

Caraterização de Procedimentos a serem Incorporados num Sistema de Apoio à Decisão na Realização de Tarefas de Manutenção

Marina Ervedal Ribeiro Nº 28897

Dissertação apresentada à

Escola Superior de Tecnologia e Gestão Instituto Politécnico de Bragança

para obtenção do grau de Mestre em

Engenharia Industrial – Ramo Engenharia Mecânica

Este trabalho foi efetuado sob orientação de:

Professor Doutor Paulo Jorge Pinto Leitão

Professor Doutor José Fernando Lopes Barbosa

Novembro, 2018

Caraterização de Procedimentos a serem Incorporados num Sistema de Apoio à Decisão na Realização de Tarefas de Manutenção

Marina Ervedal Ribeiro

Relatório Final de Projeto apresentado na
Escola Superior de Tecnologia e Gestão Instituto Politécnico de Bragança

Para obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Industrial – Ramo Engenharia Mecânica

Este trabalho foi efetuado sob orientação de:
Professor Doutor Paulo Jorge Pinto Leitão
Professor Doutor José Fernando Lopes Barbosa

Novembro, 2018

A Escola Superior de Tecnologia e Gestão não se responsabiliza pelas opiniões expressas neste relatório.

Certifico que li este relatório e que na minha opinião, é adequado no seu conteúdo e forma como demonstrador do trabalho desenvolvido no âmbito da Unidade Curricular de Projeto.

Orientador

Certifico que li este relatório e que na minha opinião, é adequado no seu conteúdo e forma como demonstrador do trabalho desenvolvido no âmbito da Unidade Curricular de Projeto.

Coorientador

Certifico que li este relatório e que na minha opinião, é adequado no seu conteúdo e forma como demonstrador do trabalho desenvolvido no âmbito da Unidade Curricular de Projeto.

Arguente

Dedicatória

Dedico este trabalho:

À minha família,
pela sua dedicação incondicional e boa disposição e inesgotável paciência;
Aos meus pais,
principalmente, pois foram sempre os meus pilares;
Aos meus melhores amigos
e conselheiros, tanto pelos apontamentos como pelas orientações.

Resumo

O sector industrial está permanentemente submetido a mudanças tecnológicas, ideológicas e sociais. O confronto permanente com os “novos” desafios de hoje (relacionados com o alastrar da cultura digital em geral) e com os que se avizinham no futuro, exige aos profissionais a tomada de posições esclarecidas e reflexivas no que se refere aos aspetos que condicionam a maneira de ser e de pensar. A área da manutenção industrial, crucial em qualquer empresa produtiva, não foge a este panorama.

Assim sendo, no que diz respeito às tarefas de manutenção mencionam-se várias técnicas e ferramentas intervenientes, em que onde cada ordem de serviço passa a ser, em teoria, uma ordem de produção, podendo incluir indicadores de disponibilidade, rendimento e qualidade. Assim é possível apontar, de forma mais assertiva, como aplicar melhorias para aumentar a rentabilidade e melhorar os resultados da manutenção através do novo conceito da 4ª Revolução, também conhecida por Indústria 4.0.

Neste trabalho estudam-se diversas técnicas de formalização de tarefas de manutenção bem como a sua integração em aplicações de suporte à decisão. Desta forma, foram estudadas diferentes linguagens formais para a representação de fluxos de processos, tendo sido escolhida a linguagem BPMN (*Business Process Model and Notation*). Esta linguagem foi posteriormente utilizada para representar vários procedimentos de manutenção da empresa Catraport, quer relativos à manutenção preventiva quer manutenção corretiva. Finalmente, cada um destes modelos BPMN foi exportado para notação XML de forma a facilitar e suportar a sua utilização na aplicação de suporte à decisão.

Palavras-chave: Indústria 4.0, manutenção industrial, sistema de apoio à decisão, BPMN, manutenção corretiva, manutenção preventiva.

Agradecimentos

Ao INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA, pela experiência académica e a possibilidade de aprender e evoluir, por propiciar tantas oportunidades de estudos e por colocar em meu caminho pessoas amigas para sempre e preciosas.

A MINHA FAMÍLIA, especialmente À MINHA MÃE e ao MEU PAI, Fátima e Artur, que se mantiveram incansáveis mostrando manifestações de apoio e carinho em todos os níveis, À MINHA IRMÃ, Diana.

Ao meu PADRINHO, à minha MADRINHA, de batismo e praxes, aos meus PRIMOS e TIOS.

AOS AMIGOS de Mestrado, de Licenciatura e de Praxes que partilharam comigo esses momentos de aprendizagem, especialmente à Sandy Fonseca, melhor amiga, seguindo Rui, Francisco, Liliana, Cláudia, Ana Patrícia, Leticia, Hugo, André, Fábio, Daniela, Sara Alves, Pedro Pereira, Nelson, Pedro M., Pedro e Filipe Alves, Arlindo. Onde rimos, choramos e nos ajudamos mutuamente em múltiplas situações aos longo destes anos. À Rita Monteiro, Rita A. Silva, Beatriz Ferreira, Patrícia Pinto., Jéssica Melo, Sara Afonso que mesmo seguindo caminhos diversos, e estando a km de distância, sempre se fizeram presentes com lembranças, palavras de encorajamento e amor.

Ao meu ORIENTADOR Paulo L. e coorientador José B., um agradecimento por todos os momentos de paciência, compreensão e competência.

A TODOS OS PARTICIPANTES desse estudo, profissionais da empresa Catraport e Centro de Investigação pela disposição em ajudar no que deles dependesse para a conclusão da pesquisa, embora, muitas vezes se encontrassem assoberbados pelo trabalho a realizar ou mesmo atravessando momentos de força maior.

A TODOS QUE PASSARAM NO MEU PERCURSO ao longe destes 6 anos na cidade de Bragança, que deixaram a sua marca direta e indiretamente, pelos momentos partilhados, sem esmorecimento e A TODOS OS PROFESSORES que fizeram parte desse caminhar tanto do departamento de Gestão como de Mecânica, ao meu antigo orientador Professor Doutor António Duarte, ao Professor Doutor Engenheiro João Ribeiro, às senhoras da Biblioteca, especialmente Dona Teresa.

Enfim, a todos aqueles que de uma maneira ou de outra contribuíram para a minha felicidade, e para que este objetivo pudesse ser concluído.

À todos, muito obrigada, do coração.

Abstract

Nowadays, the industrial sector is permanently subjected to technological, ideological and social changes. The permanent confrontation with the "new" challenges of today (related to the spread of digital culture in general) and with those that are coming in the future, require professionals to take clear and reflective positions regarding the aspects that condition the way of being and thinking. The area of industrial maintenance, crucial in any productive enterprise, does not escape this panorama.

Thus, in the maintenance tasks, several intervening techniques and tools are mentioned, where each order of service becomes, in theory, a production order, which may include indicators of availability, yield and quality. Thus it is possible to point out, more assertively, how to apply improvements to increase profitability and improve maintenance results through the new concept of the 4th Revolution, also known as Industry 4.0.

This work intends to study techniques of formalization of maintenance tasks, to be later used by a decision support application in performing these maintenance tasks. In this way, different formal languages were studied for the representation of process flows, and BPMN (Business Process Model and Notation) was chosen. This language was later used to represent various Catraport maintenance procedures, both regarding preventive maintenance and corrective maintenance. Finally, each of these BPMN models was exported to XML notation in order to facilitate and support its use in the decision support application.

Keywords: Industry 4.0, industrial maintenance, decision support system, BPMN, corrective maintenance, preventive maintenance

Índice

Dedicatória	IX
Agradecimentos	XI
Resumo	XIII
Abstract	XV
Índice	XVII
Ilustrações	XX
Acrónimos	XXIV
1. Introdução e Enquadramento	- 1 -
1.1. Contextualização e Problema	- 1 -
1.2. Objetivo	- 2 -
1.3. Organização do Documento	- 2 -
2. Manutenção e Fluxos de Processos – História e Conceitos	- 4 -
2.1. Evolução da Manutenção	- 4 -
2.2. Definição de Manutenção	- 5 -
2.2.1. Tipos e Modelos de Manutenção	- 7 -
2.2.1.1. Manutenção Corretiva	- 7 -
2.2.1.2. Manutenção Preventiva	- 8 -
2.2.1.3. Manutenção Preditiva	- 8 -
2.2.2. TPM – Total Productive Maintenance	- 9 -
2.2.3. Tecnologias da Informação na Manutenção	- 11 -
2.3. Definição de Processo	- 12 -
2.3.1. Ferramentas de representação de fluxos de processos	- 13 -
3. Técnicas de Representação de Fluxos de Processos	- 16 -
3.1. Fluxogramas	- 16 -
3.2. Redes de Petri	- 18 -
3.3. BPMN - Business Process Model and Notation	- 20 -
3.4. Comparações e Benefícios	- 23 -

4. Caso De Estudo.....	- 27 -
4.1. A Empresa Catraport e Problemas Atuais	- 27 -
4.2. Problema a Solucionar no Caso de Estudo	- 29 -
5. Representação de Procedimentos de Manutenção usando BPMN	- 32 -
5.1. Modelos para os Procedimentos de Manutenção	- 32 -
5.1.1. Procedimento TP100: Alimentador (Semestral)	- 33 -
5.1.2. Procedimento TP400: Transportador De Corrente (Mensal)	- 35 -
5.1.3. Procedimento TP000: Manutenção Corretiva.....	- 36 -
5.2. Geração em XML a partir de Modelos BPMN	- 37 -
5.2.1. Procedimento TP100: Alimentador (Semestral)	- 38 -
5.2.2. Procedimento TP400: Transportador de Corrente (Mensal)	- 39 -
5.2.3. Procedimento TP000: Manutenção Corretiva.....	- 40 -
6. Conclusões e Trabalhos Futuros.....	- 43 -
6.1. Conclusão	- 43 -
6.2. Sugestões para trabalhos futuros	- 44 -
Anexos	- 47 -

Ilustrações

Figura 1	Posicionamento do trabalho no âmbito da arquitetura do Maintenance 4.0 ..-	2 -
Figura 2	Exemplo de Fluxogramas.....	- 17 -
Figura 3	Exemplo de uma Rede de Petri.	- 20 -
Figura 4	Esfera dos principais campos intervenientes no papel nos BPM/BPMN. ...-	21 -
Figura 5	Exemplo de uma BPMN.	- 23 -
Figura 6	Prensa Rovetta.....	- 28 -
Figura 7	Representação esquemática do projeto Maintenance 4.0 - Arquitetura do sistema para a abordagem de manutenção industrial inteligente	- 30 -
Figura 8	Representação usando BPMN do procedimento de manutenção do Alimentador.....	- 34 -
Figura 9	Representação usando BPMN do procedimento de manutenção do Transportador de Corrente.....	- 35 -
Figura 10	Representação usando BPMN do procedimento de manutenção corretiva na verificação de sensores	- 37 -
Figura 11	Integração dos Procedimentos de Manutenção no Sistema de Apoio à Execução de Tarefas de Manutenção	- 37 -

Tabelas

Tabela 1 Notação do Fluxograma.....	- 17 -
Tabela 2 Notação de Redes de Petri	- 18 -
Tabela 3 Notação de BPM/BPMN	- 22 -
Tabela 4 Comparação das Técnicas de Representação de Fluxos de Processo.....	- 24 -

Acrónimos

ABC	Always Better Control
BPD	Business Process Diagram
BPM	Business Process Management (Gestão de Processos de Negócios)
BPMN	Business Process Model and Notation (Notação e Modelo de Processos de Negócios)
CBM	Condition Based Maintenance (Manutenção Baseada em Condições)
HMD	Head Mounted Displays
IA	Inteligência Artificial
IoT	Internet of Things (Internet das Coisas)
I40	Indústria 4.0
JIPM	Japan Institute of Plant Maintenance
JIT	Just in Time
LCC	Life Cycle Cost
MI	Manutenção Inteligente
MTBF	Mean Time Between Failures
MTTF	Mean Time To Failure
MTTR	Mean Time To Repair
OMG	Object Management Group
RCM	Reliability Centered Maintenance
TPM	Total Productive Maintenance (Manutenção Produtiva Total)
XML	eXtensible Markup Language

1. Introdução e Enquadramento

1.1. Contextualização e Problema

O futuro do sector industrial, como se sabe e como se espera, envolve fortemente a incorporação de digitalização e inteligência. O desejo de automatizar todos equipamentos e processos exige maior criatividade, eficiência, capacidade e rapidez na tomada de decisão, com menor envolvimento físico humano. Em particular, os processos de manutenção evoluíram significativamente, através da implementação de novas metodologias: técnicas e tecnologias.

A execução de operações de manutenção, quando mal planeadas, leva a grandes prejuízos e perdas de competitividade. Assim sendo, estas devem ser realizadas atempadamente e de forma eficiente para aumentar a produtividade. O uso de novas tecnologias, nomeadamente a realidade aumentada, são úteis no apoio aos técnicos durante a realização das operações de manutenção, fornecendo os meios necessários para uma decisão interativa e inteligente. Por exemplo, recorrendo a tablets ou HMD (*Head Mounted Displays*) podem ver, entre outros, informações sobre os passos a serem executados e a lista de possíveis soluções para se recuperar da falha.

No âmbito do projeto *Maintenance 4.0 (Intelligent and Predictive Maintenance in Manufacturing Systems)*, financiado pelo FCT/NORTE2020 e com a participação do Instituto Politécnico de Bragança, do Instituto Politécnico de Viana de Castelo, do Instituto Politécnico do Cávado e Ave e da Catraport, pretende-se desenvolver uma solução integrada e inteligente para suportar a manutenção industrial, alinhada com os princípios da Indústria 4.0, tendo em vista a melhoria do desempenho do processo de produção. Para o efeito são considerados os seguintes aspetos:

- i) Análise avançada e on-line dos dados colecionados, de modo a monitorizar e detetar prematuramente as falhas em máquinas presentes na planta fabril. Assim, torna-se possível planear manutenções de forma inteligente maximizando o tempo de produção e diminuição de custos;
- ii) Suportar os técnicos durante as intervenções de manutenção através de um sistema inteligente de apoio à decisão contribuindo para uma recuperação da falha ocorrida de forma mais rápida e mais eficiente.

