FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Dimensionamento da Reserva Estratégica no âmbito do Programa de Gestão de Ativos da EDP Distribuição

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Autor

Sara Mafalda da Silva Carvalho Pereira

Orientador

Professor Doutor Cristóvão Silva

Engenheiro Hugo Ferreira

Júri

Presidente	**Professor Doutor Ivan Rodolfo Pereira Garcia de Galvão** **Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra**
Vogais	**Professor Doutor Cristóvão Silva** **Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra** **Professor Doutor Fernando Jorge Ventura Antunes** **Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra**
Orientador	**Professor Doutor Cristóvão Silva**

Colaboração Institucional:

EDP Distribuição

Coimbra, Julho, 2015

“Sorte é o que acontece quando a preparação encontra a oportunidade”

Elmer Letterman

Agradecimentos

A realização deste projeto não teria sido a mesma sem a colaboração e o apoio de algumas pessoas às quais gostaria de exprimir o meu agradecimento.

Em primeiro lugar gostaria agradecer ao meu orientador da EDP Distribuição, o Eng.º Hugo Ferreira, pelo total acompanhamento ao longo dos últimos meses, pelo tempo disponibilizado e pela sabedoria transmitida.

Ao Professor Doutor Cristóvão Silva pela disponibilidade que sempre manifestou, e em particular pela orientação neste projeto.

À EDP Distribuição, pela oportunidade que me deu. Em especial a todos os colaboradores da Direção de Manutenção que contribuíram de forma direta para o sucesso deste trabalho.

A todo o departamento de Planeamento e Controlo, pela forma como me acolheram e integraram, pela motivação e companheirismo que sempre me transmitiram, pelo positivismo com que me apresentaram e encaminharam no meu primeiro contato com o mundo profissional.

Aos meus amigos, pela amizade, pelo apoio, pelos momentos de diversão e essencialmente por percorreram ao meu lado a etapa mais marcante da minha vida. Em particular à Beatriz, à Francisca e à Mafalda, que ao longo do meu percurso académico, estiveram sempre presentes. Sem eles, nada seria possível.

Ao Diogo Martins, que nos momentos menos bons não me deixou perder a coragem. Um muito obrigado pelo apoio incondicional, pela dedicação, paciência e pela tranquilidade transmitida sempre. Obrigado.

À minha família, pela presença constante, motivação e inspiração. Em especial ao Francisco que nunca deixou de estar presente.

Aos meus dois pilares. À minha mãe, pelo carinho, dedicação, paciência, pelos valores que me transmitiu e que orgulhosamente carrego comigo. À minha irmã, pela amizade, os conselhos intermináveis, amor e partilha. A elas dedico todo o meu trabalho.

Resumo

O presente documento tem como principal objetivo o desenvolvimento do modelo de dimensionamento otimizado, para ativos a aparcar em reserva estratégica, no âmbito do programa de gestão de ativos implementado na EDP Distribuição.

De acordo com a intermutabilidade entre os modelos de ativos, foram definidas famílias para os ativos considerados críticos ao funcionamento da rede. Desta forma, com base no histórico das avarias dos ativos ao longo dos últimos anos, e na caraterização do parque em exploração durante este mesmo período, foi possível calcular a taxa de avarias por família de ativo, de forma a preconizar a incidência das avarias ocorridas.

Tendo por base o conceito de confiabilidade inerente às redes elétricas, foram calculadas, para as diferentes famílias dos ativos, as necessidades de reserva capazes de garantir a confiabilidade imposta.

Foi também proposto o modelo de gestão dos ativos em reserva estratégica, de forma a mitigar a necessidade de aquisição de ativos novos, fazendo uso das sinergias proporcionadas por remodelações da rede, sendo que por último foi apresentada uma proposta de codificação dos ativos, de forma a garantir a sua total rastreabilidade, com base na implementação de sistema RFID.

Palavras-chave: Gestão de ativos, confiabilidade, necessidades de reserva, recondicionamento

Abstract

The main goal of this document is the development of an optimized design model for asset storing in the strategic reserve, under the asset management program that is being implemented in EDP Distribuição.

According to EDP Distribuição, several assets were considered critical for the good performance of the network. For those, and considering the possibility of interchangeability, several families were defined. So, based in the asset failures history and in the number of assets in exploration over the past few years, it was possible to determine the failure rate per asset "family", in order to minimize the impact of the incurred damage.

Based on the concept of the inherent reliability of the electrical networks, the number of units to ensure in storage according to the families of defined assets was calculated. This ensures up the desired reliability.

It was also proposed the management model of assets in the strategic reserve, in order to relieve the acquisition demanding of new assets, making use of the provided synergies by network refurbishment. At last, a proposal for the assets codification, in order to ensure their full traceability, was presented, based on a RFID system implementation.

Keywords Asset management; reliability; spare requirements; refurbishment

Índice

Índice de Figuras xiii

Índice de Tabelas xv

Siglas xvii

1. Introdução 1
   1.1. A EDP Distribuição 1
   1.2. Enquadramento 2
   1.3. Objetivos 3

2. Gestão de Ativos 5
   2.1. Conceito de Ativo Técnico 6
   2.2. BSI PAS 55:2008 7
   2.3. Gestão de Ativos baseada no Risco 8
   2.4. O Programa de Gestão de Ativos na EDP Distribuição 10

3. Abordagem proposta 13
   3.1. Construção do Modelo 14
      3.1.1. Comportamento das Falhas 14
      3.1.2. Distribuição de *Poisson* 17

4. Construção do modelo 19
   4.1. Dados de Suporte à decisão 20
      4.1.1. Considerações Gerais do Modelo 21
   4.2. Reatâncias de Neutro 21
      4.2.1. Características das Reatâncias de Neutro a armazenar em Reserva Estratégica 21
      4.2.2. Reatâncias de Neutro em Exploração 22
      4.2.3. Consumos: Reatâncias de Neutro Avariadas 23
      4.2.4. Necessidades do Sistema 26
      4.2.5. Incidência das Avarias ao Ano 27
      4.2.6. Total de Existências das Reatâncias de Neutro em Reserva Estratégica 29
      4.2.7. Estudo das RN de 300 A 31
      4.2.8. Proposta das Necessidades de Reserva 31
   4.3. Transformadores de Serviços Auxiliares 33
      4.3.1. Caraterísticas dos Transformadores de Serviços Auxiliares a armazenar em Reserva Estratégica 33
      4.3.2. Taxas Médias de Avaria dos Transformadores de Serviços Auxiliares 34
      4.3.3. Necessidades do Sistema 35
      4.3.4. Incidências das Avarias ao Ano 35
      4.3.5. Proposta das Necessidades de Reserva 36
   4.4. Transformadores de Tensão 36
      4.4.1. Caraterísticas dos TT a armazenar em Reserva Estratégica 38
      4.4.2. Taxas Médias de Avaria dos Transformadores de Tensão 38

4.4.3. Necessidades do Sistema ... 39
4.4.4. Proposta das Necessidades de Reserva ... 40
4.5. Transformadores de Corrente ... 40
4.5.1. Caraterísticas dos Transformadores de Corrente a Armazenar em Reserva Estratégica ... 41
4.5.2. Taxas Médias de Avarias dos Transformadores de Corrente ... 41
4.5.3. Necessidades do Sistema ... 42
4.5.4. Proposta das Necessidades de Reserva ... 43
4.6. Disjuntores ... 43
4.6.1. Disjuntores Alta Tensão ... 44
4.6.2. Disjuntores MT ... 48
4.7. Necessidades Finais da Reserva Estratégica ... 53

5. Modelo de Gestão da Reserva Estratégica ... 55
5.1. Modelo de Gestão da Reserva Estratégica ... 56
5.1.1. Acesso ao Armazém e Transporte para o local da Avaria ... 56
5.1.2. Aquisição dos Ativos para Reserva Estratégica ... 57
5.2. Organização do Armazém M2M da Reserva Estratégica ... 60
5.2.1. Ativos Reabilitados em Reserva Estratégica ... 60
5.3. Proposta de Codificação dos Ativos ... 61
5.3.1. Os Sistemas RFID ... 62

6. Conclusão ... 65
6.1. Conclusões ... 65
6.2. Proposta de Trabalhos Futuros ... 66

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ... 67

Anexo A – Definição dos Ativos da EDP Distribuição ... 71

Anexo B – Variação da Confiabilidade do Sistema para as diferentes famílias de reatâncias de Neutro ... 75

Anexo C – Transformadores de Serviços Auxiliares ... 77
Anexo C.1 – Total de Transformadores de Serviços Auxiliares em Exploração ... 77
Anexo C.2- Avarias ocorridas nas diferentes famílias de TSA ... 77
Anexo C.3 – Variação da Confiabilidade do sistema para as diferentes famílias de TSA ... 78
Anexo C.4 - Diagramas de Gantt das diferentes famílias de TSA ... 79

Anexo C – Transformadores de tensão ... 81
Anexo D.1 – Total de Transformadores de Tensão ... 81
Anexo D.2- Avarias ocorridas nas diferentes famílias de TT ... 81
Anexo D.3 – Necessidades Finais de Transformadores de Tensão ... 82

Anexo E – Transformadores de corrente ... 83
Anexo E.1 – Total de Transformadores de Corrente ... 83
Anexo E.2- Avarias ocorridas nas diferentes famílias de TC ... 83
Anexo E.3 – Necessidades finais de Transformadores de Corrente ... 84

Anexo F – Disjuntores AT ... 85
Anexo F.1 – Total de Disjuntores AT em exploração ... 85
Anexo F.2- Avarias ocorridas nas diferentes famílias de Disjuntores AT ... 85

Anexo F.3 – Variação da Confiabilidade do sistema para as diferentes famílias de Disjuntores AT 86
Anexo F.4 – Diagramas de Gantt dos Disjuntores AT 87
Anexo G – Disjuntores MT 89
Anexo G.1 – Total de Disjuntores MT em exploração 89
Anexo G.2- Avarias ocorridas nas diferentes famílias de Disjuntores MT 89
Anexo G.3 – Necessidades Finais de Disjuntores MT 90
Anexo H – Matriz de posicionamento dos ativos em armazém M2M 91
Anexo I – Fluxogramas de Gestão de ativos 93
Anexo I.1 – Definição de procedimento para apoio à decisão sobre reparação ou substituição por novo de ativos avariados 93
Anexo I.2 – Definição de procedimento para gerir o *stock* de ativos a armazenar em reserva estratégica 94
Anexo I.3 – Definição de procedimento para seleção dos ativos a serem incluídos em reserva estratégica 95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Eixos estratégicos de atuação 5
Figura 2.2 - Explicação do ciclo *Plan-Do-Check-Act* aplicada segundo as diretrizes da norma PAS 7
Figura 2.3 - Etapas do Ciclo de vida de um ativo DMN-MNPC. (2012) 8
Figura 2.4 - Ciclo de vida de um Ativo, DMN-MNPC. (2012) 9
Figura 2.5 - Etapas de Gestão do Risco, DMN-MNPC. (2012) 9
Figura 2.6 - Eixo da Base de Gestão de Ativos, Kema. (2010) 11
Figura 3.1 - Comportamento da taxa de falhas ao longo da vida útil de um ativo, segundo a curva da Banheira 15
Figura 3.2 - Padrões das falhas, Engeman. (2013) 15
Figura 4.1 - Reatâncias de Neutro em exploração de 2010 a 2014 22
Figura 4.2 - Taxas Médias de Avarias das diferentes famílias de RN 25
Figura 4.3 - Incidência das Avarias em RN, entre 2010 e 2014 27
Figura 4.4 - Incidência das Avarias em TSA, entre 2010 e 2014 35
Figura 4.5 - Ocorrência das Avarias originadas por Alarmes SF6 46
Figura 4.6- Incidência ao ano das Avarias dos Disjuntores 47
Figura 5.1 - Modelo de Reposição dos Ativos 58
Figura 5.2 - Mapa esquemático do armazém M2M 60
Figura 5.3 - Reatância de Neutro (a) por Recondicionar (b) Recondicionada 61
Figura 5.4 - Exemplo de Etiqueta com RFID e código de barras 62

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1 – Caraterísticas das RN de acordo com a DMA-C5-300/N (2005), EDP Distribuição. (2005)..... 22

Tabela 4.2 - Total de RN em exploração por ano, e por relação tensão estipulada no enrolamento principal e corrente estipulada de curta duração do neutro (kV/A) . 23

Tabela 4.3 - Avarias nas RN em Exploração por tensão estipulada no enrolamento principal e corrente estipulada de curta duração do neutro (kV/A) 24

Tabela 4.4 - Valores médios de exploração e avarias das diferentes famílias de RN 25

Tabela 4.5 - Variação da Confiabilidade do sistema com o número de RN de Reserva, para as Reatâncias de 10/1000 [kV/A]..... 26

Tabela 4.6 - Necessidades em Reserva Estratégicas das RN 27

Tabela 4.7 - Diagrama de Gantt das RN de 15/300 [kV/A] em 2011 28

Tabela 4.8 - Diagrama de Gantt das RN de 15/300 [kV/A] em 2013 28

Tabela 4.9 - Diagrama de Gantt das RN de 10/1000 [kV/A] em 2010 28

Tabela 4.10 - Diagrama de Gantt das RN de 10/1000 [kV/A] em 2011 29

Tabela 4.11 - Diagrama de Gantt das RN de 10/1000 [kV/A] em 2014 29

Tabela 4.12 - Total de Reatâncias de Neutro existentes atualmente em Reserva Estratégica 30

Tabela 4.13 - Proposta das quantidades a adquirir em Reserva Estratégica..... 30

Tabela 4.14 - Necessidades de Substituição de 50 subestações, por Tensão estipulada no enrolamento principal e corrente estipulada de curta duração do neutro (kV/A) . 31

Tabela 4.15 - Quadro resumo do estudo das Reatâncias de Neutro 32

Tabela 4.16 - Caraterististicas dos TSA de acordo com a DMA-C52-16N, EDP Distribuição (2007)..... 33

Tabela 4.17 - Valores médios de exploração e avarias das diferentes famílias de TSA 34

Tabela 4.18 - Necessidades em Reserva Estratégica dos TSA..... 35

Tabela 4.19 - Quadro Resumo das Necessidades 36

Tabela 4.20 - Caraterísticas dos TT de acordo com a DMA-C42-510/N, EDP Distribuição (2007) 38

Tabela 4.21 - Valores médios de exploração e avarias das diferentes famílias de TT..... 39

Tabela 4.22 - Exemplificação da abordagem adotada para os Transformadores de Tensão40

Tabela 4.23 - Caraterísticas dos TT de acordo com a DMA-C42-440/N (2007), EDP Distribuição (2007)..... 41

Tabela 4.24 - Valor médio de exploração e avarias das diferentes famílias de TC 42
Tabela 4.25 - Exemplificação da abordagem adotada para os Transformadores de Corrente 42
Tabela 4.26 - Caraterísticas dos Disjuntores AT de acordo com o respetivo documento de normalização 44
Tabela 4.27 - Valor médio de exploração e avarias das diferentes famílias de Disjuntores AT 46
Tabela 4.28 - Necessidades em Reserva Estratégica dos Disjuntores AT 47
Tabela 4.29 - Resumo das necessidades de reserva dos disjuntores AT 48
Tabela 4.30 - Classificação dos Disjuntores de média tensão 49
Tabela 4.31 - Caraterísticas dos Disjuntores MT de acordo com o normalizado 50
Tabela 4.32 - Valores médios de Exploração e Avarias das diferentes famílias de Disjuntores MT de montagem exterior 50
Tabela 4.33 - Valores médios de Exploração e Avarias das diferentes famílias de Disjuntores MT de montagem interior em Celas Clássicas 51
Tabela 4.34 - Valores médios de Exploração e Avarias das diferentes famílias de Disjuntores MT de montagem interior em Quadro Metálico 51
Tabela 4.35 - Exemplificação da abordagem adotada para os Disjuntores MT, de Exterior 52
Tabela 4.36 - Quadro Resumo das necessidades finais 53
Tabela 5.1 - Informação a armazenar em etiquetas RFID 63

SIGLAS

AT – Alta Tensão

AO – Área Operacional

BT – Baixa Tensão

CAPEX – *Capital Expenditure*

DDC – Direção de Despacho e Condução

DJ – Disjuntores

DMN – Direção de Manutenção

DPC – Direção de Projeto e Construção

DRC – Direção de Rede e Clientes

DST – Descarregador de Sobretensão

MNPC – Departamento de Planeamento e Controlo

MT – Média Tensão

M2M – Mais e Melhor Manutenção

NR – Necessidades de Reserva

OPEX – *Operational Expenditure*

PC – Posto de Corte

PEA – Parque Exterior de Aparelhagem

PS – Posto de Secionamento

PSE – Prestador de Serviços

QMMT – Quadro Metálico

RFID – *Radio-Frequency IDentification*

RN – Reatâncias de Neutro

RTU –*Radio Transmission Unit*

SAP – *Systems, Application and Products in Data Processing*

SE – Subestação

SF6 – Hexaflureto de Enxofre

SIT – Sistema de Informação Técnica

TC – Transformadores de Corrente

TSA – Transformadores de Serviços Auxiliares

TT – Transformadores de Tensão

1. INTRODUÇÃO

A EDP é uma empresa do setor energético, líder no que toca à criação de valor, inovação e sustentabilidade; mantém no mercado ibérico uma posição sólida quer ao nível de produção, distribuição e comercialização de eletricidade e gás.

Com a crescente dependência energética da população, ocorre a gradual necessidade de prosperar a qualidade dos serviços técnicos prestados pelas empresas do setor. Numa economia cada vez mais competitiva, a função da manutenção torna-se globalmente reconhecida como fator primordial à qualidade do serviço.

Sendo titular da concessão de exploração da Rede Nacional de Distribuição de Energia Elétrica em Alta Tensão (AT) e Média Tensão (MT), e das concessões municipais de distribuição de energia elétrica em Baixa Tensão (BT), a EDP Distribuição (EDPD) tem a seu cargo todos os ativos afetos às instalações e rede elétrica. A gestão destes ativos pela EDP Distribuição, tem vindo a ser alvo de rigorosas políticas de investimento e manutenção de utilização de metodologias com procedimentos e sistemas voltados para uma otimização do modelo de gestão de ativos, de forma a conhecer o ativo e explora-lo até ao máximo da sua vida útil, garantindo um risco controlado, custos adequados e uma performance de acordo com as exigências do setor.

Em alinhamento com a missão crítica que usualmente desempenham, os ativos da EDP Distribuição são geralmente bastante fiáveis. No entanto, a previsibilidade constitui um fator cada vez mais preponderante na qualidade dos serviços, apesar das políticas de manutenção preventiva aplicadas na sua maioria, as falhas catastróficas no seio empresarial são inevitáveis. Como tal, torna-se fundamental eliminar (ou diminuir) as causas de aleatoriedade que originam as falhas, e simultaneamente minimizar os seus efeitos, aumentando desta forma a fiabilidade da rede elétrica.

1.1. A EDP Distribuição

A presente dissertação, enquadrada no Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, é realizada com base no estágio efetuado na EDP Distribuição, e tem como

objetivo o dimensionamento de reserva estratégica de ativos retirados de exploração da rede elétrica.

A EDP Distribuição é uma empresa do Grupo EDP, responsável por 99% da rede de distribuição de energia elétrica em Portugal, chegando aos 6,1 milhões de consumidores. As redes de distribuição são constituídas por linhas aéreas e cabos subterrâneos AT (60kV), MT (30 kV, 15 KV e 10 kV) e BT (400/230V); são ainda constituídas por subestações, postos de transformação, incluindo todos os ativos necessários à sua exploração, estando ainda incluída nas redes de distribuição, a iluminação pública (EDP, 2012).

A estrutura organizativa da EDP Distribuição está dividida em diversas unidades de negócio, sendo que o presente estágio é inserido no Departamento de Planeamento e Controlo (MNPC) da Direção de Manutenção (DMN). A DMN é então responsável pela manutenção e operação de todos os ativos da rede de distribuição AT (linhas aéreas, cabos subterrâneos e subestações) e da rede de distribuição MT (linhas aéreas, cabos subterrâneos e postos de corte), sendo que o MNPC é responsável pela Gestão dos Ativos, adotando uma visão holística do ativo, desde a identificação da sua necessidade até ao seu abate físico e financeiro.

1.2. Enquadramento

Atualmente, a manutenção das redes elétricas é assegurada na sua maioria por políticas de manutenção preventiva, da qual ocorrem as ações de manutenção que precedem a avaria. Isto é, a manutenção preventiva aplicada, visa reduzir a probabilidade de avaria ou de degradação dos ativos da rede, sem que para isso seja necessária a ocorrência da mesma. No entanto, os ativos da rede estão constantemente sujeitos a um reduzido número de falhas que não consegue ser prognosticado, as falhas catastróficas.

Enquadrado no programa de gestão de ativos, e com o objetivo de assegurar o cumprimento das funções dos ativos e garantir a qualidade do serviço técnico, foi considerado que o planeamento adequado da rede deverá prever uma reserva de ativos considerados críticos e essenciais à disponibilidade das Subestações (SE), Postos de Corte (PC) e Posto de Seccionamento (PS).

Como tal, tendo em conta a incompatibilidade entre a exigência da qualidade do serviço com o elevado tempo inerente à aquisição de um novo equipamento, ou reparação de uma avaria, foi considerado estratégico para a EDP o aparcamento, em armazéns próprios da EDP, de um portefólio de ativos que permita mitigar a generalidade dos tempos de indisponibilidade associados a eventuais avarias que possam ocorrer em ativos críticos das instalações.

Integrando no projeto M2M (Mais e Melhor Manutenção), definiu-se que esta Reserva Estratégica de ativos seria aparcada na instalação não energizada[1]da DMN, o armazém M2M.

Esta reserva estratégica, tem como função otimizar a rede geral de distribuição, sendo que o seu objetivo principal é colmatar as necessidades da rede. No entanto, o segundo foco de interesse da reserva estratégica é que os ativos aparcados na mesma, sejam provenientes de desmontagens aquando remodelações da rede elétrica, ou seja, fazendo uso de sinergias intrínsecas na EDPD, pretende-se que os ativos que são retirados da rede em boas condições, após ações de recondicionamento (sejam elas simples ações de conservação, beneficiação ou reabilitação, consoante a condição do ativo), sejam armazenados em reserva estratégica de forma a retificar as futuras necessidades.

1.3. Objetivos

Nos últimos anos, tem vindo a ser colocados em reserva estratégica uma série ativos provenientes de desmontagens da rede elétrica, e contra o pretendido, provenientes de novas aquisições; no entanto, a capacidade de aprovisionamento do armazém M2M está a chegar ao seu limite, pelo que se tornou essencial realizar um correto dimensionamento do número de ativos a armazenar.

