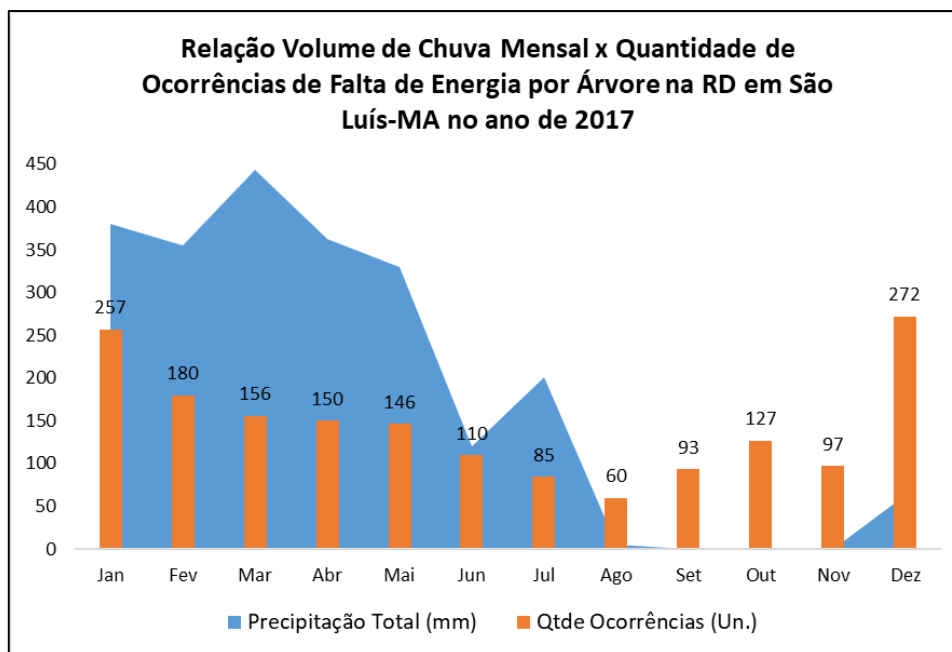
Para provar através de dados que a saída de alimentadores da RD devido a toque de vegetação na rede está diretamente relacionada ao período de chuvas no estado do Maranhão, levantou-se a série histórica de precipitação na cidade de São Luís através da base de dados *online* do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e fez-se o cruzamento com as quantidades de ocorrências por árvore tocando os condutores daquela região. Foi feito o gráfico da relação volume de chuva *versus* quantidade de saída de alimentadores da RD por toque de vegetação para os anos de 2016 e 2017 na cidade de São Luís-MA:

Gráfico 16 - Volume de chuva *versus* quantidade de ocorrências por toque de árvore na rede em São Luís no ano de 2016



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Gráfico 17 - Volume de chuva versus quantidade de ocorrências por toque de árvore na rede em São Luís no ano de 2017



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

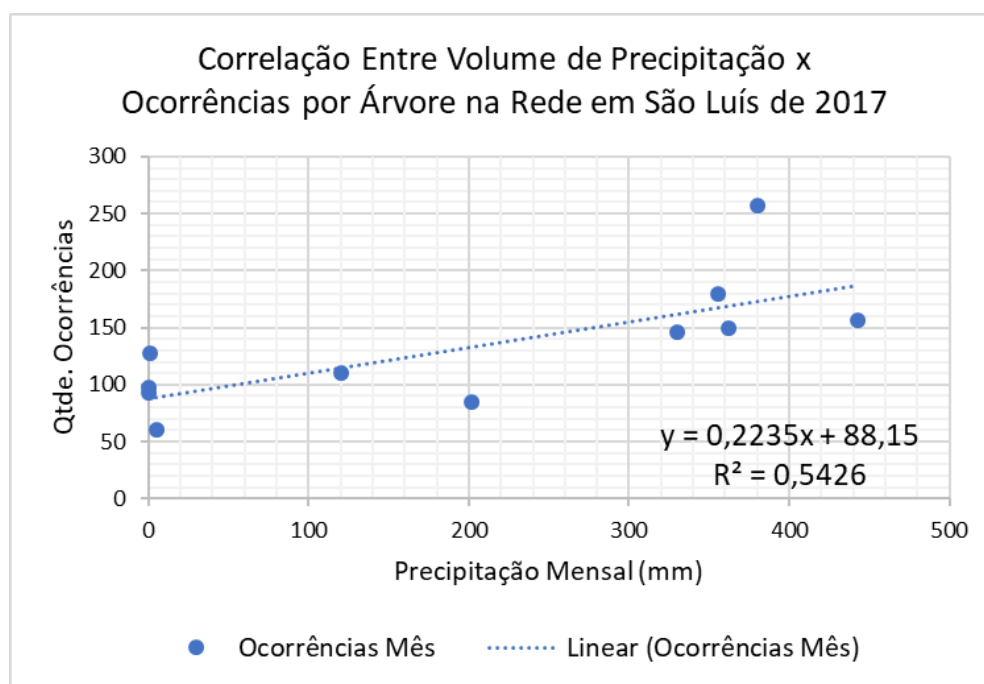
Nota-se que a quantidade de ocorrências é proporcional ao volume de chuva mensal. A exceção da regra se dá no mês de dezembro, quando o volume de chuva não é tão grande, porém há uma grande quantidade de ocorrências. Isso ocorre devido ao grupo “Árvore na Rede” ser composto também pelo tipo de causa descrita como “Fenômenos Naturais”. Quando o inspetor vai à procura da causa de saída do alimentador, e não tem certeza se o que causou a desenergização foi toque de vegetação ou poluição, o mesmo denomina a causa como Fenômenos Naturais.

O que ocorre é que durante o período de estiagem, os isoladores de áreas costeiras, como é o caso de São Luís, ficam com muitas sujidades em suas superfícies, provenientes principalmente da maresia, poluição ambiental e poeiras carregadas pelos ventos. Assim que se inicia o período de chuvas na cidade de São Luís - MA, que geralmente ocorre em dezembro, a água da chuva ao escorrer pela superfície dos isoladores da RD, cria um caminho por onde a corrente elétrica passa, gerando curtos-circuitos (*flashovers*), desenergizando os alimentadores e impactando negativamente o DEC e FEC da distribuidora de energia. Após as chuvas fortes do mês de dezembro, os isoladores ficam limpos, e essa “poluição” na estatística proveniente desse fator não ocorre mais.

Para verificar o grau de correlação entre volume de chuva e quantidade de ocorrências devido ao toque de vegetação na rede, fez-se um gráfico de dispersão contemplando nele a linha

de tendência proveniente da equação de regressão linear. O mês de dezembro claramente é um *outlier* e, portanto, foi removido para a realização da análise:

Gráfico 18 - Gráfico de dispersão de volume de precipitação versus ocorrências por árvore na rede em São Luís no ano de 2017



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Segundo Cavalcante (2003), a classificação dos valores dos coeficientes de correlação de Pearson (r) e de determinação (r^2) deve ser dada de acordo com a tabela a seguir:

Tabela 6 - Classificação do coeficiente de correlação de Pearson (r) e de determinação (r^2)

r	r^2	Classificação
0	0	Nula
0,00 ----- 0,30	0,00 ----- 0,09	Fraca
0,30 ----- 0,60	0,09 ----- 0,36	Média
0,60 ----- 0,90	0,36 ----- 0,81	Forte
0,90 ----- 0,99	0,81 ----- 0,99	Fortíssima
1	1	Perfeita

Fonte: Cavalcante (2003)

O coeficiente de correlação de Pearson calculado para a relação entre o volume de precipitação *versus* as ocorrências por toque de vegetação na rede em São Luís no ano de 2017 foi de 0,7366, indicando ser uma correlação positiva, significando que uma variável irá crescer à medida que a outra aumentar. Segundo a tabela de classificação de Cavalcante (2003), essa relação entre as variáveis é considerada forte, indicando uma boa influência de uma variável sobre a outra.

Fernandes (1999) define coeficiente de determinação (r^2) como “a proporção da variância de uma variável, que pode ser explicada pela dependência linear na outra variável”.

O coeficiente de determinação (r^2) calculado foi de 0,5426. Isso significa que 54,26% das ocorrências por toque de vegetação na rede de 2017 podiam ser explicadas pelo volume de chuvas.

Através da equação de regressão linear entre as variáveis, pode-se estimar a quantidade de ocorrências devido a toque de vegetação da rede que irá acontecer caso haja um determinado volume de chuva. A equação encontrada foi $y = 0,2235x + 88,15$, onde:

- y = Quantidade de ocorrências estimada;
- x = Volume de precipitação (mm).

Segundo a equação de regressão linear calculada, caso o volume de precipitação de um determinado mês seja de 250 milímetros, logo a quantidade de ocorrências por toque de vegetação na rede estimada seria de:

- Equação da linha de regressão linear: $y = 0,2235x + 88,15$, onde:
 - y = Quantidade de ocorrências estimada para 250mm de chuva;
 - $x = 250\text{mm}$ de chuva.
- Logo: $y = 0,2235 * (250) + 88,15$
- Então $y = 144$.

Conforme visto, a partir da equação de regressão linear, estima-se que ocorra 144 ocorrências por toque de vegetação na rede caso chova um volume de 250 milímetros em um determinado mês na cidade de São Luís - MA.

5.3 Propriedades dielétricas da madeira e a influência da umidade

A madeira representa um percentual muito relevante na composição da vegetação que toca os condutores, e a mesma possui características dielétricas quando seca.

Luna (2004, p.235) discorre sobre as propriedades da madeira:

Por sua abundância, baixo preço e fácil trabalhabilidade, a madeira foi um dos primeiros materiais isolantes e de construção que foram empregados pela indústria elétrica. A madeira é constituída por celulose, em uma proporção de 44%, associada a uma substância dura denominada lignina que atua como tecido de sustentação da celulose. De acordo com as diferentes variedades da madeira outras substâncias também são encontradas e que determinam em boa parte de suas propriedades específicas. Essas substâncias são resinas, óleos, substâncias corantes, tanino, etc.

A madeira é um material leve e resistente (suporta bem os esforços de compressão). Seu principal inconveniente, no que se refere às aplicações eletrotécnicas, é a sua higroscopicidade, que é muito alta. A absorção da água determina o inchamento da madeira; a secagem uma contração e estas variações de volume podem acarretar deformações no material. A madeira seca é um bom isolante, mas a umidade diminui consideravelmente suas qualidades dielétricas, assim, a madeira para ser usada com fins dielétricos, tem que ser melhorada por processos de impregnação. (...)

Outro aspecto desvantajoso é que suas propriedades são anisotópicas, ou seja, dependem da direção em que são medidas. Por exemplo, a constante dielétrica medida paralelamente as fibras mede de 2,5 a 4,8; na direção perpendicular, a fibra varia de 3,6 a 7,4. O mesmo ocorre com a rigidez dielétrica. Essa dificuldade de normalizar suas propriedades, mesmo de madeira da mesma espécie, é também influenciada pela direção em que ela é cortada, da presença de nós ou de outros defeitos naturais.

A madeira ainda é usada como material estrutural, como suportes, calços, varas de comando, cunhas em ranhuras de máquinas elétricas e como elemento de suporte (postes) em linhas de transmissão e de distribuição. Este último campo de aplicação está praticamente em desuso sendo substituído por postes de concreto (mais duráveis).

Abaixo segue uma tabela contendo a depreciação da capacidade dielétrica da madeira conforme seu grau de umidade:

Tabela 7 - Capacidade dielétrica da madeira úmida

Material	R _{superficial} , Megohms			R _{volumétrica} MΩxC
	50% umidade	70% umidade	90% umidade	
Madeira	4×10^8	5×10^5	7×10^3	4×10^7

Fonte: LaMat Unioeste (2010)

Pode-se dizer que o toque da vegetação seca no alimentador não provoca muitas desenergizações, porém, caso o galho esteja molhado, e o mesmo entre em contato com o condutor, a chance de saída da RD é alta.

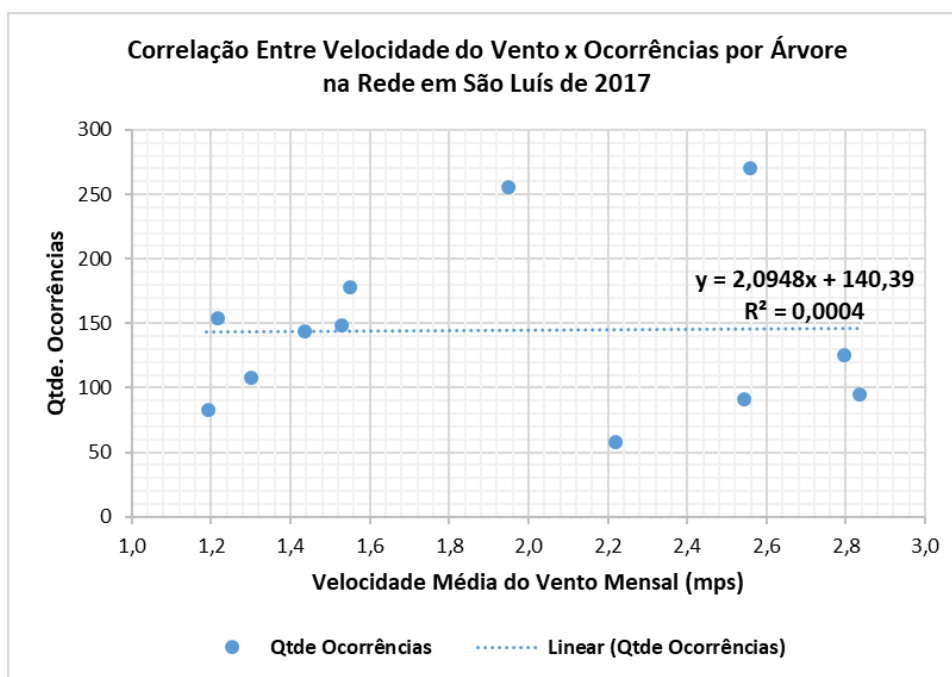
5.4 Correlação entre a velocidade média dos ventos e as saídas de alimentadores da RD por toque de vegetação

Outra análise foi feita para verificar se a quantidade de saídas de alimentadores também está associada à velocidade média mensal dos ventos em São Luís - MA.

Análogo à metodologia empregada anteriormente para o volume de precipitação, cruzou-se informações da velocidade média mensal do vento obtidas na INMET com a quantidade de ocorrências de saída de alimentadores da RD por toque de vegetação.

Conforme percebe-se no gráfico de dispersão abaixo, a correlação entre a velocidade média mensal dos ventos e a quantidade de ocorrências de saída de alimentadores da RD por toque de vegetação é praticamente nula:

Gráfico 19 - Gráfico de correlação entre velocidade média mensal e quantidade de ocorrências por toque de vegetação em São Luís no ano de 2017



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Percebe-se que o coeficiente de determinação (r^2) calculado foi de 0,0004. Isso significa que 0,04% das ocorrências por toque de vegetação na rede de 2017 podiam ser explicadas pela velocidade média mensal dos ventos.

Logo conclui-se que a velocidade média dos ventos na cidade de São Luís - MA não é relevante para as ocorrências de saídas de alimentadores da RD por toque de vegetação.

6 MÉTODOS E TÉCNICAS DE GESTÃO

Neste capítulo serão mostrados: a aplicação do diagrama de Ishikawa e ponderação das hipóteses, o método criado para identificação e denominação dos tipos de podas, as possíveis combinações de tipos de podas, o PDCA aplicado à melhoria do tipo de poda AML, a aplicação do estudo de tempos e métodos e a plotagem de gráficos de *Gantt* que deram apoio às tomadas de decisões referentes à obtenção de melhorias do processo.

6.1 Aplicação do diagrama de Ishikawa e ponderação das hipóteses

Visando reduzir os impactos negativos que as árvores geram para a distribuidores de energia do estado do Maranhão, juntou-se engenheiros e profissionais da companhia e foi realizado um *brainstorming*, e então a partir dele, fez-se um diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa-efeito.

O diagrama de Ishikawa teve descrito como problema a saída de alimentadores da RD por causa de vegetação, e as causas possíveis foram descritas:

Figura 26 - Diagrama de Ishikawa - Problema de muitas ocorrências na RD por causa de vegetação



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

A partir do diagrama de Ishikawa realizou-se a análise das hipóteses, onde cada participante do fórum de resolução do problema ponderou o grau de influência de cada hipótese, dando notas mais altas para as que eles consideravam mais relevantes. Dentre as hipóteses levantadas, foi dado a maior nota, 5, para 20% das hipóteses, nota média, 3, para 30%, e nota fraca, 1, para as 50% causas restantes, consideradas de fraca influência.

O fórum de resolução desse problema foi composto por uma equipe multidisciplinar: três engenheiros de manutenção, um analista de meio ambiente e um analista de projetos. Cada integrante da equipe atribuiu suas notas em uma planilha, de modo confidencial, com o intuito de não influenciar os outros integrantes na hora de sua votação. Após a atribuição de todos ser concluída, consolidou-se as informações em uma base única e verificou-se quais hipóteses foram consideradas de maior importância.

O resultado das ponderações das hipóteses é mostrado na tabela a seguir, onde os itens de maior relevância se encontram nos primeiros *rankings*:

Tabela 8 - Tabela de análise das hipóteses

RANK	CAUSA INFLUENTE	NOTAS DE PONDERAÇÃO					TOTAL
		ENGENHEIRO 1	ENGENHEIRO 2	ENGENHEIRO 3	ANALISTA DE MEIO AMBIENTE	ANALISTA DE PROJETOS	
1	FALTA DE TREINAMENTO DOS PODADORES	5	5	5	5	5	25
2	PODA MAL EXECUTADA	5	5	5	5	5	25
3	FALTA DE MÉTODO ESPECÍFICO PARA A EXECUÇÃO DA PODA	5	5	5	5	5	25
4	CONTRATO DE PODA COM TERCEIROS POR DISPONIBILIDADE AO INVÉS DE PRODUTIVIDADE	3	3	3	1	3	13
5	ALTA TAXA DE TURNOVER DOS PODADORES	3	3	1	1	3	11
6	FALTA DE MATERIAL PARA A EXECUÇÃO DO TRABALHO	3	3	1	3	1	11
7	FALTA DE MEDIÇÃO DE TAXA DE RETRABALHO	1	3	1	3	1	9
8	FALTA DE PROCEDIMENTOS PREVENTIVOS	3	1	1	1	3	9
9	MUNCK DO CAMINHÃO COM DEFEITO	1	1	3	3	1	9
10	EQUIPAMENTOS EM MAL ESTADO PARA A EXECUÇÃO DO SERVIÇO DE PODA	1	1	3	1	3	9
11	FALTA DE MEDIDA DISCIPLINAR PARA REINCIDÊNCIAS DE RETRABALHO	1	1	3	1	1	7
12	RD CONSTRUÍDA EM LOCAL DE VEGETAÇÃO Densa E PROPICIA PARA O CRESCIMENTO DA ÁRVORE	1	1	1	3	1	7
13	CAMINHÃO DE PODA EM MAL ESTADO COMPROMETENDO SEU FUNCIONAMENTO	1	1	1	1	1	5
TOTAL	13	33	33	33	33	33	165

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

As três primeiras hipóteses, que estão relacionadas ao processo de poda, foram unanimidades por todos da equipe quanto à sua maior relevância.

Após checar através de ferramentas da qualidade que o problema principal que gera as incidências de saída de alimentadores da RD por causa de árvore na rede está relacionado ao processo de poda, realizou-se um estudo visando a melhoria do serviço de podas.

6.2 Criação de um método de identificação e denominação dos tipos de podas

Ao verificar que 46,45% das causas de saídas de alimentadores na CEMAR em 2017 ocorreu por toque de vegetação na rede, foi decidido que o processo de podas da companhia deveria ser melhorado.