1.2. Objetivo

O presente trabalho consiste no estudo e caracterização de técnicas de representação dos procedimentos a realizar durante as intervenções da manutenção corretiva e preventiva. Como caso de estudo será utilizada uma máquina de estampagem de metal (Prensa) da empresa Catraport, em Bragança. Esta representação digital dos procedimentos de manutenção deve ser realizada através de uma linguagem formal de representação de fluxo de trabalho em processos. Após o estudo de diversas possibilidades, foi selecionado o BPMN (Business Process Model and Notation) como ferramenta para representação destes procedimentos de tarefas de manutenção.

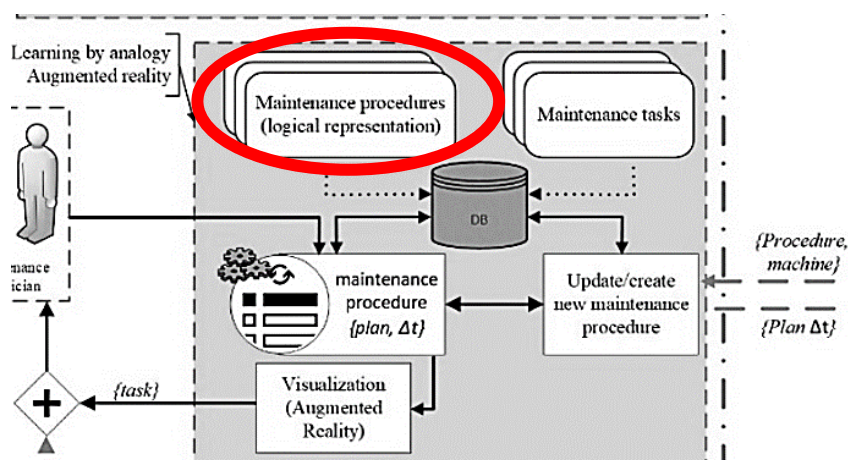


Figura 1 Posicionamento do trabalho no âmbito da arquitetura do Maintenance 4.0

As técnicas, serão utilizados no sistema de decisão inteligente de apoio ao técnico de manutenção durante a realização de intervenções de manutenção, tal como é ilustrado na Figura 1.

1.3. Organização do Documento

Este documento está organizado em seis capítulos. A introdução onde é apresentado o trabalho em causa bem como os seus objetivos. O segundo capítulo apresenta o estado da arte, tendo duas vertentes: a manutenção e o fluxo de processos.

No terceiro capítulo é realizado um estudo sobre as diferentes técnicas de representação de fluxos de processos e no quarto capítulo é apresentado o caso de estudo.

O quinto capítulo descreve a representação dos procedimentos de manutenção utilizando a técnica BPMN. Por fim, o sexto capítulo apresenta as conclusões e apresentadas ideias para trabalho futuro.

2. Manutenção e Fluxos de Processos – História e Conceitos

As principais áreas que influenciaram a manutenção nos últimos 40 anos foram a gestão de pessoas, de ativos e de capacidade tecnológica. A razão mais credível consiste no aproveitamento máximo de serviços de elevada qualidade com o mínimo de recursos [1].

2.1. Evolução da Manutenção

Segundo [1], [2], a manutenção sofreu três gerações:

- **1ª geração - antes da 2ª guerra mundial:** a indústria era pouco mecanizada, logo os equipamentos eram simples e de dimensões enormes, a produtividade era pouca; a manutenção não era sistematizada e a mais aplicada e conhecida era a manutenção corretiva, onde apenas existia manutenção nos serviços de limpeza, lubrificação e reparo após a ocorrência de falha ou avaria.
- **2ª geração - 2ª Guerra Mundial até os anos 60:** as pressões do período da guerra fizeram aumentar a procura por todo tipo de produtos, ao mesmo tempo que o contingente de mão de obra industrial diminuiu sensivelmente. Como consequência, neste período houve um forte aumento da mecanização, bem como da complexidade das instalações industriais. Começa a evidenciar-se a necessidade de maior disponibilidade, maior fiabilidade, por forma aumentar a produtividade. A indústria estava dependente do bom funcionamento e disponibilidade dos seus equipamentos. Esta necessidade levou a criação do conceito de manutenção preventiva em prol da produtividade.
- **3ª geração- inícios da década de 70:** o processo de mudança nas indústrias apressou a transformação da manutenção. Com a paralisação da produção, diminuiu a capacidade produtiva, aumentaram os custos e foi afetada a qualidade dos produtos, causando uma preocupação generalizada. Na manufatura, os efeitos desta paralisação foram-se agravando pela tendência mundial de utilizar sistemas como o *Just-in-Time*, onde os reduzidos inventários para a produção em andamento significavam que pequenas pausas na produção, naquele momento, poderiam paralisar a fábrica. O crescimento da automação e da mecanização

passou a indicar que a fiabilidade e a disponibilidade tornaram-se pontos-chave distintos em outros setores como a saúde, processamento de dados, telecomunicações, etc. [1], [2]. Portanto, esta evolução obrigou o setor da indústria a contornar os problemas antes enfrentados adotando assim, como é hoje conhecida, a manutenção preditiva.

Uma vez que as empresas possuíam a maturidade dos conceitos e aplicações das ações de manutenção, foi iniciada a adoção de uma estrutura para desenvolvimento de um conjunto de ferramentas de gestão de manutenção de forma organizada. Esta necessidade culminou no surgimento de diversas metodologias de manutenção, nomeadamente *Reliability Centered Maintenance (RCM)* na indústria aeronáutica americana, *Total Productive Maintenance (TPM)* no Japão, e *Terotechnology* na Inglaterra, assim como algumas combinações destas técnicas [2],[3],[4].

2.2. Definição de Manutenção

A norma portuguesa EN 13306:2007 define manutenção como a ”*combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida.*” [5]. Noutras palavras, através de [6] a manutenção assume um papel de garantia do funcionamento dos equipamentos e instalações tanto em condições normais como em situações condicionantes técnicas e económicas, logo a manutenção deve por si admitir a função do equipamento para que foi projetado.

Uma manutenção em vigor contínuo mantém o sistema de produção em bom funcionamento com custos mínimos e ajuda na identificação de várias soluções para os equipamentos permanecerem em bom estado, evitando paragens por avarias e agravando o cenário.

A manutenção é uma tarefa tática, que sustenta a fiabilidade dos ativos¹, mas não quer dizer que a melhora [7]. O recurso é mantido para garantir que continuará a cumprir a(s) função(ões) específica(s), ou seja, reter a fiabilidade inerente para preservar o estado onde ele executa como o usuário quer [2].

¹ Ativos, ao longo do relatório, tem como definição de ativo tangível, bem material: equipamento ou componente.

No caso de estudo do autor [7], descobriu que até 60% das falhas e problemas de segurança são possíveis de prevenir, fazendo mudanças no *design* do produto ou processo, e acrescenta que os ativos devem ser projetados para falhar de forma segura, projetados para tolerância a falhas, projetados com aviso prévio para o usuário da falha, tenham um sistema de diagnóstico incorporado para identificar a localização da falha e, se possível, também projetado para eliminar todos os custos de falhas críticas, efetivamente.

Manutenção, mais uma vez, significa todo o conjunto de ações necessárias para conservar, por quanto tempo e tanto quanto possível, as condições originais de um objeto ou recurso ou ativo, mesmo levando em conta o seu desgaste natural ou previsto [8].

Assim, de maneira a garantir a aplicação de forma correta de manutenção, existe também políticas de manutenção e, um dos principais objetivos é o de minimizar materiais de manutenção maximizando a fiabilidade e disponibilidade das máquinas (garantindo, de modo prioritário, a qualidade dos produtos). Tudo isto com o propósito de no final ser possível uma máquina proporcionar a si mesma uma estratégia de manutenção enviando aos respetivos técnicos o seu histórico da manutenção e informações mais relevantes (como por exemplo: valores de temperaturas, pressão, quantidades, etc.). Graças a isso, as devidas ações de manutenção serão automaticamente desencadeadas e possibilitar uma prevenção de falhas das máquinas assim como uma redução de custos de manutenção/reparação [9], [10].

Segundo [11], todo o combinado das ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um equipamento, tem o papel de manter ou repor o equipamento num estado em que pode e deve desempenhar a função requerida, respeitando as seguintes normas:

- NP EN 13306:2007 - NP EN 13306:2010 – Terminologia da Manutenção;
- NP EN 13269:2007 - Manutenção – Instruções para a preparação de contratos de manutenção;
- NP EN 15341:2009 – Manutenção – Indicadores de desempenho da Manutenção;
- NP EN 13460:2009 – Manutenção – Documentação para a Manutenção;
- NP 4483:2009 – Implementação de sistemas de gestão da Manutenção;

- NP 4492:2010 – Requisitos para a prestação de serviços de manutenção.

Com a evolução da automação são provocadas mudanças nas funções de manutenção, que estarão mais focadas nas fases de conceção de novos sistemas de operação e em gestão dos recursos, matérias ou imateriais [12].

2.2.1. Tipos e Modelos de Manutenção

Segundo [13], os tipos de manutenção são as formas de encaminhar as intervenções nos instrumentos de produção, ou seja, nos equipamentos que compõem uma determinada planta. Neste sentido observa-se que existe um consenso, salvo algumas variações irrelevantes, quanto aos tipos de manutenção. Tradicionalmente, foram distinguidos três tipos de manutenção diferenciados, pela natureza das tarefas [14]:

- Manutenção Corretiva;
- Manutenção Preventiva;
- Manutenção Preditiva, também conhecida como Manutenção Baseada em Condições (CBM - *Condition Based Maintenance*).

Os principais tipos de manutenção, descritos na seguinte secção, irão ajudar perceber onde e quando se aplicarem.

2.2.1.1. Manutenção Corretiva

Segundo [15] define manutenção corretiva como: “*todo trabalho executado em uma máquina, ou equipamento, em falha com objetivo de repará-la*”. A manutenção corretiva ocorre em duas situações específicas: quando o equipamento apresenta um desempenho abaixo do esperado, apontado pela monitoração, ou quando ocorre a falha, ou avaria, desse equipamento. Dessa forma, pode-se verificar que a principal função da manutenção corretiva é restaurar ou corrigir as condições de funcionamento de um determinado equipamento ou sistema.

A manutenção corretiva assume um papel de manutenção não planeada que é quando a correção da falha é feita de maneira aleatória, não há tempo para preparação do serviço. Sendo, infelizmente, a mais praticada do que deveria e traz consigo altos custos, dos quais: conduz perdas de produção, perda da qualidade e elevados custos indiretos de

manutenção; e as quebras aleatórias podem ter consequências graves para o equipamento, por exemplo, extensão de danos [1].

2.2.1.2. Manutenção Preventiva

Entende-se por manutenção preventiva a esfera que engloba a tomada de ações com vista a evitar alguma avaria, antes desta acontecer. É fundamentada com base de uma boa análise de previsão, fiabilidade e financeira, no sentido de avaliar o benefício da sua utilização. Prevê um vasto conhecimento dos equipamentos ou itens alvos de manutenção e disponibilidade em termos de mão-de-obra para a sua execução.

Segundo [16], um dos segredos de uma boa manutenção preventiva está na determinação dos intervalos de tempo entre intervenções de manutenção. Como, na dúvida, temos a tendência de sermos mais conservadores, os intervalos tendem a ser menores que o necessário, o que implicam paragens e troca de peças, salvo seja, desnecessárias [16]:

- 1. Manutenção Preventiva Sistemática:** Manutenção efetuada com periodicidade fixa, em intervalos de tempo preestabelecidos ou com um número definido de unidades de funcionamento.
- 2. Manutenção Preventiva Condicionada:** Manutenção efetuada em função do estado do equipamento; controlo de condição de funcionamento do item, que permite prever futuras avarias pela evolução das características controladas. Por vezes é designada como Manutenção Preditiva, ou seja, manutenção com monitorização de parâmetros do equipamento contínua ou periódica.

Segundo [17] *“o objetivo da manutenção preventiva é o de identificar potenciais falhas e defeitos, antes de sua ocorrência ou desenvolvimento, evitando a deterioração dos sistemas abaixo dos níveis de segurança e confiabilidade desejados, mantendo um bom estado de funcionamento”*.

2.2.1.3. Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva nada mais é do que uma manutenção preventiva baseada na análise da condição do equipamento, visto que permite o acompanhamento do equipamento através de medições realizadas enquanto ele se encontra em pleno funcionamento, o que possibilita uma maior disponibilidade, pois este vai sofrer

intervenção meramente quando estiver próximo de um limite estabelecido previamente pelos responsáveis da manutenção. Acrescenta-se que a manutenção preditiva prediz a falha do equipamento e quando se resolve fazer a intervenção para o reparo do mesmo. Incluem-se assim umas condições básicas para que seja estabelecido este tipo de manutenção: o equipamento, sistema ou instalação deve permitir algum tipo de monitoramento; o equipamento, sistema ou instalação deve ter a escolha por este tipo de manutenção justificada pelos custos envolvidos; e as falhas devem ser originadas de causas que possam ser monitoradas e ter sua progressão acompanhada.

Quando se passa da manutenção preventiva para a preditiva (inclui parar o equipamento com base apenas no tempo de funcionamento), o equipamento é mantido em operação até um limite preestabelecido, baseado em parâmetros (vibração, temperatura, análise de óleo lubrificante), compatibilizando a necessidade de intervenção com o processo de produção.