Como tal, e tendo em conta o paralelismo entre a limitação de espaço em armazém M2M e a incapacidade da rede para prescindir dos ativos considerados críticos, é nesta dissertação proposto um modelo de dimensionamento da reserva estratégica, de forma que seja assegurado simultaneamente a confiabilidade dos sistemas inerentes às redes e, a otimização dos custos associados a um sobredimensionamento.

[1] Na EDP é usado o conceito de instalação não energizada, ao invés de armazém, pelo fato de se pretender que os ativos aparcados tenham associados planos de manutenção semelhantes aos ativos em exploração.

Dada a complexidade dos ativos da rede, e para que o modelo proposto cubra todas as necessidades impostas, os ativos alvo deste estudo foram divididos for família de ativo. Numa família de ativos incluem-se todos os modelos de ativos que possam ser comutados entre si, ou seja, a variabilidade dos ativos proposta será condicionada para intermutabilidade destes ativos entre si.

A fim de quantificar corretamente a reserva estratégica, serão alvo de estudo as avarias ocorridas por família de ativo, num período de cinco anos (dada a limitação do histórico de avarias), entre 1 de Janeiro de 2010 e 31 de Dezembro de 2014, bem como a caraterização do parque em exploração durante este mesmo período. Este modelo, será também dimensionado de forma a garantirmos uma confiabilidade da rede de 99%.

Será também alvo análise neste documento, todo o processo de gestão de recondicionamento dos ativos em armazém, desde os acessos ao armazém, passando vias de atuação no momento de colmatar as necessidades impostas pela reserva estratégica, focando na própria organização do armazém, no processo de recondicionamento e de rastreabilidade dos ativos aparcados.

Finalmente serão apresentadas as conclusões obtidas neste estágio curricular, projetando todo o trabalho investido nesta temática, de forma a otimizar as políticas de gestão de ativos presentes na EDP Distribuição e essencialmente o papel da reserva estratégica para a Direção de Manutenção, e salientando simultaneamente o desempenho do Engenheiro e Gestor Industrial no meio empresarial.

2. GESTÃO DE ATIVOS

Tendo em vista o desenvolvimento global da empresa, aliando os conceitos de inovação e simplicidade, e mantendo o paralelismo entre os objetivos de otimização do *Capital Expenditure* [2](CAPEX) e redução do *Operational Expenditure*[3] (OPEX) , a EDP Distribuição definiu cinco eixos estratégicos de atuação: Risco Controlado, Rentabilidade Superior, Excelente Qualidade de Serviço, Inovação Constante e Cultura organizacional, delineando um conjunto de ações neste âmbito, de forma a garantir o envolvimento de toda a organização, conforme o observado na Figura 2.1

Figura 2.1 - Eixos estratégicos de atuação

No eixo da Rentabilidade Superior, para a execução dos objetivos propostos, torna-se necessária uma rigorosa gestão dos investimentos, implementando assim uma adequada política de Gestão de Ativos, acompanhando desta forma, todo o ciclo de vida do ativo, desde a identificação da sua necessidade até ao seu abate físico e financeiro.

As políticas de Gestão de Ativos tem sido alvo de muita atenção por parte de várias empresas europeias, especialmente no caso do Reino Unido, que por indicação do regulador

[2] Em Português, CAPEX significa despesas de capital ou investimentos em bens e capital.
[3] O OPEX é o capital utilizado para manter ou melhorar os bens físicos de uma empresa.

nacional (OFGEM), decidiu implementar a BSI PAS 55:2008, especificação inglesa para a gestão de ativos técnicos baseados no risco.

De forma a abandonar a antiga política de gestão de ativos, sustentada por uma análise do históricos de indicadores de qualidade de serviço a avarias, e com o intuito de integrar as melhores práticas das demais empresas Europeias, a EDP Distribuição tem vindo a desenvolver durante os últimos anos a sua própria política de gestão de ativos técnicos, baseada na norma BSI PAS 55:2008. A gestão de ativos técnicos na EDP Distribuição irá adotar uma abordagem baseada na gestão do risco e condição dos ativos, atuando ao nível das falhas mesmo antes destas ocorrerem.

2.1. Conceito de Ativo Técnico

De acordo com o descrito na OS 10/2009/CAE (Contrato de Aquisição de Energia) de 20 de Abril, entende-se por Ativo o conjunto de bens e direitos necessários à manutenção das atividades da empresa, podendo apresentar-se tanto na forma tangível (edifícios, equipamentos, etc.) como na forma intangível (marcas, patentes, etc.).

Desta forma, pode-se fazer uma distinção entre um ativo "simples" e um ativo "complexo". Sendo que para ser considerado um ativo simples é necessário que este tenha independência funcional em relação a outros ativos, e o ativo "complexo" será aquela que manterá uma dependência funcional com os anteriores.

Assim, para que um ativo seja reconhecido como tal, é necessário para a empresa que este cumpra um conjunto de requisitos, entre os quais:

- A necessidade que o ativo traga repercussões prováveis de benefícios económicos para a empresas, bem como o próprio custo deste ativo possa ser avaliado com fiabilidade, desde que o seu valor económico seja considerado relevante para a empresa;
- Assegurar a rastreabilidade do ativo ao longo das diversas fases do seu ciclo de vida, de modo a que o esforço imputado na Gestão de Ativos, para o ativo em questão, seja economicamente vantajoso, em relação aos custos totais do ativo.

Os ativos da EDP Distribuição serão apresentados no Anexo A.

2.2. BSI PAS 55:2008

Centrada nas empresas cujos ativos físico tem um papel fundamental no seu desenvolvimento interno, a *British Standards Institute* (BSI) criou a PAS 55:2008, um *standard* na gestão de Ativos físicos. A BSI define a Gestão de Ativos como:

"um conjunto de atividades sistemáticas e coordenadas através do qual uma organização gere, de forma otimizada, os seus ativos físicos e respetivo desempenho, riscos e custos ao longo dos seus ciclos de vida com o objetivo de cumprir o seu plano estratégico"

De acordo com o especificado, os ativos estão associados às infraestruturas empresariais, que no caso da EDP Distribuição incluem componentes como é o caso das linhas aéreas, cabos subterrâneos, transformadores e qualquer *sofware* necessário para o desempenho da função desse ativo. O processo de melhoria continua proposto por esta premissa vai de encontro ao que é especificado pela norma da série ISO:9001, para sistemas integrados de gestão da qualidade, sendo organizado numa estrutura de Plan-Do-Check-Act (PDCA), de forma a facilitar assim o desenvolvimento do sistema de gestão de ativos. Na figura 2.2 é apresentada a estrutura dos requisitos da BSI PAS 55:2008 integrada no PDCA..

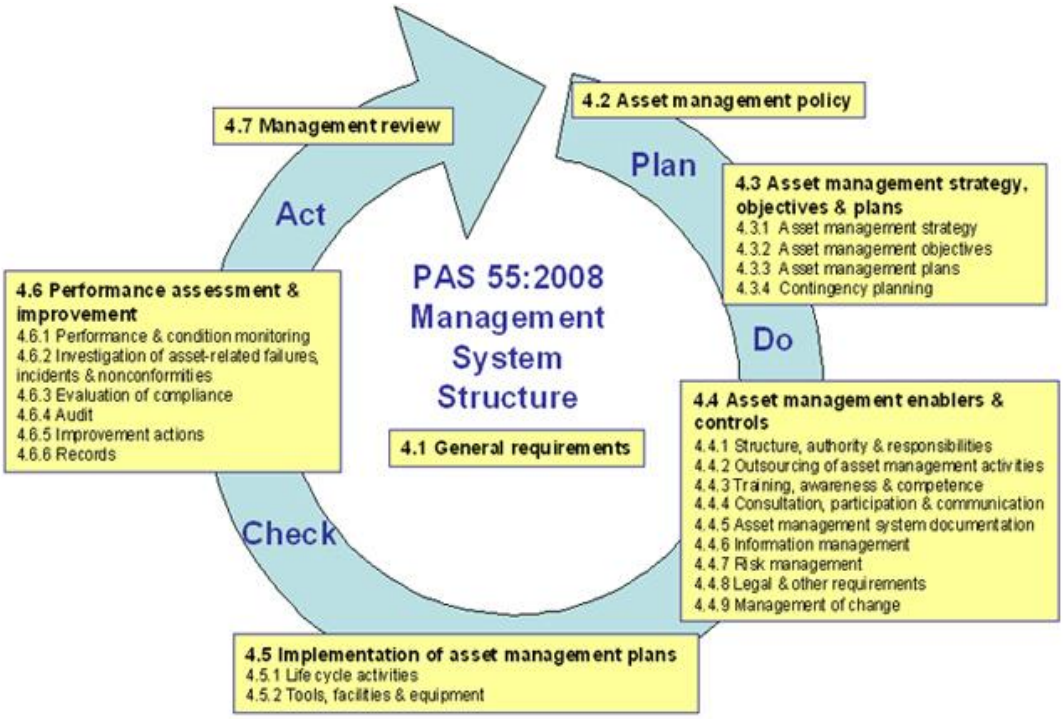


Figura 2.2 - Explicação do ciclo *Plan-Do-Check-Act* aplicada segundo as diretrizes da norma PAS

A BSI PAS 55:2008 oferece uma abordagem de monitorização contínua dos ativos, ao longo do seu ciclo de vida, dando a possibilidade à EDP Distribuição de retardar a

substituição dos ativos, assim como melhorar o retorno financeiro de cada um, através de uma correta gestão de risco, otimização custo/benefício, foco no cliente e sustentabilidade, tendo igualmente um impacto direto nas atividades diárias de implementação do projeto e em operações de manutenção.

2.3. Gestão de Ativos baseada no Risco

Uma adequada gestão dos ativos implica um profundo conhecimento do ativo em questão, e claro está, do seu ciclo de vida. Quando se analisa os custos operacionais associados as etapas do ciclo de vida de um ativo, percebe-se que 65% dos custos imputados a essa ativo ocorrem ainda durante a criação da ideia e análise da sua viabilidade, como se observa pela figura 2.3.

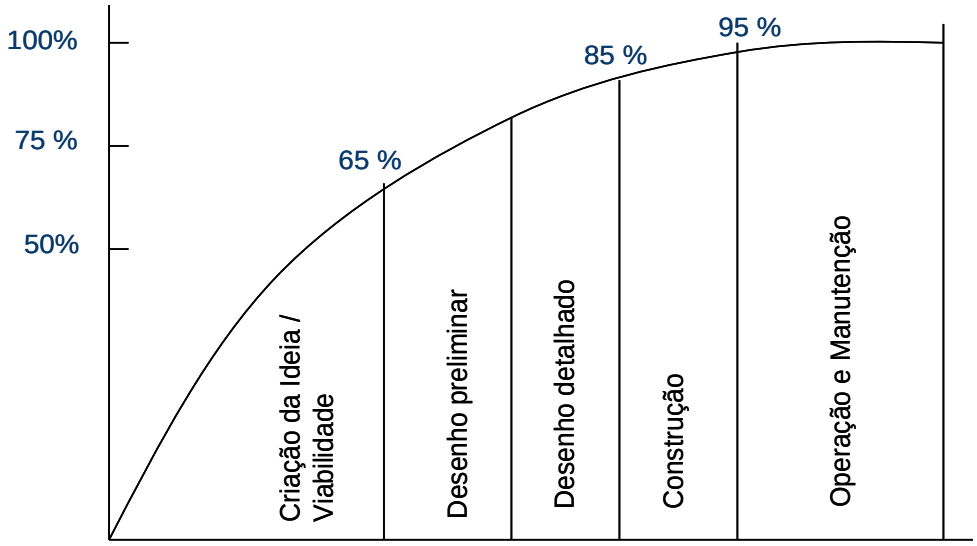


Figura 2.3 - Etapas do Ciclo de vida de um ativo DMN-MNPC. (2012)

Desta forma, é importante adotar uma abordagem holística e integradora da gestão de todo o ciclo de vida de um determinado ativo, desde a identificação da sua necessidades e projeto, até à sua construção, comissionamento, operação e manutenção e finalmente o seu abate, conforme o apresentado na figura 2.4.

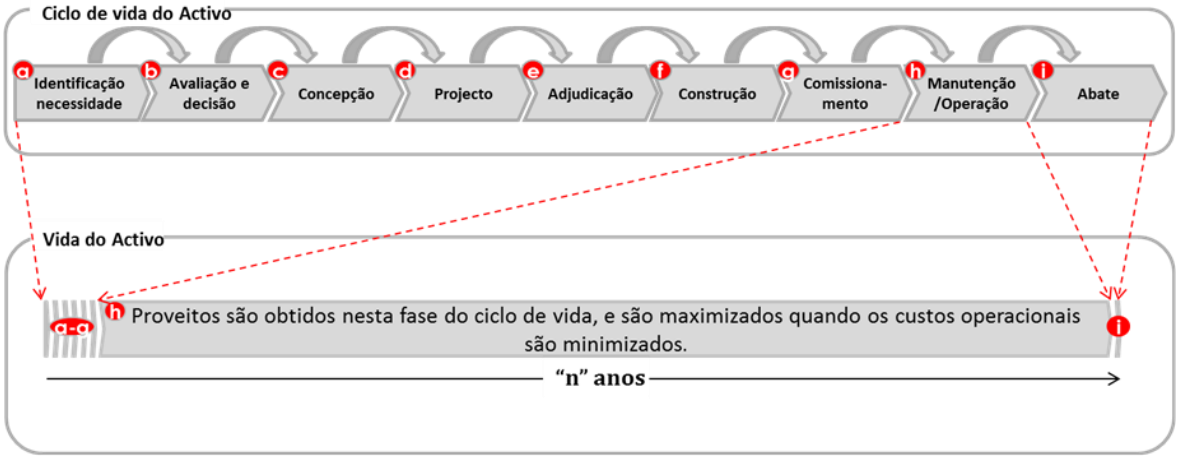


Figura 2.4 - Ciclo de vida de um Ativo, DMN-MNPC. (2012)

Ou seja, entende-se que ao minimizar os custos operacionais, estaremos a maximizar os lucros da empresa, sendo que esta minimização dos custos é obtida por uma correta análise dos modos de falha dos ativos, e da sua mitigação.

Como referido, a gestão de ativos idealizada pela EDP Distribuição é baseada no risco. Entende-se por risco, o produto da probabilidade de ocorrência de um evento ao longo de um ano pela consequência (do ponto de vista económico) da sua ocorrência. Assim, o processo de gestão do risco proposto pela DMN, MNPC (2012) identifica cinco fases de gestão do risco, como se pode analisar pela figura 2.5.

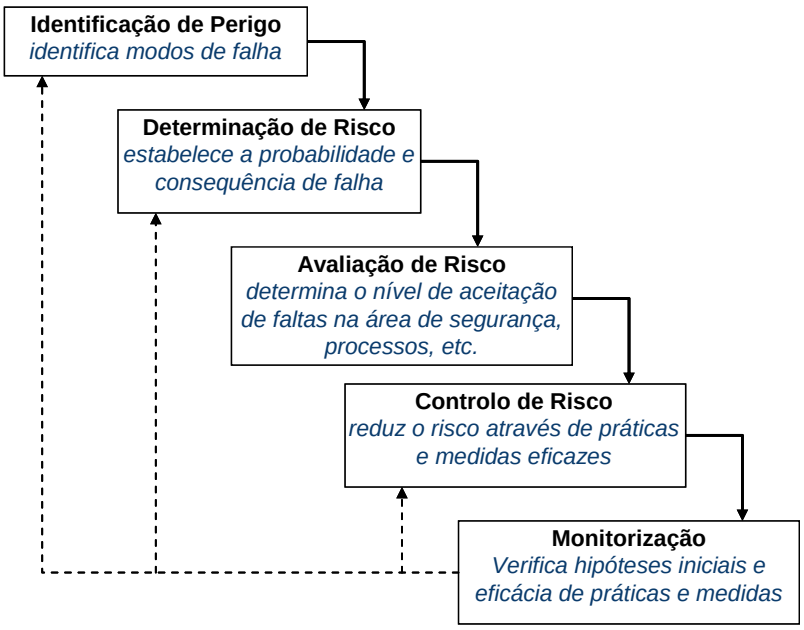


Figura 2.5 - Etapas de Gestão do Risco, DMN-MNPC. (2012)

Quando determinado o risco, é importante definir estratégias de mitigação, podendo-se atuar quer ao nível da consequência, quer ao nível da probabilidade de ocorrência.

Ao nível da consequência, é pretendido um modelo de atuação voltado para a redução do impacto da falha, através: de operações de manutenção corretiva, uma consciente gestão das emergências e constituição de seguros.

Ao nível da probabilidade de ocorrência são utilizados padrões de engenharia e de manutenção para prevenir a ocorrência da falha/avaria, através de mudanças dos procedimentos operacionais e monitorização da condição, analisando as causas das falhas através de históricos, promovendo uma melhoria continua ao nível dos sistemas de gestão da qualidade, e utilizando modelos de dimensionamento de forma a mitigar possíveis falhas catastróficas.

É ao nível dos modelos de dimensionamento que se insere a minha participação na EDPD, e que irá ser alvo de atenção no presente documento.

2.4. O Programa de Gestão de Ativos na EDP Distribuição

Focados apenas na execução de obras, os atuais processos e sistemas de informação corporativos utilizados pela EDP Distribuição não suportam a gestão do ciclo de vida dos ativos conjuntamente, na versão técnica e financeira. A estes níveis existem diferentes sistemas de informação disponíveis.

Através do apoio especializado de empresas no ramo da consultadoria, foram definidos os pilares para a implementação de um modelo de gestão de ativos, integrando o universo técnico e financeiro. De acordo com o apresentado no Workshop PDA (2013), o modelo é assente em cinco fases:

A. Definição do modelo de Gestão de Ativos, através de adoção de uma visão corporativa, definindo modelos de dados e a arquitetura dos sistemas, limitando os processos de suporte e do sistema de controlo;

B. Implementação de um projeto piloto das metodologias PAS 55;

C. Implementação do novo modelo de gestão de ativos, utilizando os procedimentos descritos em A.;

D. Reconciliação técnica-contabilística, através da validação do inventário dos ativos técnicos, reconciliação contabilística do cadastro e avaliação dos ativos, utilizando como variável o tempo de vida útil dos ativos

E. Reforço do Conhecimento e das Competências no seio do Grupo EDP Distribuição.

Desta forma, objetivando globalizar a gestão dos ativos, olhando para o ativo como um todo e não como uma soma das partes, a empresa deverá manter uma harmonia entre os custos, o desempenho e os riscos inerentes a esse ativo. Para isso, deve procurar alcançar objetivos tangíveis, deixando para trás as ideias de maximização do desempenho, que desencadeiam falhas catastróficas, optando por uma política de otimização da vida útil de um ativo, aglomerando custos justificados de manutenção, revisão, substituição e modificação, e mantendo estratégias de controlo dos riscos. A figura 2.6 apresenta o eixo da base de gestão de ativos.

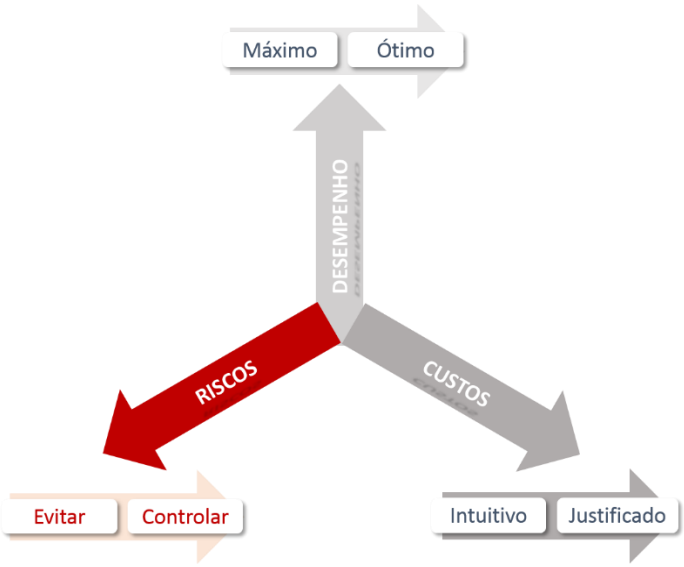


Figura 2.6 - Eixo da Base de Gestão de Ativos, Kema. (2010)

3. ABORDAGEM PROPOSTA

Gerir *stocks* de peças de reposição que atendem as necessidades de manutenção no meio empresarial, é algo que tem vindo a ser alvo de muita discussão em meio académico. Responder às necessidades impostas pela correta gestão dos *stocks*, implica previamente responder a inúmeras questões. Segundo Wanke (2011), a gestão dos *stocks* abrange um conjunto de decisões, com o intuito de coordenar, nas dimensões temporais e espaciais, a procura com a oferta, de modo a que sejam atingidos os objetivos de custo e de nível de serviços especificados.

Assis (2012) refere que durante as intervenções de manutenção, sejam elas planeadas ou não, verifica-se quase sempre a necessidade de substituir vários equipamentos. Desta forma, dimensionar uma reserva, para uma procura desconhecida torna-se a questão fundamental desta dissertação.

Apesar da elevada fiabilidade inerente aos ativos da rede elétrica e das políticas de manutenção preventiva que são aplicadas na EDP Distribuição, os ativos da rede estão constantemente sujeitos a um reduzido número de falhas que não consegue ser previsto. Assim, para assegurar o cumprimento das funções dos ativos e garantir a qualidade de serviço técnico, foi considerando que o planeamento adequado da rede deverá prever uma reserva de ativos considerados críticos e essenciais à disponibilidade das subestações, postos de corte e seccionamento, de forma que o impacto das falhas dos ativos seja minimizado.

Neste caso, e ainda segundo Assis (2012) designamos por peças sobresselentes, os órgãos, de maior complexidade, que são mantidos em *stock*, ficando a aguardar a oportunidade de substituírem os seus homólogos avariados (perante ações de reparação) ou próximos da degradação (durante ações preventivas). No caso da EDP Distribuição, trataremos os ativos da rede que consideramos críticos à criação de uma reserva estratégica, como peças sobresselentes, para o qual calculamos um *stock* necessário, as Necessidades de Reserva (NR), que serão posteriormente mantido e aparcados no Armazém M2M.

3.1. Construção do Modelo

O comportamento da procura é um dos principais fatores que contribui para o aumento da complexidade dos modelos de gestão de stock. A maioria dos modelos são voltados para ambientes de produção, nos quais a procura e o tempo de resposta tendem a ser mais previsíveis.