Conforme verificado na tabela 8, as três hipóteses consideradas mais relevantes ao problema de ocorrências na RD por causa de vegetação foram:

- Falta de método específico para a execução da poda;
- Poda mal executada;
- Falta de treinamento dos podadores.

Os itens considerados mais fortes da tabela de hipóteses foram utilizados como um norte, e pensou-se em estabelecer-se um método específico para a execução das podas.

A CEMAR conta com 22 equipes de podas para atender todo o estado do maranhão. As equipes de podas são distribuídas pelas regionais conforme segue abaixo:

- 04 Equipes de podas na regional Norte São Luís;
- 03 Equipes de podas na regional Norte Pinheiro;
- 05 Equipes de podas na regional Sul;
- 05 Equipes de podas na regional Leste;
- 05 Equipes de podas na regional Centro.

Figura 27 - Estado do Maranhão separado pelas regionais da CEMAR



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Primeiramente foi realizada uma análise do método empregado por cada equipe de poda da CEMAR.

Figura 28 - Equipe de poda trabalhando na regional Norte São Luís



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Foi constatado que cada equipe realizava o serviço de uma maneira diferente, evidenciando então a falta de um padrão.

O Maranhão é um estado de rica flora, apresentando várias espécies de vegetações. É óbvio que não é possível que se crie um único método de serviço de poda que consiga atender a todas as variedades de vegetações existentes.

Para estabelecer todos os possíveis tipos de podas de acordo com a natureza de cada espécie de vegetação, criou-se um método para denominar e identificar o tipo de poda através de uma codificação de três dígitos, onde:

- 1º Dígito: Representa a família da vegetação. Pode ser do tipo P (Palmeira), A (Árvore) ou B (Bambu);
- 2º Dígito: Representa o porte da vegetação, podendo ser P (Pequena), M (média) ou G (Grande);
- 3º Dígito: Representa o tipo da poda. Pode ser L (Lateral), C (Central), R (Rebaixamento) ou E (Elevação).

A seguir é mostrado o detalhamento de todas as classes dos dígitos citados.

6.2.1 Primeiro dígito: Família da vegetação

A família de vegetação foi classificada em três grupos:

- P (Palmeira): São plantas que apresentam aspectos físicos parecidos com o das palmeiras, da família botânica *Arecaceae* (REES, 2018). Podem ser citados como exemplos de plantas dessa classificação: Palmeira, Açaizeiro, Babaçuzeiro, Coqueiro, Coqueiro-Tucum e Pupunheira.

Figura 29 - Exemplos de plantas da família P (palmeira)



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

- A (Árvore): São as plantas dicotiledôneas. As dicotiledôneas possuem como principais características (OLIVEIRA, 2003):
 - Existência de dois ou mais cotilédones na semente;
 - Presença de nervuras reticuladas nas folhas;
 - Presença de pecíolo na folha;
 - Presença de flores tetrâmeras ou pentâmeras;
 - Os frutos possuem 4 ou 5 múltiplos;
 - A estrutura interna do caule é composta por feixes vasculares, distribuídos ao redor de um cilindro central;
 - O sistema radicular é composto por raízes axial ou pivotantes (raiz principal de onde saem raízes laterais).

Podem ser citados como exemplos de árvores dicotiledôneas: Árvore Eucalipto, Acácia, Amendoeira, Jambuzeiro, Pitombeira, Macieira, Goiabeira, Laranjeira, Seringueira, Jabuticabeira, Cacaueiro, Mangueira, Abacateiro, Tamarindeiro, Cajueiro e Ipê.

Figura 30 - Exemplos de plantas da família A (árvore)



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

- B (Bambu): Estão inseridas no grupo botânico das monocotiledôneas. As principais características desse grupo são (NABORS, 2012):
 - Presença de apenas um cotilédone na semente;
 - Folhas invaginantes com presença de nervuras paralelas;
 - Flores compostas por três elementos;
 - Os frutos possuem três múltiplos;
 - A estrutura interna do caule apresenta feixes vasculares espalhados;

- O sistema das raízes é fasciculado (em formato de cabeleira).

Podem ser citados como exemplos de plantas monocotiledôneas: Bambu, milho e cana de açúcar.

Figura 31 - Exemplos de plantas da família B (Bambu)



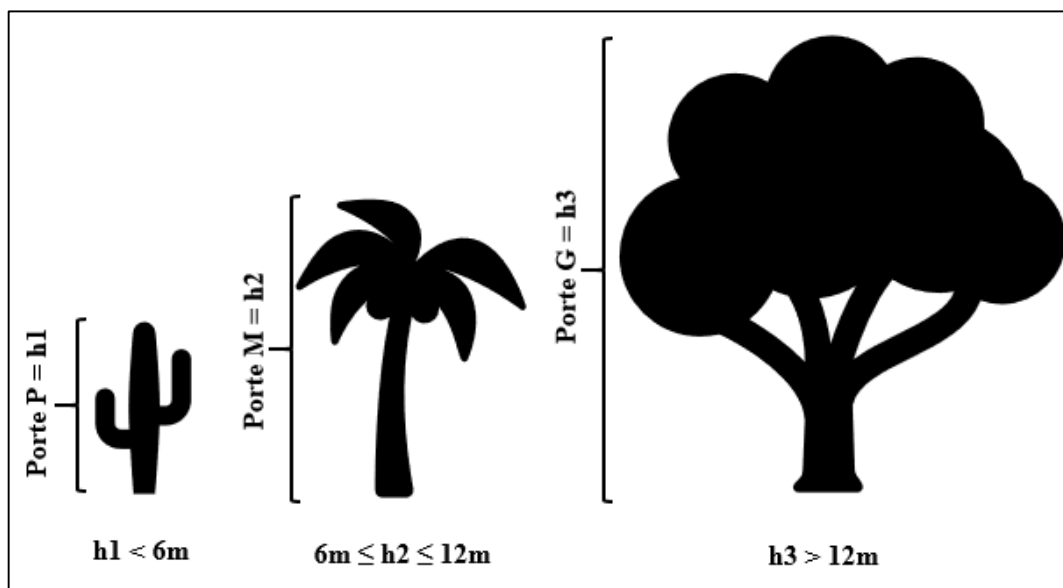
Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

6.2.2 Segundo dígito: Porte da vegetação

O porte da vegetação foi classificado de acordo com sua altura conforme segue:

- P (Porte Pequeno): Vegetação com altura menor de 6 metros;
- M (Porte Médio): Vegetação com altura compreendida entre 6 e 12 metros;
- G (Porte Grande): Vegetação com altura superior a 12 metros.

Figura 32 - Portes das vegetações



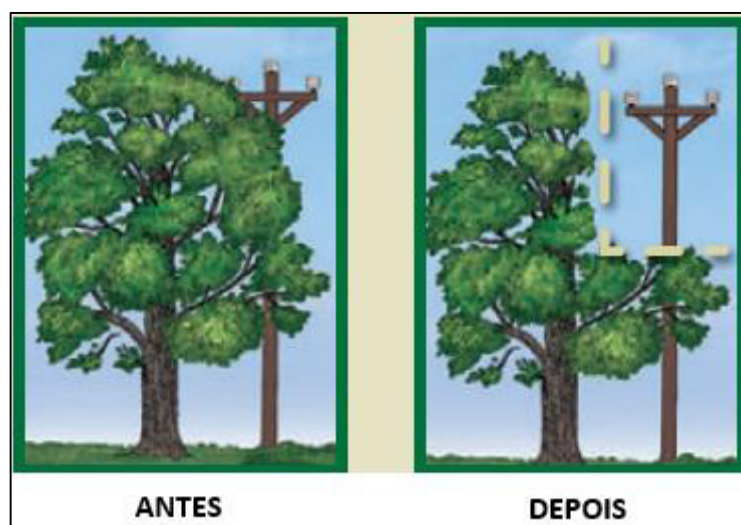
Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

6.2.3 Terceiro dígito: Tipo da poda

Os tipos de podas estão relacionados ao espaço físico da árvore onde é realizada a poda, e são descritos conforme segue:

- L (Poda Lateral): São as podas executadas na lateral da vegetação. Geralmente são realizadas quando os galhos laterais da planta estão próximos à RD;

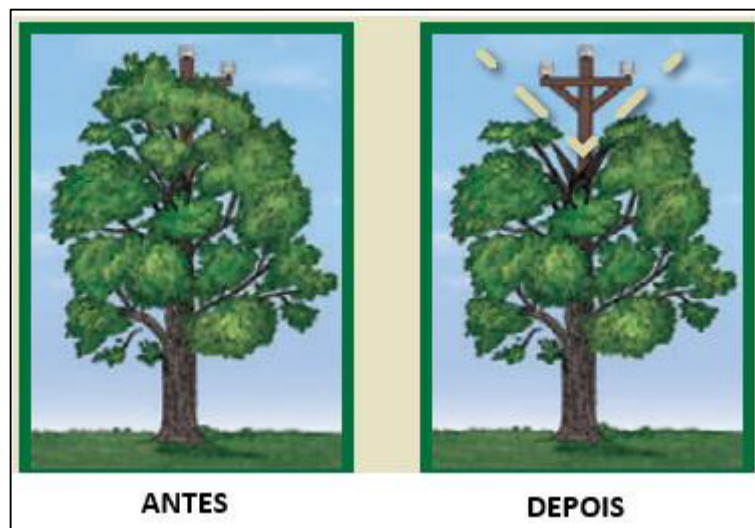
Figura 33 - Poda do tipo L (lateral)



Fonte: Center Point Energy (2012)

- C (Poda Central): São as podas executadas no centro da vegetação e podem ser feitas em formato de “V” ou “U”;

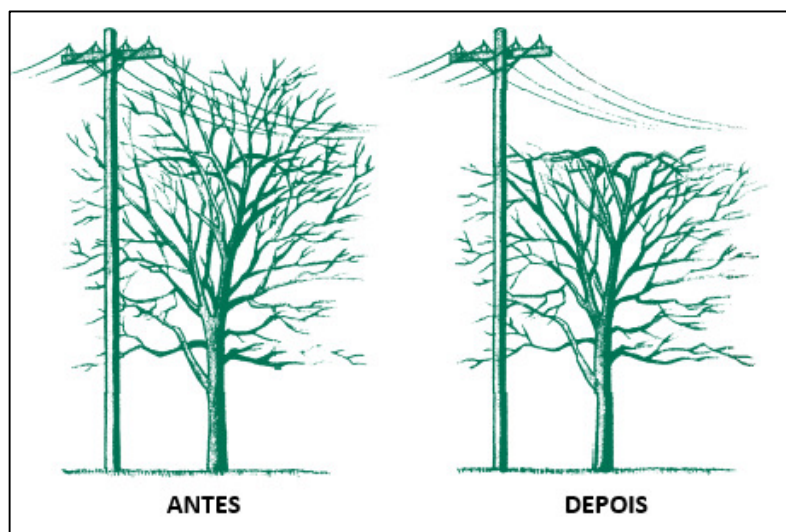
Figura 34 - Poda do tipo C (central) em formato "V"



Fonte: Center Point Energy (2012)

- R (Poda de Rebaixamento): São as podas que rebaixam a árvore, deixando-a com menor altura. Essas podas são feitas em plantas localizadas abaixo da RD;

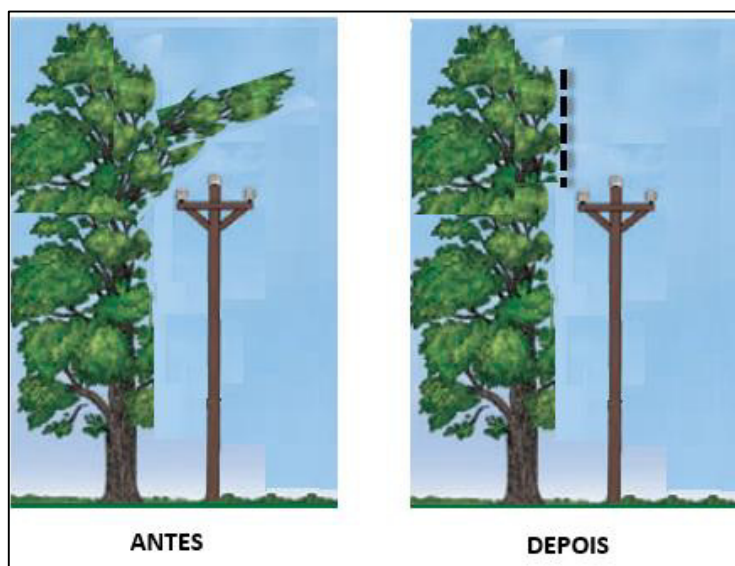
Figura 35 - Poda do tipo R (rebaixamento)



Fonte: ENMAX (2007)

- E (Poda de Elevação): São as podas realizadas nas partes da vegetação que se localizam acima dos condutores da RD. Esse tipo de poda se faz necessário pelo fato da existência de riscos potenciais de quedas de galhos sobre os cabos energizados.

Figura 36 - Poda do tipo E (elevação)



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

6.3 Possíveis combinações de tipos de podas

Com a metodologia implementada de denominação do tipo de poda através de 3 dígitos, criou-se uma tabela contendo o *mix* de serviços de podas da CEMAR, que é demonstrado na tabela 9 a seguir:

Tabela 9 - Tabela de Serviços de Podas

N	TIPO DE PODA	DESCRIÇÃO
1	PPL	PALMEIRA, PEQUENO PORTE, PODA LATERAL
2	PML	PALMEIRA, MÉDIO PORTE, PODA LATERAL
3	PGE	PALMEIRA, GRANDE PORTE, PODA DE ELEVAÇÃO
4	AMR	ÁRVORE, MÉDIO PORTE, PODA DE REBAIXAMENTO
5	AME	ÁRVORE, MÉDIO PORTE, PODA DE ELEVAÇÃO
6	AGE	ÁRVORE, GRANDE PORTE, PODA DE ELEVAÇÃO
7	APL	ÁRVORE, PEQUENO PORTE, PODA LATERAL
8	APR	ÁRVORE, PEQUENO PORTE, PODA DE REBAIXAMENTO
9	APC	ÁRVORE, PEQUENO PORTE, PODA CENTRAL
10	AML	ÁRVORE, MÉDIO PORTE, PODA LATERAL
11	AMC	ÁRVORE, MÉDIO PORTE, PODA CENTRAL
12	AGL	ÁRVORE, GRANDE PORTE, PODA LATERAL
13	BPR	BAMBÚ, PEQUENO PORTE, PODA DE REBAIXAMENTO
14	BMR	BAMBÚ, MÉDIO PORTE, PODA DE REBAIXAMENTO
15	BGR	BAMBÚ, GRANDE PORTE, PODA DE REBAIXAMENTO

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Percebe-se que alguns possíveis tipos de combinações de 3 dígitos de serviços foram deixados de fora. Isso foi proposital, pelo fato de algumas combinações dos dígitos não fazerem sentido. Como exemplo pode-se citar a combinação AGR, que seria uma árvore grande cujo serviço de poda é o rebaixamento. Não faz sentido fazer uma poda de rebaixamento em uma árvore grande (maior de 12 metros), pois as podas do tipo R são feitas em vegetações que se encontram abaixo da RD. É impossível de se ter uma árvore do porte G abaixo de uma RD operante, pois as redes de média tensão da CEMAR não possuem postes com tal altura em relação ao solo. Essa situação do exemplo seria um defeito permanente, visto que a árvore não permitiria o funcionamento adequado do alimentador ou ramal.

Por outro lado, o tipo de serviço AMR é plausível e, portanto, faz jus de estar contemplado na tabela de serviços de podas.

Figura 37 - Cajueiro localizado abaixo de uma RD cujo tipo de serviço necessário é o AMR



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Como a quantidade de tipos de podas é grande, optou-se por escolher um tipo de serviço e analisá-lo profundamente, a fim de se estabelecer um método de execução padrão para o mesmo, com o objetivo de ganhar-se produtividade e eficiência no processo.

O tipo de serviço escolhido foi o AML: Árvore de médio porte cujo serviço é a poda lateral.

6.4 PDCA aplicado à melhoria do tipo de poda AML

As quatro etapas do PDCA (*Plan, Do, Check e Act*) ocorreram no processo de melhoria do serviço de poda do tipo AML.

6.4.1 Etapa “Plan” do PDCA

Planejou-se aplicar o estudo de tempos e métodos para analisar o processo de execução do serviço de poda do tipo AML.

Abaixo seguem os fatores considerados no planejamento da atividade:

- Foi estabelecido um alvo na RD que possuísse a necessidade de execução do tipo de serviço AML;
- A árvore alvo para a realização do estudo deveria estar em um local onde a filmagem pudesse ocorrer de maneira satisfatória, onde não houvesse tráfego intenso de veículos e a distância para alocação do tripé com a filmadora fosse ideal;
- O dia escolhido para a realização da filmagem deveria ser um dia sem chuva, para que o equipamento de filmagem não fosse danificado e também pela segurança dos podadores;
- Devido à proximidade da árvore frente aos condutores, uma solicitação de intervenção (SI) no sistema elétrico com desligamento deveria ser aberta com antecedência para que a área de operações da CEMAR conseguisse se programar e desligar o segmento da rede de distribuição antes da execução da poda;
- A data da poda deveria ser combinada junto à equipe de podas para que a filmagem da atividade pudesse ocorrer.

6.4.2 Etapa “Do” do PDCA

Na data de execução do serviço AML, foi alinhado e dado as instruções à equipe de podas sobre como todo o serviço deveria ser realizado para que a filmagem pudesse ocorrer da maneira correta.

Então com o apoio de uma câmera filmadora e um tripé, filmou-se todo o processo de poda do tipo AML do início ao fim.

Figura 38 - Filmagem de todo o processo de poda



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

6.4.3 Etapa “*Check*” do PDCA

Após a realização da filmagem, foi feito o detalhamento estratificado de todo o processo de poda com o apoio de uma planilha eletrônica, a fim de se plotar o gráfico de *Gantt* das atividades de todos os integrantes da equipe de podas.

Nessa planilha de apoio constaram as seguintes informações:

- Contador sequencial da atividade;
- Descrição da atividade;
- Intervalo de cada atividade: Tempo de início e fim;
- Duração de cada atividade;
- Colaborador executante da atividade;
- O intervalo de tempo a ser considerado na hora da plotagem do gráfico;
- Gráfico de *Gantt* da atividade.

Figura 39 - Planilha de apoio - Detalhamento do processo

	A	B	C	D	E	I	J	K	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
4			INTERVALO TEMPO GRAF.		00:00:40	EXECUTANTE ATIVIDADE												
5	SEQ.	ATIVIDADE	INÍCIO	FIM	DURAÇÃO	MOTORI.	ENCARRE.	PODADOR	00:00:00	00:00:40	00:01:20	00:02:00	00:02:40	00:03:20	00:04:00	00:04:40	00:05:20	00:06:00
6	1	CHEGADA AO LOCAL	00:00:00	00:00:14	0:00:14	X			1									
7	2	ELABORAÇÃO DA APR	00:00:14	00:00:51	0:00:37	X				1								
8	3	VALIDANDO APR E ASSINANDO	00:00:51	00:02:19	0:01:28	X					1	1						
9	4	MOVIMENTO ATÉ ENTRAR NO CAMINHÃO	00:02:19	00:03:25	0:01:06	X							1	1				
10	5	MOVE O CAMINHÃO ATÉ O PONTO PARA INÍCIO DA PODA	00:03:25	00:03:50	0:00:25	X												
11	6	ESPERA SINAL PARA MOVER CAMINHÃO	00:03:50	00:14:17	0:10:27	X												
12	7	MOVE CAMINHÃO ATÉ O SEGUNDO PONTO PARA CONTINUAR A PODA	00:14:17	00:14:25	0:00:08	X												
13	8	ESPERA SINAL PARA MOVER CAMINHÃO	00:14:25	00:14:54	0:00:29	X												
14	9	MOVE CAMINHÃO ATÉ O TERCEIRO PONTO PARA CONTINUAR A PODA	00:14:54	00:15:00	0:00:06	X												
15	10	ESPERA SINAL PARA MOVER CAMINHÃO	00:15:00	00:20:57	0:05:57	X												
16	11	MOVE CAMINHÃO ATÉ O QUARTO PONTO PARA CONTINUAR A PODA	00:20:57	00:21:11	0:00:14	X												
17	12	ESPERA PODA SER CONCLUÍDA	00:21:11	00:51:38	0:30:27	X												
18	13	LEVA ÁGUA ATÉ O PODADOR 1	00:51:38	00:52:25	0:00:47	X												
19	14	ESPERA MATERIAL SER RECOLHIDO E PEGA FACÃO COM PODADOR 1	00:52:25	00:52:40	0:00:15	X												
20	15	AJUDA A RECOLHER E CORTAR O MATERIAL COM O PODADOR 2	00:52:40	01:03:48	0:11:08	X												
21	16	DESLOCA-SE PARA DEIXAR O FACÃO NO CAMINHÃO	01:03:48	01:05:28	0:01:40	X												
22	17	PEGA A GARRAFA DE ÁGUA E TOMA	01:05:28	01:06:16	0:00:48	X												
23	18	DESLOCA-SE PARA AJUDAR O PODADOR 1 A RETIRAR A SINALIZAÇÃO	01:06:16	01:07:32	0:01:16	X												

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Checou-se que o tempo total do serviço da poda AML foi de 1h13min08seg.