Engenharia de manutenção introduz uma nova conceção constituindo a segunda quebra de paradigma na manutenção, isto é, praticar engenharia de manutenção, como foi referido anteriormente, é deixar de ficar consertando continuamente para procurar as causas básicas e é aplicar técnicas e ferramentas modernas, manter ou aumentar o nível da manutenção e entender o processo de manutenção com o “*primeiro mundo*” perseguindo *benchmarks* [18].

2.2.2.TPM – Total Productive Maintenance

Segundo [19], define TPM como uma reformulação e uma melhoria da estrutura empresarial através de uma reorganização e melhoria tanto nas pessoas como nos equipamentos, com envolvimento de todos os níveis hierárquicos e a mudança da postura organizacional, chamando mais atenção para os equipamentos, pois é neles que a TPM se promove, junto à linha de produção, através da incorporação da "Falha Zero", "Defeito Zero" e "Acidente Zero".

Para [20], a TPM adota um papel de filosofia, da qual essa filosofia deve ser tomada em conta e seguida por todos os segmentos da empresa, desde a alta gerência até o operador do equipamento, tanto na visão como nos princípios gerais da empresa. A TPM surgiu no Japão no período pós Segunda Guerra Mundial. As empresas Japonesas, até então famosas pela fabricação de produtos de baixa qualidade e arrasadas pela destruição

causada pela guerra, diligenciaram, na excelência da qualidade, uma alternativa para reverter o quadro na qual se encontravam.

Conforme [21], a TPM por si só é autônoma, possui uma autogestão no próprio local de trabalho, onde os operadores "assumem" o equipamento como propriedade que manuseiam e, ficando responsáveis por ele, minimizando e eliminando paragens e defeitos, criando-se fiabilidade.

Segundo [22], ainda ressaltam que em harmonia com a definição do TPM, cada uma das letras possui um significado próprio, como segue:

- "T"- significa "TOTAL" (total no sentido de eficiência global, de ciclo total de vida útil do item e de envolvimento de todos os departamentos que compõem a empresa);
- "P"- significa "PRODUCTIVE" (a procura do item até o limite máximo da eficiência, atingindo "zero acidente, zero defeito e zero quebra/falha", ou seja, a eliminação de todos os tipos de perda ate chegar ao nível zero);
- "M" significa "MAINTENANCE" (manutenção no sentido amplo, que tem como objeto o ciclo total de vida útil do sistema de produção tendo como objeto o sistema de produção de processo único, a fábrica e o sistema de vendas).

Desta forma, os mesmos defendem que há um ganho direto, que o objetivo da TPM é a "melhoria da estrutura empresarial mediante a melhoria da qualidade de pessoal e de equipamento". Essa melhoria da qualidade de pessoal toma como significado a formação e/ou treinamento do pessoal adaptado à era da automação fabril. Em outras palavras, cada pessoa deve adquirir novas capacidades.

Já [11], defende que a TPM tem assim por si cinco bases fundamentais:

1. Melhoria da eficiência do equipamento - eliminar as 6 grandes perdas;
2. Manutenção programada - planejar a manutenção;
3. Gestão inicial do equipamento - melhor *design*, seleção e aquisição;
4. Formação e treino - Investir no desenvolvimento e aperfeiçoamento das pessoas e profissionais;

5. Manutenção autónoma - tornar os operadores parceiros conscientes da manutenção.

A necessidade de aplicar correntemente a filosofia TPM, requer uma relação da Manutenção Preventiva, Manutenção Preditiva e Manutenção Corretiva.

As maiores causas de falhas são as operações e os reparos inadequados, por vezes conduzidos por falta de capacitação dos responsáveis de manutenção. Sem uma maior habilidade técnica, dos técnicos de manutenção, a fiabilidade e manutenibilidade estarão sempre comprometidas. Posto isto, é importante que o técnico de manutenção previna erros de reparação, analisando as causas dos mesmos, melhorando o manuseio do equipamento durante a remoção; desmontagem; reparo; montagem e instalação.

Admite-se então que a TPM é promovida por uma manutenção autónoma, em conjunto com a implementação de um programa com as estratégias de manutenção preventivas, preditivas e corretivas, através da verificação diária, inspeção e serviços periódicos e de diagnósticos de equipamentos rotativos ou estáticos.

Cada manutenção possui a sua finalidade. É por isso importante conhecer os objetivos e técnicas, promover o prolongamento da vida útil dos equipamentos e o máximo controlo, tanto na gestão de materiais e recursos, como no aumento de segurança e de credibilidade do serviço prestado, reduzindo os custos e dores de cabeça na manutenção industrial.

Conclui-se assim que dentro da melhoria contínua, e não só, o principal foco dos aumentos da sustentabilidade da manutenção é através das TPM.

2.2.3. Tecnologias da Informação na Manutenção

Na atual geração industrial, as tecnologias possibilitaram o aparecimento de novos modelos de negócio, ao mudar a forma como se põe à disposição do cliente um produto ou serviço. Os conjuntos das tecnologias da quarta revolução industrial, da qual explora o potencial tema Internet das Coisas (IoT), torna possível a ligação entre o mundo físico e digital, vinculando o mundo físico ao digital para fazer da indústria uma indústria inteligente. Portanto, de maneira a aproximar o físico ao digital, é estudada a ferramenta mais adequada na representação de procedimentos de tarefas de manutenção, isto é, passar o que se encontra em papel para formato digital.

Várias tecnologias emergentes são previstas para sustentar uma revolução na produção centrada em dados, começando na coleta de dados até à análise desses mesmos, obtendo assim o seu valor agregado, daí que com o uso de uma recolha massiva de dados implementando as tecnologias de IoT e a análise extensiva de dados assegurará uma análise multinível, promovendo a interação homem-máquina pelo uso de objetos que residem no mundo real “acentuados” por informação perceptiva criada por computadores em dispositivos móveis.

O essencial, neste ponto, é que o Departamento de Manutenção saiba fazer proveito de toda a informação de qualidade de modo a planear o seu trabalho de forma eficiente numa plataforma de acesso a todos.

Estando todos os produtos e máquinas conectados digitalmente através dos computadores e/ou tablets, pode-se operar remotamente em ambientes de fábricas, os sensores, computadores, células de produção, sistemas de planeamento, trocar informações entre si, de forma autónoma, tomar decisões de produção, custo, contingência e segurança através de algoritmos de Inteligência Artificial (IA).

Portanto, uma das principais vantagens a apresentar no desenvolver deste estudo na realização da manutenção é que, muitas vezes a vinda de um técnico às instalações deve-se a uma má descrição do problema, e é isso que se quer contornar e sempre que possível evitar. Sendo assim, implementar uma manutenção inteligente na era da I4.0 (interligar e conectar todos os sistemas envolventes) é uma mais valia para qualquer empresa e/ou processo e/ou departamento.

2.3. Definição de Processo

Antes de passar à análise de ferramentas de representação gráfica de procedimentos de tarefas, convém perceber o que significa o processo.

Segundo [23], definem processo como sendo um grupo de atividades realizadas numa sequência lógica com o objetivo de produzir um bem/serviço com valor para um grupo específico de clientes, isto é, um processo é uma sequência de passos finita que colima definir um conjunto de atividades onde se tem uma entrada, a transformação dessa entrada e uma saída.

Assim, o processo de negócio de uma empresa passa a ser uma unidade na qual os processos e recursos que o compõem são organizados para este fim.

Segundo [24], neste tipo de estudo há uma maior dificuldade na avaliação do tipo de ferramentas na definição de critérios de classificação, que neste caso as ferramentas são apenas de desenho gráfico e com referências metodológicas, não baseadas em banco de dados. Isto porque, segundo o mesmo, o grupo de ferramentas:

- i) Envolve não apenas o desenho dos fluxos/modelos, mas também a possibilidade de trabalhar de acordo com uma metodologia de engenharia de processos, onde nesta categoria, pode-se criar diagramas básicos, cujo objetivo é representar de forma visualmente compreensível, ou mais próxima possível da realidade;
- ii) Pode-se dizer que são ferramentas de desenho com alguma preparação para criação de esquemas como fluxos e diagramas, pela existência de objetos específicos para esse fim;
- iii) Objetos agrupados logicamente em modelos, com forma de sequenciamento e inter-relacionamentos de objetos pré-definidos com fluxos horizontais ou transversais de atividades ou informações.

2.3.1. Ferramentas de representação de fluxos de processos

Relembrando, o caso de estudo foca-se na análise de ferramentas de fluxos de processos e, conseqüentemente, na caracterização de procedimentos na realização de tarefas de manutenção, dos quais obrigam a estudar formas de como manipular a informação coletada. É a característica fluxo de informação que fornece aos seus interessados, de ativos valiosos a tomada de decisão com suas devidas oportunidades, temporalidade, estrutura e suficiência [25]. O estabelecimento desse cenário depende da postura dos níveis organizacionais, visto que, conforme [26], são responsáveis por operacionalizar as ações de:

- Criação/geração da informação que deverá ser utilizada; armazenamento da informação a ser transferida no fluxo;
- Definição da informação transmitida com peculiaridades da procura;
- Processamento/receção da informação comunicada via fluxo, sendo facultativa à sequência lógica de interpretação de armazenamento da informação, descartada se contrária à procura;
- Distribuição efetiva do fluxo informacional; segurança quanto a acesso/reprodução do conteúdo do fluxo;

- Testes e auditoria quanto à qualidade da informação;
- Destruição devido à quebra de sigilo.

Segundo [27], a matéria referente à representação de processos dispõe diversas ferramentas oriundas da engenharia de software e modelação de negócios mas, no que diz respeito as novas necessidades de representação de fluxos de dados/informação com regras, a disponibilidade de ferramentas já diminui. No caso deste estudo, a escassa informação de técnicas específicas para formalização de tarefas, sejam elas quais for, é notória. Posto isto, as técnicas que se podem encontrar no mundo do mercado para representação de fluxos de processos são:

- Fluxogramas;
- Redes de Petri
- Notação e Modelo de Processos de Negócios - BPMN.

No terceiro capítulo, as ferramentas supracitadas serão aludidas e explicadas, compreendendo a sua definição, a sua simbologia e a sua aplicação.

3. Técnicas de Representação de Fluxos de Processos

Nesta secção, discute-se a metodologia adotada. Aqui serão apresentadas várias técnicas de aplicação das diferentes ferramentas apresentadas para casos reais da manutenção.

A integração de metas, processos e desempenho em um *framework* permite muitas capacidades úteis, algumas das quais são exploradas nesse papel. Por exemplo, a rastreabilidade entre os modelos de processos de negócios para compreender como os dados são transformados e tratados.

Neste âmbito, serão analisadas diferentes linguagens para a formalização de fluxos de trabalho, nomeadamente fluxogramas, BPMN e Redes de Petri.

3.1. Fluxogramas







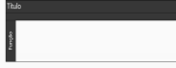
O Fluxograma é uma ferramenta elementar para se conhecer o fluxo/processo como um todo, que para tal, é necessário ser bem feito, ser ao mesmo tempo completo e sucinto para que todos entendam, desde os diretores até os operadores e, isso nada mais é do que facilitar a vida, simplificar o processo, mostrar entradas e saídas. Para se criar um fluxograma é preciso ter em mente o seguinte [28]:

- Definir a meta e o seu escopo: “O que se espera alcançar?”;
- Identificar as tarefas em ordem cronológica: pode ser necessário conversar com participantes, observar um processo e/ou analisar documentações existentes;
- Organizá-los por tipo e forma correspondente, tal como: processo, decisão, dados, entradas ou saídas;
- Desenhar o seu gráfico: seja à mão ou usando um programa indicado;
- Confirmar o fluxograma: percorrer as etapas com as pessoas que participam do processo.

Segundo [29], [30], existem vários tipos de fluxogramas, isto é, vários modos de os aplicar: fluxogramas de documentos, fluxogramas de dados, de sistema (identifica os dispositivos a serem utilizados), de programas, generalizados, detalhados, de decisões, lógicos, de produtos e fluxograma de processos.

A Tabela 1 ilustra o conjunto dos principais comandos utilizados nesta ferramenta:

Tabela 1 Notação do Fluxograma

Evento: início /fim	Representa os pontos iniciais, pontos finais e possíveis resultados de um caminho.	
Processo	Representa um processo, ação ou função. É o símbolo mais amplamente usado em fluxogramas.	
Decisão	Indica uma questão a ser respondida, geralmente com sim/não ou verdadeiro/falso. O caminho do fluxograma pode se dividir em diferentes ramificações dependendo da resposta.	
Documento	Representa a entrada ou a saída de um documento. Exemplos de entrada são o recebimento de um relatório, um e-mail ou um pedido. Exemplos de saída são geralmente uma apresentação, um memorando ou uma carta.	
Base de dados: dados armazenados	Representa dados armazenados num dispositivo de armazenamento	
Submissão ou envio de dados	Representa quando dados, documentos, mensagens ou e-mails são enviados e submetidos numa base de dados, por exemplo.	
Pista de diagrama	Espaço ou ambiente onde se elabora o processo de fluxograma	

A simplicidade dos fluxogramas permite que pessoas com pouco conhecimento sobre a notação sejam capazes de diagramar ou entender um fluxo, como demonstra a Figura 2 de [31], porém limita a capacidade de expressar adequadamente processos de complexidade mediana.