No caso da EDP Distribuição, a maioria dos ativos, apresentam uma procura esporádica e de quantidades relativamente pequenas, com elevados tempos de reposição e elevados níveis de serviço que são acompanhados por maiores custos de aquisição. As procuras esporádicas são particularmente difíceis de prever, sendo que no entanto, as falhas acarretam custos elevados.

Segundo Costa, Silva e Oshiro (2009), a quantidade de equipamentos a serem disponibilizados nos *stocks* tem influência direta nos custos das empresas de eletricidade, visto que uma reserva excessiva representa quase sempre um investimento desnecessário, no entanto a falta de equipamentos no stock pode comprometer a fiabilidade do sistema e com isto aumentar os custos de operação.

Perante uma falha de um equipamento da rede, as equipas de manutenção serão chamadas a intervir de forma a resolverem temporariamente o processo de alimentação da rede, até ao momento da substituição por um ativo em condições de funcionamento. Para cada diferente componente, diferentes medidas temporárias serão tomadas pelas equipas de manutenção. No entanto, tipicamente quando um ativo crítico para uma subestação avaria, a Direção de Despacho e Condução (DDC) da EDPD, passa remotamente a subestação para um regime de neutro isolado, ficando esta indisponível por um maior período de tempo, até à resolução da avaria.

3.1.1. Comportamento das Falhas

Na EDP Distribuição, uma vez retirado da rede o ativo avariado, é avaliada a sua condição, e consoante esta avaliação, o ativo poderá ser sujeito a uma ação de recondicionamento, ou caso as suas condições não o permitam, será sujeito ao abate. No caso dos ativos que iremos abordar, constatou-se que o tempo necessário para uma ação de

reparação leva entre três a quatro meses, mais ou menos a média temporal para a aquisição de um novo ativo. Assim, a utilização de um stock de segurança está ligado a ambos os casos.

Tipicamente, os ativos da rede elétrica apresentam uma taxa de falhas que varia ao longo do tempo de vida operativa do componente, no entanto, esta taxa de falhas tende a ser constante, na região de vida útil, como se verifica na Figura 3.1 o que certamente implicaria tempos de funcionamento exponencialmente distribuídos.

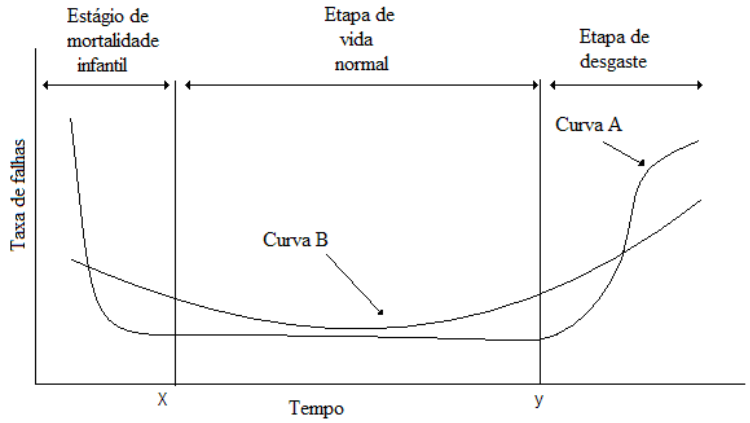


Figura 3.1 - Comportamento da taxa de falhas ao longo da vida útil de um ativo, segundo a curva da Banheira

No entanto, a curva anteriormente apresentada, é apenas adequada a componentes simples e com comportamento conhecido. Com a crescente evolução da indústria, os ativos vão ficando cada vez mais complexos, e apresentam diferentes padrões de falha, como podemos verificar pela figura 3.2.

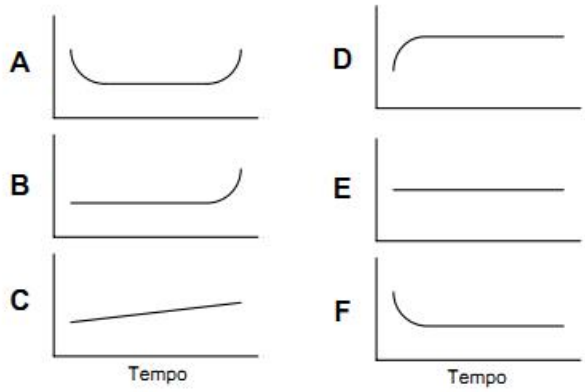


Figura 3.2 - Padrões das falhas, Engeman. (2013)

Os gráficos apresentados mostraram diferentes padrões da falha ao longo do tempo. Segundo IEEE (2000):

- A Curva A representa a já referenciada curva da banheira;
- A Curva B representa uma probabilidade de falha constante, ou de aumento lento, terminando com zona de desgaste;
- A Curva C mostra-nos um aumento da probabilidade de falha gradual, ao longo do tempo, não atingindo nenhuma zona de desgaste visível;
- A curva D mostra a baixa probabilidade de falha quando o item é novo, tendo depois um aumento rápido para um nível constante de falha;
- A Curva E mostra uma probabilidade de falha constante ao longo do tempo;
- A curva F mostra uma elevada probabilidade de falha no início da sua conceção, decrescendo rapidamente para uma probabilidade de falha constante.

Como se observa, previsibilidade das avarias é relativamente complexa, pelo que a solução deste modelo se encontra na diminuição dos tempos de indisponibilidade associados a uma avaria.

Assis (2012) acrescenta ainda alguns fatores preponderantes na determinação das necessidades de uma peça de reserva:

- A confiabilidade do item a manter em Reserva;
- A quantidade de itens existentes;
- A probabilidade de uma peça estar disponível quando for necessária;
- O prazo de aprovisionamento;

3.1.1.1. Determinação da Taxa de Falhas

Sendo que este modelo irá incidir na análise do histórico das avarias e após conhecer o comportamento típico das falhas, importa definir o conceito de taxa de falhas.

A taxa de falhas representa o número de avarias ocorridas num determinado período de tempo, t. Desta forma, a taxa média de avarias, em que existe necessidade de substituição ou reparação dos ativos em falha, é dada pela equação que se segue, em que $C(\Delta t)$ representa o número de falhas num intervalo de tempo Δt, e N representa o número inicial de ativos:

$$\lambda(t) = \frac{C(\Delta t)}{N \times \Delta t} \tag{3.1}$$

3.1.2. Distribuição de *Poisson*

Ao longo dos anos, diversos modelos foram estudados, através da avaliação do seu desempenho. Esta avaliação era determinada pela confronto do que era decisão da quantidade a ser mantida em stock como proteção contra a falta de stock.

Segundo Wanke (2012), a distribuição de Poisson fornece informações extremamente úteis, como a probabilidade de ocorrência de um determinado nível de consumo, tornando por base a sua média histórica.

A equação a seguir, apresenta a probabilidade de um equipamento, $P_x(t)$ com uma taxa de falhas λ falhar x vezes, em um intervalo de tempo, t:

$$P_x(t) = \frac{e^{-\lambda t} \times (\lambda t)^x}{x!} \tag{3.2}$$

Neste caso, admite-se que após a falha do componente, este seja substituído de imediato por outro equipamento idêntico. Ou seja, após uma análise imediata aos ativos da rede, percebemos que dados os tempos de reposição/aquisição de um novo ativo, esta substituição imediata seria impossível.

3.1.2.1. Modelo de Distribuição Proposto por Billinton e Alan (1983)

Atualmente, o sistema elétrico nacional está projetado para que a sua distribuição ao consumidor tenha uma fiabilidade na ordem dos 99,99%. No entanto, mediante uma ponderação dos valores de necessidades de reserva elevados, obtidos por este valor, foi considerada para este modelo, uma projeção da rede para uma fiabilidade de 99%.

Como tal, o objetivo deste problema será determinar qual o número ótimo de ativos a manter na reserva, que durante um intervalo de tempo, igual ao tempo de aprovisionamento previsto, garanta a confiabilidade da rede prevista.

Segundo Wanke (2012), sistemas com um ou mais componentes de reserva, que estão prontos para serem conectados ao sistema imediatamente após a falha do componente principal, são chamados de componentes do tipo standby. Desta forma, a confiabilidade[4] de

[4] Segundo Assis (2004) a confiabilidade representa a garantia ou grau de confiança, de que um determinado sistema permanecerá disponível ao longo de um dado período.

um sistema t futuro, é igual à probabilidade desse sistema estar operacional no momento t. Ou seja:

$$R(t) = P_0(t) + P_1(t) \tag{3.3}$$

Onde $R(t)$ corresponde à confiabilidade do sistema no instante *t*, $P_0(t)$ e $P_1(t)$ a probabilidade de ocorrer zero e uma falha, respetivamente, no período de tempo *t*. Como tal, e conciliando (1) e (2), generalizando o modelo para *N* ativos em exploração, e *n* reservas, obtemos:

$$R(t) = e^{-N\lambda t} \times \sum_{k=0}^{n} \frac{(N\lambda t)^k}{k!} \tag{3.4}$$

Esta foi a equação proposta por Billinton e Alan (1983), que mostra que a confiabilidade de um sistema, aumenta com o aumento do número de reservas.

Ou seja, quando existem *N* ativos em exploração no sistema, cada um com uma taxa de avarias de λ, e quando as avarias ocorrem de forma casual e são independentes entre si, a confiabilidade do sistema é dada por *R(t)*.

Ao longo desta dissertação, e perante o modelo apresentado, assume-se que a confiabilidade do sistema corresponde à fiabilidade da rede elétrica assumida, considerando-se:

$$R(t) = 99\% \tag{3.5}$$

4. CONSTRUÇÃO DO MODELO

Ao longo dos últimos anos, e no âmbito do projeto M2M, têm vindo a ser colocados em armazém da DMN um número considerável de ativos provenientes de novas instalações ou desmontagens (aquando remodelações de redes elétricas). No entanto, a capacidade de aprovisionamento deste armazém está a chegar ao seu limite, pelo que se tornou necessário realizar um correto dimensionamento dos ativos presentes nesta reserva estratégica.

Tendo em conta a importância e criticidade que as subestações e os postos de corte e seccionamento representam para a qualidade do serviço técnico, foi considerado prioritário que o *stock* a definir como estratégico, contemplasse uma série de ativos considerados críticos e essenciais à disponibilidade destas instalações, ou seja:

- Reatâncias de Neutro (RN);
- Transformadores de Serviços Auxiliares (TSA);
- Transformadores de Tensão (TT);
- Transformadores de Corrente (TC);
- Disjuntores (DJ) AT e MT.

Existe, outros ativos críticos às subestações, como é o caso dos transformadores de potência, que pela sua criticidade, dimensão e dificuldade de transporte, foi decidido manter o seu *stock* distribuído por vários locais do país.

Quanto a outros ativos mais pequenos e sensíveis, como é o caso dos toros, Descarregadores de Sobretensão (DST), *Radio Transmission Unit* (RTU), proteções e equipamentos de telecomunicações, optou-se por manter reservas regionais junto de vários polos de operação e manutenção de subestações equiparados.

Ou seja, em termos práticos, a reserva estratégica da DMN, objeto desta dissertação, confina-se ao armazém da DMN, o armazém M2M.

Como tal, e a fim de facilitar futuras consultas, iremos abordar os ativos referidos um a um, fazendo uma referência mais abrangente ao modelo utilizado nas Reactâncias de Neutro, apresentando para os restantes ativos apenas as informações relevantes, e únicas a cada ativo, e os cálculos finais, para o dimensionamento total da reserva.

4.1. Dados de Suporte à decisão

Para aplicação do modelo anteriormente apresentado, são muitas as variáveis integrantes no processo. Ao longo deste percurso, foi-se questionado acerca de:

- O total de subestações pertencentes à EDP Distribuição existentes no país;
- O total de postos de corte pertencente à EDP Distribuição existentes no país;
- O total de ativos de cada tipo (RN, TSA, DJ, TT e TC) existentes nas subestações, em exploração (a serem utilizados pela rede);
- O total de ativos de cada tipo (RN, TSA, DJ, TT, TC) existentes nos postos de corte, em exploração;
- O total de ativos de cada família avariados, nos últimos anos;
- As características subjacentes a cada ativo avariado, de acordo com as especificações impostas pela normalização desses ativos;
- As características subjacentes a cada ativo da rede, de acordo com as especificações impostas pela normalização desses ativos;
- As características subjacentes a cada subestação e posto de corte, de acordo com as especificações impostas pela normalização dos ativos em estudo.

Para o levantamento dessas informações, recorreu-se aos *softwares* de carregamento de dados, no universo técnico, utilizados pela EDP Distribuição: o SIT e o SAP. No entanto, a conformidade deste projeto estava dependente da qualidade da informação disponível na rede, que por vezes não era a mais adequada. Uma vez que a área de atuação da EDP Distribuição é delimita pelo território nacional, que impossibilita a recolha de dados presencial, foi necessário, por várias vezes, recorrer aos colaboradores da EDP Distribuição para facultar algumas dessas informações, ou fazer pesquisas exaustivas na rede da EDP Distribuição para obter esclarecimentos mais detalhados, sendo que em alguns casos, foi necessário limitar-se o universo da pesquisa por falta de informações.

Atualmente, existem a cargo da DMN, 447 subestações, entre as quais 400 são subestações AT/MT, e 47 apenas são subestações MT/MT. Existem ainda, a cargo da DMN, 129 postos de corte e seccionamento.

4.1.1. Considerações Gerais do Modelo

Dada a complexidade e a dimensão da rede elétrica, foi considerado essencial pela EDP Distribuição, a normalização de todos os ativos da rede. Essa normalização encontra-se descrita nas diferentes DMA dos diferentes ativos, que será abordado em seguida.

Dada a idade dos ativos existentes em exploração, grande parte das caraterísticas ativos não estão normalizadas segundo o previsto pelo respetivo documento de normalização. Desta forma, e uma vez que ativos com caraterísticas de tensão e corrente superiores, podem ser utilizados para substituírem ativos com caraterísticas de tensão e correntes inferiores, iremos agrupar os ativos segundo os requisitos possíveis de serem comutados entre si.

As caraterísticas gerais subjacentes às subestações, devidamente normalizadas segundo DIT-C13-500/N. (2007), um projeto realizado pela EDP Distribuição onde se descreve a conceção geral de subestações, bem como a caraterização técnica dos ativos e matérias inerentes a estas. Para o dimensionamento da reserva estratégica, reserva esta que irá suprimir as futuras necessidades das subestações, postos de corte e de secionamento, será tido em conta as configurações impostas por este documento.

4.2. Reatâncias de Neutro

Segundo Tecnilab (2015), as reactâncias de neutro são ativos elétricos usadas para limitar a corrente de defeito à terra do ponto neutro das redes trifásicas. Na EDP Distribuição, são instaladas em subestações e postos de corte e as suas características e ensaios são normalizadas de acordo com o previsto pela DMA-C5-300/N (2005).

4.2.1. Características das Reatâncias de Neutro a armazenar em Reserva Estratégica

Atualmente, alguns dos ativos que se encontram na rede, apresentam características que se tornaram obsoletas e que caíram em desuso. Com o propósito de definir as caraterísticas e ensaios a que devem obedecer as reatâncias de neutro a adquirir pela EDP Distribuição, foi criado um documento onde estão discriminadas todas essas especificações. Na tabela 4.1, serão apresentadas algumas dessas especificações, que foram relevantes para a execução deste modelo.

Tabela 4.1 – Caraterísticas das RN de acordo com a DMA-C5-300/N (2005), EDP Distribuição. (2005)

Condições de Utilização	Tensão nominal da rede (Un) [kV]	10	15	30
	Tensão mais elevada da rede (Um) [kV]	12	17,5	36
	Tensão estipulada suportável de curta duração:			
	à frequência industrial [kV] (eficaz)	28	38	70
	ao choque atmosférico [kV] (pico)	75	95	10
	Corrente estipulada de curta duração:			
	térmica (3 s) [kA] (eficaz)	16	16	12,5
	dinâmica [kA] (pico)	40	40	31,25
Caraterísticas estipulas das RN	Tensão estipulada no enrolamento principal	12 kV	17,5 kV	36 kV
	Corrente estipula de curta duração do neutro - 3× I0	300 A (10 s); 1000 A (5 s)		

Como tal, analisamos as reatâncias de neutro, por seis famílias, aplicando a relação entre a tensão estipulada no enrolamento principal e corrente estipulada de curta duração do neutro (kV/A): RN de 10kV/300A; RN de 10kV/1000A; RN de 15kV/300A; RN de 15kV/1000A; RN de 30kV/300A e RN de 30kV/1000A

4.2.2. Reatâncias de Neutro em Exploração

A fim de ficar a conhecer o número e as características das reatâncias de neutro existentes em exploração nas subestações, postos de corte e secionamento, desde o início do ano 2010, até final de 2014, portanto 5 anos, foi realizada uma consulta em SIT, comparando os dados com as extrações feitas em SAP/PM, que contabilizou por ano, e mediante as diferentes famílias definidas e as considerações anteriormente feitas, o total de reatâncias em sistema, conforme é apresentado na figura 4.1.

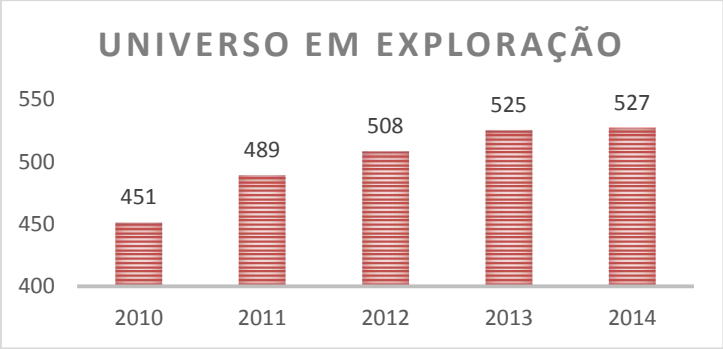


Figura 4.1 - Reatâncias de Neutro em exploração de 2010 a 2014

Na tabela 4.2 são apresentados os totais de reatâncias de neutro em exploração, por ano, e por relação tensão estipulada no enrolamento principal e corrente estipulada de curta duração do neutro (kV/A):

Tabela 4.2 - Total de RN em exploração por ano, e por relação tensão estipulada no enrolamento principal e corrente estipulada de curta duração do neutro (kV/A)

Subestações, Postos de Corte e Seccionamento						
Exploração	RN em Exploração por tensão estipulada no enrolamento principal e corrente estipulada de curta duração do neutro (kV/A)					
	10/1000	10/300	15/300	15/1000	30/300	30/1000
2010	116	3	223	38	64	7
2011	118	3	244	48	69	7
2012	118	3	257	52	71	7
2013	120	3	264	53	76	9
2014	120	3	264	53	78	9

Ao longo dos últimos cinco anos, o número de reatâncias em exploração aumentou progressivamente, o que tem vindo a acontecer é que, sempre que uma reatância de neutro avaria, é substituída por outra reatância de neutro nova com caraterísticas semelhantes, sendo que com tempos de aquisição que variam entre os três e os quatro meses, a qualidade técnica do serviço prestado fica comprometida.

Na EDP Distribuição, no caso particular das reatâncias de neutro, após uma avaria, e no caso de subestações com duas RN, é possível que a segunda RN (RN2) assegure temporariamente as funções da RN avariada (RN1), apesar de em termos de exploração da rede, não seja o mais indicado. No entanto, no caso de subestações com apenas uma RN, a Direção de Despacho e Condução da EDP Distribuição, passa remotamente a subestação para um regime de neutro isolado, ficando esta indisponível por um maior período de tempo.

4.2.3. Consumos: Reatâncias de Neutro Avariadas

Na EDP Distribuição, a gestão das avarias dos ativos, é feita através do *software* de gestão, SAP/PM. A fim de caraterizar as avarias ocorridas durante este período (2010 a 2014) foi realizada uma consulta onde se selecionaram todas as avarias ocorridas ao longo destes cinco anos, nas reatâncias de neutro, num total 850 notas de avaria, fazendo-se uma posterior análise e avaliação, onde se excluíram as notas de avaria correspondentes:

- A uma mesma avaria, uma vez que diferentes intervenções, correspondem a diferentes notas de avaria, ainda que indicadas para a mesma avaria;
- Operações de manutenção preventiva ou beneficiações;
- A anomalias que ocorriam em acessórios da RN;
- A anomalias que não impendiam o funcionamento normal do equipamento, ou que são facilmente solucionáveis por intervenção de técnicos especializados
- A anomalias que não comprometiam o normal funcionamento do sistema.

Desta análise resultaram 42 avarias, que originaram substituição da reatância, onde caraterizamos cada avaria de acordo com:

- A data de ocorrência;
- A tensão estipulada no enrolamento principal [A];
- A corrente estipulada de curta duração do neutro [kV].

A ocorrência das avarias encontra-se apresentada na tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Avarias nas RN em Exploração por tensão estipulada no enrolamento principal e corrente estipulada de curta duração do neutro (kV/A)

Reatâncias de Neutro						
RN	RN avariadas por tensão estipulada no enrolamento principal e corrente estipulada de curta duração do neutro (kV/A)					
	10/1000	10/300	15/300	15/1000	30/300	30/1000
2010	2	0	7	0	1	1
2011	2	0	8	0	0	1
2012	1	0	5	0	0	0
2013	1	1	8	0	0	1
2014	2	0	7	1	1	0

4.2.3.1. Taxas de Avarias

Uma vez caraterizados os totais de reatâncias de neutro existentes em exploração, bem como as avarias ocorridas entre Janeiro de 2010 e Dezembro de 2014, foram calculadas as respetivas taxas de avarias e taxas de indisponibilidade. A tabela 4.4 apresenta a taxa média de avarias, bem como a indisponibilidade média e total de cada família de RN.

Tabela 4.4 - Valores médios de exploração e avarias das diferentes famílias de RN

Reatâncias de Neutro						
Avarias	**RN em Exploração por tensão estipulada no enrolamento principal e corrente estipulada de curta duração do neutro (kV/kA)**					
	10/1000	**10/300**	**15/300**	**15/1000**	**30/300**	**30/1000**
Taxa Média de Avarias	1,35%	6,67%	2,81%	0,38%	0,57%	7,94%
Nº Médio de Avarias	1,60	0,20	7,00	0,20	0,40	0,60
Nº Médio de RN em Serviço	118,40	3,00	250,40	48,80	71,60	7,80
Indisponibilidade Média	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Indisponibilidade Total	0,40	0,05	1,75	0,05	0,10	0,15

O valor da indisponibilidade média das reatâncias é dado pelo tempo decorrente entre a avaria e a aquisição de um nova reatância de neutro, ou da reparação desta no fabricante. Mediante dados internos confidenciais, foi confirmado que esse espaço temporal seria em média de 3 meses, 0.25 anos.