Com o detalhamento e o gráfico de *Gantt* das atividades prontos, foi possível observar que os integrantes das equipes ficavam ociosos por vários períodos, fator que deixava o serviço improdutivo e lento.

A seguir é mostrada a lista detalhada das atividades de cada integrante da equipe de poda e seu respectivo gráfico de *Gantt*. No gráfico de *Gantt* o preenchimento sólido representa trabalho, enquanto que o preenchimento listrado significa período ocioso.

6.4.3.1 Lista de atividades e gráfico de *Gantt* do motorista

Abaixo seguem as atividades e os tempos de execução do motorista, e seu respectivo gráfico de *Gantt*:

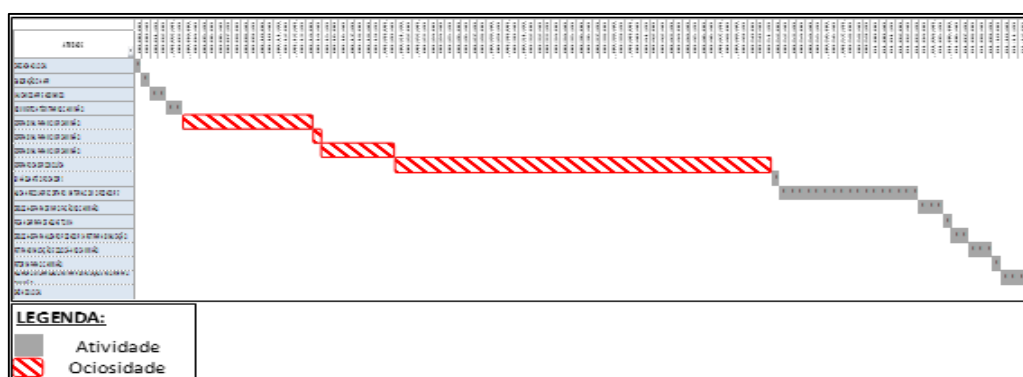
Tabela 10 - Lista de atividades com os tempos do motorista

SEQ.	ATIVIDADES MOTORISTA	INÍCIO	FIM	DURAÇÃO
1	CHEGADA AO LOCAL	00:00:00	00:00:14	0:00:14
2	ELABORAÇÃO DA APR	00:00:14	00:00:51	0:00:37

3	VALIDANDO APR E ASSINANDO	00:00:51	00:02:19	0:01:28
4	MOVIMENTO ATÉ ENTRAR NO CAMINHÃO	00:02:19	00:03:25	0:01:06
5	MOVE O CAMINHÃO ATÉ O PONTO PARA INÍCIO DA PODA	00:03:25	00:03:50	0:00:25
6	ESPERA SINAL PARA MOVER CAMINHÃO	00:03:50	00:14:17	0:10:27
7	MOVE CAMINHÃO ATÉ O SEGUNDO PONTO PARA A CONTINUAÇÃO DA PODA	00:14:17	00:14:25	0:00:08
8	ESPERA SINAL PARA MOVER CAMINHÃO	00:14:25	00:14:54	0:00:29
9	MOVE CAMINHÃO ATÉ O TERCEIRO PONTO PARA A CONTINUAÇÃO DA PODA	00:14:54	00:15:00	0:00:06
10	ESPERA SINAL PARA MOVER CAMINHÃO	00:15:00	00:20:57	0:05:57
11	MOVE CAMINHÃO ATÉ O QUARTO PONTO PARA A CONTINUAÇÃO DA PODA	00:20:57	00:21:11	0:00:14
12	ESPERA PODA SER CONCLUÍDA	00:21:11	00:51:38	0:30:27
13	LEVA ÁGUA ATÉ O PODADOR 1	00:51:38	00:52:25	0:00:47
14	ESPERA MATERIAL SER RECOLHIDO E PEGA FACÃO AO PODADOR 1	00:52:25	00:52:40	0:00:15
15	AJUDA A RECOLHER E CORTAR O MATERIAL JUNTO AO PODADOR 2	00:52:40	01:03:48	0:11:08
16	DESLOCA-SE PARA DEIXAR O FACÃO NO CAMINHÃO	01:03:48	01:05:28	0:01:40
17	PEGA A GARRAFA DE ÁGUA E BEBE	01:05:28	01:06:16	0:00:48
18	DESLOCA-SE PARA AJUDAR O PODADOR 1 A RETIRAR A SINALIZAÇÃO	01:06:16	01:07:32	0:01:16
19	RETIRA A SINALIZAÇÃO E A COLOCA NO CAMINHÃO	01:07:32	01:09:38	0:02:06
20	RETORNA PARA O CAMINHÃO	01:09:38	01:10:08	0:00:30
21	AGUARDA O ENCARREGADO RETIRAR A SINALIZAÇÃO E RETORNAR AO CAMINHÃO	01:10:08	01:12:08	0:02:00
22	SAÍDA DO LOCAL	01:12:08	01:13:08	0:01:00

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Gráfico 20 - Gráfico de *Gantt* – Serviços do motorista

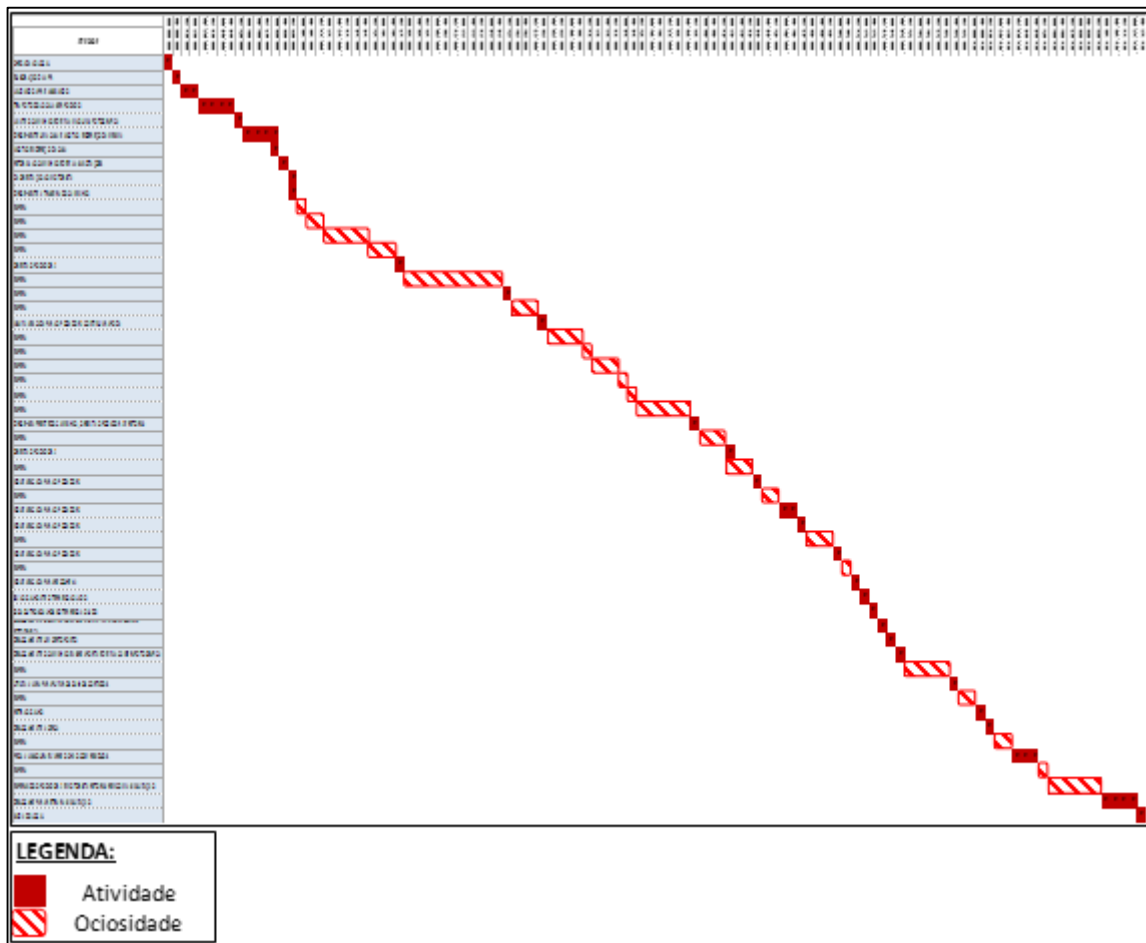


Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

6.4.3.2 Lista de atividades e gráfico de *Gantt* do encarregado

A lista de atividades desempenhadas pelo encarregado da equipe de poda, pelo fato de ser extensa, encontra-se no Apêndice I deste trabalho. Abaixo segue o gráfico de *Gantt* do encarregado:

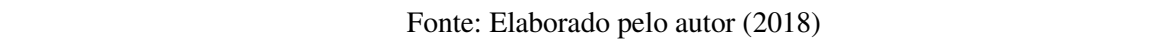
Gráfico 21 - Gráfico de *Gantt* - Serviços do encarregado



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

6.4.3.3 Lista de atividades e gráfico de *Gantt* do podador 1

A lista de atividades desempenhadas pelo podador 1 da equipe de poda, pelo fato de ser extensa, encontra-se no Apêndice II deste trabalho. Abaixo segue o gráfico de *Gantt* do podador 1:



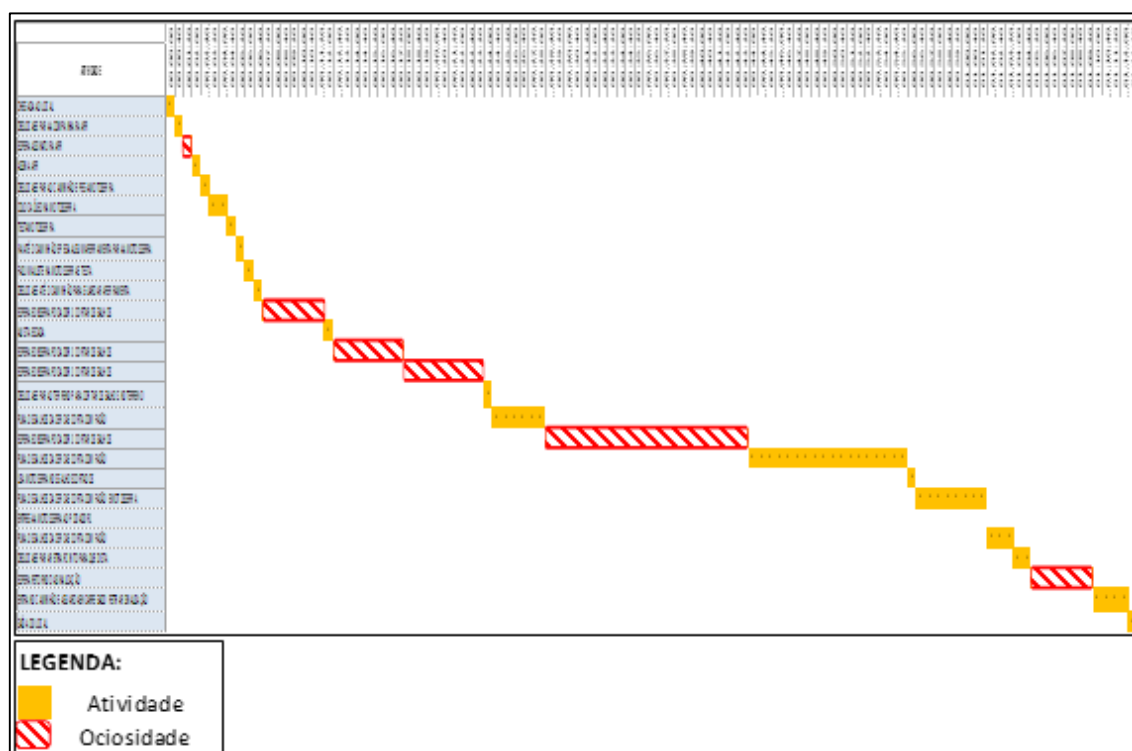
Na tabela abaixo segue a lista de atividades executadas pelo podador 2 da equipe de podas, e o seu respectivo gráfico de *Gantt*:

SEQ.	ATIVIDADES PODADOR 2	INÍCIO	FIM	DURAÇÃO
1	CHEGADA AO LOCAL	00:00:00	00:00:15	0:00:15
2	DESLOCA-SE PARA ACOMPANHAR A APR	00:00:15	00:00:40	0:00:25
3	ESPERA SEUS COMPANHEIROS ASSINAREM A APR	00:00:40	00:01:20	0:00:40
4	ASSINA A APR	00:01:20	00:02:17	0:00:57
5	DESLOCA-SE AO CAMINHÃO E PEGA A MOTOSERRA	00:02:17	00:03:01	0:00:44
6	COLOCA ÓLEO NA MOTOSSERRA	00:03:01	00:04:15	0:01:14

7	VAI ATÉ O CONTROLE DA ESCADA PARA AJUSTÁ-LA	00:04:15	00:04:18	0:00:03
8	AJUSTA A ESCADA	00:04:18	00:04:21	0:00:03
9	PEGA NOVAMENTE A MOTOSERRA	00:04:21	00:04:29	0:00:08
10	TESTA A MOTOSSERRA	00:04:29	00:05:00	0:00:31
11	COLOCA MOTOSERRA NO CHÃO	00:05:00	00:05:02	0:00:02
12	PEGA NOVAMENTE MOTOSERRA E A LEVA PARA A CALÇADA	00:05:02	00:05:08	0:00:06
13	VAI ATÉ O CAMINHÃO E PEGA UMA FERRAMENTA DA MOTOSSERRA	00:05:08	00:05:32	0:00:24
14	AJUSTA A MOTOSSERRA E FAZ O TESTE DA MESMA	00:05:32	00:06:30	0:00:58
15	ENTREGA A MOTOSSERRA AO PODADOR 1	00:06:30	00:06:38	0:00:08
16	DESLOCA-SE ATÉ O CAMINHÃO PARA GUARDAR A FERRAMENTA	00:06:38	00:06:53	0:00:15
17	COLOCA OS EPI's	00:06:53	00:07:15	0:00:22
18	ESPERA E OBSERVA O PODADOR 1 CORTAR OS GALHOS	00:07:15	00:11:47	0:04:32
19	AJUSTA A ESCADA	00:11:47	00:12:04	0:00:17
20	ESPERA E OBSERVA O PODADOR 1 CORTAR OS GALHOS	00:12:04	00:17:45	0:05:41
21	AJUSTA A ESCADA	00:17:45	00:17:54	0:00:09
22	ESPERA E OBSERVA O PODADOR 1 CORTAR OS GALHOS	00:17:54	00:23:50	0:05:56
23	DESLOCA-SE AO TERRENO PRÓXIMO PARA CORTAR OS GALHOS	00:23:50	00:24:15	0:00:25
24	PUXA OS GALHOS DA CERCA E CORTA COM O FACÃO	00:24:15	00:28:08	0:03:53
25	ESPERA E OBSERVA O PODADOR 1 CORTAR OS GALHOS	00:28:08	00:43:30	0:15:22
26	PUXA OS GALHOS DA CERCA E OS CORTA COM O FACÃO	00:43:30	00:55:54	0:12:24
27	CORTA GALHOS COM A MOTOSSERRA	00:55:54	00:56:08	0:00:14
28	PUXA OS GALHOS DA CERCA E OS CORTA COM FACÃO E MOTOSSERRA	00:56:08	01:01:29	0:05:21
29	ENTREGA A MOTOSSERRA AO PODADOR 1	01:01:29	01:01:31	0:00:02
30	PUXA OS GALHOS DA CERCA E CORTA COM O FACÃO	01:01:31	01:03:38	0:02:07
31	DESLOCA-SE PARA RETIRAR CINTO PARAQUEDISTA	01:03:38	01:04:55	0:01:17
32	COLOCA O CINTO NO CAMINHÃO	01:04:55	01:05:00	0:00:05
33	ESPERA A RETIRADA DA SINALIZAÇÃO DA ÁREA	01:05:00	01:09:28	0:04:28
34	ENTRA NO CAMINHÃO E AGUARDA ENCARREGADO GUARDAR OS MATERIAIS	01:09:28	01:12:08	0:02:40
35	SAÍDA DO LOCAL	01:12:08	01:13:08	0:01:00

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Gráfico 23 - Gráfico de *Gantt* - Serviço do podador 2



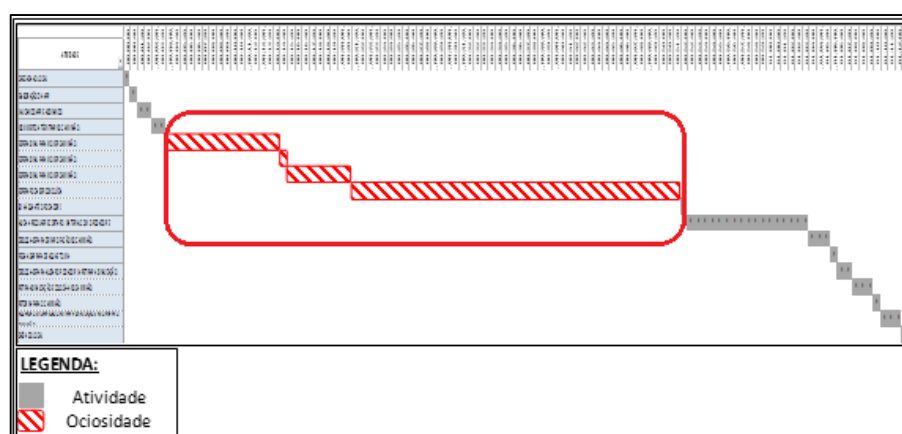
Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

6.4.4 Etapa “Act” do PDCA

Analisando-se os gráficos, percebe-se que há um desbalanceamento na distribuição de atividades da equipe.