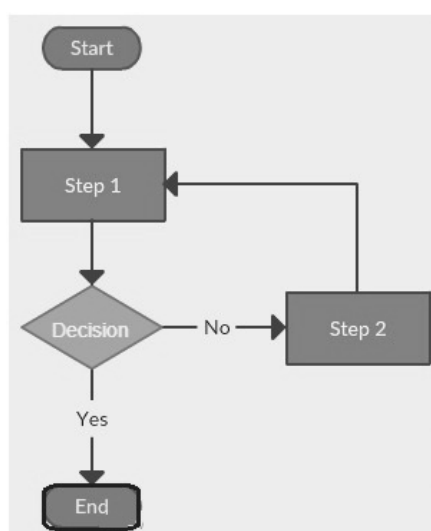


Figura 2 Exemplo de Fluxogramas.

No exemplo da figura anterior, podemos verificar que o processo começa com um evento de “Início” (*Start*), seguido de uma seta de fluxo para um retângulo que será a

“Atividade” ou “Tarefa” (*Step*) a executar. Feito isso, a próxima seta de fluxo direciona-se para um losango, onde se encontra a tomada de decisão (*Decision*) com duas opções “Yes” e “No”. Se for o caso de “No” haverá uma outra tarefa a realizar voltando assim á primeira até a situação ficar regularizada. Se for escolhido “Yes”, diretamente passará para o evento de “Fim” (End) e termina-se o processo.

3.2. Redes de Petri


As redes de Petri são uma ferramenta matemática e gráfica de uso geral, proposta pelo senhor C. A. Petri, em 1962, permitindo: modelar o comportamento dos sistemas dinâmicos a eventos discretos; descrever as relações existentes entre condições e eventos; visualizar propriedades tais como paralelismo, sincronização, e compartilhamento de recursos [32]. Quando modelamos um sistema concorrente com um sistema de transição é sempre necessário pensar nos efeitos globais de uma ação. As redes de Petri preservam a noção de estado (ponto onde se encontra) e as causas e efeitos de uma ação. Ao contrário dos sistemas de transição, onde a ênfase está nos estados, e dos métodos algébricos, onde a ênfase está nas ações, as redes de Petri dão igual destaque aos dois componentes.



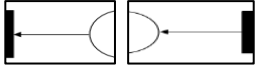
Uma rede de Petri possui dois tipos de nós: – lugares: representados graficamente por um círculo; – transições: representadas graficamente por um seguimento de reta ou um retângulo. Os lugares e as transições são conectados por arcos orientados [32]:

- “P” é um conjunto finito de lugares de dimensão n ;
- “T” é um conjunto finito de transições de dimensão m ;
- “Pre”: $P \times T \rightarrow IN$ é a aplicação de entrada (lugares precedentes ou incidência anterior), com IN sendo o conjunto dos números naturais;
- “Post”: $P \times T \rightarrow IN$ é a aplicação de saída (lugares seguintes ou incidência posterior).

São três os elementos básicos que formam a estrutura topológica das redes de Petri. Estes elementos bem como alguns conceitos relacionados são descritos na seguinte tabela:

Tabela 2 Notação de Redes de Petri

Estado/Lugar	São elementos passivos e definem o estado do sistema	
---------------------	--	---

Token	Pontos negros que definam uma marcação num estado-estado. Podem conter um ou mais.	
Transição	São elementos ativos, representam ações que podem ocorrer e que modificam o estado do sistema (marcação da rede)	
Arco (setas)	Ligam um lugar a uma transição, vice-versa..	

A representação sob um sistema de regras tem o objetivo de compatibilizar a representação da rede de Petri com técnicas de IA. Na especificação de um sistema complexo, utilizando uma hierarquia de controlo em vários níveis, a modelagem do nível de coordenação dos subsistemas pode ser feita por redes de Petri, e ao nível de planeamento, por um sistema perito que forneça a ordem de passagem das peças nas máquinas. Embora a representação gráfica seja uma das vantagens das redes de Petri, a característica mais importante deste modelo é o fato de ser mais formal [33].

Quando se aborda em redes de Petri de baixo nível, diz-se que a *token* não é diferenciável a não ser pela estrutura da rede à qual estão associadas. Eles ainda podem ser subdivididos em elementares e lugar/transição. As redes de alto nível são aquelas cujas marcas incorporam alguma semântica, viabilizando sua diferenciação. Esta semântica pode ir desde a atribuição de valores ou cores às marcas, até a adoção de noções de tipos de dados abstratos, conferindo-lhes um grande poder de expressão. Usando o mesmo procedimento do exemplo anterior utilizado em fluxograma, segue uma representação gráfica de redes de Petri na Figura 3:

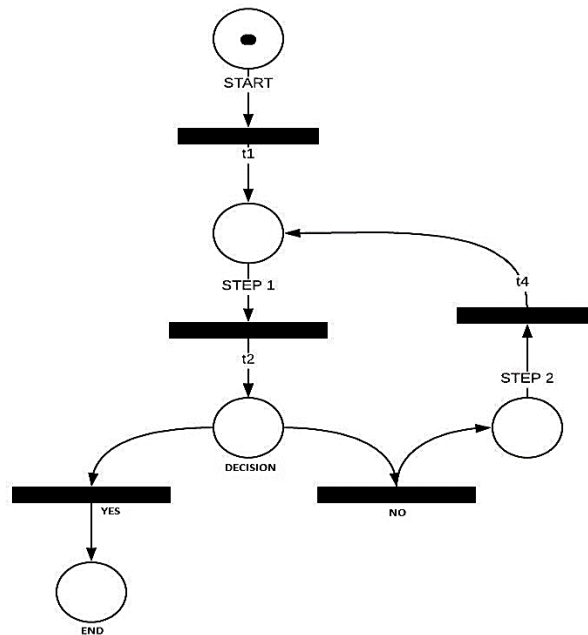


Figura 3 Exemplo de uma Rede de Petri.

Os pequenos círculos mostram o estado do processo. O *token* encontra-se no início da rede (START), ainda dentro do primeiro estado. Assim que a transição (t1) dispara o *token*, automaticamente é movimentado para o seguinte estado (STEP2), e assim sucessivamente.

3.3. BPMN - Business Process Model and Notation

O conceito de processos organizacionais estão cada vez mais evoluídos tanto na assiduidade do mercado de negócios como no mercado académico. No que toca à tipologia, este tipo de procedimento entra na categoria de Processos de Suporte (servem de apoio ao funcionamento dos processos, que garantem o suporte adequado à operação dos processos de negócios e visam o funcionamento coordenado dos vários subsistemas da organização) [34].

O “*Business Process Management*” (BPM) configura-se em um método de gestão para gerir processos empresariais, e não só, onde conta com o auxílio de ferramentas tecnológicas, já o BPMN integra uma série de ícones padrões para o desenho de processos, facilitando o entendimento no que toca ao campo da automação, pois é onde os processos são descobertos e desenhados.

O BPMN consegue conceber melhorias em termos de velocidade na qual o processo é realizado, assim como na sua eficácia, qualidade e custo. esta procura por melhorias estruturais e consistentes, tem feito com que as organizações passem a rever todas as

atividades a fim de encontrar formas mais abrangentes, pelas quais passem a ser analisadas, não em termos de junções, áreas ou produtos, mas de processos de trabalho ou de negócio [35].

O BPM é visto como tecnologia muito diferente das abordagens convencionais para apoiar a aplicação. A metodologia de desenvolvimento de BPM/BPMN é visivelmente diferente da aplicação das técnicas tradicionais de *software*, como transmite a empresa “SoftExpert BPM” (ver Figura 4) [36]:

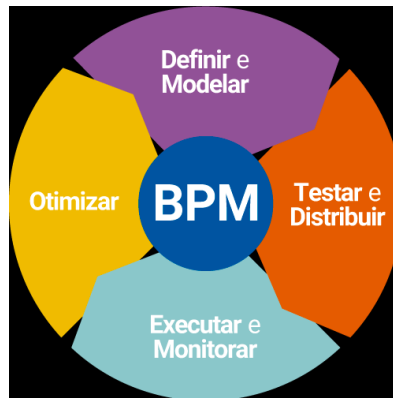


Figura 4 Esfera dos principais campos intervenientes no papel nos BPM/BPMN.

- Otimizar: melhorar os resultados comerciais tanto a nível de monitoração e gestão dos processos;
- Definir e modelar: cria novos processos, executa e governa esses processos;
- Testar e distribuir: fornecer testes abrangentes para o envolvimento de BPMN usando uma estrutura personalizada e com alternativas;
- Executar e monitorizar: BPMN fornece suporte qualificado e manutenção dos seus compromissos.





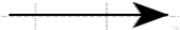





O BPMN, tal como o nome transmite, são Processos de Negócio de Notação e Modelação e, onde representam esquematicamente fluxos de dados ou de processos, ou seja, define um diagrama BPD (*Business Process Diagram*).

Através de pesquisas quem inovou ou começou a desenvolver esta ferramenta foi a internacional OMG (*Object Management Group*). Não se sabe quando exatamente, admite-se que este possui uma atualização da primeira modelação, que se designa por BPMN 2.0, patenteada em 2010 pelo OMG.

Entre as modelagens do estado futuro mais comuns podem ser citadas: Melhoria contínua; FAST; *Benchmarking*; Adoção de melhores práticas e processos comoditização; redesenho do processo; e Inovação de processo [37].

A ideia principal do BPMN é criar um mecanismo simples para criação de modelos de processos de negócio. A seguinte tabela elucide o conjunto dos principais símbolos utilizados:

Tabela 3 Notação de BPM/BPMN

Evento: início /fim	Os eventos representam um evento num processo de negócios. Sinaliza o primeiro passo de um processo ou o fim do mesmo.	
Gateway	É utilizado na tomada de decisões ou no tratamento de divergências do fluxo sequencial. Avalia o estado do processo de negócios e, com base na condição, divide o fluxo em um ou mais caminhos mutuamente exclusivos.	
Processo / atividade	Uma atividade. É utilizado para representar um serviço que a companhia realiza. É o nível mais básico de uma atividade e não pode ser subdividida.	
Subprocesso	É um grupo de tarefas que se encaixam particularmente bem. Há duas visualizações diferentes do subprocesso. Uma delas é a visualização suspensa, a qual possui um sinal de mais expandido para mostrar mais detalhes. A outra é uma visualização de subprocesso expandido, que é ampla o suficiente para abrigar todas as tarefas que descrevem o subprocesso de modo completo.	
Fluxo de sequência	Conecta objetos de fluxo numa ordem sequencial própria.	
Fluxo de mensagem	Representa mensagens de um participante do processo para outro.	
Mensagem	Aciona o processo e subprocesso, facilita processos intermediários ou finaliza o processo.	
Base de dados	Representa o espaço onde são guardados e mantidos os dados de todo o processo já concluído.	
Objetos de dados	Os objetos de dados fornecem informações sobre o que as atividades exigem que sejam executadas e / ou o que elas produzem, os objetos de dados podem representar um objeto singular ou uma coleção de objetos. Entrada de Dados e Saída de Dados fornecem as mesmas informações para Processos.	
Pista e pool	Representação gráfica de um participante em uma Colaboração. Atua como uma “raia” e um “recipiente” gráfico para particionar um conjunto de Atividades de outras Pools. Pode ter detalhes internos, na forma do processo que será executado. Pode não ter detalhes internos, ou seja, pode ser uma "caixa preta". Uma pista é uma sub-partição dentro de um processo, às vezes dentro de um <i>pool</i> , e vai estender todo o cumprimento do processo, vertical ou horizontalmente. As faixas são usadas para organizar e categorizar as atividades. "caixa preta". Uma pista é uma subpartição dentro de um processo, às vezes dentro de um <i>pool</i> , e vai estender todo o cumprimento do processo, vertical ou horizontalmente. As faixas são usadas para organizar e categorizar as atividades.	

O objetivo principal do BPMN é fornecer uma notação gráfica que seja facilmente compreensível por todos, desde os analistas que criam os modelos iniciais dos processos, passando pelos programadores responsáveis pela implementação da tecnologia que irá executar os processos até aos gestores e supervisores dos processos [38].

Em seguida está um pequeno exemplo (ver Figura 5) simples:

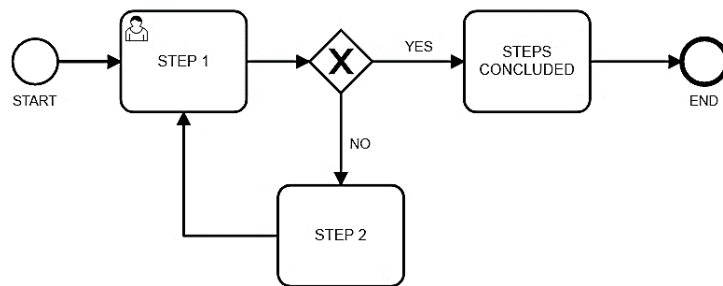


Figura 5 Exemplo de uma BPMN.

Aplicando o mesmo exemplo de procedimento, consegue-se captar semelhanças com o fluxograma. O BPMN é adaptado para a criação de modelos gráficos de tarefas dos processos de negócio, mas com notação diferenciada e específica.

O início (START) é um círculo, as atividades continuam a ser em retângulos. Quando se chega a tomada de decisão o losango não inclui a questão no seu interior, mas sim o tipo de *gateway* em que se enquadra o processo. Um modelo de processo de negócios é então uma rede de objetos gráficos, denominados de atividades, e do fluxo de controlo que define a ordem de execução.

3.4. Comparações e Benefícios

Após uma breve, atenta e delicada leitura dos três diferentes processos ou artes de usar representações gráficas para um único objetivo, neste caso, chega-se a uma rápida conclusão. Nesta subsecção a intenção é esclarecer qual ou quais as ferramentas mais adequadas comparando-as e avaliando os seus prós e contras, apenas com base da teoria sem se ter-se passado ainda à prática. Ambos os processos têm vias, nomenclaturas, simbologias, relevâncias e utilidades diferentes, mas, no entanto, únicas, específicas, diretas, claras e fundamentais.