Através da figura 4.2 percebemos que as taxas médias de avaria, apesar de relativamente baixas, variam consideravelmente nas diferentes famílias de reatâncias de neutro. Segundo este modelo, esta variação irá traduzir-se em diferentes valores de necessidades de reserva.

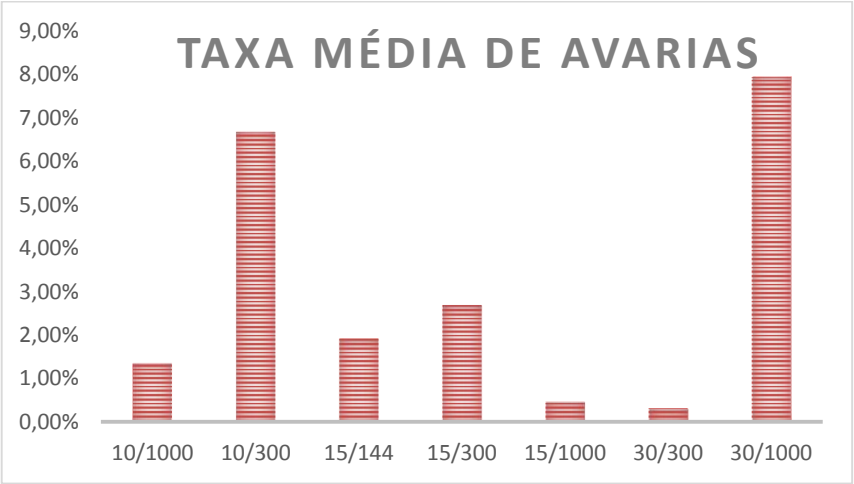


Figura 4.2 - Taxas Médias de Avarias das diferentes famílias de RN

4.2.4. Necessidades do Sistema

Através dos dados da tabela 4.5 e mediante o modelo de abordagem proposto, calculamos para cada grupo de reatâncias de neutro a disponibilidade do sistema, designada no modelo como confiabilidade. A tabela 4.5 mostra, a variação da confiabilidade do sistema com o número de RN de reserva.

Tabela 4.5 - Variação da Confiabilidade do sistema com o número de RN de Reserva, para as Reatâncias de 10/1000 [kV/A]

Variação da Confiabilidade do Sistema com o Número de RN de Reserva	
Nº de RN de Reserva	**10/1000**
0	0,669933088
1	0,93829317
2	0,992042667
3	0,999219612
4	0,999938343
5	0,999995924
6	0,999999768
7	0,999999988
8	0,999999999
9	1
10	1
Necessidades em Reserva Estratégica	**2**

Conforme o apresentado, para sistema com uma confiabilidade de 99%, com um número médio de reatâncias de neutro em serviço de 118,4, com uma taxa média de avarias de 1,35%, com uma indisponibilidade média de 3 meses, para um sistema com uma reatância em funcionamento, são necessárias manter duas reatâncias em reserva estratégica. Percebe-se também que a confiabilidade do sistema tende a estabilizar a partir das 9 RN de reserva.

As tabelas equivalentes para as restantes famílias das reatâncias de neutro são apresentadas no Anexo B, sendo que a tabela 4.6 apresenta apenas as necessidades finais a manter em reserva estratégica.

Tabela 4.6 - Necessidades em Reserva Estratégicas das RN

Reatâncias de Neutro						
RN	RN em Exploração por tensão estipulada no enrolamento principal e corrente estipulada de curta duração do neutro (kV/A)					
	10/1000	10/300	15/300	15/1000	30/300	30/1000
Necessidades em Reserva Estratégica	2	1	5	1	1	2

Assim, segundo este modelo, serão necessárias manter em armazém 12 reatâncias de neutro com as caraterísticas acima referidas, de forma a garantir constantemente o suprimento das necessidades impostas pela rede.

4.2.5. Incidência das Avarias ao Ano

Assim, considerando uma periodicidade de fornecimento das reactâncias de aproximadamente 3 meses, e a fim de verificar quais os períodos em que a incidência de avarias foi mais crítica, torna-se necessário analisar o histórico das avarias das famílias de RN onde a taxa de avarias, ao longo dos anos, foi mais elevada. A figura 4.3 mostra a variação do número de avarias ao longo dos anos.

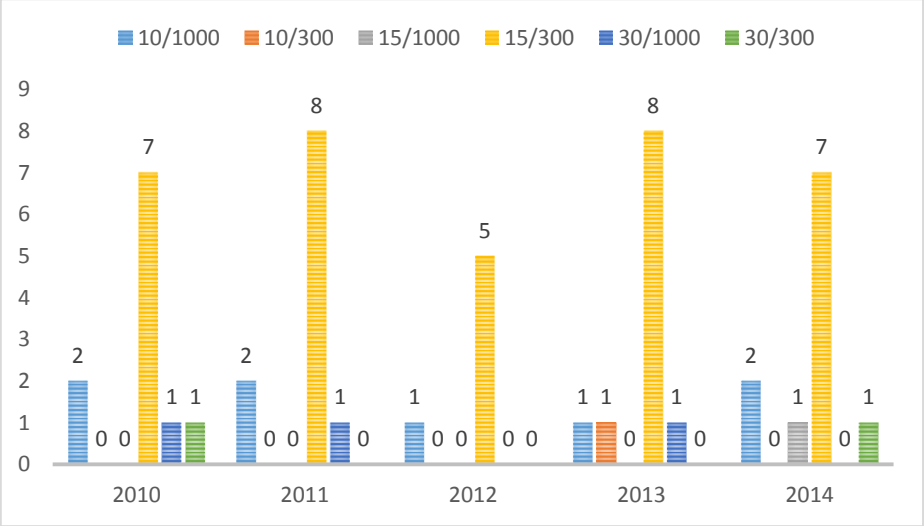


Figura 4.3 - Incidência das Avarias em RN, entre 2010 e 2014

Esta análise é realizada de forma a avaliar a simultaneidade das avarias ao longo dos últimos cinco anos, com a finalidade de perceber, se em algum dos casos apresentados, esta simultaneidade é superior aos valores estipulados pela reserva.

Em seguida, serão apresentados os diagramas de Gantt, na tabela 4.7, tabela 4.8, tabela 4.9, tabela 4.10 e tabela 4.11 que avaliam o tempo decorrente entre o início das avarias das famílias que consideramos críticos e a reposição do estado de bom funcionamento dessa avaria.

Tabela 4.7 - Diagrama de Gantt das RN de 15/300 [kV/A] em 2011

2011	**RN 15/300**											
Avaria/Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												

Tabela 4.8 - Diagrama de Gantt das RN de 15/300 [kV/A] em 2013

2013	**RN 15/300**											
Avaria/Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												

Tabela 4.9 - Diagrama de Gantt das RN de 10/1000 [kV/A] em 2010

2010	**RN 10/1000**											
Avaria/Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												

Tabela 4.10 - Diagrama de Gantt das RN de 10/1000 [kV/A] em 2011

2011	RN 10/1000											
Avaria/Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												

Tabela 4.11 - Diagrama de Gantt das RN de 10/1000 [kV/A] em 2014

2014	RN 10/1000											
Avaria/Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												

Perante os dados apresentados, constatou-se que o maior registo de avarias simultâneas foi de cinco avarias no grupo de RN 15/300, em Maio e Junho de 2011, e em Setembro de 2014. Para o caso do grupo de RN de 10/1000, o maior registo de avarias simultâneas foi de duas avarias em Setembro e Outubro de 2014. Assim, os diagramas apresentados confirmam que o modelo proposto permite dimensionar a reserva estratégica de acordo com os requisitos exigidos.

Consegue-se perceber igualmente, através destes diagramas, que até então, a duração de uma avaria era bastante variável. Este fato deve-se a inexistência de uma reserva do ativo, preconizando elevados tempos de reposição das avarias.

4.2.6. Total de Existências das Reatâncias de Neutro em Reserva Estratégica

Para a avaliação das necessidades de aquisição de reactâncias de neutro dos diferentes tipos, é necessário conhecer previamente as existências destes ativos na reserva estratégica. A tabela 4.12 mostra o panorama de reatâncias existentes atualmente em armazém M2M.

Tabela 4.12 - Total de Reatâncias de Neutro existentes atualmente em Reserva Estratégica

Tensão/Corrente	Categorias a disponibilizar em reserva	Total de existências em armazém
15/300	**15/300**	3
17,5/300		
15/144		
10/1000	**10/1000**	5
12/1000		
10/4000		
10/300		
30/300	**30/300**	
36/300		
30/100		
15/1000	**15/1000**	3
17,5/1000		
30/1000	**30/1000**	
36/1000		
6/300	**6/300**	1
Total		**12**

Como tal, e de acordo com as necessidades por categoria e com o total de existências em armazém, apresenta-se na tabela 4.13 a proposta das quantidades a adquirir em armazém M2M.

Tabela 4.13 - Proposta das quantidades a adquirir em Reserva Estratégica

Reatâncias de Neutro						
RN	**RN em Exploração por tensão estipulada no enrolamento principal e corrente estipulada de curta duração do neutro (kV/A)**					
	10/1000	**10/300**	**15/300**	**15/1000**	**30/300**	**30/1000**
Necessidades em Reserva Estratégica	2	1	5	1	1	2
Existências em Armazém M2M	5	0	3	3	0	0
Necessidades de Aquisição	**0**	**1**	**2**	**0**	**1**	**2**

4.2.7. Estudo das RN de 300 A

Paralelamente à realização deste estudo, na EDP Distribuição foi realizada uma análise às subestações equipadas com reatâncias de neutro de 300 A. Segundo EDP Distribuição (2014) o estudo realizado tem como objetivo avaliar se as caraterísticas da rede alimentada por uma determinada subestação, estão de acordo com os critérios que devem ser considerados aquando a instalação de uma reatância de 300 A. Por motivos de confidencialidade, os detalhes deste estudo não poderão ser divulgados, no entanto, pode-se afirmar que este projeto promoveu a substituição de 51 RN, tendo-se adquirido para a rede 46 RN de 15/1000 [kV/A] e 4 de 30/1000 [kV/A]. As caraterísticas das RN que serão libertadas para exploração, mediante esta remodelação apresentadas na tabela 4.14.

Tabela 4.14 - Necessidades de Substituição de 50 subestações, por Tensão estipulada no enrolamento principal e corrente estipulada de curta duração do neutro (kV/A)

RN	Tensão estipulada no enrolamento principal e corrente estipulada de curta duração do neutro (kV/A)			
	15/144	15/300	15/1000	30/300
TOTAL	4	41	1	4

Com este estudo serão libertadas para reserva estratégica 41 RN de 15/300 [kV/A]; 1 RN de 15/1000 [kV/A] e 4 RN de 30/300 [kV/A]. Serão também libertadas 4 reatâncias de neutro de 15/144 [kV/A] no entanto, uma vez que estes ativos não se encontram normalizados, não serão considerados para o estudo.

As reactâncias de neutro que serão libertadas de exploração poderão ser devidamente recondicionadas e utilizadas para colmatar as necessidades da reserva estratégica ou da reserva de segurança, ou eventualmente, caso seja ultrapassado o limite da reserva estratégica, serem utilizadas para a promoção de uma campanha de substituição dos ativos da rede.

4.2.8. Proposta das Necessidades de Reserva

As reactâncias de Neutro são um equipamento fundamental ao funcionamento das redes elétricas, e a sua falha poderá acarretar pesadas consequências naquilo que é a garantia de qualidade na prestação dos serviços técnicos; no entanto, um sobredimensionamento das reactâncias de Neutro traz consigo consequências económicas, aliando isto à limitada capacidade de armazenamento da reserva estratégica. Em suma, as

necessidades de aquisição, bem como todos os dados referentes ao cálculo destas mesmas, encontram-se sintetizadas na tabela que se segue, onde é feita uma referência às RN existentes em armazém, distinguindo aquelas que se encontram ainda em processo de recondicionamento, as que estão por recondicionar, e as reactâncias que foram adquiridas sem nunca terem sido colocadas em exploração.

De acordo com os critérios estabelecidos, e através dos dados da tabela 4.15, concluímos que as necessidades de aquisição para a Reserva Estratégica, serão de duas reactâncias de neutro de 30/1000, sendo que as restantes reactâncias necessárias à manutenção do *stock* mínimo de segurança existem já em armazém M2M ou serão reabilitadas a partir de reactâncias libertadas de exploração, decorrente do estudo de Análise às subestações equipadas com reactâncias de 300A.

Tabela 4.15 - Quadro resumo do estudo das Reatâncias de Neutro

RN		Famílias de RN					
		10/300	10/1000	15/300	15/1000	30/300	30/1000
Stock Mínimo Calculado	Quantidade em Exploração	3	118,4	250,4	48,8	71,6	7,8
	Nº Médio de Avarias	0,2	1,6	7	0,2	0,4	0,6
	Taxa Média de Avarias	0,07%	1,35%	2,81%	0,38%	0,57%	7,94%
	Stock Mínimo Calculado	1	2	5	1	1	2
RN em armazém	Novas	1	2	3	1	0	0
	Recondicionadas	0	1	0	1	0	0
	Enviadas para Recondicionamento	0	2	0	1	0	0
	Total	0	5	3	3	0	0
Estudo das RN de 300 A	Necessidade aquisição	0	0	0	41+1+4	0	4
	Liberta para Obra	0	0	41	1	4	0
Necessidades Resultantes	Disponíveis em Armazém	1	3	39	3	3	0
	Necessidades aquisição para satisfazer as necessidades Totais do armazém	0	0	0	0	0	1

4.3. Transformadores de Serviços Auxiliares

Os transformadores de serviços auxiliares são transformadores de potência, tipicamente normalizados para 100kVA de potência, que recebem energia da média tensão e converte para baixa tensão, permitindo: alimentar todos os equipamentos que necessitem dos 230/400V, circuitos de tomadas e iluminação da subestação.

As caraterísticas externas deste ativo assemelham-se ás das reatâncias de neutro, sendo que muitas vezes, estes dois são usados conjuntamente, sendo correntemente denominados de combinados. No entanto, uma vez que os combinados são já uma tecnologia obsoleta, e que estão na origem de várias avarias (induzindo avarias nos dois ativos em simultâneo) para o cálculo das necessidades nos TSA iremos incluir todos os combinados existentes em exploração, bem como as suas avarias. Também o modelo de análise deste ativo se assemelha ao das reatâncias de neutro, sendo que se generalizou as diferenças na seção que se segue.

4.3.1. Caraterísticas dos Transformadores de Serviços Auxiliares a armazenar em Reserva Estratégica

Como especificado na DMA-C52-16N para Transformadores de Serviços Auxiliares (2007), as caraterísticas gerais e construtivas dos TSA são idênticas ao especificado na DMA-C52-125/N para as reatâncias de neutro.

No entanto, e ao contrário do que acontece com as reatâncias de neutro, percebeu-se que a intermutabilidade neste ativo, ocorre através de transformadores de serviços auxiliares com iguais valores de tensão nominal [kV], pelo que os TSA serão estudados segundo apenas três grandes famílias: os TSA de 10kV, 15kV e 30 kV. As restantes caraterísticas principais, por nível de tensão, são apresentadas na Tabela 4.16, onde S é a potência aparente, U a tensão nominal, P_o e P_{cc} são os valores para as perdas em vazio e em carga, respetivamente e L_{wa} os níveis admissíveis de potência sonora.

Tabela 4.16 - Caraterististicas dos TSA de acordo com a DMA-C52-16N, EDP Distribuição (2007)

S [kVA]	U [kV]	Po [W]	Pcc [w]	Lwa [dB]
100	10	190	1540	49
	15	190	1540	49
	30	210	1530	49

4.3.2. Taxas Médias de Avaria dos Transformadores de Serviços Auxiliares

Para o cálculo da taxa média de avarias dos Transformadores de Serviços Auxiliares (TSA) foi realizada:

- Uma consulta em SIT de todos os TSA existentes em exploração, comparando os dados com as extrações feitas em SAP/PM, que contabilizou por ano, e mediante as três famílias definidas e as considerações já referidas, o total de transformadores de serviços auxiliares na rede, estes dados serão apresentados no Anexo C.1.
- Uma consulta em SAP/PM a fim de caraterizar as avarias ocorridas entre Janeiro de 2010 e Dezembro de 2014, optando-se pela abordagem referida na seção 4.2.3 das reatâncias de neutro, onde se analisaram aproximadamente 400 notas de avaria, afunilando a pesquisa para as avarias que originaram a substituição dos transformadores de serviços auxiliares, caraterizando essas avarias segundo a data da sua ocorrência e a sua tensão nominal, estes dados serão apresentados no Anexo C.2.

Uma vez definidos os totais de TSA existentes em exploração, bem como avarias ocorridas neste ativo durante Janeiro de 2010 e Dezembro de 2014, foram calculadas as respetivas taxas de avaria e taxas de indisponibilidade. No caso dos TSA, o tempo médio de indisponibilidade é igualmente de três meses. São em média necessárias 12 a 14 semanas para adquirir um TSA novo ou reparar uma avaria. Na Tabela 4.17, são apresentados os valores finais do número médio de avarias, de transformadores de serviços auxiliares, taxas médias de avaria e de indisponibilidade.

Tabela 4.17 - Valores médios de exploração e avarias das diferentes famílias de TSA

Transformadores de Serviços Auxiliares			
TSA	Tensão Nominal [kV]		
	10	15	30
Taxa Média de Avarias	1,23%	1,19%	1,06%
Nº Médio de Avarias	1,00	3,60	1,00
Nº Médio de TSA em Serviço	82,20	299,60	89,60
Indisponibilidade Média	0,25	0,25	0,25

4.3.3. Necessidades do Sistema

Adotando a abordagem adotada pelo modelo de distribuição proposto por Billinton e Alan (1983), utilizando a taxa médias de avarias, através da variação do número de transformadores de serviços auxiliares em reserva, perante uma confiabilidade pretendida de 99%, apresentamos na Tabela 4.18 resumo das necessidades calculas. A variação da confiabilidade, para as diferentes famílias de TSA, é apresentada no Anexo C.3.

Tabela 4.18 - Necessidades em Reserva Estratégica dos TSA

Transformador de Serviços Auxiliares			
TSA	Tensão nominal [kV]		
	10	15	30
Necessidades em Reserva Estratégica	2	4	2

Assim, segundo este modelo, são necessários manter em armazém, apenas 8 transformadores de serviços auxiliares, para suprimir as necessidades da rede.

4.3.4. Incidências das Avarias ao Ano

Considerando a periodicidade do fornecimento de transformadores de serviços auxiliares de três meses, analisamos a incidências das avarias, de forma a comprovar, que em nenhum mês, as incidências das avarias foi superior ao valor final obtido pelas necessidades da reserva estratégica. A figura 4.4 apresenta as incidências das avarias nas diferentes famílias dos TSA.

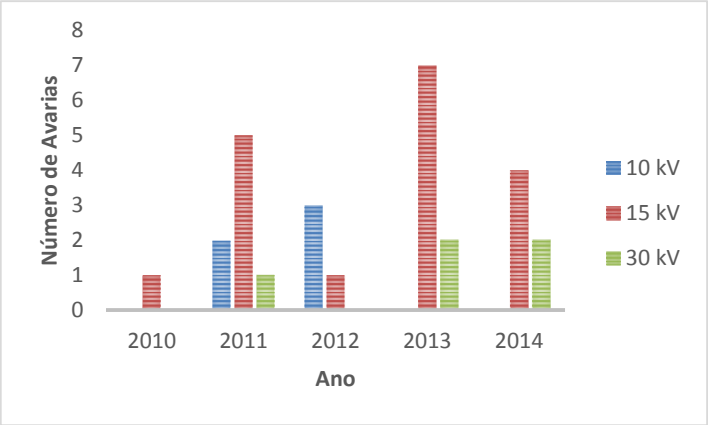


Figura 4.4 - Incidência das Avarias em TSA, entre 2010 e 2014

No Anexo C.4, são apresentados os diagramas de Gantt das famílias de TSA cuja incidência das avarias foi mais elevada, no caso, os TSA de 15kV, nos anos de 2011, 2013 e 2014. Uma vez mais percebemos a necessidade da reserva estratégica e os benefícios desta na diminuição do tempo de reparação de uma avaria.

4.3.5. Proposta das Necessidades de Reserva

Para avaliar as necessidades de aquisição, é necessário conhecer o panorama das existências em reserva estratégica. A tabela 4.19 mostra os diferentes valores, por família de TSA, existentes em reserva estratégica e as respetivas necessidades de aquisição, bem como todos os dados intervenientes para o cálculo das mesmas. Também é feita a referência aos TSA que se encontram em processo de recondicionamento, aqueles que se encontram por recondicionar, distinguindo dos que encontram em armazém como novos.

Tabela 4.19 - Quadro Resumo das Necessidades

	TSA	Resumo TSA		
		Tensão Nominal		
		10	15	30
Stock Mínimo Calculado	Quantidade em Exploração	25,40	60,00	48,20
	Nº Médio de Avarias	83,75	306,25	92,50
	Taxa Média de Avarias	6,56%	5,95%	2,75%
	Stock Mínimo Calculado	2	4	2
RN em Armazém	Novas	0	2	3
	Recondicionado	1	3	1
	Em recondicionamento	1	0	2
	Total	2	5	6
Necessidades Finais	Necessidade aquisição	0	0	0
	Disponíveis obras	0	1	4

4.4. Transformadores de Tensão

Os transformadores de tensão (TT) são aparelhos elétricos de alta precisão usados para isolar ou transformar níveis de voltagem. Desta forma, de modo a atender todas

as necessidades impostas pela rede, e dada a complexidade inerente a este tipo de ativo, a abordagem aos transformadores de tensão tornou-se mais específica do que nos restantes ativos.

Uma vez que neste ativo, a intermutabilidade entre os transformadores de tensão é quase inexistente, considerou-se essencial manter uma reserva para os diferentes modelos de transformadores de tensão, e não para famílias deste tipo de ativo.

No entanto, duas questões preponderantes se impõem:

- Dada a variedade de modelos de transformadores de tensão existentes na rede, torna-se impossível aparcar em armazém M2M, todo o portefólio de TT existente, pelo que a análise deste ativo terá de incidir não apenas sobre a quantidade a armazenar, mas sobre quais os ativos cuja necessidade de reserva é maior;
- O histórico das avarias não compreende o modelo de transformador de tensão avariado, apenas as suas caraterísticas gerais, pelo que o cálculo da taxa das avarias não poderá ser feito em função dos modelos da rede.