O motorista por exemplo, passa a maior parte de seu tempo em ociosidade:

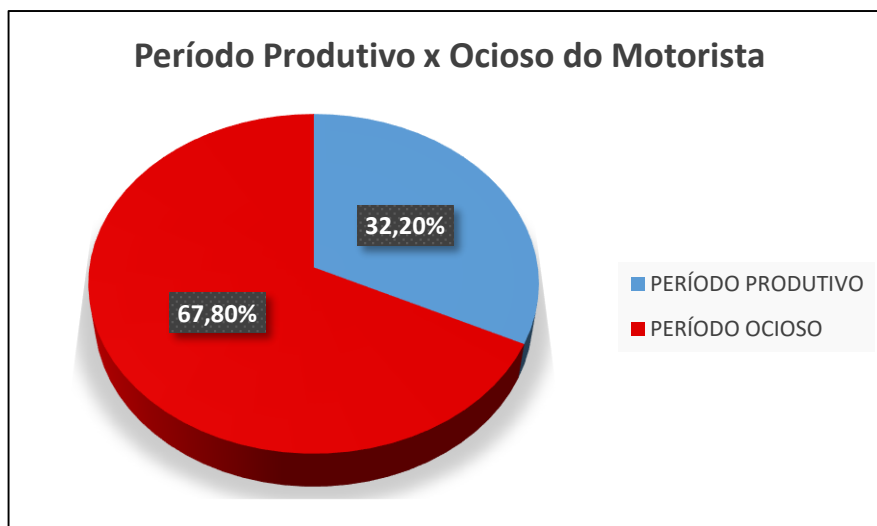
Figura 40 - Período de ociosidade do motorista



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

De todo o período de serviço, o motorista fica 49min35seg ocioso, o que representa 67,8% de todo o tempo da realização da poda.

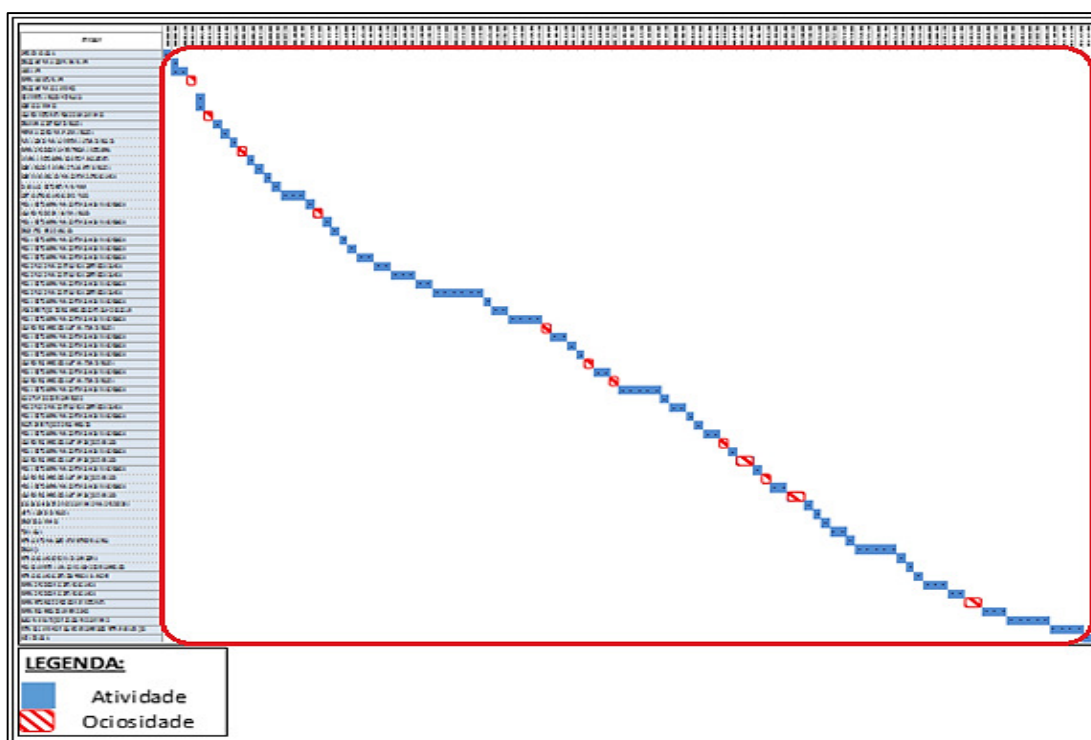
Gráfico 24 - Proporção de produtividade versus ociosidade do motorista



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

O podador 1, por outro lado, passa quase todo o seu tempo trabalhando:

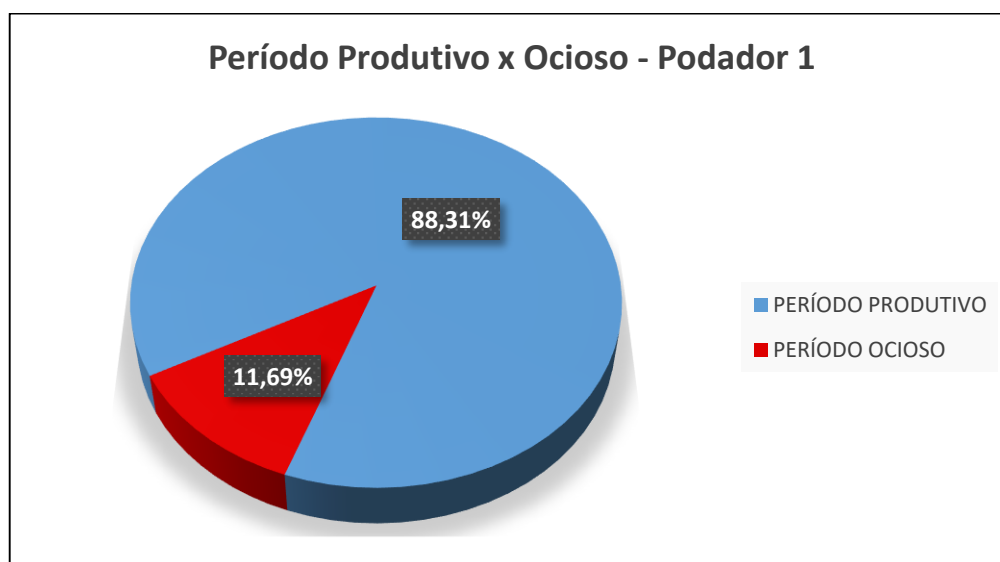
Figura 41 - Período do podador 1 quase integralmente preenchido por atividades produtivas



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Das 01h13min08seg totais do serviço de poda, o podador 1 permanece ocioso por apenas 08min33seg, que representa 11,7% do tempo de toda a atividade.

Gráfico 25 - Proporção produtividade versus ociosidade do podador 1



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Abaixo segue a tabela contendo os períodos produtivos e ociosos de cada integrante da equipe:

Tabela 12 - Períodos produtivos e ociosos do serviço de poda AML

COLABORADOR	PERÍODO PRODUTIVO	PERÍODO OCIOSO	% PERÍODO OCIOSO	TEMPO TOTAL DA ATIVIDADE
MOTORISTA	00:23:33	00:49:35	67,8%	01:13:08
ENCARREGADO	00:25:38	00:47:30	64,9%	01:13:08
PODADOR 2	00:36:29	00:36:39	50,1%	01:13:08
PODADOR 1	01:04:35	00:08:33	11,7%	01:13:08

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Como pode-se observar na tabela 12, os integrantes mais ociosos identificados foram os que desempenhavam a função de motorista e encarregado. Os mesmos ficavam ociosos por 67,8% e 64,9%, respectivamente, de todo o tempo de serviço. Deste modo, decidiu-se então acumular a função do motorista e encarregado para apenas uma pessoa, reduzindo assim o

quadro total de integrantes da equipe de poda de quatro para três colaboradores. O novo cargo, chamado de fiscal, engloba o serviço tanto do encarregado quanto do motorista. O podador 1 passou a ser chamado simplesmente por podador enquanto que o podador 2 teve seu cargo alterado para o nome de auxiliar.

Abaixo segue a tabela de-para referente às alterações de denominação de cargos das equipes de poda:

Tabela 13 - Tabela de-para referente aos cargos da equipe de podas

DENOMINAÇÃO DOS CARGOS	
DE	PARA
MOTORISTA	FISCAL
ENCARREGADO	
PODADOR 1	PODADOR
PODADOR 2	AUXILIAR

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Algumas outras decisões foram tomadas a fim de gerar melhorias ao processo. Abaixo seguem as ações tomadas:

- Quando possível, a execução de certas atividades deve ser realizadas por mais de um colaborador ao mesmo tempo, visando o aumento de produtividade e o corte de tempos ociosos dos integrantes da equipe;
- Eliminação dos tempos de *lead time* através da preparação antecipada dos equipamentos necessários para a execução das atividades, como por exemplo, a lubrificação e o abastecimento da moto-poda;
- Aplicação do 5S: organização antecipada do ferramental necessário para a execução do serviço.

Além disso, de forma a procurar um equilíbrio na relação atividade *versus* colaborador, realizou-se um balanceamento das atividades, que foi feito da seguinte maneira:

- Na planilha do gráfico de *Gantt* analisou-se a coluna dos períodos ociosos de cada colaborador;
- Caso um integrante ocioso da equipe pudesse realizar algum serviço em conjunto com outro colaborador, o mesmo ajudaria, melhorando assim a produtividade da equipe;

- As atividades que tivessem mais de um colaborador trabalhando ao mesmo tempo possuiria um preenchimento sólido na cor preta em sua linha no gráfico de *Gantt*.

Foi realizada uma reunião de alinhamento com a equipe de poda, já estabelecida na nova configuração de três integrantes, e então fez-se o serviço de poda tipo AML, o qual foi filmado novamente.

6.5 Método correto de execução da poda

Além das melhorias organizacionais já citadas, também se pensou em melhorias do manejo e manutenção dos equipamentos, e do método de se executar a poda.

Foram realizados treinamentos junto às equipes de operação e manutenção de motopodas, e de técnicas de poda em árvores.

6.5.1 Treinamento de operação e manutenção de motopoda

Um fornecedor de motopodas foi convocado a ministrar treinamentos junto às equipes, para orientar sobre o correto modo de uso da máquina, e também sobre os devidos cuidados a serem tomados para o prolongamento da vida útil do equipamento.

Figura 42 - Treinamento - Correto manuseio e manutenção de motopodas – Foto 1



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Figura 43 - Treinamento - Correto manuseio e manutenção de motopodas – Foto 2



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Gravou-se uma vídeo-aula quanto ao correto modo de manejo e manutenção de motopodas. Deste modo, ganhou-se um alto alcance na transferência de conhecimento quanto ao assunto, possibilitando assim o treinamento de todos os podadores, independentemente de seu local de atuação.

Figura 44 - Gravação de vídeo-aula sobre manejo e manutenção de motopodas



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

6.5.2 Treinamento de técnicas de podas em árvores e alinhamento de diretrizes

Antes de serem treinadas, as equipes não tinham conhecimento sobre a maneira correta de se executar uma poda, e deste modo, realizavam podas improdutivas, cortando galhos em locais errados, gerando danos maiores às vegetações e causando inconveniências para a concessionária de energia, que em pouco tempo precisava voltar ao mesmo local de serviço para eliminar os brotos epicórmicos que cresciam em direção à rede de distribuição.

Figura 45 - Poda executada de modo errado, realizada antes dos treinamentos



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Conforme já citado nesse trabalho, existe um método correto de podar árvores, o qual gera o menor dano possível à vegetação e impede o nascimento de novos brotos epicórmicos.

Foi visto também que as hipóteses consideradas mais relevantes quanto ao problema de ocorrências na RD por causa de vegetação foram:

- Falta de um método específico para a execução da poda;
- Poda mal executada;
- Falta de treinamento dos podadores.

Visando a eliminação desses problemas, ministrou-se treinamentos às equipes de poda para a realização de alinhamentos quanto a dois assuntos:

- Método correto de execução da poda;
- Diretrizes de execução da poda tipo AML;

Figura 46 - Treinamento sobre método correto de execução da poda



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Após a realização do estudo de tempos e métodos, estabeleceu-se diretrizes a serem seguidas para a execução do tipo de poda AML.

As diretrizes contemplam:

- O objetivo da tarefa, contendo o tempo alvo da atividade;
- A descrição dos materiais e equipamentos necessários para a execução do serviço;
- Passos a serem seguidos de forma a garantir a segurança da equipe;
- As atividades a serem desempenhadas do início ao fim do processo.

A poda tipo AML tem por objetivo a remoção de galhos e vegetações de uma árvore que esteja próxima a, ou em contato com a rede de distribuição de energia, de forma a prevenir interrupções no sistema elétrico.

O tempo alvo deste tipo de poda é de 40 minutos e 34 segundos.

Os materiais, equipamentos e ferramentas necessárias para a execução da tarefa são:

- Capacete de segurança classe B com jugular;
- Cones de sinalização;
- Fita de sinalização;
- Luvas de raspa/vaqueta;
- Botina de eletricista com as especificações exigidas pela NR10;
- Motopoda;
- Cinto de segurança tipo paraquedista;
- Óculos de segurança (lente escura ou incolor);
- Fardamento antichamas completo conforme especificações da NR10.

Visando a segurança e integridade física dos integrantes das equipes de podas, os itens abaixo devem ser obedecidos na execução da atividade:

- Os podadores do sistema elétrico deverão estar equipados com todos os equipamentos de proteção individuais (EPI's) necessários (fardamento antichamas completo da empresa, capacete com jugular, óculos protetor, botina de segurança e luvas de proteção), do início ao fim da tarefa;
- Os podadores deverão portar crachá de identificação;
- Todos os podadores devem estar equipados com cinto de segurança tipo paraquedista.
- O peso dos podadores executantes deve ser de no máximo 85kg;
- O podador deve descer até a marca de 2m para movimento do caminhão, ou mudança de ângulo da escada;
- O ângulo mínimo permitido de operação da escada é de 30 graus.
- O caminhão de poda deve ser estacionado em local adequado, no sentido do fluxo da via, protegendo a área de trabalho;
- A avaliação do cenário deve ser feita pela equipe na calçada, ou quando não houver a mesma, na frente do caminhão;
- Deve-se preencher a ficha de análise preliminar de riscos e sinalizar a área de trabalho antes do início das atividades.

Antes do início das atividades, as equipes de podas devem preparar todos os equipamentos necessários, de modo a eliminar *lead times* quando estiverem em campo, tornando assim o serviço mais produtivo. Deste modo, atividades como amolação das lâminas da motopoda, regulagem de ferramentas, e conferência do nível de combustível e óleo dos equipamentos, devem ser realizadas antes da equipe sair para campo ou no fim do expediente do dia anterior.

As atividades de execução do serviço de poda devem ocorrer conforme é estabelecido no seguinte itinerário:

- 1) Podador e auxiliar separam as ferramentas a serem utilizadas;
- 2) Fiscal coloca a sinalização na via de tráfego e movimenta a escada giratória;
- 3) Podador sobe na escada instalando trava quedas e se posiciona com o talabarte;
- 4) Fiscal fotografa a vegetação na rede e orienta o podador;
- 5) Podador realiza a poda;
- 6) Fiscal orienta e recolhe os resíduos da poda;

- 7) Auxiliar reduz o volume dos galhos podados no caminhão, entrega as ferramentas, move a escada e recolhe os resíduos da poda;
- 8) Fiscal e auxiliar coletam os resíduos da poda;
- 9) Podador desce da escada e retira o trava quedas;
- 10) Auxiliar move a escada giratória;
- 11) Fiscal fotografa o serviço realizado e preenche o relatório;
- 12) Auxiliar varre as folhas do chão caso as mesmas existam;
- 13) Podador retira a sinalização;
- 14) Equipe entra no veículo e parte para o próximo serviço;

Os seguintes itens devem ser obedecidos quanto a execução das podas:

- A vegetação deve ficar a uma distância de 2 metros dos condutores de média tensão (13,8 kV e 34,5 kV), e a 1 metro dos cabos de baixa tensão (220V fase/neutro e 380V fase/fase);
- Deve-se evitar o corte desnecessário de vegetação, mantendo-se o máximo possível da integridade da árvore.

Foram realizadas reuniões junto aos parceiros para a divulgação e alinhamento sobre as diretrizes.

Figura 47 - Reunião de alinhamento de diretrizes referente aos serviços de podas



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

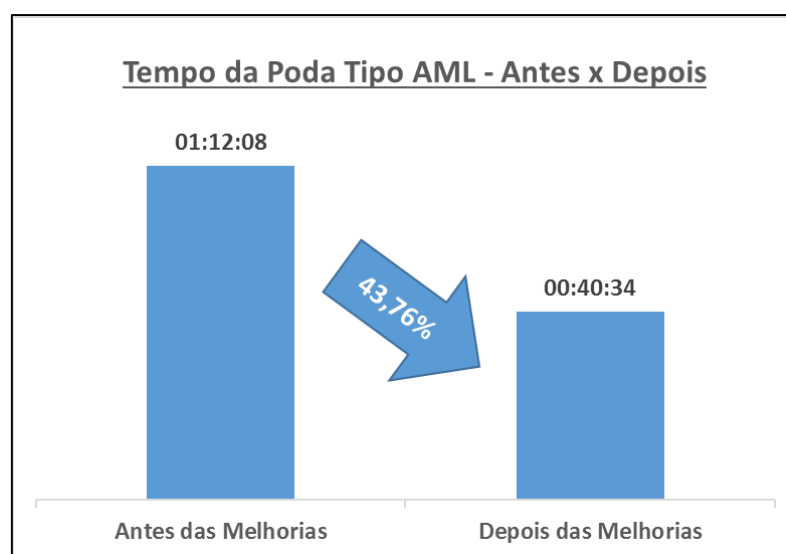
7 RESULTADOS OBTIDOS

Nesse trabalho foram obtidos resultados significativos ao processo de podas da CEMAR, os quais serão descritos a seguir.

7.1 Resultados obtidos a partir da aplicação do PDCA

Após a aplicação das melhorias, verificou-se que o tempo do serviço melhorou significativamente. Conseguiu-se melhorar o tempo da atividade total de 1h12min08seg para 40min34seg. Isso significa uma redução de 43,76% do tempo total do serviço da poda do tipo AML.

Figura 48 - Comparativo de tempo da poda tipo AML - Antes x Depois



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

É mostrado na tabela 14 uma visão ampla, do antes e depois da implantação das melhorias quanto ao tempo total da atividade, o tempo de ociosidade e o percentual de tempo ocioso de cada colaborador:

Tabela 14 - Visão dos tempos do serviço de poda AML antes e depois da aplicação das melhorias

PODA TIPO AML ANTES DA MELHORIA				PODA TIPO AML DEPOIS DA MELHORIA			
COLABORADOR	TEMPO TOTAL DA ATIVIDADE	TEMPO DE OCIOSIDADE	% TEMPO OCIOSO	COLABORADOR	TEMPO TOTAL DA ATIVIDADE	TEMPO DE OCIOSIDADE	% TEMPO OCIOSO
MOTORISTA	01:13:08	00:49:35	67,8%	FISCAL	00:40:34	00:15:40	38,6%
ENCARREGADO	01:13:08	00:47:30	64,9%				
PODADOR 2	01:13:08	00:36:39	50,1%	AUXILIAR	00:40:34	00:12:00	29,6%
PODADOR 1	01:13:08	00:08:33	11,7%	PODADOR	00:40:34	00:12:00	29,6%
MÉDIA EQUIPE	01:13:08	00:35:34	48,6%	MÉDIA EQUIPE	00:40:34	00:13:13	32,6%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Na tabela abaixo realizou-se um comparativo quanto ao tempo de ociosidade do antes e depois da implantação das melhorias:

Tabela 15 - Comparativo dos tempos de ociosidade do antes e depois da aplicação de melhorias

OCIOSIDADE ANTES DAS MELHORIAS		OCIOSIDADE DEPOIS DAS MELHORIAS		REDUÇÃO/AUMENTO DO TEMPO DE OCIOSIDADE	% DE REDUÇÃO/AUMENTO DO TEMPO DE OCIOSIDADE
COLABORADOR	TEMPO DE OCIOSIDADE	COLABORADOR	TEMPO DE OCIOSIDADE		
MOTORISTA	00:49:35	FISCAL	00:15:40	REDUÇÃO DE 00:33:55	REDUÇÃO DE 68,4%
ENCARREGADO	00:47:30			REDUÇÃO DE 00:31:50	REDUÇÃO DE 67,1%
PODADOR 2	00:36:39	AUXILIAR	00:12:00	REDUÇÃO DE 00:24:39	REDUÇÃO DE 67,3%
PODADOR 1	00:08:33	PODADOR	00:12:00	AUMENTO DE 00:03:27	AUMENTO DE 40,4%
MÉDIA EQUIPE	00:35:34	MÉDIA EQUIPE	00:13:13	REDUÇÃO DE 00:22:21	REDUÇÃO DE 62,8%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Percebe-se que o Fiscal e o Podador 2 conseguiram diminuir expressivamente seus tempos ociosos, enquanto que o Podador 1 apresentou um aumento de 03min27seg. Isso ocorreu devido ao balanceamento das atividades. Os colaboradores que estavam muito ociosos anteriormente passaram a ser mais produtivos com a nova distribuição de tarefas, e o Podador 1, que estava muito sobrecarregado, teve sua carga de trabalho aliviada.