Quando se fala de um fluxograma, a primeira ideia é fazer mentalmente um comboio de distintas tarefas sequenciais, de um único sentido, incluindo uma ou mais hipóteses de decisões. Como se disse anteriormente, é a maneira mais básica de se aplicar um processo e de se explicar e transmitir a ideia do processo, contudo esta ferramenta não dispõe de grandes detalhes nem minuciosidades e atualmente não é compatível com a linguagem computacional.

Nas redes de Petri, a moeda já mostra outra face. Nas redes de Petri o processo fica mais sério, mais complexo, mais detalhado, mais elaborado e trabalhoso. Aqui o processo é mais esmiuçado e apresenta ao logo do tempo os estados dos *token* e as suas atividades, porém é uma ferramenta que nem todos conseguem ler e interpretar á primeira vista, requer um certo conhecimento da sua modelagem e simbologia. Acresce que as redes de Petri já se relacionam com linguagem computacional (IA).

O BPMN começa a ser a nova era, “*trend*”, de fluxos de dados. Numa forma corrente, a primeira impressão é que são o intermédio das duas outras ferramentas mencionadas, pois não são tanto básicos e nem são tanto complexos. O BPMN representa na mesma o sentido do fluxo das atividades do processo assim como as hipóteses nas decisões.

Tabela 4 Comparação das Técnicas de Representação de Fluxos de Processo

	BPMN	Redes de Petri	Fluxograma
Simbologia / Notação	Variada	Muito simples	Simple
Conhecimento necessário	Mediano	Avançado	Básico
Adaptação	Mediana	Mediana	Básica
Modelagem de processos	Alta	Alta	Baixa
Interpretação	Média	Média	Baixa
Aplicação atual	Alta	Baixa	Baixa
Aplicação em fluxo de processos	Aplicável	Aplicável	Aplicável
Complexidade de usar/ aplicar	Média	Alta	Baixa
Complexidade de expressar processo	Baixa	Baixa	Alta
Compatibilidade computacional	Suporta	Suporta	Não suporta

Modelação de paralelismo e concorrência	Suporta	Suporta	Não suporta
Capacidade de validação	Não suporta	Suporta	Não suporta

Com esta análise, a linguagem que mais se distingue e se adequa é Redes de Petri, no entanto a escolhida para a representação de procedimentos de manutenção será a modelação BPMN. O motivo que levou a escolha da segunda e não da primeira, respetivamente, foi na parte da geração do código em XML. É ainda difícil e de processo moroso, extrair o código no formato XML os procedimentos na modelação Rede de Petri.

4. Caso De Estudo

Neste capítulo é apresentado o caso de estudo relativo à aplicação de manutenção inteligente na planta fabril da Catraport em Bragança.

4.1. A Empresa Catraport e Problemas Atuais

A CATRAPORT, LDA., designada de Catraport, é uma empresa fundada a 21 de julho 2015, em Portugal, com o intuito de iniciar a atividade de produção de componentes e acessórios para o sector automóvel, através de processos de estampagem industrial. A entidade italiana CATRA SPA foi fundada em 1979 e possui a maioria das quotas da CATRAPORT. O principal mercado de atuação da Catraport será o mercado europeu, com especial ênfase, para o mercado Ibérico e outros, tais como: África do Sul, República Checa, França, Espanha e Bulgária.

A CATRA SPA, localizada no norte de Itália (perto de Milão), tem como principal atividade a estampagem em chapa, a estampagem plástica, produção de ferramentas e moldes, soldadura, montagem e pintura de componentes, 70% para o sector automóvel e 30% para os restantes sectores que utilizam este tipo de inputs, operando sob a filosofia de gestão *Just in Time*, aplicando uma política de qualidade rigorosa e com certificações de qualidade, de gestão e ambientais.

Com base na experiência da empresa-mãe (em termos técnicos, tecnológicos, de gestão e comerciais), a empresa definiu quais os equipamentos, bem como os recursos humanos e financeiros, necessários à implementação das estratégias de negócio e corporativa e que são apresentados ao longo deste documento. Na Catraport encontramos 7 departamentos distintos: Produção, Manutenção, Qualidade, Logística, Compras, Comercial e de Recursos Humanos.

A empresa, embora ainda baseada na moldagem a frio de produtos de metal, mantém o "*core business*" para a moldagem de chapa encontrando na sua atividade principalmente Prensas de Moldes. Dentro das prensas de moldes temos Prensas mecânicas de estampagem a frio os modelos: Zanni 600 tonelada com um alimentador marca Camu, Duas Rovetta 600 ton com transfer e alimentador NORDA e uma Cattaneo 1000ton com a transfer e alimentador Norda e alimentador Millutensil. Além das anteriores, encontra-se uma prensa manual de 100ton da Bucom, uma cortadora Omera, lavadora por ultrassons Fibirmatic, um torno mecânico CN da marca Optimum, uma fresadora

CN da Optimum, uma retificadora Kent, um engenho de coluna, e mais ainda uma prensa manual de desempenho e uma área reservada à soldadura com MIG/MAG e TIG.

Neste trabalho, os procedimentos de manutenção incidiram na prensa Rovetta TP25, ilustrada na Figura 6.



Figura 6 Prensa Rovetta.

Esta prensa, conhecida em ambiente de fábrica por Transfer Press 22 (TP22), visa produzir peças metálicas para o sistema de exaustão de carros através de um processo de estampagem a frio sequencial e apresentando características como: (i) prensa mecânica de 400 Ton de força com dois pontos de pressão; (ii) potência da imprensa de 64 Kw; (iii) batidas entre 10 e 24 toques / minuto; (iv) com tamanho do martelo de 2945 x 1520 mm. Na realidade, esta mesma prensa tem um registado ainda de 12 peças/minuto, sendo que cada disco(chapa) entra só um de cada vez. É ainda desconhecida a quantidade de peças produzidas com defeito.

Este equipamento é constituído por diferentes componentes / sistemas: a prensa, o sistema de transferência, o sistema de armazenamento e alimentação. Todos esses sistemas operam em sincronismo para obter uma linha de produção automática:

- Sistema de Armazenamento, onde os discos de metal são armazenados- consiste em quatro colunas para armazenar os discos metálicos e é responsável por colocar os discos na posição correta a ser retirada pelo sistema de alimentação;
- Sistema de Alimentação da prensa e Sistema de Sucção dos discos metálicos - Sistema de Alimentação recolhe um disco de metal de cada vez através de um Sistema de Sucção e o coloca no transportador que o move para a primeira estação de impressão. A presença de um lubrificante (óleo) nos discos resultantes do

processo de corte, leva a que por vezes os discos venham colados e requer-se a separação dos discos quando eles são removidos do armazenamento, para que haja um sistema de ar comprimido alinhado com o topo da coluna do disco;

- Sistema de Transferência – o disco de metal está no final do sistema de alimentação, este coloca-o em estações de impressão sucessivas;
- Correias transportadoras – no final da última estação, a peça produzida é transportada até o final da linha para se proceder á inspeção da qualidade da peça, sem tem ou não defeitos.

4.2. Problema a Solucionar no Caso de Estudo

Integrado no projeto de I&D intitulado *Maintenance4.0 - Intelligent and Predictive Maintenance in Manufacturing Systems*, este caso de estudo tem como objetivo a aplicação da linguagem BPMN para a formalização computacional dos procedimentos de manutenção existentes na fábrica, permitindo a digitalização dos mesmos e posteriormente suportando o sistema inteligente de apoio à realização de intervenções de manutenção pelos técnicos.

Concretamente neste caso de estudo, a empresa Catraport ao se vincular com o projeto de Maintenance 4.0, vai então colocar em prática o objetivo que se pretende, daí que a parte da formalização de procedimentos de manutenção é essencial, visto que ainda a manutenção corretiva é realizada através da experiência dos técnicos e da convivência com o equipamento, havendo escassa informação, quase ou nenhuma registada e a que existe é muito sucinta e básica.

Na Figura 7 é possível observar a arquitetura do sistema especificada, compreendendo quatro blocos principais: coleta de dados, análise de dados *off-line*, visualização e monitoramento dinâmico e suporte a decisões inteligentes.

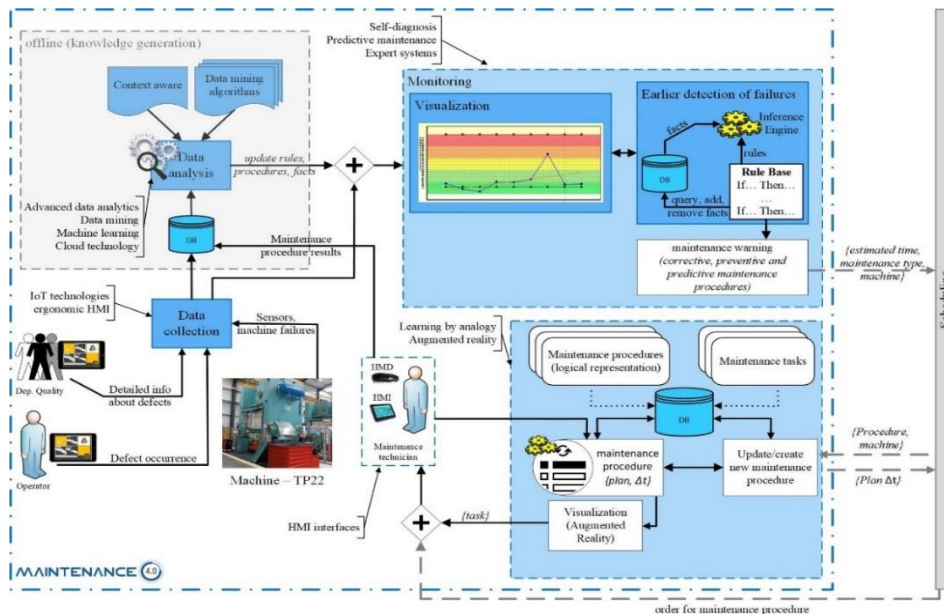


Figura 7 Representação esquemática do projeto Maintenance 4.0 - Arquitetura do sistema para a abordagem de manutenção industrial inteligente

Portanto o objetivo é implementar soluções automatizadas de maneira ajudar a manter, prevalecer e facultar o conhecimento antes adquirido, caracterizando os procedimentos de manutenção de apoio à decisão, guardando numa base de dados, que posteriormente serão tratados pelo programa da Maintenance 4.0.

A Catraport terá um papel e uma ajuda importante, pois traz para o projeto uma grande experiência em sistemas de produção industrial e, particularmente, na manutenção industrial, por conseguinte os resultados coletados e inseridos nos programas, contribuirão para aumentar a competitividade de empresas de manufatura, como é o caso da Catraport e das restantes pequenas e médias empresas, das quais trabalham diariamente em ambientes altamente voláteis, melhorando o estado da arte no apoio á decisão nas tarefas de manutenção preventiva e preditiva.

5. Representação de Procedimentos de Manutenção usando BPMN

Relembrando, o BPMN é uma metodologia que abrange diversos conceitos desde o desenvolvimento de um plano de negócio ao controlo de gestão da organização. Essa metodologia baseia-se em um conjunto de técnicas que une Gestão de Negócios e Tecnologia da Informação com Otimização dos Resultados.

A formalização com BPMN é de extrema importância para as organizações e as suas contribuições devem agregar mais valor ao negócio, tornando assim a empresa mais competitiva no mercado. Por meio dessa modelagem é possível entender o processo existente na organização e identificar as falhas. Espera-se, dessa forma, obter métricas suficientes a fim de estabelecer uma base na fase seguinte da análise e desempenho do processo atual, que permita identificar as melhorias proporcionadas pelo estado futuro, assim como uma documentação dos prós e contras e do desempenho do processo.

Aqui, irão ser apresentados três dos exemplos dos procedimentos de manutenção, tendo sido no total modelados 13, dos quais não demonstraram ser tão simples como a teoria transmite.

5.1. Modelos para os Procedimentos de Manutenção

Para que os BPMN tivessem o resultado final que apresentam no fim deste caso de estudo, foi feita uma pesquisa de campo intensiva. No início do caso do estudo e de maneira a compreender melhor o objetivo do caso de estudo, foi necessária integração e proximidade com a empresa, com o ambiente de fábrica e os seus colaboradores. O facto de a empresa estar no início da sua atividade desencadeou uma certa dificuldade, pois o ambiente era de grande *stress*, não havia compatibilidade de horários de ambas as partes, tanto dos responsáveis da empresa como do meu, tendo levado a vários adiamentos de reuniões, tendo sido algumas por videoconferência (via Skype) e várias trocas de e-mails; também como a empresa se encontra fora da cidade, o acesso e a deslocação às instalações era difícil; os colaboradores ainda não estavam familiarizados com a ideia de uma planta fabril automatizada; para que haja o máximo de registos das falhas e da manutenção aplicada é essencial o acompanhamento dos equipamentos

durante todo o período de produção (podendo abranger os três turnos); entre outras. Parecendo que não, todo este desenlace levou 9 meses e mais fosse possível.

Através do responsável da manutenção, já com bastante experiência neste ramo e com este tipo de equipamentos, começou-se por elaborar um documento, um plano de manutenção preventivo em papel, desde a manutenção diária à anual, com as tarefas descritas sucintamente por extenso e ordenadas sequencialmente, na TP22.

Cada componente da TP22 possui uma caracterização para o procedimento, sendo em alguns conceitos longos e extensos, daí que devido à probabilidade de um operador se esquecer ou se confundir criaram-se códigos de classificação com letras e números para melhor associação de cada tarefa e procedimento de manutenção.

A partir desse plano de manutenção preventiva, à medida que o acompanhamento do equipamento era feito, ajustes e correções eram registadas e atualizadas, e com isso se ia melhorando os procedimentos de manutenção.