A solução que se propõe compreende então as seguintes etapas:

1. Análise das DMA relativas aos transformadores de tensão e definição de famílias de TT de acordo com o analisado (Janeiro de 2010 a Dezembro de 2014);
2. Análise dos TT existentes na rede, agrupando-os de acordo com as famílias estabelecidas (Janeiro de 2010 a Dezembro de 2014);
3. Análise das avarias com recurso a substituição de transformadores de tensão, uma vez mais de acordo com as famílias de TT estabelecidas (Janeiro de 2010 a Dezembro de 2014);
4. Cálculo da taxa média de avarias por família de transformador de tensão;
5. Análise dos modelos de TT existentes em exploração, agrupando esses modelos por famílias (estabelecidas em 1), de acordo com o previsto pela DMA;
6. Aplicar a taxa média de avarias por família, aos diferentes modelos de TT existentes na rede, percebendo desta forma, quais os modelos que garantem a confiabilidade do sistema com necessidade a reserva do modelo, e quais os que, para um valor de reserva igual a zero, garantem igualmente uma confiabilidade de 99%.

4.4.1. Caraterísticas dos TT a armazenar em Reserva Estratégica

De forma a cumprir as etapas do modelo acima previsto, analisou-se a DMA-C42-510/N (2007) relativa aos transformadores de tensão, onde se observaram as principais caraterísticas de funcionamento dos transformadores de tensão, para que a circunscrição das famílias deste ativo, obedecessem a um protótipo fiel das regras de normalização. As famílias dos transformadores de tensão obedecem às especificações apresentadas na tabela 4.20.

Tabela 4.20 - Caraterísticas dos TT de acordo com a DMA-C42-510/N, EDP Distribuição (2007)

Caraterísticas da Rede	Transformador de Tensão para 10 [kV]		
	Tensão nominal [kV]	Tensão mais elevada [kV]	Frequência nominal [Hz]
	10	12	50
	Transformador de Tensão para 15 [kV]		
	Tensão nominal [kV]	Tensão mais elevada [kV]	Frequência nominal [Hz]
	15	17,5	50
	Transformador de Tensão para 30 [kV]		
	Tensão nominal [kV]	Tensão mais elevada [kV]	Frequência nominal [Hz]
	30	36	50
	Transformador de Tensão para 60 [kV]		
	Tensão nominal [kV]	Tensão mais elevada [kV]	Frequência nominal [Hz]
	60	72,5	50

Para além das caraterísticas apresentadas na tabela 4.20 os transformadores de tensão (e também os transformadores de corrente, como veremos em seguida), apresentam uma particularidade totalmente distinta dos demais ativos. Estes ativos encontram-se na rede como ternos (aglomerado com 3 ativos), sendo que uma avaria relativa a um transformador de tensão, obrigada à substituição integral dos três. Este detalhe será tido em atenção no dimensionamento da reserva para os transformadores de tensão.

4.4.2. Taxas Médias de Avaria dos Transformadores de Tensão

Para o cálculo da taxa média de avarias dos transformadores de tensão, foi realizada uma consulta, nos mesmos moldes das seções anteriores, onde se contabilizou, no período entre Janeiro de 2010 e Dezembro de 2014, o total de TT por família em exploração,

bem como o número de avarias ocorridas durante esse período. Estes dados serão apresentados no Anexo D.1 e Anexo D.2 respetivamente.

A taxa média de avarias, por família de transformador, é apresentada na tabela 4.21, assim como os valores globais intervenientes. Uma vez mais, a indisponibilidade média do ativo é de 12 a 14 semanas.

Tabela 4.21 - Valores médios de exploração e avarias das diferentes famílias de TT

SUBESTAÇÕES E POSTOS DE CORTE				
Transformador de Tensão	Tensão Nominal [kV]			
	10	15	30	60
Número Médio de TT Avariados	0,40	1,80	1,20	7,80
Número Médio de TT em Exploração	109,20	499,80	230,20	1521,20
Taxa Média de Avarias	0,37%	0,36%	0,52%	0,51%
Indisponibilidade Média	0.25	0,25	0,25	0,25
Indisponibilidade Total	0,09	0,42	0,28	1,80

4.4.3. Necessidades do Sistema

De acordo com a abordagem definida, foram analisados todos os modelos de transformadores de tensão existentes em exploração, tendo-se contabilizado 352 diferentes modelos, num total de 2646 transformadores de tensão.

Uma vez agrupados estes modelos por famílias, aplicou-se às quantidades de cada modelo, a taxa de avarias da respetiva família, calculando-se as necessidades de reserva para cada modelo, sendo que na sua maioria (dadas as baixas taxas médias de avaria) a necessidade final era de zero unidades.

Neste caso, e tendo em consideração o fato dos TT existirem na rede como ternos, iremos assegurar para cada modelo com recurso a reserva, pelo menos 3 unidades.

Os valores das necessidades do sistema por família de transformador de tensão serão apresentados no Anexo D.3, pelo que por motivos de confidencialidade, os respetivos modelos a aparcar não poderão ser divulgados. No entanto a tabela 4.22, exemplifica a abordagem descrita para o modelo UES60, da Efacec.

Tabela 4.22 - Exemplificação da abordagem adotada para os Transformadores de Tensão

Modelo: UES60; Fabricante: Efacec	
Tensão Nominal [kV]	60
Família	**TT 60kV**
Taxa Média de Avarias da Família	
0,51%	
TT UES60 (Efacec) 60kV em exploração	
58	
Confiabilidade 99%	
Necessidades de Reserva	**1** × 3
Existências em Armazém M2M	
4	

4.4.4. Proposta das Necessidades de Reserva

Mediante as necessidades apresentadas no Anexo D.3, foi considerado essencial para o correto funcionamento da rede, o aparcamento em armazém M2M de 186 transformadores de tensão dos diferentes modelos, entre os quais:

- 18 Transformadores de Tensão de 10kV
- 33 Transformadores de Tensão de 15kV;
- 18 Transformadores de Tensão de 30 kV;
- 117 Transformadores de Tensão de 60 kV.

4.5. Transformadores de Corrente

Segundo Toroid. (2015) os transformadores de corrente (TC) são dispositivos que tem como objetivo de detetar a corrente que circula no barramento de alimentação, e transformá-la numa corrente de menor valor.

Dada a sua semelhança funcional com os transformadores de tensão, a abordagem seguida nesta seção será semelhante à dos TT, pelo que as conclusões obtidas serão apresentadas em seguida. Nos TC a intermutabilidade dos ativos é igualmente complexificada pela variedade de modelos intervenientes, pelo que também neste caso a análise se irá focar na decisão de aparcar ou não, os modelos em exploração. Tal como os

TT, os transformadores de corrente encontram-se na rede como ternos, pelo que o seu dimensionamento será triplicado.

4.5.1. Caraterísticas dos Transformadores de Corrente a Armazenar em Reserva Estratégica

De forma a cumprir as etapas designadas no capítulo 4.4 para os Transformadores de Tensão, analisou-se a DMA-C42-550/N (2007) relativa aos transformadores de corrente, onde se constataram as principais caraterísticas de funcionamento dos TC, e se agruparam segundo famílias de ativo, de acordo com as regras de normalização previstas. As referidas especificações são apresentadas na tabela 4.23.

Tabela 4.23 - Caraterísticas dos TT de acordo com a DMA-C42-440/N (2007), EDP Distribuição (2007)

Caraterísticas da Rede	Transformador de Corrente para 10 [kV]		
	Tensão nominal [kV]	Tensão mais elevada [kV]	Frequência nominal [Hz]
	10	12	50
	Transformador de Corrente para 15 [kV]		
	Tensão nominal [kV]	Tensão mais elevada [kV]	Frequência nominal [Hz]
	15	17,5	50
	Transformador de Corrente para 30 [kV]		
	Tensão nominal [kV]	Tensão mais elevada [kV]	Frequência nominal [Hz]
	30	36	50
	Transformador de Corrente para 60 [kV]		
	Tensão nominal [kV]	Tensão mais elevada [kV]	Frequência nominal [Hz]
	60	72,5	50

4.5.2. Taxas Médias de Avarias dos Transformadores de Corrente

Para o cálculo da taxa média de avarias dos transformadores de corrente, foi realizada uma consulta, nos mesmos moldes das seções anteriores, onde se contabilizou, no período entre Janeiro de 2010 e Dezembro de 2014, o total de TC por família em exploração, bem como o número de avarias ocorridas durante esse período, como apresentado no Anexo E.1 e Anexo E.2 respetivamente. A taxa média de avarias, por família de transformador, é apresentada na tabela 4.24, assim como os valores globais intervenientes. Uma vez mais, a indisponibilidade média do ativo é de 12 a 14 semanas

Tabela 4.24 - Valor médio de exploração e avarias das diferentes famílias de TC

SUBESTAÇÕES E POSTOS DE CORTE				
Transformadores de Corrente	TC Avariados por tensão estipulada no enrolamento principal [kV]			
	10	15	30	60
Número Médio de TC Avariados	0,80	3,80	5,60	5,60
Número Médio de TC em Exploração	1829,60	2378,00	2869,20	1936,60
Taxa Média de Avarias	0,04%	0,16%	0,20%	0,29%
Indisponibilidade Média	0,25	0,25	0,25	0,25
Indisponibilidade Total	0,18	0,88	1,29	1,29

4.5.3. Necessidades do Sistema

De acordo com a abordagem definida, constatou-se que existem atualmente em exploração 800 modelos diferentes de transformadores de corrente, em um total de 9307 unidades. Como tal, e considerando ser impossível o aparcamento de todos os modelos, aplicou-se às quantidades existentes em exploração, a taxa de avarias da respetiva família do modelo. Esta premissa ajudou na validação da condição de aparcar ou não os modelos existentes na rede.

Os valores das necessidades do sistema por família de transformador de corrente serão apresentados no Anexo E.3, pelo que por motivos de confidencialidade, os respetivos modelos a aparcar não poderão ser divulgados. No entanto a tabela 4.25, exemplifica a abordagem descrita para o modelo SEV60 da Efacec.

Tabela 4.25 - Exemplificação da abordagem adotada para os Transformadores de Corrente

Modelo: SEV60; Fabricante: Efacec	
Tensão Nominal [kV]	60
Família	**TC 60kV**
Taxa Média de Avarias da família	
0,29%	
TC SEV60 (Efacec) 60kV em exploração	
20	
Confiabilidade 99%	
Necessidades de Reserva	**1** × 3
Existências em Armazém M2M	
5	

4.5.4. Proposta das Necessidades de Reserva

Apesar do número de transformadores de corrente existentes na rede, a taxa de avarias deste equipamento é consideravelmente baixa, pelo que as necessidades de aquisição dos transformadores de corrente são igualmente reduzidas, quando comparadas com o total destes ativos na rede. Assim, para os TC considerou-se necessário um total de 219 unidades, entre os quais:

- 6 Transformadores de Corrente de 10kV;
- 48 Transformadores de Corrente de 15kV;
- 75 Transformadores de Corrente de 30 kV;
- 90 Transformadores de Corrente de 60 kV.

4.6. Disjuntores

Os disjuntores (DJ) são outros dos ativos essenciais ao bom funcionamento da rede elétrica. Este ativo funciona como interrutor automático, usado para desligar os dispositivos, bem como interromper as correntes de curto-circuito e sobrecargas elétricas, que provocam danos mensuráveis nas instalações elétricas.

Os disjuntores são ativos de extrema complexidade, a sua gestão implica um profundo conhecimento das redes elétricas. Como tal, será adotada para os disjuntores uma abordagem distinta.

Numa primeira análise aos disjuntores, foi possível perceber que a intermutabilidade era possível entre famílias nos disjuntores de alta tensão, mas que o mesmo não era possível para os disjuntores de média tensão. Assim, a análise dos disjuntores será ramificada em Disjuntores AT e Disjuntores MT.

A fim de facilitar a compreensão dos modelos, considerou-se semelhante a análise dos disjuntores AT com a análise feitas as RN e aos TSA, sendo que os disjuntores MT seguem o estudo preconizado pelos Transformadores de Tensão e Transformadores de Corrente.

4.6.1. Disjuntores Alta Tensão

4.6.1.1. Caraterísticas dos Disjuntores AT a armazenar em Reserva Estratégica

Para análise dos módulos de normalização dos ativos, recorremos uma vez mais aos documentos de normalização. No caso dos disjuntores, estes são ramificados em função dos valores de tensão inerentes a este ativo. Desta forma, existem regras de normalização para os disjuntores de alta tensão, e regras de normalização específicas para os disjuntores de média tensão.

Quanto aos disjuntores AT, e dada a já referida complexidade deste ativo, existem 4 documentos normalizadores para este ativo:

- DMA-C64-120N (2007), onde estão especificadas as caraterísticas gerais dos disjuntores de tensão estipuladas até 72,5 kV;
- DMA-C64-102N (2007), onde estão individualizadas as caraterísticas complementares dos disjuntores AT de tensão estipulada até 72,5 kV;
- DMA-C64-103N (2007), onde estão fixados os ensaios de tipo a que deverão ser sujeitos os disjuntores AT de tensão estipulada até 72,5 kV;
- DMA-C64-104N (2007), onde estão fixados os ensaios de série a que devem ser sujeitos os disjuntores AT de tensão estipulada até 72,5 kV.

Desta forma, após ser percecionada a intermutabilidade entre os disjuntores de alta tensão, foram criadas as famílias dos disjuntores com base no valor de corrente estipulada em serviço contínuo [A] e no valor de corte estipulado em curto-circuito [kA]. Foram classificados quatro grandes famílias, de acordo com as suas caraterísticas mais gerais, como se apresenta na tabela 4.26.

Tabela 4.26 - Caraterísticas dos Disjuntores AT de acordo com o respetivo documento de normalização

Alta Tensão	Caraterísticas do Disjuntor			
	Tipo D60 - I	Tipo D60 - II	Tipo D60 - III	Tipo D60 - IV
Corrente Estipulada em Serviço Contínuo [A]	800	1250	1250	2500
Poder de Corte Estipulado de linhas em vazio [A]	10	10	10	10

4.6.1.2. Taxa média de avarias dos Disjuntores AT

Para o cálculo da taxa média de avaria dos disjuntores de alta tensão foi realizada:

- Uma consulta em SIT de todos os disjuntores existentes em exploração, comparando os dados com as extrações feitas em SAP/PM, que contabilizou por ano, e segundo as quatro famílias definidas e respetivas implicações, o total de disjuntores existentes em exploração, da qual se excluíram os disjuntores de média tensão. Os dados relevantes desta consulta serão apresentados no Anexo F.1
- Uma consulta em SAP/PM a fim de caraterizar as avarias ocorridas entra Janeiro de 2010 e Dezembro de 2014, optando-se pela abordagem referida na seção 4.2.3 das reatâncias de neutro, agora aplicada aos disjuntores AT, onde se analisaram todas as avarias que originaram substituição dos disjuntores (caraterizando essas avarias segundo a sua data de ocorrência, corrente estipulada em serviço contínuo [A] e poder de corte estipulado em curto-circuito [kA]), com a particularidade, que foram também consideradas as avarias em disjuntores AT com alarme de pressão SF6, como será explicado em seguida.

Os dados relevantes desta consulta serão apresentados no Anexo F.2.

Neste caso particular, foram consideradas as notas de avaria com recurso a alarme SF6[5], uma vez que este tipo de avarias tem estado, nos últimos anos, na origem de grande parte das substituições de disjuntores de alta tensão.

Para o cálculo final das necessidades, foram considerados críticos, os disjuntores cuja taxa de ocorrências de avarias por alarme de SF6 era superior a 5%, como apresentado na figura 4.5.

[5]Trata-se de disjuntores cujo meio de interrupção é o SF6 e que têm um pressostato que mede a pressão interna do gás. Ao terem fugas de gás, a pressão interna diminui e envia uma alarme que é recebido pelo Despacho e Condução. Tratam-se então de falhas potenciais que tipicamente levam a substituição do disjuntor.

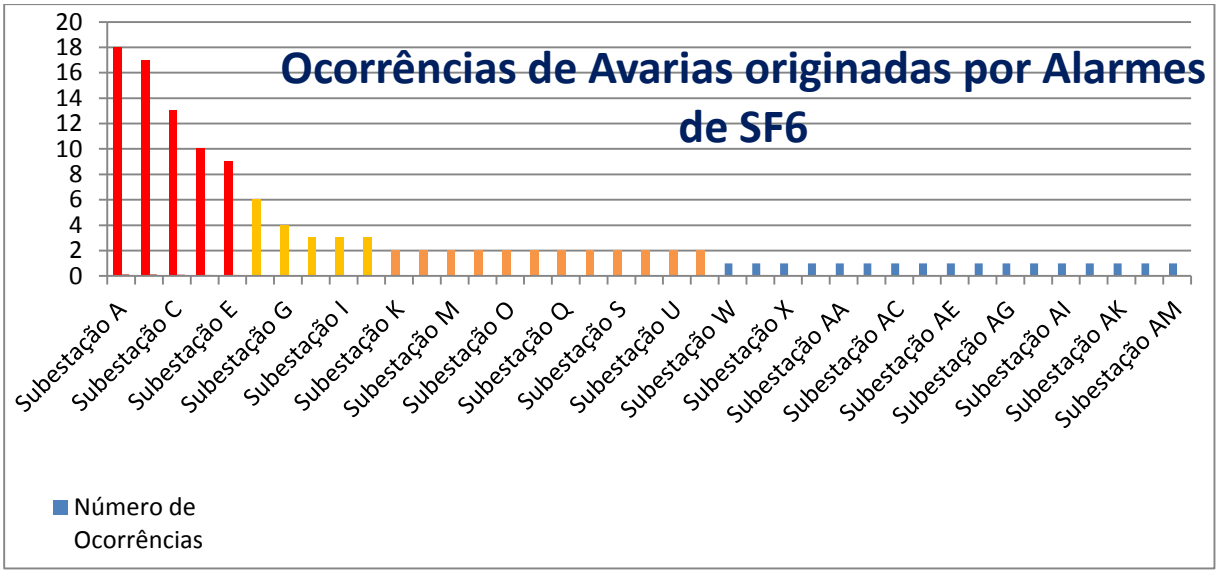


Figura 4.5 - Ocorrência das Avarias originadas por Alarmes SF6

Uma vez agrupados por famílias, todos os disjuntores AT existentes em exploração, bem como todas as avarias ocorridas entre Janeiro de 2010 e Dezembro de 2014, assim como as falhas potências que impediam o cumprimento da função do ativo, foram calculadas as respetivas taxas de avaria e de indisponibilidade. No caso dos disjuntores o tempo médio de indisponibilidade é de igualmente 12 a 14 semanas. Na tabela 4.27, são apresentados os valores finais, por família de disjuntores AT.

Tabela 4.27 - Valor médio de exploração e avarias das diferentes famílias de Disjuntores AT

Subestações, Postos de Corte e de Seccionamento				
Disjuntores	Alta Tensão			
	Tipo D60 - I	Tipo D 60 - II	Tipo D60 - III	Tipo D 60 – IV
Taxa Média de Avarias	0,65%	0,00%	0,30%	0,33%
Nº Médio de Avarias	1,80	0,00	1,00	4,00
Nº Médio de DJ AT em Serviço	279,00	32,00	333,80	1209,80
Indisponibilidade Média	0,25	0,25	0,25	0,25

4.6.1.3. Necessidades do Sistema

Por aplicação do modelo proposto, utilizando a taxa média de avarias, e através da variação do número de disjuntores AT em exploração, perante uma confiabilidade

pretendida de 99%, são determinadas as necessidades a manter em reserva estratégica, presentes na tabela 4.28. A variação da confiabilidade para as respetivas família de DJ AT são apresentadas no Anexo F.3

Tabela 4.28 - Necessidades em Reserva Estratégica dos Disjuntores AT

Subestações, Postos de Corte e de Seccionamento				
Disjuntores	Alta Tensão			
	Tipo D60 - I	Tipo D 60 - II	Tipo D60 - III	Tipo D 60 - IV
Necessidades em Reserva Estratégica	2	0	2	4

Assim, segundo este modelo, serão necessários manter em reserva estratégica apenas 8 disjuntores AT, sendo que dois são do tipo D60-I, dois do tipo D60-III e quatro do tipo D60-IV.

4.6.1.4. Incidência das Avarias ao Ano

Assim, considerando a periodicidade de fornecimento dos disjuntores, analisou-se o período de incidências das avarias, segundo diagramas de Gantt, de forma a comprovar, que em nenhum momento, a simultaneidade das avarias foi superior ao calculado pelo modelo. No Anexo F4 serão apresentados os respetivos diagramas comprovativos, pelo que o gráfico da ocorrência das avarias ao longo destes cinco anos, é apresentado na figura 4.6.

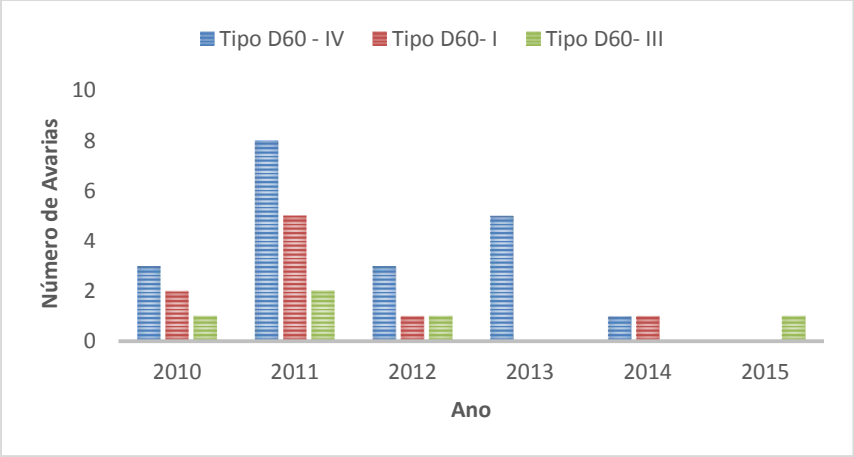


Figura 4.6- Incidência ao ano das Avarias dos Disjuntores

4.6.1.5. Proposta das Necessidades de Reserva

Segundo a tabela 4.28, são necessários manter em reserva ativos das diferentes famílias, exceto do Tipo D60 – II.

No entanto, segundo Olthof e Dekker. (2004, apud Rego 2011) quando se tratam de peças de reposição, deve ser mantida pelo menos uma unidade em stock, se o seu custo anual unitário, for superior ao custo anual decorrente da falha do ativo. Desta forma, dada a importância dos disjuntores na qualidade do serviço técnico prestado pela EDP Distribuição, e apesar da taxa de avarias até ao momento ser nula, optou-se por ser mantida em reserva, pelo menos uma unidade de disjuntores do tipo D60-II.

Desta forma, as necessidades de aquisição dos disjuntores, bem como os dados mais relevantes intervenientes para o cálculo das mesmas, são apresentadas na tabela 4.29. Faz-se referência uma vez mais à condição atual dos disjuntes AT aparcados em reserva estratégica.