A seguir serão mostradas as atividades de cada integrante da equipe de poda após a realização do balanceamento, e seus respectivos gráficos de *Gantt*.

7.1.1 Atividades e gráfico de *Gantt* do fiscal após o balanceamento

A tabela a seguir mostra detalhadamente as atividades do Fiscal após o balanceamento das atividades:

Tabela 16 - Atividades do Fiscal após o balanceamento

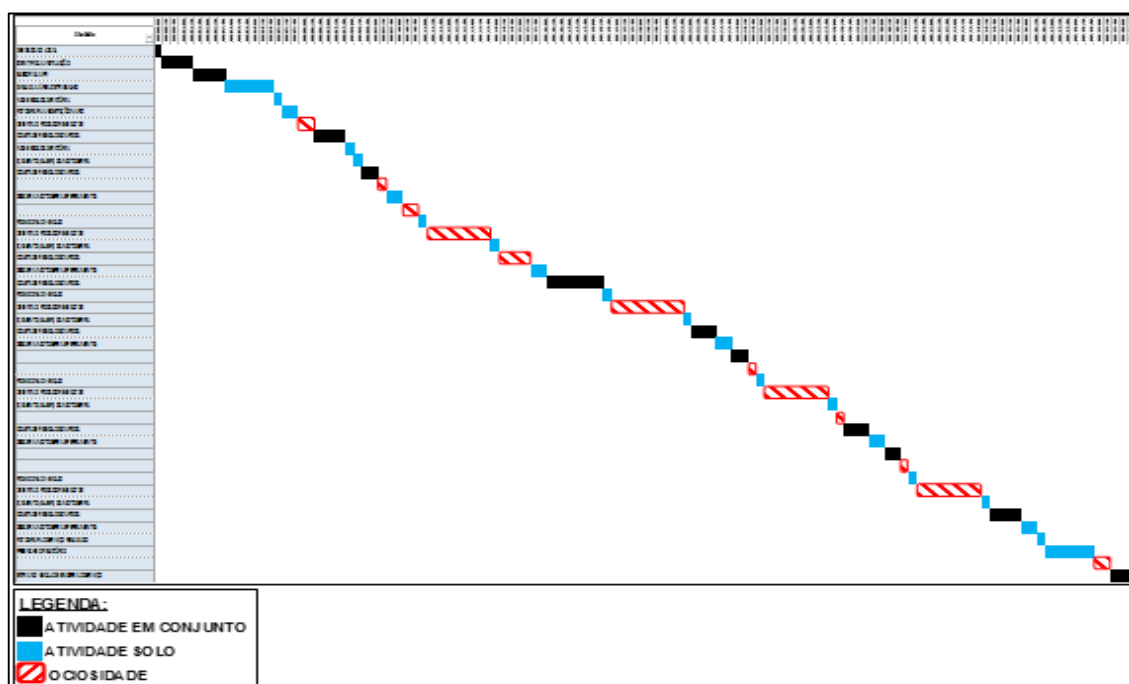
SEQ.	ATIVIDADES FISCAL	INÍCIO	FIM	DURAÇÃO
1	CHEGADA AO LOCAL	00:00:00	00:00:14	0:00:14
2	IDENTIFICA A INSTALAÇÃO	00:00:14	00:01:29	0:01:15
3	ELABORA A APR	00:01:29	00:02:59	0:01:30
4	SINALIZA A ÁREA DE TRABALHO	00:02:59	00:04:59	0:02:00
5	MOVE ESCADA GIRATÓRIA	00:04:59	00:05:14	0:00:15
6	FOTOGRAFA A VEGETAÇÃO NA RD	00:05:14	00:05:44	0:00:30
7	ORIENTA O PODADOR EXECUTOR	00:05:44	00:05:49	0:00:05
8	COLETA DE RESIDUOS DA PODA	00:06:34	00:09:04	0:02:30
9	ORIENTA O PODADOR EXECUTOR	00:06:34	00:06:39	0:00:05
10	MOVE ESCADA GIRATÓRIA	00:07:54	00:08:09	0:00:15
11	IÇAMENTO (SUBIR) DA MOTOSERRA	00:08:09	00:08:29	0:00:20
12	DESCER A MOTOSERRA E FERRAMENTAS	00:09:39	00:10:19	0:00:40
13	POSICIONA O VEICULO	00:10:54	00:11:09	0:00:15
14	ORIENTA O PODADOR EXECUTOR	00:11:09	00:11:14	0:00:05
15	IÇAMENTO (SUBIR) DA MOTOSERRA	00:13:59	00:14:19	0:00:20
16	COLETA DE RESIDUOS DA PODA	00:15:54	00:18:24	0:02:30
17	DESCER A MOTOSERRA E FERRAMENTAS	00:15:29	00:16:09	0:00:40
18	POSICIONA O VEICULO	00:18:39	00:18:54	0:00:15
19	ORIENTA O PODADOR EXECUTOR	00:18:54	00:18:59	0:00:05
20	IÇAMENTO (SUBIR) DA MOTOSERRA	00:21:44	00:22:04	0:00:20
21	COLETA DE RESIDUOS DA PODA	00:22:09	00:24:39	0:02:30
22	DESCER A MOTOSERRA E FERRAMENTAS	00:23:14	00:23:54	0:00:40
23	POSICIONA O VEICULO	00:24:54	00:25:09	0:00:15

24	ORIENTA O PODADOR EXECUTOR	00:25:09	00:25:14	0:00:05
25	IÇAMENTO (SUBIR) DA MOTOSERRA	00:27:59	00:28:19	0:00:20
26	COLETA DE RESÍDUOS DA PODA	00:28:24	00:30:54	0:02:30
27	DESCER A MOTOSERRA E FERRAMENTAS	00:29:29	00:30:09	0:00:40
28	POSICIONA O VEÍCULO	00:31:09	00:31:24	0:00:15
29	ORIENTA O PODADOR EXECUTOR	00:31:24	00:31:29	0:00:05
30	IÇAMENTO (SUBIR) DA MOTOSERRA	00:34:14	00:34:34	0:00:20
31	COLETA DE RESÍDUOS DA PODA	00:34:39	00:37:09	0:02:30
32	DESCER A MOTOSERRA E FERRAMENTAS	00:35:44	00:36:24	0:00:40
33	FOTOGRAFA O SERVIÇO REALIZADO	00:36:24	00:36:54	0:00:30
34	PREENCHE O RELATÓRIO	00:36:54	00:38:54	0:02:00
35	ENTRA NO VEÍCULO E ENCERRA O SERVIÇO	00:39:34	00:40:34	0:01:00

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

O gráfico abaixo mostra o gráfico de *Gantt* do Fiscal após a aplicação do balanceamento e das melhorias:

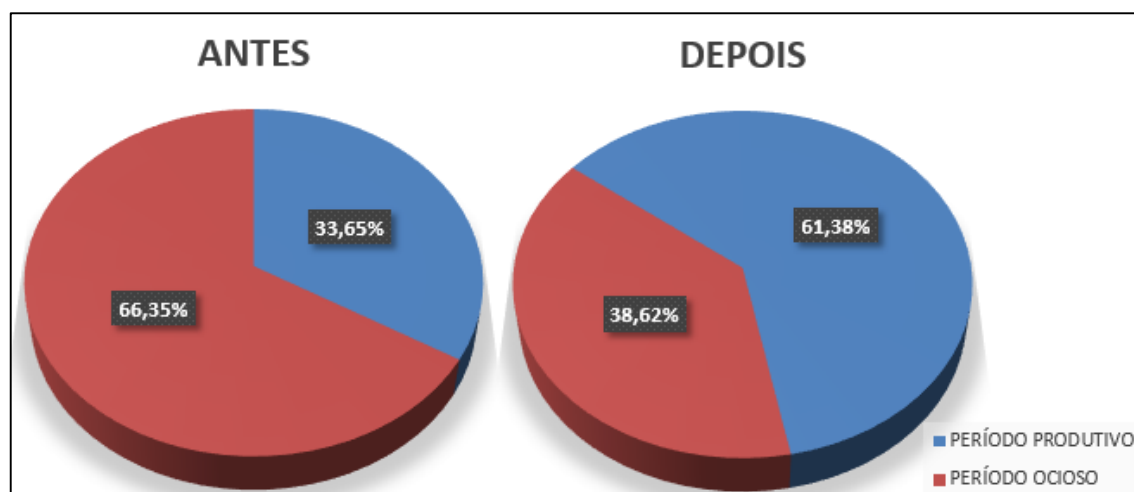
Gráfico 26 - Gráfico de *Gantt* do Fiscal após balanceamento e melhorias



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Abaixo segue o comparativo do antes *versus* depois da implantação das melhorias do Fiscal. Os dados do gráfico do antes foram obtidos através da média dos números dos cargos extintos de motorista e encarregado.

Figura 49 - Comparativo de produtividade do Fiscal - Antes x Depois



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

7.1.2 Atividades e gráfico de *Gantt* do podador após o balanceamento

A tabela a seguir mostra detalhadamente as atividades do Podador após o balanceamento das atividades:

Tabela 17 - Atividades do Podador após o balanceamento

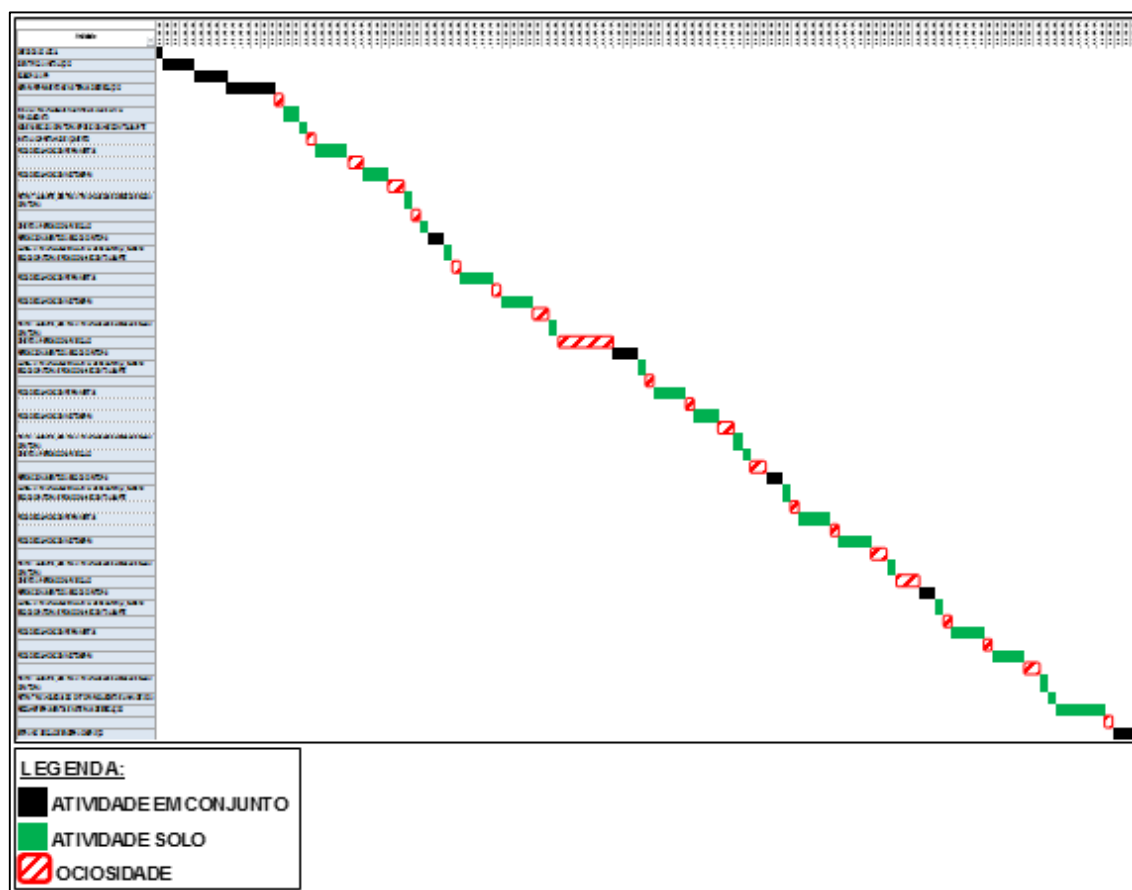
SEQ.	ATIVIDADES PODADOR 1	INÍCIO	FIM	DURAÇÃO
1	CHEGADA AO LOCAL	00:00:00	00:00:14	0:00:14
2	IDENTIFICA A INSTALAÇÃO	00:00:14	00:01:29	0:01:15
3	ELABORA A APR	00:01:29	00:02:59	0:01:30
4	SEPARA FERRAMENTAS E MATERIAIS DE EXECUÇÃO	00:02:59	00:04:59	0:02:00
5	INSTALA TRAVA-QUEDAS NA LINHA DE VIDA E CINTO PARAQUEDISTA	00:05:14	00:05:44	0:00:30
6	SOBE NA ESCADA GIRATÓRIA E POSICIONA-SE COM TALABARTE	00:05:44	00:06:04	0:00:20
7	INSTALA CARRETILHA DE IÇAMENTO	00:06:04	00:06:14	0:00:10
8	PODA DE GALHOS COM FERRAMENTAS	00:06:34	00:07:54	0:01:20

9	PODA DE GALHOS COM MOTOSERRA	00:08:29	00:09:39	0:01:10
10	RETIRA TALABARTE, DESTRAVA TRAVA-QUEDAS E DESCE DA ESCADA GIRATÓRIA	00:10:19	00:10:39	0:00:20
11	ORIENTA A REPOSICIONAR VEICULO	00:10:54	00:11:04	0:00:10
12	REPOSICIONAMENTO DA ESCADA GIRATÓRIA	00:11:09	00:11:59	0:00:50
13	CONECTA TRAVA-QUEDAS NO CINTO DE SEGURANÇA, SOBE NA ESCADA GIRATÓRIA E POSICIONA-SE COM TALABARTE	00:11:59	00:12:19	0:00:20
14	PODA DE GALHOS COM FERRAMENTAS	00:12:39	00:13:59	0:01:20
15	PODA DE GALHOS COM MOTOSERRA	00:14:19	00:15:29	0:01:10
16	RETIRA TALABARTE, DESTRAVA TRAVA-QUEDAS E DESCE DA ESCADA GIRATÓRIA	00:16:09	00:16:29	0:00:20
17	ORIENTA A REPOSICIONAR VEICULO	00:16:29	00:16:39	0:00:10
18	REPOSICIONAMENTO DA ESCADA GIRATÓRIA	00:18:54	00:19:44	0:00:50
19	CONECTA TRAVA-QUEDAS NO CINTO DE SEGURANÇA, SOBE NA ESCADA GIRATÓRIA E POSICIONA-SE COM TALABARTE	00:19:44	00:20:04	0:00:20
20	PODA DE GALHOS COM FERRAMENTAS	00:20:24	00:21:44	0:01:20
21	PODA DE GALHOS COM MOTOSERRA	00:22:04	00:23:14	0:01:10
22	RETIRA TALABARTE, DESTRAVA TRAVA-QUEDAS E DESCE DA ESCADA GIRATÓRIA	00:23:54	00:24:14	0:00:20
23	ORIENTA A REPOSICIONAR VEICULO	00:24:14	00:24:24	0:00:10
24	REPOSICIONAMENTO DA ESCADA GIRATÓRIA	00:25:09	00:25:59	0:00:50
25	CONECTA TRAVA-QUEDAS NO CINTO DE SEGURANÇA, SOBE NA ESCADA GIRATÓRIA E POSICIONA-SE COM TALABARTE	00:25:59	00:26:19	0:00:20
26	PODA DE GALHOS COM FERRAMENTAS	00:26:39	00:27:59	0:01:20
27	PODA DE GALHOS COM MOTOSERRA	00:28:19	00:29:29	0:01:10
28	RETIRA TALABARTE, DESTRAVA TRAVA-QUEDAS E DESCE DA ESCADA GIRATÓRIA	00:30:09	00:30:29	0:00:20
29	ORIENTA A REPOSICIONAR VEICULO	00:30:29	00:30:39	0:00:10
30	REPOSICIONAMENTO DA ESCADA GIRATÓRIA	00:31:24	00:32:14	0:00:50
31	CONECTA TRAVA-QUEDAS NO CINTO DE SEGURANÇA, SOBE NA ESCADA GIRATÓRIA E POSICIONA-SE COM TALABARTE	00:32:14	00:32:34	0:00:20
32	PODA DE GALHOS COM FERRAMENTAS	00:32:54	00:34:14	0:01:20
33	PODA DE GALHOS COM MOTOSERRA	00:34:34	00:35:44	0:01:10
34	RETIRA TALABARTE, DESTRAVA TRAVA-QUEDAS E DESCE DA ESCADA GIRATÓRIA	00:36:24	00:36:44	0:00:20
35	RETIRA TRAVA-QUEDAS DO CINTO PARAQUEDISTA E LINHA DE VIDA	00:36:44	00:37:14	0:00:30
36	RECOLHE FERRAMENTAS E MATERIAIS DE EXECUÇÃO	00:37:14	00:39:14	0:02:00
37	ENTRA NO VEICULO E ENCERRA O SERVIÇO	00:39:34	00:40:34	0:01:00

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

O gráfico abaixo mostra o gráfico de *Gantt* do Podador após a aplicação do balanceamento e das melhorias:

Gráfico 27 - Gráfico de *Gantt* do Podador após balanceamento e melhorias

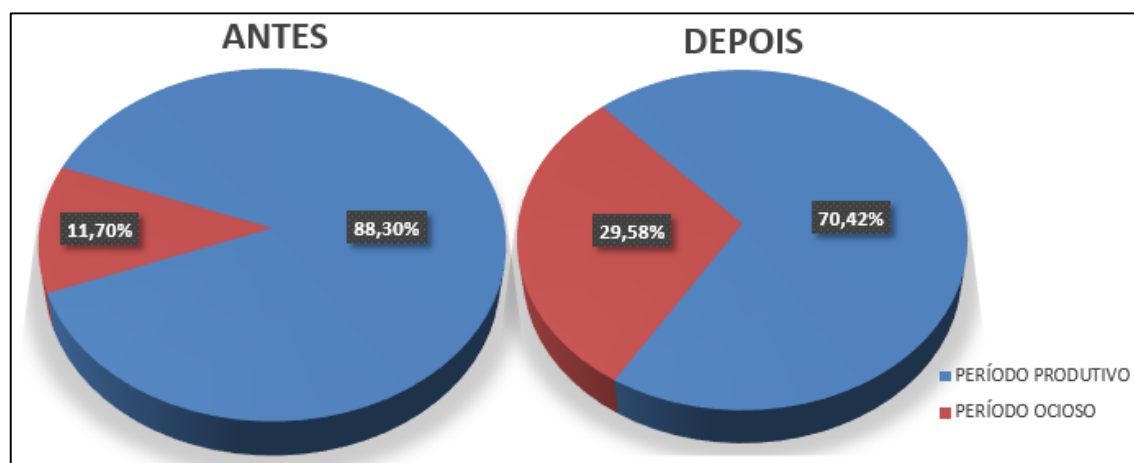


Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Percebe-se que o Podador continua desempenhando a maior parte de suas atividades de modo individual. Essa é uma característica inerente da função do Podador, pois na maior parte do tempo de seu trabalho individual ele está localizado em alturas superiores a dois metros, situado em cima de uma escada.