Recolhida e rearranjada toda esta informação, passou-se para o nível de desenhar as tarefas de forma sequencial em BPMN. Quanto mais se aprofundava o assunto e o manuseamento do programa, mais se aperfeiçoava, tendo sido também um processo vagaroso, visto que a adaptação a um programa novo e específico requer ligeira paciência e tempo.

De seguida são apresentados dois exemplos de procedimentos de manutenção preventiva e um exemplo de manutenção corretiva, que foram modelados usando BPMN. Os restantes procedimentos encontram-se em anexo.

5.1.1. Procedimento TP100: Alimentador (Semestral)

Na manutenção semestral do Alimentador, criou-se uma *pool* identificando o procedimento, de seguida começou-se com o símbolo “Início”, um círculo branco ou verde do qual está conectado por uma seta de “Fluxo de Sequência” que nos diz a orientação e o sentido do processo. Por sua vez, a outra extremidade da seta está conectada a um retângulo que será chamado de “Tarefa/Atividade” onde incluí uma ordem a realizar pelo operador, e vice-versa.

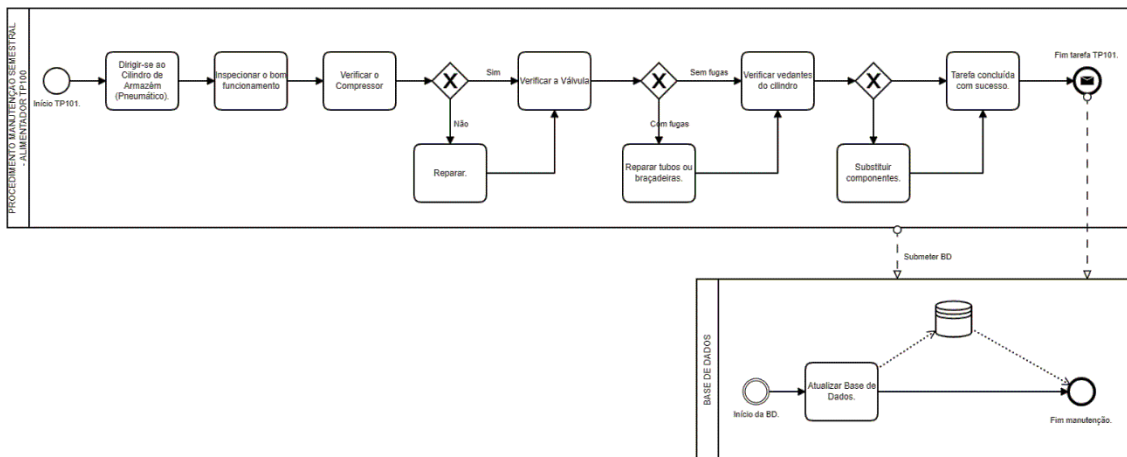


Figura 8 Representação usando BPMN do procedimento de manutenção do Alimentador.

Quando se chega à tomada de decisão aparece um pequeno losango, o “Gateway”, que pode possuir no seu interior vários atributos (desenhos) conforme a situação, neste caso possui no seu interior um “X”, trata-se de uma escolha simples, de dupla saída (sistema do “Sim” ou “Não”).

Ao longo do decorrer do processo de manutenção é encontrado um outro círculo, mas significado diferente do primeiro, é um círculo de “Fim”, mas não de fecho final da manutenção. Este contém um bordo mais grosso, sendo preto ou vermelho e com um envelope incluído, diz-se “Fim intermédio” com acionador de “Mensagem”, isto porque ainda não terminou o processo por completo e vai ter que enviar esta informação para outra pista, que neste caso será a pista de Base de Dados.

Entre as pistas deve existir uma seta de “Fluxo de Mensagens” que as conecta. Visto que há uma mensagem de saída da outra pista, é necessário conectar o acionador com a pista onde a mensagem tem de entrar. Dentro desta pista, da Base de Dados, temos um “Início intermédio”, círculo branco ou amarelo com bordo tracejado, pois não é o primeiro nem o principal “Início”. Dentro dele há um hexágono desenhado com significado de acionador “Vários”, isto, porque tem-se mais do que uma seta de sequência conectada à pista. Também dentro dessa pista, após a primeira atividade vê-se que há um outro objeto com formato de cilindro designado, “Arquivo de Dados”, associado. Este representa a capacidade de armazenar dados que estão associados. Por si este símbolo está conectada a uma linha tracejada designada “Associação” que mostra as relações entre Artefactos/Objetos ou Tarefas e Objetos de Fluxo. No final, já encontramos o símbolo padrão de “Fim”, círculo mais escuro ou vermelho sem nenhum atributo (desenho) no seu interior, dando por finalizada e realizada a manutenção.

5.1.2. Procedimento TP400: Transportador De Corrente (Mensal)

Um outro exemplo de procedimento na manutenção preventiva, é a manutenção mensal do Transportador de Corrente. Em geral, o processo de abertura e iniciação é idêntico ao anterior, muda é alguma simbologia.

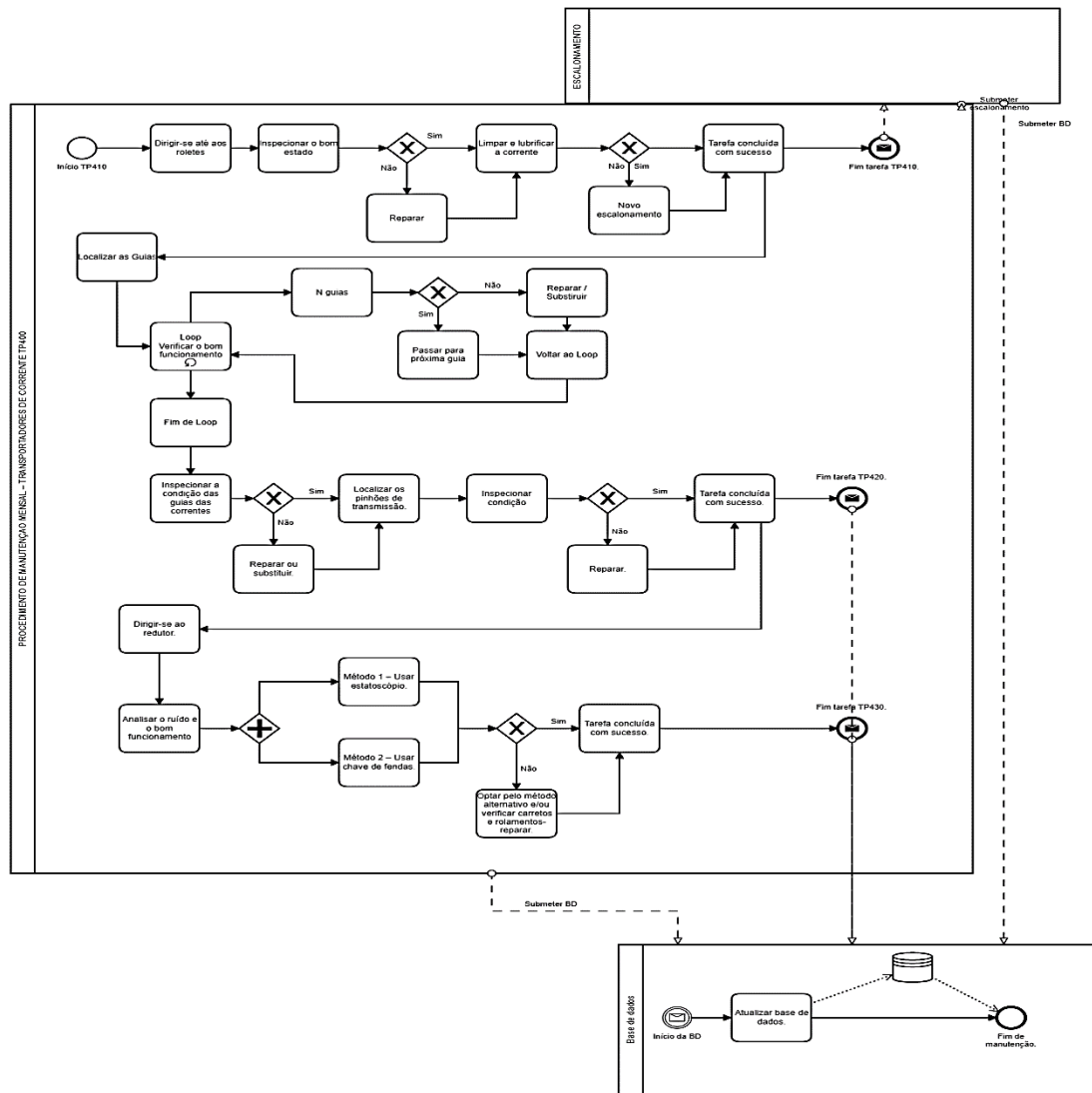


Figura 9 Representação usando BPMN do procedimento de manutenção do Transportador de Corrente

Há uma pista acrescida designada “Escalonamento”. Acontece situações em que a manutenção não se consegue executar no momento, ou por falta de material, ou por falta de técnicos, ou até mesmo por ainda não ser necessária, daí haver um adiamento. Esta pista tem de estar conectada por duas setas, neste caso, uma com sentido do acionador de “Mensagem” do “Fim intermédio” para o “Escalonamento”, e outra seta com sentido do “Escalonamento” para a pista “Base de Dados”, seta da qual é “Fluxo de Mensagem”.

Na tarefa das “Guias” é necessária adotar a função “Loop”, isto porque, como as guias são componentes independentes e com localizações distintas e, sendo cinco é preciso que haja uma repetição dessa manutenção para cada uma delas. O *loop*, assumindo que “N” são 5, vai realizar o ciclo de verificação do bom estado e funcionamento cinco vezes, passando assim para a tarefa seguinte logo que estas estejam todas inspecionadas.

Na pista do procedimento, temos associados objetos de imagens conforme as tarefas dos diferentes componentes do equipamento, para que seja mais fácil o operador se dirigir a eles. Também pode-se verificar que há um *gateway* diferente do exemplo interior. Este *gateway* inclui um “mais” que se designa por “Paralelo”. A sua função é dar a saber que há duas opções de escolha e é obrigatório selecionar uma delas, mas nunca as duas ao mesmo tempo.

5.1.3. Procedimento TP000: Manutenção Corretiva

Quando a manutenção corretiva é aplicada, o procedimento atua de forma diferente pois não é uma tarefa previsível. Mesmo sendo ela registada e elucidada não é possível prever como e quando o componente vai falhar. A verificação de existir probabilidade de um sensor falhar tem de ser pensada com várias alternativas, como no simples caso de existir mais de um sensor, tais como, “qual deles é o que pode falhar primeiro?”, se já existir histórico verificar sempre primeiro aquele que costuma falhar mais vezes, etc....

A Figura 10 mostra um procedimento de manutenção corretiva com dois sensores, relacionados com os discos no equipamento, sendo aplicável esta metodologia também em sensores de pressão, temperatura, entre outros...

Como esta situação tem a particularidade de saber qual dos sensores tem mais probabilidade de falhar, assume-se assim como uma regra, por isso a notação de um “Início intermédio” com acionador “Condicional”, podendo colocar o processo em pausa até ser uma condição verdadeira. Após realizada a intervenção necessária, A informação será armazenada numa base de dados (virtual), pois caso a falha ocorra novamente, exista um histórico, precavendo a perda de tempo em entender a origem.

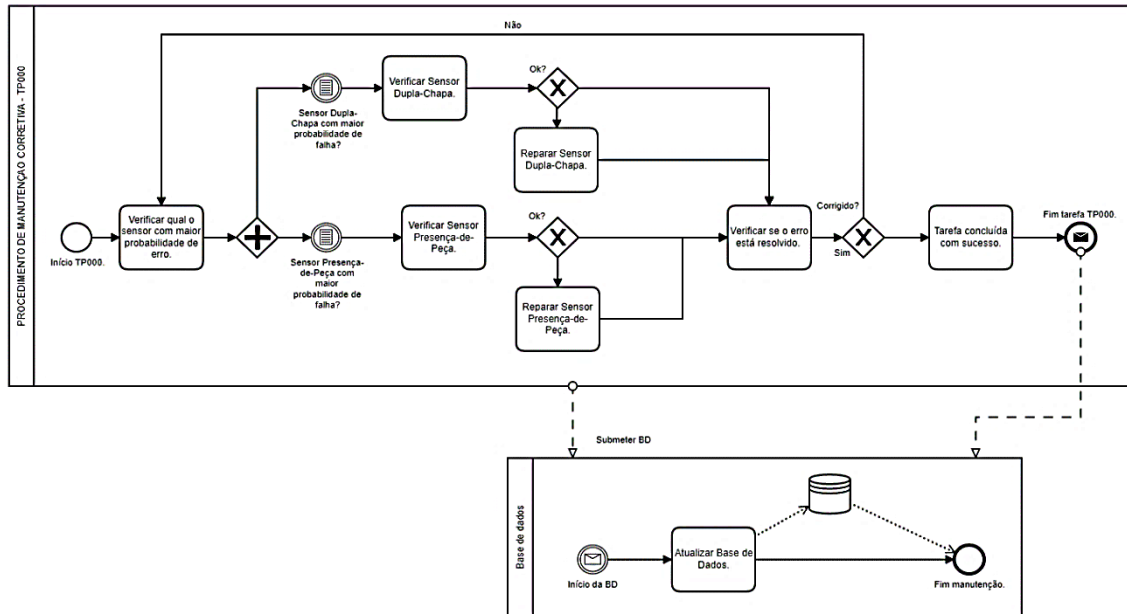


Figura 10 Representação usando BPMN do procedimento de manutenção corretiva na verificação de sensores

5.2. Geração em XML a partir de Modelos BPMN

Com o propósito de os computadores interpretarem a linguagem de BPMN, o CAMUNDA facilita a criação e geração do código XML de modo coeso e modular na manutenção a partir de descrição textual dos elementos de notação seleccionados.