Tabela 4.29 - Resumo das necessidades de reserva dos disjuntores AT

Disjuntores AT		Famílias de Disjuntores AT			
		Tipo D60 - I	Tipo D60 - II	Tipo D60 - III	Tipo D60 - IV
Stock Calculado	Quantidade em Exploração	279	32	333,8	1209,8
	Nº Médio de Avaria	1,8	0	1	4
	Taxa Média de Avarias	0,65%	0,00%	0,30%	0,33%
	Necessidades de Reserva (NR)	2	1	2	4
Disjuntores em Armazém	Novos	0	0	0	4
	Novo, sem comando	0	0	0	1
	Recondicionado	0	0	0	2
	Por Recondicionar	0	0	2	4
	Só Polos	15	0	6	0
	Total	0	0	2	11
NR	Necessidade de Aquisição para satisfazer a NR	2	0	0	0
	Disponível para Obra	0	0	0	7

Desta forma, segundo a tabela 4.29 são necessários 9 disjuntores AT para satisfazer as necessidades previstas da reserva estratégica.

4.6.2. Disjuntores MT

Como já foi referido, no caso dos disjuntores de média tensão, a abordagem seguida assemelhou-se com o definido para os TT e TC. Através de uma detalhada análise a

estes ativos, constatou-se que os disjuntores que eram aparcados no exterior não poderiam ser comutados com os de interior. E dos disjuntores de montagem interior, os que pertencia a quadros metálicos, também não poderiam ser comutados com os disjuntores instalados em celas clássicas de alvenaria.

Desta forma, considerou-se crucial para o estudo dos disjuntores de aparelhagem MT, que estes fossem classificados desde o início em 3 famílias, conforme o apresentado na tabela 4.30.

Tabela 4.30 - Classificação dos Disjuntores de média tensão

Disjuntores Média Tensão		
EXTERIOR	INTERIOR	
PEA	QMMT	Celas Clássicas

4.6.2.1. Caraterísticas dos Disjuntores MT a armazenar em Reserva Estratégica

Relativamente aos documentos que normalizam os disjuntores média tensão, estas são também ramificadas em função dos valores de tensão dos ativos, pelo que foram alvo de análise 5 documentos:

- A DMA-C64-100N (2007) onde estão especificados os ensaios tipo a que ficam sujeitos os disjuntores MT;
- A DMA-C64-101N (2007) onde estão especificados os ensaios de série a que ficam sujeitos os disjuntores MT;
- A DMA-C64-105N (2007) onde estão especificadas as caraterísticas gerais dos disjuntores de média tensão até 12kV;
- A DMA-C64-110N (2007) onde estão especificadas as caraterísticas gerais dos disjuntores de média tensão até 17,5kV;
- A DMA-C64-155N (2007) onde estão especificadas as caraterísticas gerais dos disjuntores de média tensão até 36kV;

Desta forma, considerou-se essencial a manutenção de uma reserva para as diferentes famílias de tensão acima referidas. A tabela 4.31 apresenta algumas das caraterísticas gerais presentes os documentos de normalização acima referidos.

Tabela 4.31 - Caraterísticas dos Disjuntores MT de acordo com o normalizado

Caraterísticas da Rede			
	Disjuntores 12 [kV]		
	Tensão nominal [kV]	**Tensão mais elevada [kV]**	**Frequência nominal [Hz]**
	10	12	50
	Disjuntores 17,5 [kV]		
	Tensão nominal [kV]	**Tensão mais elevada [kV]**	**Frequência nominal [Hz]**
	15	17,5	50
	Disjuntores 36 [kV]		
	Tensão nominal [kV]	**Tensão mais elevada [kV]**	**Frequência nominal [Hz]**
	30	36	50

Considerou-se também, que apesar de não estarem normalizados, dado o seu considerável valor de exploração para o caso de montagem interior em quadro metálico, será importante neste caso manter uma reserva para os disjuntores de 6kV.

4.6.2.2. Taxas médias de Avaria dos Disjuntores MT

Para o cálculo das necessidades totais do sistema, foram previamente calculadas as taxas médias de avaria, e indisponibilidade média dos disjuntores de média tensão, no período entre Janeiro de 2010 e Dezembro de 2014. Os dados intervenientes para esse cálculo são apresentados em Anexo G.1 e Anexo G.2 respetivamente, sendo que a triagem das notas de avaria extraídas do sistema, foram feitas nos mesmos moldes referidos na seção das reatâncias de neutro. A taxa média de avarias, foi calculada segundo as famílias de tensão dos disjuntores MT, que por sua vez se inseriam dentro do tipo de montagem respetiva, como se verifica pela tabela 4.32, tabela 4.33 e tabela 4.34.

Tabela 4.32 - Valores médios de Exploração e Avarias das diferentes famílias de Disjuntores MT de montagem exterior

Disjuntores MT	Exterior		
	PEA		
	10	15	36
Número Médio de Disjuntores Avariados	0,00	0,40	2,80
Número Médio de Disjuntores em Exploração	6,00	100,00	340,40
Taxa Média de Avarias	0,00%	0,40%	0,82%
Indisponibilidade Média	0,23	0,23	0,23
Indisponibilidade Total	0,00	0,09	0,65

Tabela 4.33 - Valores médios de Exploração e Avarias das diferentes famílias de Disjuntores MT de montagem interior em Celas Clássicas

Disjuntores MT	Interior		
	Celas Clássicas		
	10	15	36
Número Médio de Disjuntores Avariados	1,00	0,20	5,00
Número Médio de Disjuntores em Exploração	230,80	452,40	291,60
Taxa Média de Avarias	0,43%	0,04%	1,71%
Indisponibilidade Média	0,23	0,23	0,23
Indisponibilidade Total	0,23	0,05	1,15

Tabela 4.34 - Valores médios de Exploração e Avarias das diferentes famílias de Disjuntores MT de montagem interior em Quadro Metálico

Disjuntores MT	Interior			
	QMMT			
	6	10	15	36
Número Médio de Disjuntores Avariados	0,20	2,13	4,00	3,40
Número Médio de Disjuntores em Exploração	29,00	1334,80	2824,20	1010,00
Taxa Média de Avarias	0,69%	0,16%	0,14%	0,34%
Indisponibilidade Média	0,23	0,23	0,23	0,23
Indisponibilidade Total	0,05	0,49	0,92	0,78

4.6.2.3. Necessidades do Sistema

Adotando a abordagem seguida nos TT e nos TC, analisaram-se no total de 391 modelos de disjuntores de média tensão em exploração, tendo-se contabilizado no total de 6979 disjuntores MT.

Também neste caso, após serem agrupados os modelos pelas diferentes famílias, foram aplicadas as taxas médias de avaria das respetivas famílias às quantidades existentes em exploração, calculando-se as quantidades de reserva para cada modelo, sendo que na sua maioria, dada as baixas taxas médias de avaria, a necessidade final será de zero unidades.

Os valores das necessidades do sistema por família de Disjuntor AT serão apresentados no Anexo G.3, pelo que por motivos de confidencialidade, os respetivos modelos a aparcar não poderão ser divulgados. No entanto a tabela 4.35, exemplifica a abordagem descrita para o modelo HPGE7-9E da Efacec

Tabela 4.35 - Exemplificação da abordagem adotada para os Disjuntores MT, de Exterior

Modelo: HPGE7-9E; Fabricante: Efacec	
Tensão Nominal [kV]	36
Família	**DJ 30kV**
Taxa Média de Avarias	
0,00334%	
HPGE7-9E (Efacec) 60kV em exploração	
114	
Confiabilidade 99%	
Necessidades de Reserva	2
Existências em Armazém M2M	
1	

4.6.2.4. Proposta de Aquisição

Segundo as necessidades apresentadas em Anexo G.3, foi considerado essencial para o correto funcionamento da rede, o aparcamento em armazém M2M de disjuntores de média tensão dos diferentes modelos, entre quais:

- 1 Disjuntores MT de 6kV de montagem interior em quadro metálico;
- 1 Disjuntores MT de 10kV de montagem exterior (Parque exterior de aparelhagem); 5 Disjuntores MT de 10kV de montagem interior em celas clássicas, 8 Disjuntores MT de 10kV de montagem interior em quadro metálico;
- 2 Disjuntores MT de 15kV de montagem exterior (Parque exterior de aparelhagem); 2 Disjuntores MT de 15kV de montagem interior em celas clássicas, 15 Disjuntores MT de 15kV de montagem interior em quadro metálico;
- 9 Disjuntores MT de 30kV de montagem exterior (Parque exterior de aparelhagem); 22 Disjuntores MT de 30kV de montagem interior em celas clássicas, 15 Disjuntores MT de 30kV de montagem interior em quadro metálico.

4.7. Necessidades Finais da Reserva Estratégica

Perante a análise acima apresentada, depreende-se que para os diferentes ativos, serão adotadas diferentes abordagens. Este detalhe deve-se ao fato dos ativos da rede apresentarem uma elevada complexidade que requer uma análise diferente para cada ativo.

Na tabela que se segue, serão apresentadas de um ponto de vista global, as necessidades de reserva para cada ativo.

Tabela 4.36 - Quadro Resumo das necessidades finais

Necessidades de Reserva					
Reatâncias de Neutro [kV/A]	10/300	1	Transformadores de Tensão [kV]	10	18
	15/300	2		15	33
	30/300	5		30	18
	10/1000	1		60	117
	15/1000	1	Transformadores de Corrente [kV]	10	6
	30/300	2		15	48
Transformadores de Serviços Auxiliares [kV]	10	2		30	75
	15	4		60	90
	30	2	Disjuntores MT Interior [kV]	Celas Clássicas	
Disjuntores AT [kV]	Tipo D60 - I	2		10	5
	Tipo D60 - II	1		15	2
	Tipo D60 - III	2		30	22
	Tipo D60 - IV	4		QMMT	
Disjuntores MT Exterior [kV]	10	1		10	8
	15	2		15	15
	30	9		30	15

5. MODELO DE GESTÃO DA RESERVA ESTRATÉGICA

Uma vez dimensionada a Reserva Estratégica é necessário definir o modelo de gestão contínuo do armazém M2M. Surgem questões acerca do modelo de entradas e saídas dos ativos do armazém, e do procedimento geral aquando à saída de um ativo do armazém.

O horizonte temporal da Reserva Estratégica é infinito, sendo possível que a qualquer momento sejam eliminados determinados ativos, por deixarem de existir na rede. Como tal, convém garantir de forma permanente o *stock* mínimo de ativos com elevados valores de exploração cujas caraterísticas se encontram normalizadas pelos documentos de normalização.

No caso de determinados ativos, como é o caso das Reatâncias de Neutro, Transformadores de serviços auxiliares e Disjuntores AT, o aprovisionamento total dos ativos previstos por este modelo é relativamente simples, uma vez que o número total de necessidades é consideravelmente baixo. Este fato deve-se à intermutabilidade dos diferentes modelos entre si, que possibilita que a variabilidade dos modelos da rede possa ser suprimida por um único modelo existente em reserva estratégica. Neste caso, mesmo perante taxas médias de avaria nulas, ou famílias de ativos com um reduzido número de unidades em exploração, é possível manter pelo menos um exemplar de cada grupo normalizado, de forma a garantir futuras necessidades.

No entanto, para os Disjuntores MT, Transformadores de Tensão e Transformadores de Corrente, o paradigma é outro. Por não possuírem a tão benéfica caraterística dos ativos atrás definidos, o total das necessidades é bem maior, dificultando o aparcamento de todos os ativos, e não sendo possível, para modelos com pequenas unidades em exploração, manter exemplares de uma unidade. Neste tipo de ativos, teremos apenas *stock* para as necessidades impostas pelas taxas de avaria, ou por elevados valores de exploração.

5.1. Modelo de Gestão da Reserva Estratégica

A questão a que se dedica esta secção é relativa ao procedimento a seguir, no momento em que um ativo é requisitado ao armazém.

O foco desta questão reside no tempo de indisponibilidade dos ativos. Uma vez que, no caso dos ativos em estudo, o tempo médio de reparação de uma avaria é semelhante ao tempo médio de aquisição de um novo ativo, do ponto de vista temporal, as opções são semelhantes. Desta forma, as variáveis preponderantes nesta análise serão apenas a viabilidade económica e a condição técnica dos ativos.

Quando um dos ativos (em análise) avaria numa subestação, este ativo é requisitado em reserva estratégica, que deverá ser capaz de suprir sempre as necessidades da rede. O momento inicial desta requisição é conseguido através de e-mail para a confirmação da reserva e desencadeamento do processo de substituição do ativo aparcado em armazém

O conceito subjacente à reserva estratégica é de não adquirir ativos novos, optando sempre pela via de recondicionamento de ativos da rede, que podem passar por ações de conservação, beneficiação ou reabilitação. Admite-se contudo, que em determinados casos a aquisição de ativos poderá ser necessária, mas deverá ser uma solução estudada para casos particulares. O fluxograma de definição de procedimento para apoio à decisão sobre reparação ou substituição por ativos novos é apresentado no Anexo I.1.

5.1.1. Acesso ao Armazém e Transporte para o local da Avaria

Os armazéns da EDP Distribuição estão a cargo de uma empresa de logística, subcontratada, com a qual existe um acordo de acesso ao armazém DMN, 24 horas por dia, 365 dias por ano, que incluí o transporte de todos os materiais para o local da obra ou avaria.

Para a requisição de um ativo em armazém M2M, o técnico ocorrente da avaria deverá contatar a empresa subcontratada responsável pelo transporte dos ativos da reserva estratégica para o local da avaria. Neste contato deve ser indicado o número da reserva SAP efetuada.

À empresa subcontratada deverão ser fornecidas, as seguintes informações disponíveis nos ficheiros de gestão de *stocks* de reserva estratégica (MNPC):

- O tipo de equipamento a transportar;

- O modelo do equipamento;
- O número de série desse equipamento;
- A coordenada de posição em armazém;
- O local de destino do ativo;
- O número de contato do responsável pela receção do ativo.

O contrato com a empresa de logística em questão, prevê que, para situações de extrema urgência, o transporte esteja pronto para sair do armazém com os materiais destinados à obra ou avaria, até duas horas após o contato inicial.

Durante esta transação, caso por razões operacionais o MNPC não seja envolvido no processo de recolha do armazém DMN, dever-lhe-á ser dado o conhecimento do movimento efetuado, no dia útil, imediatamente seguinte à ocorrência.

5.1.2. Aquisição dos Ativos para Reserva Estratégica

Focando na essência da reserva estratégica, em que os ativos aparcados neste armazém deveriam resultar de obras provenientes da rede e não de novas aquisições, a reposição dos ativos requisitados pelas subestações, postos de corte ou seccionamento, foi um tema de bastante reflexão.

Um dos benefícios inerentes a este modelo de reposição e à própria reserva estratégica em si, em que sua gestão não contempla aquisição de novos ativos, está no fato de não se induzir custos de investimento a este armazém, e simultaneamente garantir que a utilização dos ativos (originados aquando remodelações da rede) que até então não se encontram totalmente amortizados. Estes ativos, caso não estejam obsoletos, e cuja condição permita, tem mérito para serem reintegrados na rede . Os únicos custos envolvidos serão os próprios custos de funcionamento do armazém, e custos de manutenção associados à avaliação da condição dos ativos e possível recondicionamento.

Desta forma, para colmatar as necessidades dos ativos que vão sendo requisitados, e até garantir a reserva inicial em armazém, são sugeridas três vias de atuação.

Uma vez avariado, um ativo proveniente da rede deverá, antes de ser submetido ao abate, sofrer uma avaliação da sua condição. Perante esta avaliação, os técnicos responsáveis pela manutenção dos ativos, deverão decidir se este ativo deverá ser imediatamente sujeito ao abate, ou se, por via de condições técnicas e económicas

vantajosas, deverá ir para o reparador, de forma a ser devidamente recondicionado, conforme apresentado na Figura 5.1. O fluxograma relativo a este modelo será apresentado no Anexo I.2.

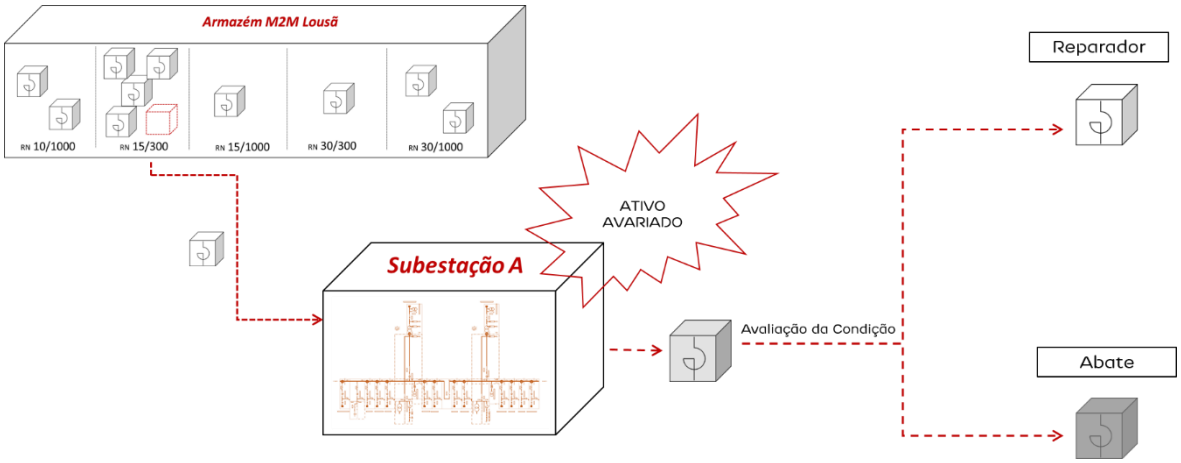


Figura 5.1 - Modelo de Reposição dos Ativos

5.1.2.1. Obras da Remodelação

A primeira via de atuação a recorrer, no momento de colmatar as necessidades impostas pela reserva estratégica é averiguar obras de remodelação das SE/PC que estão a cargo da DPC (Direção Projeto e Construção).

No âmbito do "Programa de Renovação e Reabilitação de Ativos", são libertados ativos que irão ser substituídos por novos. Como o próprio nome sugere, este programa encarrega-se de avaliar a condição dos ativos da rede e reabilita-los mediante o resultado dessa inspeção.

Antes de serem retirados da rede é efetuada uma avaliação da condição e indicado qual o destino a dar aos mesmos: recondicionamento ou abate.

Caso a decisão seja a reparação do ativo, este é recondicionado. Sendo que as necessidades da SE/PC/PS já se encontram colmatadas pela aquisição de um novo ativo, o ativo anteriormente reparado será enviado para reserva estratégica, preenchendo não só as necessidades iniciais previstas pelo modelo apresentado, como as necessidades futuras previstas pelas avarias da rede. O fluxograma de gestão deste modelo é apresentado no Anexo I.3.

5.1.2.2. Ativos Recondicionados

O modelo para a reposição de ativos recondicionados é consideravelmente simples.

Uma vez ocorrida uma avaria numa subestação, posto de corte ou seccionamento, deverá ser requisitado um ativo ao armazém, que irá substituir o ativo avariado.

Posteriormente é feita uma inspeção do ativo avariado, para avaliação da sua condição técnica, a qual irá indicar necessidade de reabilitação, beneficiação ou conservação. Mediante uma ponderação entre os custos deste recondicionamento e o período de tempo até a amortização financeira do ativo, este é recondicionado no reparador, sendo depois encaminhado para a reserva estratégica para preencher as necessidades.

Para atualização dos custos, deverá ser feita a transferência do imobilizado da subestação, posto de corte ou seccionamento, de origem do ativo avariado, para a Reserva Estratégica.

5.1.2.3. Ativos Submetidos ao Abate

Quando a avaliação da condição do ativo sugere o seu abate, a reposição das necessidades em reserva estratégica evidencia um modelo mais complexo.

Uma vez que é impossível recorrer a custos de investimento para a gestão da reserva estratégica, mas em contrapartida o não suprimento das suas necessidades poderá implicar pesadas consequência no bom funcionamento da rede, foram definidos cinco etapas para repor as necessidades impostas pelo dimensionamento ótimo do armazém:

1. Identificar uma subestação, posto de corte ou seccionamento com um ativo com iguais caraterísticas ás do ativo abatido, cuja condição técnica indique necessidade de recondicionamento;
2. Adquirir para essa subestação, posto de corte ou seccionamento um ativo novo, induzindo custos de investimento a essa SE/PC/PS;
3. Quando a chegada do ativo novo, retirar da SE/PC/PS o ativo a reabilitar;
4. Enviar para recondicionamento o ativo retirado anteriormente;
5. Aprovisionar em armazém da DMN o ativo intervencionado, fazendo a transferência do imobilizado do ativo, da SE/PC/PS diretamente para a Reserva Estratégica.

Esta solução torna-se vantajosa uma vez que, por um lado, melhora a condição dos ativos da rede, e por outro, não induz custos de investimento à Reserva Estratégica.

5.2. Organização do Armazém M2M da Reserva Estratégica

O mapa de organização do armazém da DMN, M2M, encontra-se esquematizado na figura 5.2, sendo que o anexo H apresenta a respetiva legenda da matriz de posicionamento.

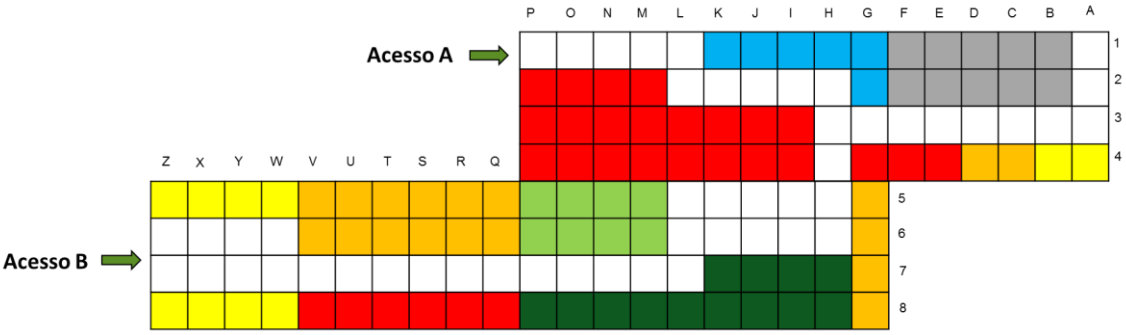


Figura 5.2 - Mapa esquemático do armazém M2M

Os ativos armazenados em reserva estratégica podem ser consultados diretamente através da rede interna da EDP Distribuição, ou no *software* de gestão dos ativos, o SIT.