Abaixo segue o comparativo do antes e depois da implantação das melhorias do Podador:

Figura 50 - Comparativo de produtividade do Podador - Antes x Depois



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

O fato do Podador ter aumentado o seu período de ociosidade não deve ser considerado como algo negativo, pois graças ao balanceamento das atividades, o mesmo teve sua carga de trabalho aliviada, deixando-o assim menos fadigado.

7.1.3 Atividades e gráfico de *Gantt* do auxiliar após o balanceamento

A tabela a seguir mostra detalhadamente as atividades do Auxiliar após o balanceamento das atividades:

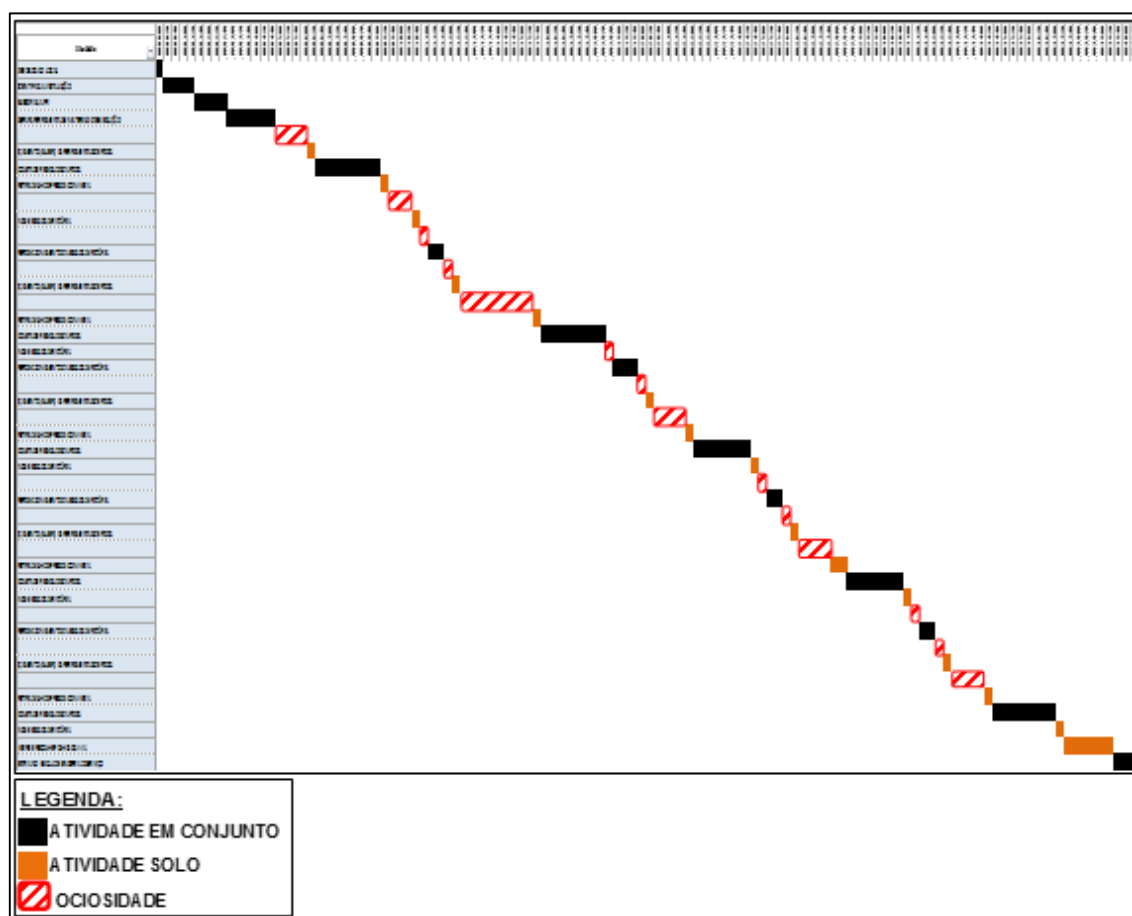
Tabela 18 - Atividades do Auxiliar após o balanceamento

SEQ.	ATIVIDADES PODADOR 2	INÍCIO	FIM	DURAÇÃO
1	CHEGADA AO LOCAL	00:00:00	00:00:14	0:00:14
2	IDENTIFICA A INSTALAÇÃO	00:00:14	00:01:29	0:01:15
3	ELABORA A APR	00:01:29	00:02:59	0:01:30
4	SEPARA FERRAMENTAS E MATERIAIS DE EXECUÇÃO	00:02:59	00:04:59	0:02:00
5	IÇAMENTO (SUBIR) AS FERRAMENTAS DE PODA	00:06:14	00:06:34	0:00:20
6	COLETA DE RESÍDUOS DA PODA	00:06:34	00:09:04	0:02:30
7	RETIRA GALHOS PRESOS COM VARA	00:09:04	00:09:29	0:00:25
8	MOVE ESCADA GIRATÓRIA	00:10:39	00:10:54	0:00:15
9	REPOSICIONAMENTO DA ESCADA GIRATÓRIA	00:11:09	00:11:59	0:00:50

10	IÇAMENTO (SUBIR) AS FERRAMENTAS DE PODA	00:12:19	00:12:39	0:00:20
11	RETIRA GALHOS PRESOS COM VARA	00:15:29	00:15:54	0:00:25
12	COLETA DE RESIDUOS DA PODA	00:15:54	00:18:24	0:02:30
13	MOVE ESCADA GIRATÓRIA	00:18:24	00:18:39	0:00:15
14	REPOSICIONAMENTO DA ESCADA GIRATÓRIA	00:18:54	00:19:44	0:00:50
15	IÇAMENTO (SUBIR) AS FERRAMENTAS DE PODA	00:20:04	00:20:24	0:00:20
16	RETIRA GALHOS PRESOS COM VARA	00:21:44	00:22:09	0:00:25
17	COLETA DE RESIDUOS DA PODA	00:22:09	00:24:39	0:02:30
18	MOVE ESCADA GIRATÓRIA	00:24:39	00:24:54	0:00:15
19	REPOSICIONAMENTO DA ESCADA GIRATÓRIA	00:25:09	00:25:59	0:00:50
20	IÇAMENTO (SUBIR) AS FERRAMENTAS DE PODA	00:26:19	00:26:39	0:00:20
21	RETIRA GALHOS PRESOS COM VARA	00:27:59	00:28:24	0:00:25
22	COLETA DE RESIDUOS DA PODA	00:28:24	00:30:54	0:02:30
23	MOVE ESCADA GIRATÓRIA	00:30:54	00:31:09	0:00:15
24	REPOSICIONAMENTO DA ESCADA GIRATÓRIA	00:31:24	00:32:14	0:00:50
25	IÇAMENTO (SUBIR) AS FERRAMENTAS DE PODA	00:32:34	00:32:54	0:00:20
26	RETIRA GALHOS PRESOS COM VARA	00:34:14	00:34:39	0:00:25
27	COLETA DE RESIDUOS DA PODA	00:34:39	00:37:09	0:02:30
28	MOVE ESCADA GIRATÓRIA	00:37:09	00:37:24	0:00:15
29	VARRE E RECOLHE FOLHAS DA VIA	00:37:24	00:39:34	0:02:10
30	ENTRA NO VEICULO E ENCERRA O SERVIÇO	00:39:34	00:40:34	0:01:00

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

O abaixo mostra o gráfico de *Gantt* do Auxiliar após a aplicação do balanceamento e das melhorias:

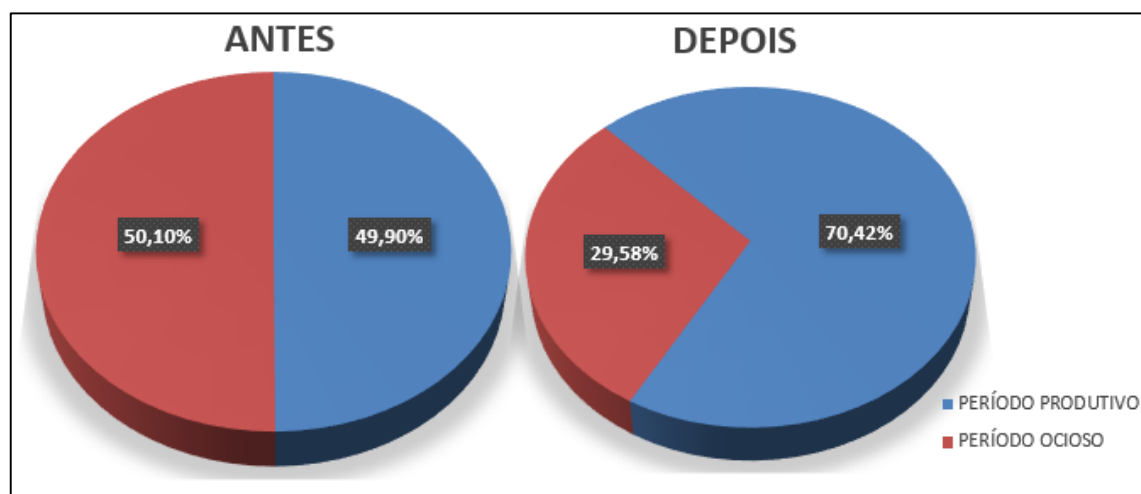
Gráfico 28 - Gráfico de *Gantt* do Auxiliar após balanceamento e melhorias

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Percebe-se que o Auxiliar possui várias atividades em conjunto. Isso ocorre pelo fato do mesmo ficar alternando sua posição durante a atividade entre o chão e a carroceria do caminhão. Deste modo ele trabalha em conjunto tanto com o Fiscal quanto com o Podador.

Abaixo segue o comparativo do antes e depois da implantação das melhorias do Podador:

Figura 51 - Comparativo de produtividade do Auxiliar - Antes x Depois



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

7.2 Resultados obtidos quanto às podas

Após o alinhamento e treinamento sobre as técnicas corretas de execução de poda junto aos podadores, verificou-se bons resultados. A figura a seguir mostra uma poda que foi realizada da maneira correta, pós-treinamento, com cortes executados nos colares da árvore:

Figura 52 - Poda executada corretamente no colar da árvore alguns dias após o treinamento



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Desta maneira a eficiência do serviço de podas melhorou expressivamente, pois assim não ocorre a rebrotação de galhos provenientes de gemas epicórmicas na região podada, evitando assim a necessidade do retorno à mesma árvore para a execução de serviço por parte das equipes da linha de frente, diminuindo dessa maneira os custos da CEMAR, e melhorando os índices de qualidade de distribuição de energia, pois a vegetação longe do alcance dos condutores significa melhoria nos indicadores de continuidade coletivos DEC e FEC da concessionária.

Com as reuniões de alinhamento, os podadores passaram a conhecer as diretrizes da poda tipo AML, e graças ao treinamento de manutenção do ferramental de serviço junto ao representante do fornecedor, as equipes também passaram a cuidar melhor de seus equipamentos e ferramentas, aumentando assim a vida útil dos mesmos.

8 CONCLUSÕES

Verificou-se que com o passar dos anos os ativos da CEMAR cresceram bastante. De 2005 a 2017 a extensão da rede MT quase triplicou, porém, os recursos utilizados para dar manutenção no sistema elétrico não acompanharam a mesma taxa de crescimento, forçando a companhia a ser cada vez mais produtiva.

Com o intuito de continuar melhorando os indicadores da CEMAR, foram realizadas análises de religamentos e das principais causas das saídas dos alimentadores da RD de média tensão. Vale lembrar que o segmento de RD foi responsável por 97,49 % do DEC e 93,42 % do FEC no ano de 2017 da CEMAR.

Verificou-se que o toque de vegetação na RD foi a principal causa das saídas de alimentadores tanto em 2016 quanto em 2017, logo foi decidido que o processo de podas deveria ser melhorado.

A aplicação do estudo de tempos, movimentos e métodos, a partir da filosofia de melhoria contínua, apoiada pelo PDCA, foi a ferramenta utilizada visando a melhoria do processo de podas. Conseguiu-se bons resultados com a aplicação dessa ferramenta. Melhorou-se a produtividade média da equipe de poda, reduzindo-se 43,76 % do tempo da poda tipo AML. Além disso o percentual de tempo ocioso médio da equipe para esse mesmo tipo de poda reduziu de 48,6 % para 32,6 %.

As técnicas de podas também foram revisadas, e foi identificado que as mesmas estavam sendo feitas de maneira incorreta. Para resolver esse problema, estudou-se quanto às técnicas corretas de execução de podas e ministrou-se treinamentos às equipes da linha de frente, deixando assim todos alinhados quanto ao método correto.

Também foi feito um estudo sobre a correlação do volume de chuvas e a quantidade de ocorrências de saída de alimentadores por toque de vegetação na rede, mostrando uma forte relação entre as duas variáveis. Analogamente, verificou-se a correlação entre a velocidade média dos ventos e a quantidade de ocorrências por toque de vegetação, e chegou-se à conclusão que essas duas variáveis possuem correlação muito fraca.

Por fim, conclui-se que o estudo empregado neste trabalho desempenhou bem o seu propósito, aplicando gestão no processo de podas da CEMAR, melhorando assim os indicadores de continuidade coletivos, pois com equipes de podas mais produtivas e eficientes, as desenergizações por toque de árvore na rede, que representam o maior impacto negativo no DEC e FEC, com certeza diminuirão.

A principal fragilidade do processo de podas estudado nesse trabalho é o recurso humano, devido à taxa de *turnover* das equipes de linha de frente e à disciplina em executar o serviço de acordo com as diretrizes estabelecidas.

Com o desenvolvimento do trabalho, foram observados outros desdobramentos, que possibilitam o desenvolvimento de trabalhos futuros tais como:

- A Realização de estudos de tempos e métodos para todos os outros tipos (combinações) de podas;
- Que seja feito um trabalho análogo, aplicado ao segmento de alta tensão, em linhas de transmissão cujas tensões são maiores ou iguais a 69 kV;
- Melhorar o apontamento das causas de desenergizações dos alimentadores. Evitar o lançamento de causas descritas como “fenômenos naturais”, tentando apontar a causa exata de todas as desenergizações, aumentando assim a confiabilidade dos dados;
- Fazer o acompanhamento das ocorrências de DEC e FEC por toque de vegetações na RD após a implantação de melhorias no serviço de todos os tipos de podas e fazer um comparativo para se verificar a evolução nos indicadores de continuidade coletivos de fornecimento de energia.

REFERÊNCIAS

- ABRADEE. **Redes de energia elétrica**. Disponível em: www.abradee.com.br. Acesso em 12/11/2016.
- AFONSO, P. L. A.; **Desmaterialização da auditoria à triagem de Manchester**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Minho. 2011.
- ALBERTIN, R. M.; ANGELIS, R. D. *et. al.*; **Diagnóstico quali-quantitativo da arborização viária de Nova Esperança, Paraná, Brasil**. REVSBAU, Piracicaba – SP, v.6, n.3, p.128-148, 2011.
- ALVES, M. T. **Cabos subterrâneos de média tensão em ambientes com grande presença de água**. O Setor Elétrico, São Paulo, Atitude Editorial, n. 93, p. 52-58, Out, 2013.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Indicadores**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/indicadores>; Acesso em: 10/04/2018.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Indicadores Coletivos de Continuidade (DEC e FEC)**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/indicadores-coletivos-de-continuidade>; Acesso em: 10/04/2018.
- ANGELIS, B. L. D. D.; MAREK, C. F. *et. al.*; **Rede de distribuição de energia elétrica e arborização viária: o caso da Cidade de Maringá, Estado do Paraná**. Acta Scientiarum. Technology, Maringá, v. 33, n. 4, p. 365-370, 2011.
- APOLINÁRIO, L. A. V.; MANTOVANI, J. R. S.; **Modelo de programação matemática para controle do crescimento da vegetação sob redes de distribuição de energia elétrica**. Revista Controle & Automação, Vol. 22, Nº 3, Mai e Jun de 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16246-1: Florestas urbanas – manejo de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas parte 1: Poda**. Rio de Janeiro, p. 14. 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15688: Redes de distribuição de energia elétrica em condutores nus**. Rio de Janeiro, p. 154. 2012.
- BALENSIEFER, M.; WIECHETECK, M. **Arborização de cidades**. Curitiba: Instituto de Cartografia e Florestas. 1987.
- BATISTA, D. M.; FONSECA, N. L. S.; MIYAZAWA, F. K.; **Escalonadores de tarefas em grades**. Anais do XXVI Congresso da SBC. IV Workshop em desempenho de sistemas computacionais e de comunicação. Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Jul de 2006.
- BECKERT, A. M.; SAMPAIO, A. C. F.; SILVA, B. B. D.; RUCINSKI, M. A.; **Cadastramento da arborização em vias públicas de Maringá – PR**. XVII Seminário Nacional de Energia elétrica, Belo Horizonte – MG, 2006.

BORTOLETO, S.; SILVA FILHO, D. F. D.; **Situação da arborização viária da estância de Águas de São Pedro - SP.** Revista em Agronegócios e Meio Ambiente, v. 1, n.3, p. 391-403, set./dez. 2008.

BOUFORD, J. D.; **Spacer cable reduces tree caused customer interruptions.** Transmission and Distribution Conference and Exposition. IEEE, 2008.

BUTLER, K. L.; RUSSEL, B. D. *et. al.*; **Characterization of electrical incipient fault signature resulting from tree contact with electric distribution feeders.** IEEE, Power System Automation Laboratory, Dept. of Electrical Engineering, Texas A&M University, Texas, EUA, 1999.

CARVALHO, M. M.; RABECHINE JR, R. (2011). **Fundamentos em Gestão de Projetos.** São Paulo: Editora Atlas S.A. 3ª ed.

CASTRO, N. S. de. **Importância da arborização no desempenho técnico da gerência de coordenação regional de Porto Alegre.** Monografia (Especialização) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2000.

CASTRO, P. M.; **Técnicas de Plantio e Poda de Árvores Urbanas.** III Circuito Cemig de Arborização Urbana. 2014.

CAVALCANTE, J. C. **Mortalidade em menores de um ano: utilização de novos indicadores para avaliação.** Dissertação de mestrado em Saúde da criança, Centro de Ciências da Saúde. Departamento de Tocoginecologia. Universidade Federal de Alagoas. 2003.

CEMAR – COMPANHIA ENERGÉTICA DO MARANHÃO. **Conheça A Cemar.** Disponível em: < <http://www.cemar116.com.br/conheca-a-cemar/a-cemar>>. Acesso em 05/04/2018.

CENTRAL POINT ENERGY. **Tree Trimming Practices – For transmissions and distribution power lines.** CNP 826, Houston, Texas, EUA, Agosto, 2012.

COPEL – COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. **Norma Técnica COPEL – NTC 841100, Projeto de Redes de Distribuição Compacta Protegida.** Diretoria de Distribuição, Superintendência de Engenharia De Expansão, Departamento De Normalização, Geoprocessamento e Obras. 3ª Edição. Maio, 2013.

CORTEZ, C. L.; **Estudo do potencial de utilização da biomassa resultante da poda de árvores para a geração de energia: Estudo de Caso: AES Eletropaulo.** Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo – SP, 2011.

DAILY, W. K.; **Engineering justification for tree trimming.** IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 14, No. 4, Out, 1999.

ELEKTRO – Eletricidade e Serviços S.A. **Guia Elektro de Manejo da Arborização.** São Paulo, 2018, 28p.