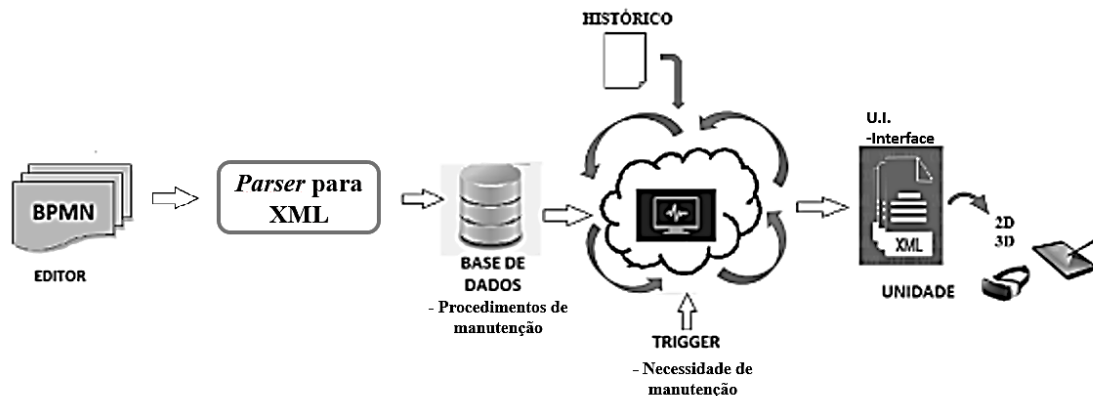


Figura 11 Integração dos Procedimentos de Manutenção no Sistema de Apoio à Execução de Tarefas de Manutenção

Encontrando-se os procedimentos de manutenção em BPMN finalizados, o editor (CAMUNDA) exportará os modelos no formato XML, que serão posteriormente enviados e guardados na base de dados do servidor da empresa. Na ocorrência de qualquer falha, haverá uma relação entre os procedimentos de manutenção e o histórico acionada por um *trigger*, criando assim uma necessidade de manutenção. Ao cruzar os

dados retidos na base de dados e no histórico, um “motor” (*engine*) irá selecionar qual o tipo de manutenção a realizar., daí que uma mensagem será enviada para a interface notificando o operador, referindo a informação precisa para proceder devidamente a manutenção.

De seguida é ilustrado o código gerado em XML a partir dos vários modelos de BPMN.

5.2.1. Procedimento TP100: Alimentador (Semestral)

Com o código gerado podemos ver os diferentes atributos para os diferentes elementos de notação, assim como a linguagem textual do BPMN em linguagem XML.

As primeiras linhas abrem e dão início ao BPMN. Ao percorrer as restantes linhas verificamos como são “chamados” os comandos ao longo do processo.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<bpmn:definitions xmlns:bpmn="http://www.omg.org/spec/BPMN/20100524/MODEL"
xmlns:bpmndi="http://www.omg.org/spec/BPMN/20100524/DI"
xmlns:di="http://www.omg.org/spec/DD/20100524/DI"
xmlns:dc="http://www.omg.org/spec/DD/20100524/DC" id="Definitions_08q863w"
targetNamespace="http://bpmn.io/schema/bpmn" exporter="Camunda Modeler"
exporterVersion="1.16.2">
```

Nas linhas a seguir vamos começar a criar a primeira pista (name="PROCEDIMENTO MANUTENÇÃO SEMESTRAL - ALIMENTADOR TP100") e adicionar o nome.

```
<bpmn:participant id="Participant_1sfhd39" name="PROCEDIMENTO MANUTENÇÃO
SEMESTRAL - ALIMENTADOR TP100" processRef="Process_1" />
<bpmn:participant id="Participant_0c4vur0" name="BASE DE DADOS"
processRef="Process_0abrtx3" />
<bpmn:messageFlow id="MessageFlow_0no2xk9" sourceRef="EndEvent_0mqqlvs"
targetRef="Participant_0c4vur0" />
<bpmn:messageFlow id="MessageFlow_0fdv11c" name="Submeter BD"
sourceRef="Participant_1sfhd39" targetRef="Participant_0c4vur0" />
</bpmn:collaboration>
```

Após a chamada do “Início” do evento (=“StartEvent_1”), vamos fazer sair uma seta de fluxo (SequenceFlow_1nazlwg”) para uma “Atividade” (=“Task_1fukble”).

```
<bpmn:process id="Process_1" isExecutable="true">
<bpmn:sequenceFlow id="SequenceFlow_1nazlwg" sourceRef="StartEvent_1"
targetRef="Task_1fukble" />
<bpmn:sequenceFlow id="SequenceFlow_17ymnjd" sourceRef="Task_1fukble"
targetRef="Task_1fr28me" />
<bpmn:sequenceFlow id="SequenceFlow_017doso" sourceRef="Task_1fr28me"
<bpmn:sequenceFlow id="SequenceFlow_034dx10" name="Sim"
sourceRef="ExclusiveGateway_0vnyrst" targetRef="Task_1hbce3c" />
<bpmn:sequenceFlow id="SequenceFlow_1xrnys8" name="Não"
sourceRef="ExclusiveGateway_0vnyrst" targetRef="Task_0klhtr0" />
```

Reparou-se que quando se chega á tomada de decisão, é chamado o “Gateway” (=“ExclusiveGateway_0vnyrst”) com as setas de fluxo para as opções “Sim” e Não”.

As seguintes linhas, dão o fecho tanto do procedimento da manutenção como do BPMN.

```
<bpmn:endEvent id="EndEvent_0mqqlvs" name="Fim tarefa TP101.">
  <bpmn:incoming>SequenceFlow_0suvdif</bpmn:incoming>
  <bpmn:messageEventDefinition />
</bpmn:endEvent>
</bpmndi:BPMNLabel>
  </bpmndi:BPMNEdge>
</bpmndi:BPMNPlane>
</bpmndi:BPMNDiagram>
</bpmn:definitions>
```

5.2.2. Procedimento TP400: Transportador de Corrente (Mensal)

Tal como no exemplo anterior, temos a geração em XML do BPMN, mas desta vez com mais linhas no *script*, isto porque o próprio BPMN mostra-se mais completo e mais complexo. A diferença é um pouco notória, até à nona linha, os comandos são iguais, depois muda conforme o nome que quisermos colocar na pista. Quando toca à “Atividade”, também é o mesmo comando do exemplo anterior, a diferença está que temos uma pista a mais, a do “Escalonamento”, a adição de um ciclo Loop e uma tomada de decisão em paralelo.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<bpmn:definitions xmlns:bpmn="http://www.omg.org/spec/BPMN/20100524/MODEL"
xmlns:bpmndi="http://www.omg.org/spec/BPMN/20100524/DI"
xmlns:di="http://www.omg.org/spec/DD/20100524/DI"
xmlns:dc="http://www.omg.org/spec/DD/20100524/DC" id="Definitions_18xi5ak"
targetNamespace="http://bpmn.io/schema/bpmn" exporter="Camunda Modeler"
exporterVersion="1.16.2">
  <bpmn:collaboration id="Collaboration_1oec8wh">
    <bpmn:participant id="Participant_1sm3na5" name="PROCEDIMENTO DE
MANUTENÇÃO MENSAL - TRANSPORTADORES DE CORRENTE TP400" processRef="Process_1"
/>
    <bpmn:participant id="Participant_1hg5r5f" name="ESCALONAMENTO"
processRef="Process_19qdi5a" />
    <bpmn:participant id="Participant_0gfdujx" name="Base de dados"
processRef="Process_1mmi72g" />
    <bpmn:messageFlow id="MessageFlow_1nezdrs" name="Submeter escalonamento"
sourceRef="Participant_1sm3na5" targetRef="Participant_1hg5r5f" />
    <bpmn:messageFlow id="MessageFlow_0j23bg4" sourceRef="EndEvent_0pfajn3"
targetRef="Participant_1hg5r5f" />
    <bpmn:messageFlow id="MessageFlow_048b0om" sourceRef="EndEvent_1gpr9nv"
targetRef="Participant_0gfdujx" />
    <bpmn:messageFlow id="MessageFlow_1219fjb" sourceRef="EndEvent_18z8iqh"
targetRef="Participant_0gfdujx" />
    <bpmn:messageFlow id="MessageFlow_0rjsoam" name="Submeter BD"
sourceRef="Participant_1hg5r5f" targetRef="Participant_0gfdujx" />
    <bpmn:messageFlow id="MessageFlow_0vl0hzt" name="Submeter BD"
sourceRef="Participant_1sm3na5" targetRef="Participant_0gfdujx" />
  </bpmn:collaboration>
```

Nas linhas que se seguem temos um comando novo “Gateway Paralelo” (=“ParallelGateway_1ff3esr_di”), do qual diz respeito á tomada de decisão paralela.

```

    <bpmndi:BPMNShape id="ParallelGateway_1ff3esr_di"
<bpmnElement="ExclusiveGateway_1v9co8n">
    </bpmndi:BPMNShape>
<bpmn:task id="Task_07rk331" name="Método 1 - Usar estatoscópio.">
    <bpmn:incoming>SequenceFlow_0yli193</bpmn:incoming>
    <bpmn:outgoing>SequenceFlow_0ja50v2</bpmn:outgoing>
</bpmn:task>
<bpmn:task id="Task_0o7fzc8" name="Método 2 - Usar chave de fendas.">
    <bpmn:incoming>SequenceFlow_0k5q1jw</bpmn:incoming>
    <bpmn:outgoing>SequenceFlow_0s3jilj</bpmn:outgoing>
</bpmn:task>

```

Nas seguintes linhas, é o fecho do processo tanto de manutenção como do BPMN.

```

    <bpmndi:BPMNEdge id="DataInputAssociation_1lxkwnc_di"
bpmnElement="DataInputAssociation_1lxkwnc">
    </bpmndi:BPMNEdge>
    </bpmndi:BPMNPlane>
</bpmndi:BPMNDiagram>
</bpmn:definitions>

```

5.2.3. Procedimento TP000: Manutenção Corretiva

Neste exemplo de procedimento de manutenção corretiva com dois sensores, o código gerado é praticamente similar ao anterior, alterando apenas os nomes das “Atividades” e das “Pistas”. Temos na mesma as *pools* com as tarefas de manutenção e a da base de dados. Visto que tem de existir uma verificação paralela de todos os sensores há também a necessidade de ver qual aquele que terá mais probabilidade de falhar. O programa vai correr ao mesmo tempo para que se possa depois saber qual deles é e assim precavemo-nos com um sensor substituído disponível no momento.

```

(...)
<bpmn:process id="Process_0dvbaal" isExecutable="false">
    <bpmn:task id="Task_0dotfks" name="Atualizar Base de Dados.">
    (...)
        <bpmn:dataOutputAssociation id="DataOutputAssociation_0acieej">
            <bpmn:targetRef>DataStoreReference_0agr19a</bpmn:targetRef>
        </bpmn:dataOutputAssociation>
    </bpmn:task>
    <bpmn:dataStoreReference id="DataStoreReference_0agr19a" />
    <bpmn:endEvent id="EndEvent_1rv531e" name="Fim manutenção.">
        <bpmn:incoming>SequenceFlow_0gkshq9</bpmn:incoming>
        <bpmn:property id="Property_1pawr44" name="__targetRef_placeholder" />
        <bpmn:dataInputAssociation id="DataInputAssociation_07ejm6j">
            <bpmn:sourceRef>DataStoreReference_0agr19a</bpmn:sourceRef>
            <bpmn:targetRef>Property_1pawr44</bpmn:targetRef>
        </bpmn:dataInputAssociation>
    </bpmn:endEvent>
    <bpmn:intermediateCatchEvent id="IntermediateCatchEvent_0bxfmzj"
name="Inicio da BD">
        <bpmn:outgoing>SequenceFlow_0hn2p4o</bpmn:outgoing>
        <bpmn:messageEventDefinition id="MessageEventDefinition_1hu119j" />

```

```

        </bpmn:intermediateCatchEvent>
        <bpmn:sequenceFlow id="SequenceFlow_0hn2p4o"
sourceRef="IntermediateCatchEvent_0bxfmzj" targetRef="Task_0dotfks" />
        <bpmn:sequenceFlow id="SequenceFlow_0gkshq9" sourceRef="Task_0dotfks"
targetRef="EndEvent_1rv531e" />
    </bpmn:process>
    (...)
    <bpmn:process id="Process_1" isExecutable="true">
    (...)
        <bpmn:sequenceFlow id="SequenceFlow_0kgv85d" name="Sim"
    (...)
        <bpmn:task id="Task_0osxqrw" name="Reparar Sensor Presença-de-Peça.">
    (...)
        </bpmn:task>
        <bpmn:startEvent id="StartEvent_1" name="Início TP000.">
            <bpmn:outgoing>SequenceFlow_0vnt473</bpmn:outgoing>
        </bpmn:startEvent>
        <bpmn:task id="Task_13lt0nk" name="Verificar qual o sensor com maior
probabilidade de erro.">
    (...)
        </bpmn:task>
        <bpmn:task id="Task_1lgdtkp" name="Verificar Sensor Presença-de-Peça.">
    (...)
        </bpmn:task>
        <bpmn:exclusiveGateway id="ExclusiveGateway_1w5xnm9" name="Ok?">
    (...)
        </bpmn:exclusiveGateway>
        <bpmn:task id="Task_0tl0j05" name="Reparar Sensor Dupla-Chapa.">
    (...)
        </bpmn:task>
        <bpmn:task id="Task_0kmn4rz" name="Verificar se o erro está resolvido.">
    (...)
        </bpmn:task>
        <bpmn:exclusiveGateway id="ExclusiveGateway_098xqq5" name="Corrigido?">
    (...)
        </bpmn:exclusiveGateway>
        <bpmn:exclusiveGateway id="ExclusiveGateway_1lfcqko" name="Ok?">
    (...)
        </bpmn:exclusiveGateway>
        <bpmn:task id="Task_1o0cev4" name="Verificar Sensor Dupla-Chapa.">
    (...)
        </bpmn:task>
        <bpmn:task id="Task_1r9b9e6" name="Tarefa concluída com sucesso.">
    (...)
        </bpmn:task>
        <bpmn:endEvent id="EndEvent_13f4mod" name="Fim tarefa TP000.">
            <bpmn:incoming>SequenceFlow_05ekvqc</bpmn:incoming>
            <bpmn:messageEventDefinition id="MessageEventDefinition_05fpdap" />
        </bpmn:endEvent>
    </bpmn:process>
    <bpmndi:BPMNDiagram id="BPMNDiagram_1">
        <bpmndi:BPMNPlane id="BPMNPlane_1" bpmnElement="Collaboration_0lqcmoy">
    (...)
        </bpmndi:BPMNPlane>
    </bpmndi:BPMNDiagram>
</bpmn:definitions>

```

Após este capítulo, verificou-se que o intuito pretendido foi alcançado com sucesso.