A entrada e saída dos ativos da reserva estratégica deverá ser atualizada tanto na rede interna, como no SIT, para que as necessidades possam ser monitorizadas instantaneamente.

Tanto no software SIT como na própria rede interna, os ativos devem estar sempre devidamente identificados, de forma a ser possível conhecer as suas caraterísticas gerais, bem como ensaios e ações de manutenção realizadas, condições gerais do ativo.

5.2.1. Ativos Reabilitados em Reserva Estratégica

Os ativos presentes atualmente em reserva estratégica foram já sujeitos a ações de recondicionamento, pelo que a figura que se segue, mostra a diferenças visíveis numa reatância de neutro que foi sujeita a ações de recondicionamento, no antes e no depois.

(a)

(b)

Figura 5.3 - Reatância de Neutro (a) por Recondicionar (b) Recondicionada

5.3. Proposta de Codificação dos Ativos

Existem várias tecnologias usadas como forma de rastrear um ativo durante o seu tempo de vida útil, e consoante as necessidades, várias formas de codificação poderão ser utilizadas de modo que, a qualquer momento se possa ficar a conhecer as fases e características essenciais da vida desse ativo.

Com vista a conseguir uma total rastreabilidade dos ativos presentes em armazém M2M, são propostas possíveis soluções de codificação destes.

Entre as várias tecnologias usadas neste tipo de processos, falamos essencialmente da permanência de um código de barras no ativo, é uma das formais mais conhecidas e utilizadas de codificação de componentes. Outra tecnologia possível será a RDIF (*Radio-Frequency IDentification*), é uma tecnologia que está a revolucionar as cadeias de produção dada a sua flexibilidade de aplicação. E por último, considerou-se a codificação *Data Matrix*, que para além da segurança aliada a este tipo de tecnologia, permite guardar um elevado número de informações no código.

Após uma análise a todas as variáveis de decisão, conclui-se que no caso da EDP Distribuição, a opção dos sistemas RFID seria o mais vantajoso para codificar os ativos

existentes na rede, sendo que a sua utilização se iniciará com um projeto piloto implementados aos ativos em armazém M2M.

5.3.1. Os Sistemas RFID

Os sistemas RFID são sistemas automáticos de identificação, que usam sinais de radiofrequência para a identificação e localização automática de dispositivos portadores de informação, as etiquetas RFID, como se verifica na figura 5.4.

Figura 5.4 - Exemplo de Etiqueta com RFID e código de barras

As etiquetas RFID podem ser colocadas no ativo de forma a possibilitar a sua identificação através de ondas rádio; uma das grandes vantagens deste sistema de codificação é o facto de as etiquetas poderem ser reutilizadas e permitirem o armazenamento de grandes quantidades de informação, paralelamente à possibilidade de permitir armazenar informação suplementar que se considere relevante para o ativo em questão.

Como tal, considerou-se que nos ativos em armazém deviam constar etiquetas RFID, onde será armazenada as informações essências acerca deste ativo. No entanto, uma vez que a quantidade de informação é limitada pela capacidade de armazenamento da etiqueta, e tendo em vista a otimização dos custos e a normalização da informação a reter, optou-se por fazer uma gestão rigorosa dos dados a suportar.

Nestas etiquetas irá constar três moldes de informação: os dados fixos, os dados variáveis e os dados fixos com variação dos locais de exploração, em que este último deverá suportar a informação referente aos três últimos locais por onde passou o ativo. Essa

informação, bem como o número de carateres destinada a cada um, encontram-se presentes na tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Informação a armazenar em etiquetas RFID

Dados Fixos		Dados Variáveis		Dados Fixos (Com Variação)	
Informação	**Número Carateres**	**Informação**	**Número Carateres**	**Informação**	**Número Carateres**
Tipo Ativo	5	**Tipo Intervenção**	6	**Origem do Ativo**	
SAP ID	10			**Data de Origem**	10
Fabricante	12	**Data Intervenção**	10	**Local de Origem**	7
Modelo	4			**Movimentações do Ativo**	
Ano Fabrico	12	**Responsável Intervenção**	16	**Data**	10 ×3
Nº Serie	5			**Local**	7 × 3
Posição Armazém	3	-	-	-	-
Observações	10	-	-	-	-

Este sistema de codificação está a ser implementado inicialmente em armazém, com vista a, num futuro próximo, abranger todos os ativos da rede.

6. CONCLUSÃO

Neste capítulo são apresentadas as principais conclusões relativas ao trabalho desenvolvido, referindo as dificuldades encontradas, e os principais benefícios da implementação deste modelo de gestão, na EDP Distribuição.

6.1. Conclusões

A presente dissertação, realizada com base num projeto desenvolvido na EDP Distribuição, teve como principal objetivo o dimensionamento de uma reserva estratégica, onde são aparcados os ativos considerados críticos à manutenção da rede.

Para obter as conclusões pretendidas, foi necessário um conhecimento detalhado dos ativos da rede, bem como o histórico das avarias associadas, processo este, que nem sempre foi facilitado, uma vez que a parte dos dados que encontram na rede são muitas vezes desatualizados, incompletos ou simplesmente descontextualizados. De forma a obter a coerência e a fiabilidade dos resultados, foi muitas vezes necessário recorrer a colaboradores da DMN para certificarem a veracidade dos mesmos, e em casos mais extremos, foi necessário abandonar determinadas abordagens, pela complexidade destes mesmos dados. No entanto, esta análise foi concluída com sucesso, pelo que a gestão dos ativos aparcados em armazém M2M está a ser já implementada, e desta forma, garantida a disponibilidade destes ativos sempre que a rede o requisitado.

A relevância deste dimensionamento era já há algum tempo mencionada, a capacidade de aprovisionamento do Armazém M2M estava a chegar ao seu limite, verificou-se que, para ativos como é o caso dos transformadores de tensão e transformadores de corrente. O número de ativos aparcados em reserva estratégica era excessivo, no entanto, para o caso das reatâncias de neutro, transformadores de serviços auxiliares e disjuntores o número de ativos em reserva era ainda abaixo do necessário para colmatar as necessidades.

A essência da reserva estratégica é fazer uso das sinergias inerentes à EDP Distribuição. As remodelações da rede são constantes, pelo que muitos dos ativos obtidos a partir dessas remodelações, após serem sujeitos a ações de recondicionamento, podem ser

reutilizados, preenchendo as futuras necessidades impostas por falhas catastróficas. Desta forma, foi proposto um modelo de gestão da reserva estratégica, fazendo uso das próprias necessidades da rede. Foi concebido ainda, uma proposta para a codificação dos ativos em reserva estratégica, de forma a garantir a total rastreabilidade dos ativos ao longo do seu ciclo de vida, e ainda a fiabilidade dos dados inerentes à aquisição de um ativo.

Por último, e focando nas políticas de gestão de ativos, acredita-se na intemporalidade deste modelo, e nos benefícios que este traz para a Direção de Manutenção da EDP Distribuição, melhorando assim o desempenho e a disponibilidade do sistema, e simultaneamente otimizando os seus recursos.

6.2. Proposta de Trabalhos Futuros

A gestão de ativos é um projeto de enorme complexidade, pelo que a otimização dos processos intervenientes é um tema com uma infinidade de variáveis. Portanto, existe uma necessidade de desenvolvimento de trabalhos futuros relacionados com esta temática.

Com o decorrer deste projeto, foram-se encontrando possíveis novos trabalhos, que pela limitação temporal deste estágio curricular, não puderam ser desenvolvidos. Em seguida, serão apresentadas algumas sugestões, com vista a elevar a precisão deste modelo, e aumentar a rastreabilidade dos ativos da rede:

- Propõe-se o desenvolvimento de uma base de dados para, conjuntamente com o sistema RFID implementado, operacionalizar as entradas e saídas dos ativos em reserva estratégica;
- Propõe-se uma análise mais aprofundada aos disjuntores de média tensão, de forma a obtermos uma maior e melhor desagregação dos seus modelos;
- Uma operacionalização de todo o modelo, para que as necessidades da reserva estratégica estejam continuamente suprimidas e simultaneamente os objetivos impostos por este modelo sejam constantemente satisfeitos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Assis, R., (2012), Apoio à decisão em Gestão da Manutenção. Editora: Lidel

Billinton, R.; Allan, R. N. (1983). Probabilistic Methodologies Used in the Assessment of Power System Reliability Evaluation, Plenum Press New York and London, P. 81-89

Costa, J.G.C, Silva, A.M.L, Oshiro, I. G. N. (2008), "Dimensionamento ótimo da reserva técnica de transformadores de subestações via processos estocásticos", XVII CBA Congresso Brasileiro de Automática, Brasil, artigo 39499.

DMN – MNPC. (2012). Gestão de Ativos no âmbito da BSI PAS 55:2008, Piloto de Implementação na AO STB. Lisboa: EDP

EDP Distribuição. (2007). Instalações AT e MT. Subestações de Distribuição, Projeto-tipo – Memória Descritiva. Coimbra: EDPD

ENGEMAN. (17 de Junho de 2015). Obtido a 22 de Maio de 2015, de: http://engeman.com.br/pt-br/artigos-tecnicos/manutencao-centrada-na-confiabilidade/

IEEE. (2000). IEEE *Guide for Selection of Monitoring for circuit Breakers*, USA: The Institute of Electrical and Eletronics Engineers.

Kema. (2010). *Porquê PAS 55 na EDP Distribuição*

Rego, J. R. (2011), "Controlo de estoque de peças de reposição: uma revisão da literatura", Produção, USP, Brasil, Volume 1, 645-655

Tecnilab (17 de Julho de 2013). Obtido a 11 de Março de 2015, de: http://www.tecnilab.pt/content/default.asp?idcat=Reactancias&idCatM=PRODUTOS&idContent=55406D23-ABFE-42F6-B176-ED1D0EFA6055

Toroid (2005), "Transformadores de Corrente". Acedido em 2 de Junho de 2015, em: http://www.toroid.com.br

Wanke, P, (2012), "Quadro conceitual para a gestão de estoques: enfoque nos itens". Gestão da Produção, São Carlos, volume 19, 667-687.

Normas internas, EDP Distribuição – Energia S.A:

EDP. (2007), Subestações: Caraterísticas e Ensaios, DIT-C13-500/N, DNT: Direção de Normalização e Tecnologia, EDP Distribuição – Energia S.A.

EDP. (2007), *Reatâncias de Neutro: caraterísticas e ensaios*, Ed. 1, DMA-C52-16N, DNT: Direção de Normalização e Tecnologia, EDP Distribuição – Energia S.A.

EDP. (2007), *Transformadores de Serviços Auxiliares: caraterísticas e ensaios*, Ed 1, DMA-C52-126/N , DNT: Direção de Normalização e Tecnologia, EDP Distribuição – Energia S.A.

EDP. (2007), *Disjuntores AT/MT: Caraterísticas Complementares*, Ed. 1, DMA-C64-102/N, DNT: Direção de Normalização e Tecnologia, EDP Distribuição – Energia S.A.

EDP. (2007), *Transformadores de Tensão MT e 60 kV: Caraterísticas e Ensaios*, Ed 1, DMA-C42-510/N, DNT: Direção de Normalização e Tecnologia, EDP Distribuição – Energia S.A.

EDP. (2007), *Transformadores de Corrente MT e 60 kV: Caraterísticas e Ensaios*, Ed.1, DMA-C42-550/N, DNT: Direção de Normalização e Tecnologia, EDP Distribuição – Energia S.A.

EDP. (2007), *Disjuntores AT – 72,5 kV: caraterísticas*, Ed 1, DMA-C64-120/N, DNT: Direção de Normalização e Tecnologia, EDP Distribuição – Energia S.A.

EDP. (2007), *Disjuntores AT/MT: caraterísticas complementares*, Ed 1, DMA-C64-102/N, DNT: Direção de Normalização e Tecnologia, EDP Distribuição – Energia S.A.

EDP. (2007), *Disjuntores AT-72,5 kV: ensaios tipo*, Ed. 1, DMA-C64-103/N, DNT: Direção de Normalização e Tecnologia, EDP Distribuição – Energia S.A.

EDP. (2007), *Disjuntores AT-72,5 kV: ensaios de série*, Ed. 1, DMA-C64-104/N, DNT: Direção de Normalização e Tecnologia, EDP Distribuição – Energia S.A.

EDP. (2007), *Disjuntores MT: ensaios tipo*, Ed 1, DMA-C64-100/N, DNT: Direção de Normalização e Tecnologia, EDP Distribuição – Energia S.A.

EDP. (2007), *Disjuntores MT: ensaios de série*, Ed 1, DMA-C64-101/N, DNT: Direção de Normalização e Tecnologia, EDP Distribuição – Energia S.A.

EDP. (2007), *Disjuntores MT: caraterísticas*, Ed 1, DMA-C64-105/N, DNT: Direção de Normalização e Tecnologia, EDP Distribuição – Energia S.A.

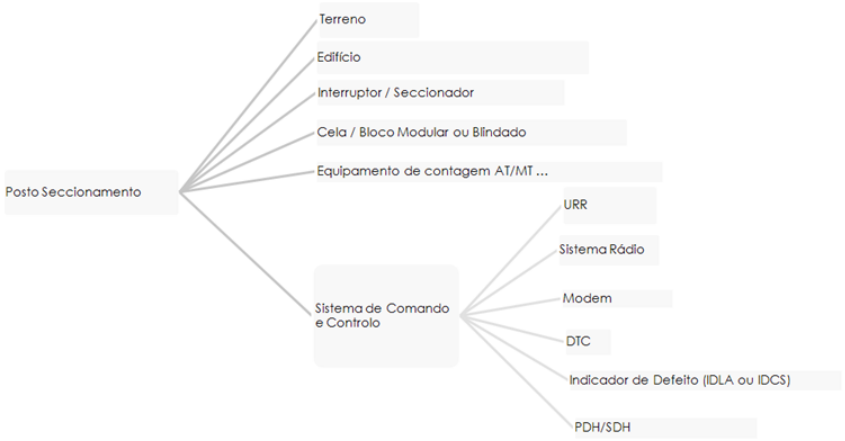
EDP. (2007), *Disjuntores MT 17,5 kV: Caraterísticas*, Ed 1, DMA-C64-110/N, DNT: Direção de Normalização e Tecnologia, EDP Distribuição – Energia S.A.

EDP. (2007), DMA-C64-155/N, DNT: Direção de Normalização e Tecnologia, EDP Distribuição – Energia S.A.

ANEXO A – DEFINIÇÃO DOS ATIVOS DA EDP DISTRIBUIÇÃO

Postos Seccionamento

Posto Seccionamento é a instalação eléctrica com um único nível de tensão destinada a promover o seccionamento da rede de distribuição de energia eléctrica (aérea ou subterrânea)



Imóveis

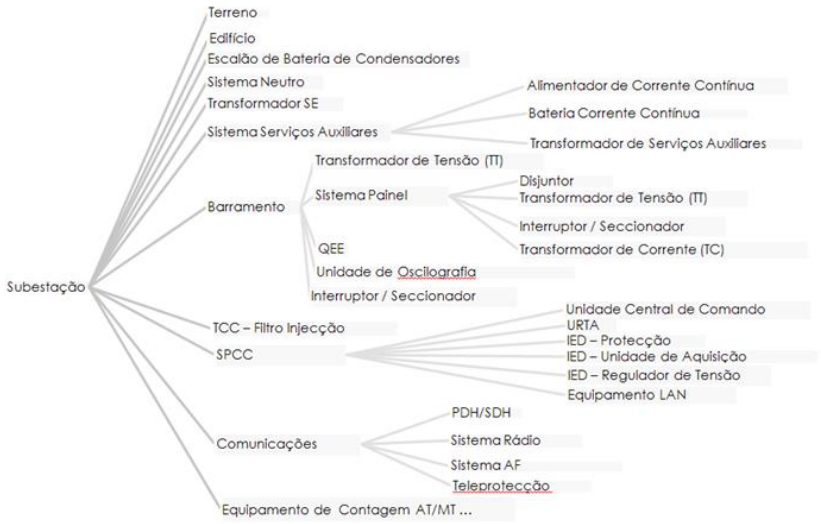
Imóveis serão todos os bens que não são passíveis de transportar sem alterar a sua essência. Dentro desta classe de activos poderemos encontrar os imóveis cuja utilização está afecta à actividade principal da empresa (Rede / Administrativos) ou noutro tipo de actividade (prédios de rendimentos, outros).

Terrenos
- Afectos / Técnicos – Ex: terreno SE, terreno PT, …
- Afectos / Administrativos
- Não afectos à actividade

Edifícios
- Afectos / Técnicos – Ex: edifício SE, edifício PT, …
- Afectos / Administrativos
- Não afectos à actividade

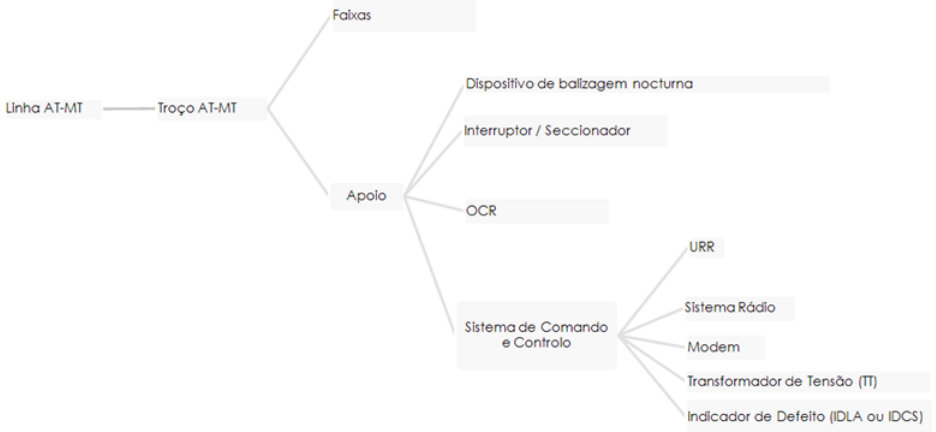
Subestações

Uma subestação é uma instalação eléctrica de ***transformação do nível de tensão (alta/média ou média/média)*** contendo equipamentos para ***transformação, corte e seccionamento***, protecção e controlo.



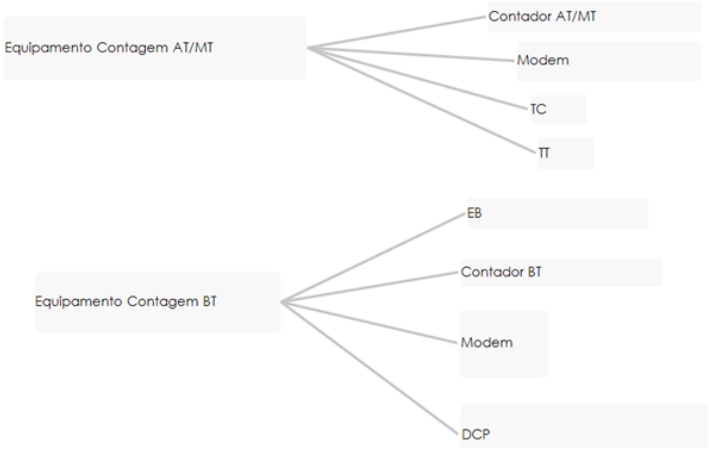
Linhas AT e MT

São elementos da rede de distribuição de alta e média tensão destinados a transportar energia eléctrica.



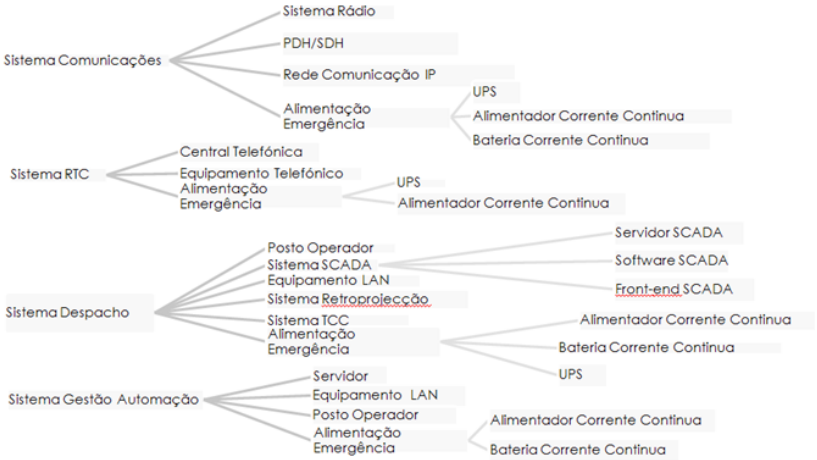
Equipamento de Contagem

Nesta classe de activos estão incluídos todos os equipamentos que são instalados nas diversas instalações (Cliente final, instalações próprias) que permite realizar a medição dos consumos de energia eléctrica.



Equipamento de Automação e Telecomando

Nesta classe de activos estão incluídos todos os equipamentos de comando e controlo que são interagem com as diversas instalações eléctricas ou equipamentos incluindo os sistemas de suporte.

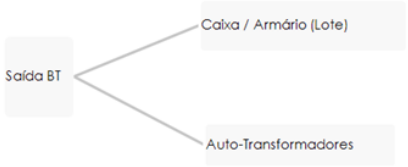


Postos Corte

Posto de Corte é a instalação eléctrica com um único nível de tensão destinada a promover o corte e seccionamento da rede de distribuição de energia eléctrica (aérea ou subterrânea)

Saídas BT – Aéreas e Subterrâneas

Elementos da rede de distribuição em baixa tensão destinados a ligar instalações de baixa tensão



ANEXO B – VARIAÇÃO DA CONFIABILIDADE DO SISTEMA PARA AS DIFERENTES FAMÍLIAS DE REATÂNCIAS DE NEUTRO

As tabelas que se seguem, apresentam as variações da confiabilidade do sistema, para as diferentes famílias das reatâncias de neutro. A variação da confiabilidade é neste caso determinante para o cálculo das necessidades de reserva.