ELEKTRO Eletricidade e Serviços S.A., **Projetos de redes aéreas rurais de distribuição de energia elétrica sistema trifásico em 13,8KV.** Norma Técnica ND.21, Campinas, São Paulo, 2014.

ELEKTRO Eletricidade e Serviços S.A., **Redes protegidas compactas - critérios para projetos e padronização de estruturas**. Norma Técnica ND.12, Campinas, São Paulo, 2014.

ELEKTRO Eletricidade e Serviços S.A., **Critérios para projeto e construção de redes subterrâneas em condomínios**. Norma Técnica ND.46, Campinas, São Paulo, 2014.

ENMAX POWER CORPORATION; **P.L.A.N.T. Program – Power Lines and Nearby Trees**. Calgary, Alberta, Canadá, Set, 2007.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética; **Estudos da demanda de energia - demanda de energia 2050**. Rio de Janeiro, 2016 (Nota Técnica DEA 13/15).

FARIA, J. L. G.; MONTEIRO, E. A.; FISCH, S. T. V.; **Arborização de vias públicas do município de Jacareí – SP**. Rev. SBAU, Piracicaba, v.2, n.4, p. 20-33, dez. 2007.

FERNANDES, Edite Manuela da G.P.; **Estatística Aplicada**. Braga: American Mathematical Society, 1999.

FONSECA, S. F. D.; SANTOS, D. C. D.; TRINDADE, W. G.; **Técnicas de geoprocessamento aplicadas na classificação e avaliação da distribuição das espécies arbóreas nas praças de Buritizeiro/MG**. Geografia Ensino & Pesquisa, vol. 18, n. 2, maio/ago, 2014.

FORTES, M. Z.; BARBOSA, M. V.; NASCIMENTO, R. C. *et al.*; **Análise de viabilidade técnico-econômica para erradicação de árvores sob linhas de distribuição**. Revista Brasileira de Energia, Vol. 16, No. 1, pp. 93-106, 1º Sem. 2010.

FRÓES, C. A.; BORGIANNI, R. B.; CARVALHO, T.; SOUSA, S. A.; **Sistema de Gestão e Manejo da Arborização Urbana ao Longo das Redes de Distribuição**. XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, Olinda – PE, 2008.

FUNPAR – FUNDAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ; **Plano de Arborização Urbana: Diretrizes, Ações e Manejo para Arborização Viária, Praças, Bosques Nativos Relevantes, Legislação**. Paraná, 2017.

GISSONI, R. T.; **Aplicação de recursos de gestão produtiva total (TPM) para gestão de ativos em empresas de distribuição de energia elétrica**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, 2016.

GOLDENBERG, A. A.; WIERCIENSKI, J. *et al.*; **A remote manipulator for forestry operations**. International conference on robotics and automation, Nice, França, p. 2792-1794, Mai, 1992.

GONÇALVES, S.; ROCHA, F. T.; **Caracterização da arborização urbana do bairro de Vila Maria Baixa**. ConSCIENTIAE SAÚDE. Rev. Cient., UNINOVE – São Paulo. v.2, p. 67-75, 2003.

GOMES, H. J. **Estudos de viabilidade das redes de distribuição secundárias compactas no sistema elétrico da CELG D**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, 2010.

GUIKEMA, S. D.; DAVIDSON, R. A.; LIU, H.; **Statistical models of the effects of tree trimming on power system outages**. IEEE Transactions on power delivery, Vol. 21, No. 3, Jul, 2006.

GUIMARÃES, D. F. S.; ALMEIDA, I. C. R.; PATRICIO, A. A.; SILVA, C. F. S.; BUSTAMANTE, N. C. R.; **Caracterização da arborização urbana da área central do município de Manaquiri, Amazonas**. XVIII Congresso Brasileiro de Arborização Urbana, RJ, 2014.

HEFFLEY, M.; HALTER, D. **Trimming the workload: vegetation assessment in the field**. IEEE. Conference Papers, Paper No. 07 C2, 2007.

HEIZER, J.; RENDER, B.; **Operations Management**. USA: Pearson. 10 ed. 2011.

HILBER, P.; BERTLING, L.; **Multiobjective maintenance policy for a distribution system an application study**. In 'Proceedings of the 10th International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems PMAPS', pp. 1–6, 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Consulta do volume de precipitação na cidade de São Luís-MA através da base de dados disponibilizada online**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>> Acesso em: 24/03/2018.

JÚNIOR, Dilzair Alvimar de Oliveira; **Faltas de alta impedância: detecção e localização de rompimento de condutores em circuito primário de redes aéreas de distribuição baseado em desequilíbrio de tensão**. 2006. 176f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

JÚNIOR, A. O.; **Redução dos custos de empresas de distribuição de energia através da adequação da arborização urbana**. São Paulo: CESP, 9 p, 1996.

JURAN, J. M.; GODFREY, A. B.; **Juran's Quality Handbook**. 5th Ed. The McGraw-Hill Companies, Inc. USA. 1998.

KOBAYASHI, Y.; KARADY, G. G. *et. al.*; **The utilization of satellite images to identify trees endangering transmission lines**. IEEE Transactions on power delivery, Vol. 24, No. 3, Jul, 2009.

KOGA, D. T. P.; **Um projeto de melhoria na produção visando a diminuição de perdas em uma indústria alimentícia de embutidos**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, Paraná, 2010.

KUNTZ, P. A.; CHRISTIE, R. D.; VENKATA, S. S.; **Optimal Vegetation Maintenance Scheduling of Overhead Electric Power Distribution Systems**. IEEE Transactions on power delivery, Vol. 17, No. 4, Out, 2002.

LAMAT UNIOESTE; **Apostila de Materiais Elétricos: Capítulo 18 - Materiais Dielétricos**. Laboratório de Materiais Unioeste. Fóz do Iguaçu, Paraná, 2010.

LEMONS, J. D. J.; MACHADO, A. D. L.; NETO, J. J.; **Minimização Do Processo De Poda Em Árvores Utilizadas No Paisagismo Urbano**. Revista Semioses, v 10, n.03, 2016.

LI, T. Y.; SHIE, Y. C.; **An incremental learning approach to motion planning with roadmap management.** International conference on robotics and automation. Washington, DC, EUA, p. 3411-3416, Mai, 2012.

LI, Y.; YEDDANAPUDI, S.; MCCALLEY, J. D.; *et al.*; **Resource management for distribution system maintenance using optimized risk reduction.** 9th International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems, KTH, Stockholm, Sweden - June 11-15, 2006.

LIMA, H. G. F. D.; COSTA, R. M. D.; SOARES, A. D. S.; LAUREANO, G. T.; **Reconhecimento de árvores usando visão computacional para prevenir interrupções no sistema de distribuição de energia elétrica.** XI Brazilian simposium on information system, Goiânia – GO, May 26-29, 2015.

LOUIT, D.; PASCUAL, R.; BANJEVIC, D.; **Optimal interval for major maintenance actions in electricity distribution networks.** Electrical Power and Energy Systems, 31, 396–401, 2009.

LUNA, Aelfo Marques. **Materiais para Engenharia Elétrica.** Recife: do autor. 2004.

LUZ, A. D. D.; MENDONÇA, F. A. R. C.; MARÂMBIO, J. E. S.; *et al.*; **Vegetação nativa adequada à convivência com redes urbanas.** II Congresso de inovação tecnológica em energia elétrica, Anais do II CITENEL, 2003.

MANUAL Técnico de Arborização Urbana. Prefeitura de São Paulo – Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente, p. 121, Abril de 2015.

MAREK, C. F.; **Os impactos da arborização viária sobre a rede de distribuição de energia elétrica: estudo de caso da Zona 7 de Maringá, Paraná.** 90f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.

MARSHALL JUNIOR, Isnard et al. **Gestão da qualidade.** 9. ed. São Paulo: Ed. da FGV, 2006.

MARTINS, L. F. V.; ANDRADE, H. H. B. D.; ANGELIS, B. L. D. D.; **Relação entre podas e aspectos fitossanitários em árvores urbanas na cidade de Luiziana, Paraná.** REVSBAU, Piracicaba – SP, v.5, n.4, p.141-155, 2010.

MCNAIR, B. J.; BENNETT, J.; HENSHER, D. A.; ROSE, J. M.; **Households' willingness to pay for overhead-to-underground conversion of electricity distribution networks.** Energy Policy, 39, pp 2560–2567, 2011.

MIRANDA, W. L.; SOSSAE, F. C.; SÉ, J. A. D. S.; GALLO, Z.; **Arborização de vias públicas: o caso do bairro Jardim Águas do Paiol, em Araraquara, SP-Brasil.** REVISTA UNIARA, v.14, n.1, julho 2011.

MUNARO, M; PIAZZA, F; SOUZA, R. G. P. D. et al. **Fatores de influência na compatibilidade de cabos protegidos, isoladores e acessórios utilizados em redes aéreas compactas de distribuição de energia elétrica, sob condições de multi-estressamento.** Anais do II CITENEL, II Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica, Salvador, Bahia, 2003.

NABORS, M. W.; **Introdução à botânica**. São Paulo: Roca. 646 p. 2012.

NEVES, D. V. S.; SANTOS, K. C. B. A. **Redes elétricas subterrâneas em condomínio de médio porte na cidade de vitória da conquista, bahia: um estudo de caso**. C&D-Revista Eletrônica da Fainor, Vitória da Conquista, Bahia, v.8, n.2, p.158-168, jul./dez. 2015.

OLIVEIRA, A. F. D.; PEREIRA, G. D. A.; SILVA, L. C. D.; SANTOS, B. A. O.; **Arborização viária sob rede elétrica na região leste do estado de Minas Gerais**. Revista Científica Vozes dos Vales – UFVJM – MG – Brasil – Nº 08 – Ano IV – 10/2015.

OLIVEIRA, A. F. D.; PEREIRA, J. A. A.; PEREIRA, G. D. A.; *et al.*; **Modalidades de poda avaliadas na arborização viária sob rede elétrica no estado de Minas Gerais**. REVSBAU, Piracicaba – SP, v.10, n.2, p. 1-13, 2015.

OLIVEIRA, A. F. D.; PEREIRA, J. A. A.; COELHO, S. J.; *et al.*; **Diagnóstico parcial da arborização viária sob rede elétrica na Regional Oeste de Minas Gerais**. Pesq. flor. bras., Colombo, v. 36, n. 85, p. 31-40, jan./mar. 2016.

OLIVEIRA, E. C.; **Introdução à biologia vegetal**. 2ª ed. Edusp, São Paulo, SP, Brasil, 2003.

PEIXOTO, A. B. G.; **O problema de inspeções na rede de distribuição de energia elétrica: uma abordagem evolutiva**. Dissertação de Mestrado, Programa De Mestrado Em Logística E Pesquisa Operacional, Universidade Federal Do Ceará, Fortaleza – CE, 2015.

PIRELLI. **Fios e postes, desapareçam!**. Revista Pirelli Club, n.12, set. 2000.

PIRES, N. A. M. T.; MELO, M. D. S.; OLIVEIRA, D. E. D.; SANTOS, S. X.; **A arborização urbana do município de Goiandira/GO – Caracterização quali-quantitativa e propostas de manejo**. REVSBAU, Piracicaba – SP, v.5, n.3, p.185-205, 2010.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK®)**. 5ª ed. Project Management Institute, Inc., Newtown Square, Pennsylvania, Estados Unidos, 2013.

PRETTO, C. O.; LEMOS, F. A. B.; ROSA, M. A. D.; SANTOS, T. T. D.; **Utilização de computação móvel para qualificação de rotinas de operação e manutenção de redes de distribuição**. Revista Controle & Automação/Vol.17 no.4/Out, Nov e Dez, 2006.

RAMUSSEN, J.; **Mechanized tree trimming**. Central Hudson Gas and Electric Corporation, Poughkeepsie, New York, Set, 1956.

RAST, E. D.; BEATON, J. A.; SONDERMAN, D. L.; **Photographic guide to selected external defect indicators and associated internal defects in black walnut**. USDA Forest Service, Research Paper NE-617, 24 pg, 1988.

RECCO, R. **À sombra dos ipês da minha terra**. Londrina: Midiograf, 2005.

REES, T.; **The Interim Register of Marine and Nonmarine Genera**. Disponível em: <<http://www.irmng.org>>. Acesso em 14/04/2018.

RIBEIRO, A. L.; **Teoria da administração**. São Paulo: Saraiva, 2003.

RIBEIRO, C. D. J.; GOMES, H. J.; SANTOS, E. B. D.; *et al.*; **A viabilidade da Implantação de Rede de Distribuição Secundária Compacta na CELG - Um estudo de caso.** XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, Olinda – PE, Out, 2008.

ROBES JUNIOR, A.; BONELI, V. V.; **Gestão da Qualidade e do Meio Ambiente.** São Paulo: Atlas, 2006.

ROCHA, M. C. F.; **Gestão da Qualidade.** Canoas, RS: ULBRA, 2017.

ROCHA, R. C. C.; BERRÊDO, R. C.; BERNIS, R. A. O. *et al.* **New technologies, standards, and maintenance methods in spacer cable systems.** IEEE Transactions on Power Delivery, v. 17, n. 2, abr. 2002.

ROCHA, R. T. D.; LELES, P. S. D. S.; OLIVEIRA NETO, S. N. D.; **Arborização de vias públicas em Nova Iguaçu, RJ: O caso dos bairros Rancho Novo e Centro.** R. Árvore, Viçosa-MG, v.28, n.4, p.599-607, 2004.

RONCOLATTO, R. A.; ROMANELLI, N. W.; HIRAKAWA, A.; *et al.*; **Robotics applied to work conditions improvement in power distribution lines maintenance.** 1st International Conference on Applied Robotics for the Power Industry, Delta Centre-Ville, Montréal, Canada, October 5-7, 2010.

SANTOS, P. L. F. D.; CASTILHO, R. M. M. D.; **Análise de podas drásticas na arborização da cidade de Ilha Solteira-SP.** Construção de Cidades Verdes, III Encontro Técnico e Científico, 26 e 27 de Out, 2016.

SARDETO, E. **Avaliação técnica, econômica e de impacto ambiental da implantação das redes compactas protegidas em Maringá.** 71f. Monografia (Especialização) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

SCHALLENBERGER, L. S.; MACHADO, G. D. O.; **Inventário da arborização na região central do município de Mangueirinha – PR.** REVSBAU, Piracicaba – SP, v.8, n.1, p.54-64, 2013.

SIEBERT, L. C.; GAMBOA, L. R. A.; MÜLLER, A.; *et al.*; **Desenvolvimento de um equipamento robotizado telecomando para poda de árvores junto à rede elétrica energizada: Aspectos de segurança.** XXII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica – SENDI, Curitiba – PR, 2016.

SILVA, S. R.; MELO, V. H. D. C.; **Identificação de arborização sob rede de média tensão utilizando reconhecimento de padrões por rede neural artificial.** XX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica – SENDI, Rio de Janeiro – RJ, 2012.

SILVA, E. R. B.; SOUSA, M. C. D.; MELO, J. K. H.; NUNES, T. A.; **Percepção da população de Mossoró, Rio Grande do Norte sobre a poda e arborização urbana.** Magistra, Cruz das Almas – BA, V. 27, N.2, p. 167-178, Abr./Jun 2015.

SILVA, A. G. D.; CARDOSO, A. D. L.; RAPHAEL, M.; **Diagnóstico quali-quantitativo da arborização viária da cidade de Jerônimo Monteiro, ES.** Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, N.14; p. 1179, 2012.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.; **Administração da Produção**. São Paulo, SP: Editora Atlas, 2ª ed., 2002.

SOMMERVILLE, Ian. **Software Engineering**. USA: Addison-Wesley Publishers. 4 ed. 1992.

SOUZA, E. D.; **Índices de confiabilidade devido a vegetação e planejamento de podas de árvores em redes de distribuição**. Dissertação de Mestrado, Programa De Pós-Graduação Em Engenharia Elétrica, Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Ilha Solteira – SP, 2013.

VELASCO, G. D. N. **Arborização viária x sistemas de distribuição de energia elétrica: avaliação dos custos, estudo das podas e levantamento de problemas fitotécnicos**. Dissertação de Mestrado - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (ESALQ-USP), Piracicaba, São Paulo, 2003.

VELASCO, G. D. N.; LIMA, A. M. L. P.; COUTO, H. T. Z. D.; **Análise comparativa dos custos de diferentes redes de distribuição de energia elétrica no contexto da arborização urbana**. Sociedade de Investigações Florestais, R. Árvore, Viçosa-MG, v.30, n.4, p.679-686, 2006.

WARREN, C. M.; **The effect of reducing momentary outages on distribution reliability indices**. IEEE Transactions on Power Delivery. Vol. 7, No. 3, July, 1992.

WISCHKAEMPER, J.; BENNER, C.; RUSSEL, B. D.; **Electrical characterization of vegetation contacts with distribution conductors - investigation of progressive fault behavior**. IEEE Transmission and Distribution Conference and Exposition – TD, 2008.