Variação da Confiabilidade do Sistema com o Número de RN de Reserva	
Nº de RN de Reserva	**10/300**
0	0,951229
1	0,998791
2	0,999980
3	1,000000
4	1,000000
5	1,000000
Necessidades em Reserva Estratégica	**1**

Variação da Confiabilidade do Sistema com o Número de RN de Reserva	
Nº de RN de Reserva	**15/300**
0	0,172314
1	0,475316
2	0,741723
3	0,897876
4	0,966522
5	0,990664
6	0,997740
7	0,999517
8	0,999908
9	0,999984
10	0,999997
11	1,000000
12	1,000000
Necessidades em Reserva Estratégica	**5**

Variação da Confiabilidade do Sistema com o Número de RN de Reserva	
Nº de RN de Reserva	**15/1000**
0	0,955006
1	0,998972
2	0,999984
3	1,000000
4	1,000000
5	1,000000
Necessidades em Reserva Estratégica	**1**

Variação da Confiabilidade do Sistema com o Número de RN de Reserva	
Nº de RN de Reserva	**30/300**
0	0,903179
1	0,995154
2	0,999837
3	0,999996
4	1,000000
5	1,000000
Necessidades em Reserva Estratégica	**1**

Variação da Confiabilidade do Sistema com o Número de RN de Reserva	
Nº de RN de Reserva	**10/1000**
0	0,669933
1	0,938293
2	0,992043
3	0,999220
4	0,999938
5	0,999996
6	1,000000
7	1,000000
8	1,000000
Necessidades em Reserva Estratégica	**2**

ANEXO C – TRANSFORMADORES DE SERVIÇOS AUXILIARES

Anexo C.1 – Total de Transformadores de Serviços Auxiliares em Exploração

A tabela que se segue, apresenta o total de transformadores de serviços auxiliares existentes em exploração, por respetivas famílias, entre Janeiro de 2010 e Dezembro de 2014.

Transformadores de Serviços Auxíliares			
Exploração	Tensão estipulada no enrolamento principal [kV]		
	15/1000	30/300	30/1000
2010	76	273	78
2011	78	285	82
2012	84	306	92
2013	85	313	94
2014	88	321	102

Anexo C.2- Avarias ocorridas nas diferentes famílias de TSA

A tabela que se segue, apresenta o total de avarias ocorridas nos TSA, entre Janeiro de 2010 e Dezembro de 2014.

Transformadores de Serviços Auxíliares			
Avarias	Tensão estipulada no enrolamento principal [kV]		
	10	15	30
2010	0	1	0
2011	2	5	1
2012	3	1	0
2013	0	7	2
2014	0	4	2

Anexo C.3 – Variação da Confiabilidade do sistema para as diferentes famílias de TSA

Nas tabelas que se seguem, é apresentada a variação da confiabilidade do sistema, para as diferentes necessidades de reserva, das diferentes famílias de TSA

Variação da Confiabilidade do Sistema com o Número de TSA de Reserva	
Nº de TSA de Reserva	**10**
0	0,777112
1	0,973077
2	0,997785
3	0,999862
4	0,999993
5	1,000000
6	1,000000
Necessidades em Reserva Estratégica	**2**

Variação da Confiabilidade do Sistema com o Número de TSA de Reserva	
Nº de TSA de Reserva	**15**
0	0,411348
1	0,776755
2	0,939053
3	0,987111
4	0,997783
5	0,999679
6	0,999960
7	0,999996
8	1,000000
9	1,000000
10	1,000000
Necessidades em Reserva Estratégica	**4**

Variação da Confiabilidade do Sistema com o Número de TSA de Reserva	
Nº de TSA de Reserva	**30**
0	0,788363
1	0,975833
2	0,998123
3	0,999890
4	0,999995
5	1,000000
6	1,000000
Necessidades em Reserva Estratégica	**2**

Anexo C.4 - Diagramas de Gantt das diferentes famílias de TSA

Em seguida são apresentados os diagramas de Gantt das famílias de TSA cuja incidência das avarias foi maior. No caso, os TSA de 15kV, para os anos de 2011, 2013 e 2014.

2011	TSA 15kV											
Avaria/Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												
5												

2013	TSA 15kV											
Avaria/Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												

2014	TSA 15kV											
Avaria/Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												

ANEXO C – TRANSFORMADORES DE TENSÃO

Anexo D.1 – Total de Transformadores de Tensão

A tabela que se segue, apresenta o total de transformadores tensão existentes em exploração, por respetivas famílias, entre Janeiro de 2010 e Dezembro de 2014.

TOTAL				
Exploração	TT em Exploração por tensão estipulada no enrolamento principal [kV]			
	10	15	30	60
2010	108	483	221	1454
2011	108	492	223	1491
2012	110	502	231	1520
2013	110	506	235	1544
2014	110	516	241	1597

Anexo D.2- Avarias ocorridas nas diferentes famílias de TT

A tabela que se segue, apresenta o total de avarias ocorridas nos TT, entre Janeiro de 2010 e Dezembro de 2014.

SUBESTAÇÕES E POSTOS DE CORTE				
Avarias	TC Avariados por tensão estipulada no enrolamento principal [kV]			
	10	15	30	60
2010	0	1	0	4
2011	2	1	1	4
2012	0	0	4	12
2013	0	1	0	3
2014	0	6	1	16

Anexo D.3 – Necessidades Finais de Transformadores de Tensão

A tabela que se segue mostra as necessidades finais de reserva dos Transformadores de Tensão, por família de TT. Uma vez que os modelos não poderão ser divulgados por motivos de confidencialidade, apresentamos em seguida a generalidade das necessidades.

	Necessidades Finais de Reserva dos TT por família de TT [kV]			
	10	**15**	**30**	**60**
NR	18	33	18	117

ANEXO E – TRANSFORMADORES DE CORRENTE

Anexo E.1 – Total de Transformadores de Corrente

A tabela que se segue, apresenta o total de transformadores tensão existentes em exploração, por respetivas famílias, entre Janeiro de 2010 e Dezembro de 2014.

TOTAL				
Exploração	TC em Exploração por tensão estipulada no enrolamento principal [kV]			
	10	15	30	60
2010	1741	2195	2749	1803
2011	1802	2278	2792	1880
2012	1854	2393	2885	1952
2013	1858	2448	2938	1989
2014	1893	2576	2982	2059

Anexo E.2- Avarias ocorridas nas diferentes famílias de TC

A tabela que se segue, apresenta o total de avarias ocorridas nos TC, entre Janeiro de 2010 e Dezembro de 2014.

Transformadores de Corrente				
Avarias	TC Avariados por tensão estipulada no enrolamento principal [kV]			
	10	15	30	60
2010	1	2	6	4
2011	1	0	2	3
2012	1	2	2	4
2013	1	4	5	4
2014	0	11	13	13

Anexo E.3 – Necessidades finais de Transformadores de Corrente

A tabela que se segue mostra as necessidades finais de reserva dos Transformadores de Corrente, por família de TC. Uma vez que os modelos não poderão ser divulgados por motivos de confidencialidade, apresentamos em seguida a generalidade das necessidades.

	Necessidades Finais de Reserva dos TC por família de TC [kV]			
	10	**15**	**30**	**60**
NR	6	48	75	90

ANEXO F – DISJUNTORES AT

Anexo F.1 – Total de Disjuntores AT em exploração

A tabela que se segue, apresenta o total de disjuntores AT existentes em exploração, por respetivas famílias, entre Janeiro de 2010 e Dezembro de 2014.

Subestações, Postos de Corte e de Seccionamento				
Exploração	Alta Tensão			
	Tipo D60 - I	Tipo D 60 - II	Tipo D60 - III	Tipo D 60 - IV
2010	279	32	333	1149
2011	279	32	333	1180
2012	279	32	333	1209
2013	279	32	335	1233
2014	279	32	335	1278

Anexo F.2- Avarias ocorridas nas diferentes famílias de Disjuntores AT

A tabela que se segue, apresenta o total de avarias ocorridas nos Disjuntores AT, entre Janeiro de 2010 e Dezembro de 2014.

Subestações, Postos de Corte e de Seccionamento				
Avarias	Alta Tensão			
	Tipo D60 - I	Tipo D 60 - II	Tipo D60 - III	Tipo D 60 - IV
2010	2	0	1	3
2011	5	0	2	8
2012	1	0	1	3
2013	0	0	0	5
2014	1	0	1	1

Anexo F.3 – Variação da Confiabilidade do sistema para as diferentes famílias de Disjuntores AT

Nas tabelas que se seguem, é apresentada a variação da confiabilidade do sistema, para as diferentes necessidades de reserva, das diferentes famílias de Disjuntores AT.

Variação da Confiabilidade do Sistema com o Número de DJ AT de Reserva	
Nº de DJ de Reserva	**Tipo D60 - I**
0	0,660086
1	0,934276
2	0,991223
3	0,999108
4	0,999927
5	0,999995
6	1,000000
7	1,000000
8	1,000000
Necessidades em Reserva Estratégica	**2**

Variação da Confiabilidade do Sistema com o Número de DJ AT de Reserva	
Nº de DJ de Reserva	**Tipo D60 - III**
0	0,793923
1	0,977136
2	0,998276
3	0,999902
4	0,999995
5	1,000000
6	1,000000
7	1,000000
8	1,000000
Necessidades em Reserva Estratégica	**2**

Variação da Confiabilidade do Sistema com o Número de DJ AT de Reserva	
Nº de DJ de Reserva	**Tipo D 60 - IV**
0	0,397295
1	0,764028
2	0,933290
3	0,985370
4	0,997389
5	0,999608
6	0,999949
7	0,999994
8	0,999999
9	1,000000
10	1,000000
Necessidades em Reserva Estratégica	**4**

Anexo F.4 – Diagramas de Gantt dos Disjuntores AT

Em seguida são apresentados os diagramas de Gantt das famílias de Disjuntores AT cuja incidência das avarias foi maior. No caso, através destes diagramas, percebemos a variabilidade de tempos de resposta inerentes à reposição do ativo na rede. Analisamos então os disjuntores do tipo D60 – I para o ano de 2010 e 2011 e disjuntores do tipo D60 – II para o ano de 2011 e 2013. Os diagramas são apresentados em seguida.

2010	Disjuntores Tipo D60 - I											
Avarias/Mês	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
1												
2												

2011	Disjuntores Tipo D60 - I											
Avarias/Mês	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
1												
2												
3												
4												
5												

2011	Disjuntores Tipo D60 - IV											
Avarias/Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												

2013	Disjuntores Tipo D60 - IV											
Avarias/Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												
5												

ANEXO G – DISJUNTORES MT

Anexo G.1 – Total de Disjuntores MT em exploração

A tabela que se segue, apresenta o total de disjuntores MT existentes em exploração, por respetivas famílias, entre Janeiro de 2010 e Dezembro de 2014.

Exploração	Disjuntor MT Exterior			Disjuntor MT Interior		
	PEA			Celas Clássicas		
	10	15	36	10	15	36
2010	6	100	330	211	427	277
2011	6	100	336	211	430	281
2012	6	100	342	244	466	298
2013	6	100	343	244	469	300
2014	6	100	351	244	470	302

Exploração	Disjuntor MT Interior			
	QMMT			
	6	10	15	36
2010	29	1286	2657	921
2011	29	1308	2731	958
2012	29	1359	2828	1025
2013	29	1359	2895	1046
2014	29	1362	3010	1100

Anexo G.2- Avarias ocorridas nas diferentes famílias de Disjuntores MT

A tabela que se segue, apresenta o total de avarias ocorridas nos Disjuntores MT, entre Janeiro de 2010 e Dezembro de 2014.

Avarias	Disjuntor MT Exterior			Disjuntor MT Interior		
	PEA			Celas Clássicas		
	10	15	36	10	15	36
2010	0	0	3	4	0	14
2011	0	0	8	0	1	4
2012	0	2	0	1	0	2
2013	0	0	2	0	0	2
2014	0	0	1	0	0	3

Avarias	Disjuntor MT Interior			
	QMMT			
	6	10	15	36
2010	1	0	4	4
2011	0	0	6	5
2012	0	0	3	1
2013	0	0	7	5
2014	0	0	0	2

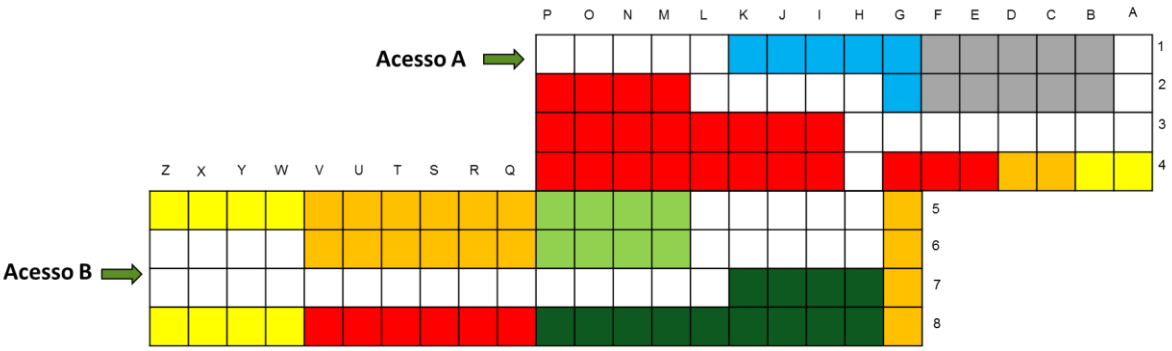
Anexo G.3 – Necessidades Finais de Disjuntores MT

A tabela que se segue mostra as necessidades finais de reserva dos Disjuntores de Média Tensão, por família de DJ MT. Uma vez que os modelos não poderão ser divulgados por motivos de confidencialidade, apresentamos em seguida a generalidade das necessidades.

		Necessidades Finais de Reserva dos DJ AT por família de DJ			
		6	10	15	30
Interior	QMMT	1	8	15	15
	C. Clássicas	0	5	2	22
Exterior	PEA	0	1	2	9

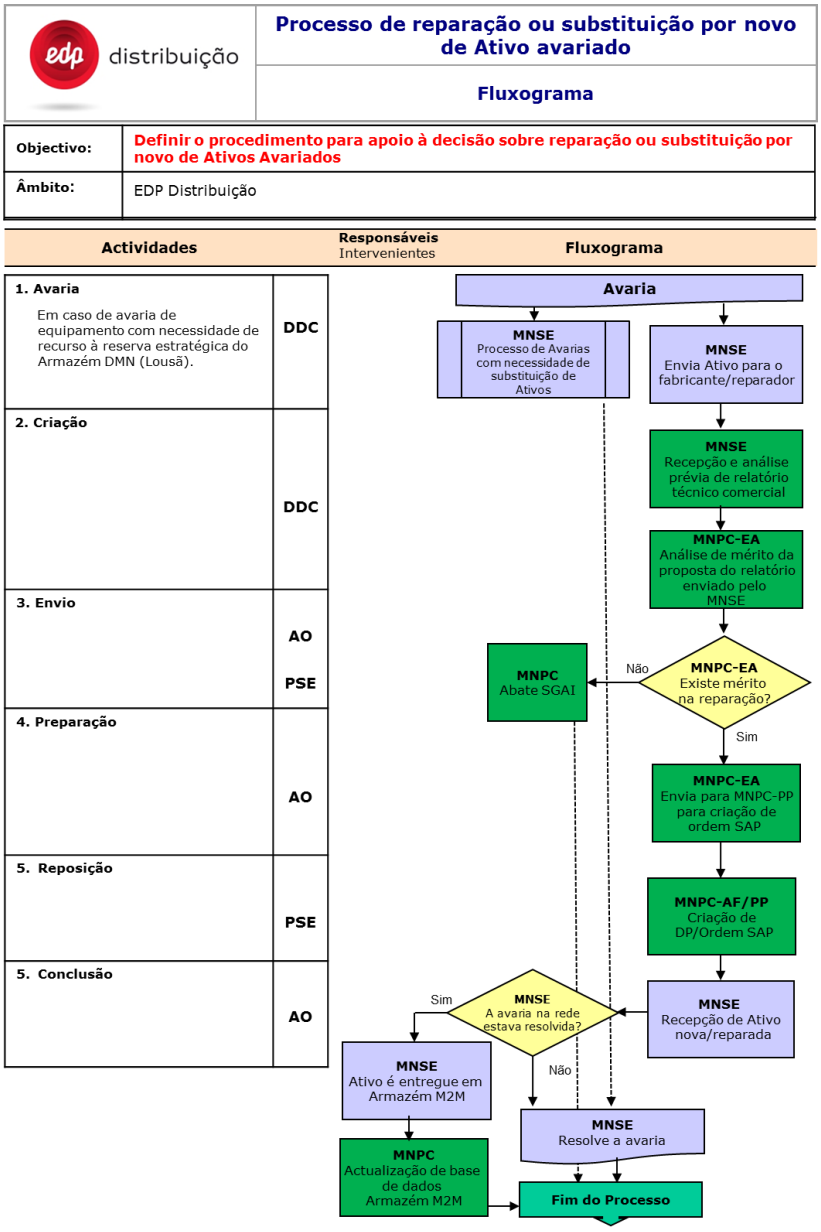
ANEXO H – MATRIZ DE POSICIONAMENTO DOS ATIVOS EM ARMAZÉM M2M

A matriz de posicionamento dos ativos em armazém, bem como a legenda que faz a correspondência entre a figura e os ativos, são apresentadas em seguida.



ANEXO I – FLUXOGRAMAS DE GESTÃO DE ATIVOS

Anexo I.1 – Definição de procedimento para apoio à decisão sobre reparação ou substituição por novo de ativos avariados



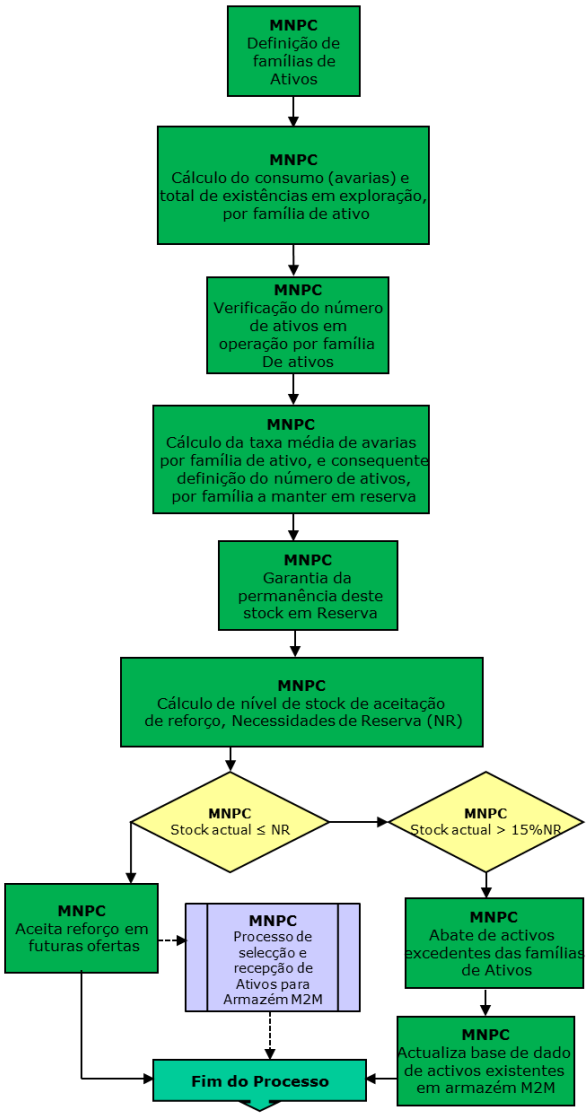
Anexo I.2 – Definição de procedimento para gerir o *stock* de ativos a armazenar em reserva estratégica

distribuição	**Processo de Gestão Ativos em armazém M2M**
	Fluxograma

Objectivo:	**Definir o procedimento para gerir o stock de ativos a armazenar em Reserva Estratégica, Armazém M2M da DMN (Lousã)**
Âmbito:	EDP Distribuição

Actividades	**Responsáveis** Intervenientes
1. Avaria Em caso de avaria de equipamento com necessidade de recurso à reserva estratégica do Armazém DMN (Lousã).	**DDC**
2. Criação	**DDC**
3. Envio	**AO** **PSE**
4. Preparação e	**AO**
5. Reposição	**PSE**
5. Conclusão do Processo	**AO**

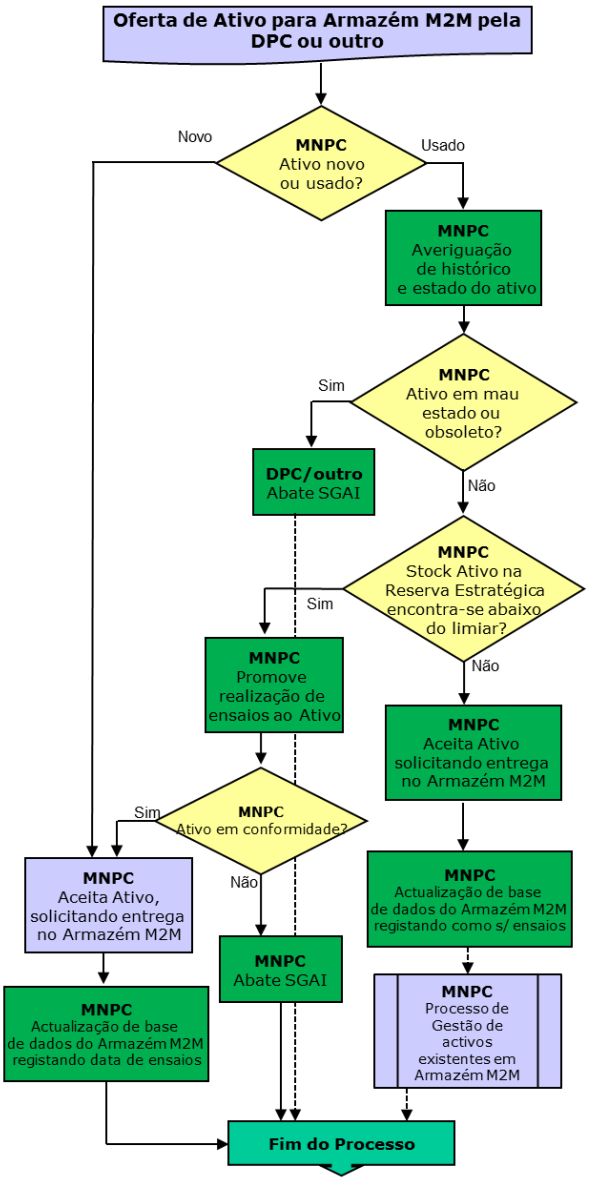
Fluxograma



Anexo I.3 – Definição de procedimento para seleção dos ativos a serem incluídos em reserva estratégica.

edp distribuição	**Processo de receção e seleção Ativos em Armazém M2M**
	Fluxograma

Objectivo:	**Definir o procedimento para recepção e seleção dos Ativos a serem incluídas na Reserva Estratégica do Armazém M2M**
Âmbito:	EDP Distribuição

Actividades	**Responsáveis** Intervenientes
1. Avaria Em caso de avaria de equipamento com necessidade de recurso à reserva estratégica do Armazém DMN (Lousã).	**DDC**
2. Criação	**DDC**
3. Envio	**AO** **PSE**
4. Preparação	**AO**
5. Reposição	**PSE**
5. Conclusão	**AO**

Fluxograma