APÊNDICES

APÊNDICE I – LISTA DE ATIVIDADES COM OS TEMPOS DO ENCARREGADO

SEQ.	ATIVIDADES ENCARREGADO	INÍCIO	FIM	DURAÇÃO
1	CHEGADA AO LOCAL	00:00:00	00:00:14	0:00:14
2	ELABORAÇÃO DA APR	00:00:14	00:00:51	0:00:37
3	VALIDANDO APR E ASSINANDO	00:00:51	00:02:19	0:01:28
4	DIRIGE-SE AO CAMINHÃO PARA DEIXAR A APR E PEGA A CÂMERA	00:02:19	00:02:34	0:00:15
5	TIRA FOTO DO LOCAL A SER PODADO	00:02:34	00:04:45	0:02:11
6	DIRIGE-SE AO CAMINHÃO PARA MOVER A ESCADA AO PODADOR 1	00:04:45	00:04:49	0:00:04
7	MOVE A ESCADA AO PODADOR 1	00:04:49	00:05:03	0:00:14
8	VAI ATÉ O CAMINHÃO E DEIXA A MÁQUINA FOTOGRÁFICA	00:05:03	00:05:47	0:00:44
9	DIRIGE-SE ATÉ UMA CASA E ANOTA O ENDEREÇO DA MESMA	00:05:47	00:08:00	0:02:13
10	CORRIGE O ENDEREÇO DA CASA	00:08:00	00:08:19	0:00:19
11	RETORNA AO CAMINHÃO E DEIXA AS ANOTAÇÕES	00:08:19	00:09:01	0:00:42
12	DIRIGE-SE ATÉ O MOTORISTA	00:09:01	00:09:10	0:00:09
13	ORIENTA O MOTORISTA	00:09:10	00:09:20	0:00:10
14	DIRIGE-SE ATÉ A TRASEIRA DO CAMINHÃO	00:09:20	00:09:33	0:00:13
15	ESPERA	00:09:33	00:10:05	0:00:32
16	ORIENTA O PODADOR 1	00:10:05	00:10:07	0:00:02
17	ESPERA	00:10:07	00:11:40	0:01:33
18	ORIENTA O PODADOR 1	00:11:40	00:11:44	0:00:04
19	ESPERA	00:11:44	00:14:50	0:03:06
20	ORIENTA O PODADOR 1	00:14:50	00:15:00	0:00:10
21	ESPERA	00:15:00	00:17:19	0:02:19
22	ORIENTA O PODADOR 1	00:17:19	00:17:23	0:00:04
23	ESPERA	00:17:23	00:24:57	0:07:34
24	ORIENTA O PODADOR 1	00:24:57	00:25:07	0:00:10
25	ESPERA	00:25:07	00:25:40	0:00:33
26	ORIENTA O PODADOR 1	00:25:40	00:25:48	0:00:08
27	ESPERA	00:25:48	00:25:53	0:00:05

APÊNDICE I – LISTA DE ATIVIDADES COM OS TEMPOS DO ENCARREGADO

SEQ.	ATIVIDADES ENCARREGADO	INÍCIO	FIM	DURAÇÃO
28	ORIENTA O PODADOR 1	00:25:53	00:25:55	0:00:02
29	ESPERA	00:25:55	00:27:22	0:01:27
30	ORIENTA O PODADOR 1	00:27:22	00:27:25	0:00:03
31	ESPERA	00:27:25	00:28:00	0:00:35
32	ABAIXA A ESCADA PARA O PODADOR 1 CONTINUAR A PODA	00:28:00	00:28:04	0:00:04
33	ESPERA	00:28:04	00:31:00	0:02:56
34	ATENDE O TELEFONE	00:31:00	00:31:16	0:00:16
35	ESPERA	00:31:16	00:31:32	0:00:16
36	ABAIXA A ESCADA PARA O PODADOR 1 CONTINUAR A PODA	00:31:32	00:31:35	0:00:03
37	ESPERA	00:31:35	00:33:28	0:01:53
38	ABAIXA A ESCADA PARA O PODADOR 1 CONTINUAR A PODA	00:33:28	00:33:32	0:00:04
39	ESPERA	00:33:32	00:34:20	0:00:48
40	ORIENTA O PODADOR 1	00:34:20	00:34:22	0:00:02
41	ESPERA	00:34:22	00:35:08	0:00:46
42	ABAIXA A ESCADA PARA O PODADOR 1 CONTINUAR A PODA	00:35:08	00:35:17	0:00:09
43	ESPERA	00:35:17	00:38:52	0:03:35
44	ESCUTA O PODADOR 1 FALAR ALGO SOBRE A PODA	00:38:52	00:38:55	0:00:03
45	VAI À FRENTE DO CAMINHÃO, ORIENTA O PODADOR 1 E RETORNA	00:38:55	00:39:21	0:00:26
46	MOVE A ESCADA AO PODADOR 1	00:39:21	00:39:36	0:00:15
47	ESPERA	00:39:36	00:41:55	0:02:19
48	ORIENTA O PODADOR 1	00:41:55	00:42:00	0:00:05
49	ESPERA	00:42:00	00:43:53	0:01:53
50	MOVE A ESCADA AO PODADOR 1	00:43:53	00:44:19	0:00:26
51	ESPERA	00:44:19	00:45:30	0:01:11
52	MOVE A ESCADA AO PODADOR 1	00:45:30	00:45:36	0:00:06
53	ESPERA	00:45:36	00:45:46	0:00:10
54	MOVE A ESCADA AO PODADOR 1	00:45:46	00:46:51	0:01:05

APÊNDICE I – LISTA DE ATIVIDADES COM OS TEMPOS DO ENCARREGADO

SEQ.	ATIVIDADES ENCARREGADO	INÍCIO	FIM	DURAÇÃO
55	ESPERA	00:46:51	00:46:55	0:00:04
56	MOVE A ESCADA AO PODADOR 1	00:46:55	00:47:02	0:00:07
57	ESPERA	00:47:02	00:47:15	0:00:13
58	MOVE A ESCADA AO PODADOR 1	00:47:15	00:47:25	0:00:10
59	ESPERA	00:47:25	00:47:33	0:00:08
60	ORIENTA O PODADOR 1	00:47:33	00:47:42	0:00:09
61	ESPERA	00:47:42	00:49:51	0:02:09
62	MOVE A ESCADA AO PODADOR 1	00:49:51	00:50:08	0:00:17
63	ESPERA	00:50:08	00:51:05	0:00:57
64	MOVE A ESCADA PARA RECOLHÊ-LA	00:51:05	00:51:28	0:00:23
65	VAI AO CAMINHÃO E PEGA UM GALHO QUE CAIU POR LÁ	00:51:28	00:51:40	0:00:12
66	LEVA O GALHO ATÉ A CARROCERIA DO CAMINHÃO	00:51:40	00:52:28	0:00:48
67	JOGA OUTROS GALHOS NA CARROCERIA DO CAMINHÃO	00:52:28	00:53:03	0:00:35
68	DESLOCA-SE ATÉ O CAMINHÃO E ABRE A PORTA PARA PEGAR A CÂMERA FOTOGRÁFICA	00:53:03	00:54:00	0:00:57
69	DESLOCA-SE ATÉ OUTRO LOCAL	00:54:00	00:54:21	0:00:21
70	TIRA FOTO DO LOCAL PODADO	00:54:21	00:54:32	0:00:11
71	DESLOCA-SE ATÉ O CAMINHÃO, ABRE A PORTA E DEIXA A CÂMERA FOTOGRÁFICA	00:54:32	00:55:13	0:00:41
72	ESPERA	00:55:13	00:58:16	0:03:03
73	PEGA A VARA COM GANCHO PARA RETIRAR RESÍDUOS DO CAMINHÃO	00:58:16	00:58:16	0:00:00
74	UTILIZA A VARA PARA PUXAR OS GALHOS CORTADOS	00:58:16	00:58:56	0:00:40
75	ESPERA	00:58:56	01:00:40	0:01:44
76	DESLOCA-SE ATÉ A FRENTE DO CAMINHÃO E RETIRA O GALHO QUE ESTÁ EM FRENTE	01:00:40	01:00:40	0:00:00
77	RETIRA O GALHO	01:00:40	01:01:13	0:00:33
78	DESLOCA-SE ATÉ A CERCA	01:01:13	01:01:30	0:00:17
79	PEGA A MOTOSERRA DO PODADOR 2 E ENTREGA AO PODADOR 1	01:01:30	01:01:34	0:00:04
80	ESPERA	01:01:34	01:03:16	0:01:42
81	PEGA A VASSOURA E VARRE O CHÃO COM RESÍDUOS	01:03:16	01:05:08	0:01:52

APÊNDICE I – LISTA DE ATIVIDADES COM OS TEMPOS DO ENCARREGADO

SEQ.	ATIVIDADES ENCARREGADO	INÍCIO	FIM	DURAÇÃO
82	RETORNA COM A VASSOURA PARA O CAMINHÃO	01:05:08	01:05:18	0:00:10
83	ESPERA	01:05:18	01:05:33	0:00:15
84	BAIXA A ESCADA	01:05:33	01:05:56	0:00:23
85	ESPERANDO O PODADOR 1 E MOTORISTA RETORNAREM COM A SINALIZAÇÃO	01:05:56	01:09:40	0:03:44
86	DESLOCA-SE PARA RETIRAR A SINALIZAÇÃO	01:09:40	01:12:08	0:02:28
87	SAÍDA DO LOCAL	01:12:08	01:13:08	0:01:00

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

APÊNDICE II – LISTA DE ATIVIDADES COM OS TEMPOS DO PODADOR 1

SEQ.	ATIVIDADES PODADOR 1	INÍCIO	FIM	DURAÇÃO
1	CHEGADA AO LOCAL	00:00:00	00:00:15	0:00:15
2	DESLOCA-SE PARA ACOMPANHAR A APR	00:00:15	00:00:40	0:00:25
3	ASSINA APR	00:00:40	00:01:20	0:00:40
4	ESPERA SEUS COMPANHEIROS ASSINAREM A APR	00:01:20	00:02:17	0:00:57
5	DESLOCA-SE PARA O CAMINHÃO	00:02:17	00:02:24	0:00:07
6	MOVIMENTA A ESCADA HIDRÁULICA	00:02:24	00:02:40	0:00:16
7	SOBE NO CAMINHÃO	00:02:40	00:02:48	0:00:08
8	COLOCA EPI's E AJEITA O FACÃO	00:02:48	00:03:00	0:00:12
9	AGUARDA O MOTORISTA POSICIONAR O CAMINHÃO	00:03:00	00:03:52	0:00:52
10	DESAMARRA A ESCADA	00:03:52	00:04:05	0:00:13
11	SOLICITA AO PODADOR 2 O REAJUSTE DA ALTURA DA ESCADA	00:04:05	00:04:14	0:00:09
12	ESPERA PODADOR 2 REAJUSTAR ESCADA	00:04:14	00:04:25	0:00:11
13	PREPARA A CORDA PARA PUXAR A ESCADA	00:04:25	00:04:56	0:00:31
14	SOLICITA AO ENCARREGADO O REAJUSTE DA ESCADA	00:04:56	00:05:03	0:00:07
15	PUXA A CORDA PARA AUMENTAR A ALTURA DA ESCADA	00:05:03	00:05:28	0:00:25
16	AMARRA A CORDA NA ESCADA	00:05:28	00:05:40	0:00:12
17	SOBE NA BASE DA ESCADA E COLOCA O TRAVA QUEDA	00:05:40	00:05:51	0:00:11
18	ESPERA O PODADOR 2 LHE ENTREGAR A MOTOSSERRA	00:05:51	00:06:38	0:00:47
19	AMARRA A MOTOSSERRA NO SINTO PARAQUEDISTA	00:06:38	00:07:15	0:00:37
20	SOBE A ESCADA E AMARRA O TALABARTE NA ESCADA	00:07:15	00:07:32	0:00:17
21	INICIA O CORTE DOS GALHOS COM O FACÃO	00:07:32	00:07:43	0:00:11
22	SOBE MAIS NA ESCADA PARA CORTAR OUTROS GALHOS	00:07:43	00:08:12	0:00:29
23	SOBE MAIS NA ESCADA PARA CORTAR OUTROS GALHOS	00:08:12	00:08:20	0:00:08
24	DÁ SINAL AO MOTORISTA PARA AVANÇAR	00:08:20	00:08:32	0:00:12
25	DÁ SINAL AO MOTORISTA PARA PARAR	00:08:32	00:08:40	0:00:08
26	CORTA OUTROS GALHOS COM O FACÃO	00:08:40	00:11:05	0:02:25
27	PEGA A MOTOSSERRA PARA CORTAR GALHOS MAIS GROSSOS	00:11:05	00:11:47	0:00:42

APÊNDICE II – LISTA DE ATIVIDADES COM OS TEMPOS DO PODADOR 1

SEQ.	ATIVIDADES PODADOR 1	INÍCIO	FIM	DURAÇÃO
28	AGUARDA PODADOR 1 ABAIXAR A ESCADA	00:11:47	00:12:04	0:00:17
29	CONTINUA O CORTE DE OUTROS GALHOS COM O FACÃO	00:12:04	00:12:34	0:00:30
30	PEGA A MOTOSSERRA PARA CORTAR GALHOS MAIS GROSSOS	00:12:34	00:13:07	0:00:33
31	DESCE ATÉ O MEIO DA ESCADA	00:13:07	00:13:40	0:00:33
32	PEGA A MOTOSSERRA PARA CORTAR GALHOS MAIS GROSSOS	00:13:40	00:14:15	0:00:35
33	DÁ SINAL AO MOTORISTA PARA AVANÇAR	00:14:15	00:14:23	0:00:08
34	DÁ SINAL AO MOTORISTA PARA PARAR	00:14:23	00:14:24	0:00:01
35	PEGA A MOTOSSERRA PARA CORTAR GALHOS MAIS GROSSOS	00:14:24	00:14:52	0:00:28
36	DÁ SINAL AO MOTORISTA PARA AVANÇAR	00:14:52	00:14:58	0:00:06
37	DÁ SINAL AO MOTORISTA PARA PARAR	00:14:58	00:15:00	0:00:02
38	PEGA A MOTOSSERRA PARA CORTAR GALHOS MAIS GROSSOS	00:15:00	00:16:30	0:01:30
39	PEGA O FACÃO PARA CONTINUAR OS CORTES DOS GALHOS	00:16:30	00:17:45	0:01:15
40	AGUARDA PODADOR 2 REAJUSTAR A ALTURA DA ESCADA	00:17:45	00:17:54	0:00:09
41	PEGA O FACÃO PARA CONTINUAR OS CORTES DOS GALHOS	00:17:54	00:19:31	0:01:37
42	PEGA A MOTOSSERRA PARA CORTAR GALHOS MAIS GROSSOS	00:19:31	00:20:57	0:01:26
43	DÁ SINAL AO MOTORISTA PARA AVANÇAR	00:20:57	00:20:58	0:00:01
44	DÁ SINAL AO MOTORISTA PARA PARAR	00:20:58	00:21:09	0:00:11
45	PEGA O FACÃO PARA CONTINUAR OS CORTES DOS GALHOS	00:21:09	00:24:55	0:03:46
46	PEGA A MOTOSSERRA PARA CORTAR GALHOS MAIS GROSSOS	00:24:55	00:25:40	0:00:45
47	ESCUta ORIENTAÇÃO DO ENCARREGADO	00:25:40	00:25:56	0:00:16
48	APÓS ORIENTAÇÃO DO ENCARREGADO CORTA O GALHO	00:25:56	00:26:55	0:00:59
49	AGUARDA ENCARREGADO AJUSTAR ALTURA DA ESCADA	00:26:55	00:27:05	0:00:10
50	PEGA A MOTOSSERRA PARA CORTAR GALHOS MAIS GROSSOS	00:27:05	00:29:57	0:02:52
51	AGUARDA ENCARREGADO AJUSTAR ALTURA DA ESCADA	00:29:57	00:30:25	0:00:28
52	PEGA A MOTOSSERRA PARA CORTAR GALHOS MAIS GROSSOS	00:30:25	00:31:21	0:00:56
53	AGUARDA ENCARREGADO AJUSTAR ALTURA DA ESCADA	00:31:21	00:31:35	0:00:14
54	PEGA A MOTOSSERRA PARA CORTAR GALHOS MAIS GROSSOS	00:31:35	00:32:23	0:00:48

APÊNDICE II – LISTA DE ATIVIDADES COM OS TEMPOS DO PODADOR 1

SEQ.	ATIVIDADES PODADOR 1	INÍCIO	FIM	DURAÇÃO
55	AGUARDA ENCARREGADO AJUSTAR A ALTURA DA ESCADA	00:32:23	00:32:30	0:00:07
56	PEGA A MOTOSSERRA PARA CORTAR GALHOS MAIS GROSSOS	00:32:30	00:33:10	0:00:40
57	AGUARDA ENCARREGADO AJUSTAR A ALTURA DA ESCADA	00:33:10	00:33:35	0:00:25
58	PEGA A MOTOSSERRA PARA CORTAR GALHOS MAIS GROSSOS	00:33:35	00:35:08	0:01:33
59	AGUARDA ENCARREGADO AJUSTAR A ALTURA DA ESCADA	00:35:08	00:35:23	0:00:15
60	PEGA A MOTOSSERRA PARA CORTAR GALHOS MAIS GROSSOS	00:35:23	00:38:57	0:03:34
61	SOLICITA APOIO AO ENCARREGADO	00:38:57	00:39:22	0:00:25
62	AGUARDA ENCARREGADO AJUSTAR A ALTURA DA ESCADA	00:39:22	00:39:37	0:00:15
63	PEGA O FACÃO PARA CONTINUAR OS CORTES DOS GALHOS	00:39:37	00:40:57	0:01:20
64	PEGA A MOTOSSERRA PARA CORTAR GALHOS MAIS GROSSOS	00:40:57	00:41:55	0:00:58
65	ESCUta ORIENTAÇÃO DO ENCARREGADO	00:41:55	00:42:15	0:00:20
66	PEGA O FACÃO PARA CONTINUAR OS CORTES DOS GALHOS	00:42:15	00:42:40	0:00:25
67	PEGA A MOTOSSERRA PARA CORTAR GALHOS MAIS GROSSOS	00:42:40	00:43:22	0:00:42
68	PEGA O FACÃO PARA CONTINUAR OS CORTES DOS GALHOS	00:43:22	00:43:54	0:00:32
69	AGUARDA ENCARREGADO AJUSTAR A POSIÇÃO DA ESCADA	00:43:54	00:44:26	0:00:32
70	PEGA A MOTOSSERRA PARA CORTAR GALHOS MAIS GROSSOS	00:44:26	00:45:10	0:00:44
71	AGUARDA ENCARREGADO AJUSTAR POSIÇÃO DA ESCADA	00:45:10	00:46:03	0:00:53
72	PEGA A MOTOSSERRA PARA CORTAR GALHOS MAIS GROSSOS	00:46:03	00:47:04	0:01:01
73	ESCUta ORIENTAÇÃO DO ENCARREGADO	00:47:04	00:47:14	0:00:10
74	AGUARDA ENCARREGADO AJUSTAR A POSIÇÃO DA ESCADA	00:47:14	00:47:23	0:00:09
75	ESCUta ORIENTAÇÃO DO ENCARREGADO	00:47:23	00:47:40	0:00:17
76	PEGA A MOTOSSERRA PARA CORTAR GALHOS MAIS GROSSOS	00:47:40	00:49:03	0:01:23
77	ENTREGA A MOTOSSERRA PARA O PODADOR 2	00:49:03	00:49:05	0:00:02
78	AGUARDA ENCARREGADO AJUSTAR A POSIÇÃO DA ESCADA	00:49:05	00:50:09	0:01:04
79	DESCE DA ESCADA E SOLTA O CINTO TRAVA QUEDAS DA ESCADA	00:50:09	00:50:34	0:00:25
80	JOGA OS GALHOS DE CIMA DO CAMINHÃO PARA O PODADOR 2	00:50:34	00:51:01	0:00:27
81	PUXA A CORDA PARA REDUZIR A ALTURA DA ESCADA	00:51:01	00:51:13	0:00:12

APÊNDICE II – LISTA DE ATIVIDADES COM OS TEMPOS DO PODADOR 1

SEQ.	ATIVIDADES PODADOR 1	INÍCIO	FIM	DURAÇÃO
82	AJEITA A CORDA NA ESCADA	00:51:13	00:51:54	0:00:41
83	DESCE DO CAMINHÃO	00:51:54	00:52:03	0:00:09
84	TOMA ÁGUA	00:52:03	00:53:23	0:01:20
85	RETORNA COM A GARRAFA PARA O CAMINHÃO	00:53:23	00:53:43	0:00:20
86	RETIRA CINTO PARAQUEDISTA E ESTENDE NA CERCA	00:53:43	00:54:28	0:00:45
87	DESCANSA	00:54:28	00:57:53	0:03:25
88	RETIRA OS GALHOS DE CIMA DO CAMINHÃO	00:57:53	00:58:12	0:00:19
89	PEGA VARA COM GANCHO E ENTREGA AO ENCARREGADO	00:58:12	00:58:18	0:00:06
90	PEGA NOVAMENTE A VARA COM GANCHO DO ENCARREGADO	00:58:18	00:58:58	0:00:40
91	RETIRA OS GALHOS CORTADOS PRESOS NA ÁRVORE	00:58:58	00:59:23	0:00:25
92	ESPERA O PODADOR 2 CORTAR OS GALHOS	00:59:23	01:01:29	0:02:06
93	RECEBE A MOTOSSERRA DO PODADOR 2	01:01:29	01:01:31	0:00:02
94	GUARDA A MOTOSSERRA	01:01:31	01:01:52	0:00:21
95	ESPERA O PODADOR 2 CORTAR OS GALHOS	01:01:52	01:03:04	0:01:12
96	GUARDA A VARA COM O GANCHO	01:03:04	01:03:07	0:00:03
97	ENTREGA VASSOURA PARA ENCARREGADO	01:03:07	01:03:16	0:00:09
98	ESPERA RETORNO DO PODADOR 2 E MOTORISTA	01:03:16	01:04:20	0:01:04
99	COLOCA CINTO PARAQUEDISTA NO CAMINHÃO	01:04:20	01:04:22	0:00:02
100	ESPERA ENCARREGADO VARRER O CHÃO	01:04:22	01:06:38	0:02:16
101	BUSCA A SINALIZAÇÃO E GUARDA NO CAMINHÃO	01:06:38	01:09:28	0:02:50
102	ENTRA NO CAMINHÃO E AGUARDA ENCARREGADO RETIRAR SINALIZAÇÃO	01:09:28	01:12:08	0:02:40
103	SAÍDA DO LOCAL	01:12:08	01:13:08	0:01:00

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)