6. Conclusões e Trabalhos Futuros

6.1. Conclusão

O trabalho descrito neste relatório evidenciou-se pela análise profunda e exaustiva da caracterização de procedimentos de apoio à decisão na manutenção industrial. Esta investigação possibilita a compreensão da generalidade do mesmo ou o estabelecimento da base para uma investigação posterior. A intenção de uma pesquisa é de proporcionar uma visão global do problema ou identificar possíveis fatores que o influenciam, ou são por ele influenciados, sendo a maior focalização da aplicação deste estudo na manutenção preditiva mais do que na manutenção corretiva.

Ao longo do estudo dos diversos fluxos de processos fluxos de processos e das diferenças de fluxogramas, BPMN e Redes de Petri, concluindo-se que a mais acessível, atualizada, corrente e com linguagem compatível para computador foi o BPMN, visto que a extração do código em XML com a ferramenta Rede de Petri é difícil.

Durante a escolha da ferramenta de representação mais apropriada para o desenvolvimento dos procedimentos de manutenção em BPMN, foram aparecendo dificuldades em gerar ou exportar o ficheiro noutra formato corrente. Os *softwares* identificados ao longo do percurso tinham como principal o desenho de BPMN, mas a sua extensão era sempre diferente de programa para programa, visto que o ideal seria um editor que abarcasse quase todas as extensões, o que ainda não é possível ou não existe, salvo seja, em programas com licenças não pagas (sem anuidades obrigatórias). Porém, o problema foi contornado com a descoberta do software CAMUNDA, o qual incluía as extensões BPMN e XML. Após seleção do editor foram desenvolvidos os procedimentos de manutenção, num total de 13.

Durante o desenvolvimento deste trabalho, apareceram várias dificuldades no início do estudo referente à formalização dos procedimentos de manutenção, pelo facto de ainda existir falta informação documentada. Para se contornar este problema, houve um trabalho de pesquisa redobrado. Deste modo, para facilitar a representação gráfica era necessário existir um máximo de informação documentada e, para se ter registo discriminado da intervenção de manutenção no equipamento era essencial acompanhar diariamente a prensa e ao mesmo tempo coletar resultados deparados. Visto que a informação que era precisa para que este estudo fosse feito encontrava-se ainda em

papel ou consistia na experiência dos técnicos de manutenção que passava de geração em geração...

Conclui-se assim que o BPMN tem um papel cada vez mais presente no ramo da indústria. Quando o assunto é descrever fluxo de processos ou fluxo de dados, fica oficializado na caracterização de procedimentos de apoio à decisão na manutenção industrial, isto é, a realização de tarefas de manutenção. Para além disso, o facto de se ter encontrado um editor que permita exportar os procedimentos para uma linguagem computacional, faz com que parte das tarefas de manutenção se encontrem registadas na forma digital, facilitando posteriormente o acesso a elas.

6.2. Sugestões para trabalhos futuros

O propósito deste estudo é que seja aplicável também na restante manutenção corretiva ainda por acontecer. Isto é, que na manutenção corretiva se aplique e se execute o mesmo método, com este programa, ou seja, organizar os procedimentos de maneira a permanecerem cada vez mais automatizados.

Para futuro, o contributo deste trabalho é a disponibilização dos procedimentos de manutenção em XML para que seja facilitado no tratamento de dados em *clouds* e base de dados ou adicionados a outros programas que possam ser úteis no I&D da empresa. Aconselha-se a:

- Realizar, como na manutenção preventiva, um plano de manutenção para a manutenção corretiva, pois existe uma gigantesca quantidade de informação da qual não se encontra registada, visto que é à base das experiências dos técnicos de manutenção, ao serem falhas/avarias imprevisíveis, mas com o tempo padronizadas, é necessário estudá-las e redigi-las para posteriormente adicionar essa informação às utilidades do BPMN;
- Usar programas mais avançados e atualizados, que contenham mais especificações, pelo simples facto de a opção de modelar e acrescentar anexos seja possível. Ou seja, com outros formatos digitais, tais como, PDF e imagens, durante o correr do BPMN, acrescentando também inclusão semântica de mais elementos de notação do BPMN, para posterior extração de código dos mesmos;
- Encontrar ou criar programa que possibilite a extração de código para outras linguagens, além de XML, daí ser desejável que se utilize um editor que não

permita a geração de documentos inválidos e que possua uma interface gráfica compatível com a aplicação e que possa ser facilmente modificado e adaptado;

- Aplicação do mesmo estudo para modelação de mais ou outros tipos de procedimentos, devidamente identificados, não só na manutenção, mas noutros departamentos.

Referências

- [1] A. K. Pinto e J. N. Xavier, *Manutenção: função estratégica*, Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.
- [2] J. Moubray, *Reability - Centered maintenance: 2nd edition*, New York: Industrial Press Inc., 1997.
- [3] A. M. Gutiérrez, *Mantenimiento estrategico para empresas industriales o de servicios: enfoque sistémico kantiano*, 1ª ed., Colômbia: Colombia AMG, 2005.
- [4] A. K. Pinto e J. N. Xavier, *Manutenção: função estratégica*, 3ª ed., Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.
- [5] IPQ, "Norma Portuguesa - Requisitos para prestação de serviços de manutenção," [Online]. Available: http://files.isec.pt/DOCUMENTOS/SERVICOS/BIBLIO/Documentos%20de%20acesso%20remoto/NP-4492_2010.pdf. [Acedido em 26 Novembro 2018].
- [6] J. P. Pinto, *Manutenção Lean - Hoje, manter a mesma velocidade é o suficiente para perder terreno para a concorrência...*, Libel, 2013, p. 304.
- [7] R. S. Ramesh Gulati, "Maintenance and Reability: Best Practices," 2009.
- [8] M. Wärja, "Maintenance Management of Complex Industrial Systems - a methodology for renewal strategies (Doctoral Thesis Stockholm)," Royal Institute of Tecnology Stockholm, Sweden, 2005.
- [9] J. LEE, E. Lapira, B. Bagheri e H.-a. Kao, "Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment (Manufacturing LEtters)," Elsevier, October 2013. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2013.09.005>.
- [10] J. Leea, J. Nib, D. Djurdjanovic, H. Qiu e H. Liao, "Intelligent prognostics tools and e-maintenance- Computers in Industry.," [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2006.02.014>. [Acedido em August 2006].
- [11] A. Duarte, "Gestão da Manutenção (Apontamentos)," IPB, Bragança, 2014.
- [12] R. V. Belhot e F. C. Campos, "Relações entre manutenção e engenharia de produção: uma reflexão," São Paulo, 1995.
- [13] H. R. G. Viana, *Planeamento e controlo da manutenção*, Rio de Janeiro: QualityMark, 2002.
- [14] I. Alsyouf, "Maintenance practices in Swedish industries: Survey results," *International Journal: Production Economic*, vol. 121, pp. 212-223, 2009.
- [15] N. Bloom, *Reliability Centered Maintenance (RCM): implementation made simple*, New York: McGraw - Hill Proeffisonal, 2006.
- [16] J. N. Xavier e A. K. Pinto, "Manutenção: Tipos e Têndencias," 2005.

- [17] L. Baran, "Manutenção Centrada Em Fiabilidade Aplicada Na Redução de Falhas," Ponta Grossa, 2011.
- [18] I. M. d. Araújo e J. M. Câmara, "Procedimentos de Manutenção para Economia de Energia (Cap. XII)," Agência para Aplicação de Energia, 1993. [Online].
- [19] C. F. Nogueira, L. M. Guimarães e M. D. B. d. Silva, "Manutenção industrial: implementação da manutenção produtiva total (upad Tavares 1999)," 2012.
- [20] J. Wyrebski, "Total Productive Maintenance - An adapted model (Thesis(M.sc)), " UFSC, Florianópolis, 1997.
- [21] C. F. Nogueira, L. M. Guimarães e M. D. B. Silva, "Industrial Maintenance: Implementation of Total Productive Maintenance (TPM)," UniBH, Belo Horizonte, Brasil, 2012.
- [22] C. F. R. Dardengo, "Identificação de patologias e proposição de diretrizes de manutenção preventiva em edifícios residenciais multifamiliares da cidade de Viçosa (MG-Tese)," Brazil, 2010.
- [23] M. Hammer e J. Champy, *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*, U.K.: HarperBusiness, 2006.
- [24] A. L. S. Bastos e R. F. Cameira, "Ferramentas de Apoio à Engenharia de Processos de Negócios: Critérios de Classificação e Método de Análise de Adequação a um Projeto," UFRJ, Rio de Janeiro.
- [25] H. S. Vaitsman, "Inteligência empresarial: atacando e defendendo.," Interciência , Rio de Janeiro, 2011.
- [26] G. L. Amil, "Repensando a TI na empresa moderna.," Axel Books, Rio de Janeiro, 2001.
- [27] A. C. Donadel, P. H. d. S. Bermejo, G. Varvákis, J. L. Todesco e P. Selig, "Um Estudo de Ferramentas de Representação de Processos Intensivos em Conhecimento," UFSC, Florianópolis, 2007.
- [28] M. Fryman, *Quality and Process Improvement*. (ed.1), Cengage Learning (US), 2001, p. 400.
- [29] A. B. Sternecker, *Critical Incident Management*, CRC Press, 2003, p. 552.
- [30] A. Veronis, *Microprocessors: design and applications*, Universidade de Michigan: Reston Pub. Co., 1978, p. 259.
- [31] Creately, "Flowcharting Basics: How to Create a Simple Flowchart," [Online]. Available: <https://creately.com/blog/diagrams/all-you-need-to-know-about-flowcharting/>. [Acedido em 10 Outubro 2018].
- [32] M. Zhou e R. Zurawski, "Petri net and industrial application: A tutorial," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 41, nº 6, pp. 567-583, Janeiro 1995.
- [33] J. Cardoso e R. Valette, "Redes de Petri," Université Paul Sabatier, Toulouse (França), 1997.

- [34] J. Gonçalves, “Revista Administração de Empresas,” vol. 40, p. 619, jan-mar 2000.
- [35] M. KLOOPPMANN e M. GILFIX, “Business Value through BPM.,” IBM, S.I., 2008.
- [36] SoftExpert. [Online]. Available: <https://www.softexpert.com/pt-br/solucao/gestao-de-processos-de-negocio-bpm/>. [Acedido em 8 Janeiro 2018].
- [37] R. Baldam, R. Valle, H. Pereira, S. Hislt, M. Abreu e V. Sobral, “Gestão de processos de negócio: BPM- BUSINESS PROCESS MANAGEMENT (2edº),” São Paulo, 2008.
- [38] F. D. M. Ferreira, “Análise, concepção e implementação de sistema de gestão documental para suporte a processos industriais (Dissertação),” FEUP, Porto, jun/2010.
- [39] L. A. Tavares, Administración moderna de mantenimiento: en español, 1ª ed., Rio de Janeiro: Novo Pólo Publicações, 1999.
- [40] T. Wireman, “Total Productive Maintenance,” Universidade de Michigan, Michigan, 2004.
- [41] J. A. M. P. Ljubisa Papic, “Safety Based Maintenance Concept,” *International Journal of Reability, Quality & Safety Engineering*, vol. 16, pp. 533-549, dezembro 2009.
- [42] R. K. Ylipää, Estudo d ecaso: Planeamento e métodos, Bookman, 2015.
- [43] K. Mobley, L. Higgins e D. Wikoff, “ Maintenance Engineering Handbook McGraw-Hill handbooks (7th edition),” Mcgraw-hill, 2008.
- [44] C. S. Murthy, “Water Resources Engineering: Principles and Practice (Reimpressão),” New Age International, 2002.
- [45] A. K. Pinto e J. N. Xavier, Manutenção: função estratégica (Nova edição), Rio de Janeiro: QualityMark, 2007.
- [46] R. V. Belhot e F. C. Campos, “Relações entre manutenção e engenharia de produção: Reflexão,” 1995.
- [47] L. M. Amaral, “Política industrial para o século XXI (Ciclo de Debates CIP),” 2016.
- [48] C. Ribas, “Indústrua 4.0, a quarta revolução (Representante do Grupo Bosh),” *Jornal Económico*, 11 julho 2017.
- [49] A. B. Correia e P. Deus, “Indústria 4.0 Construir a empresa digital, PwC “Global Industry 4.0 (Partner responsável pelo setor de Consumer, Industrial Products and Services & Advisory Partner),” Set(2016).
- [50] A. C. Greef e n. Maria do Carmo Duarte Freitas v.17, “Fluxo enxuto de informação: um novo conceito,” *Persetivas em Ciência da Informação*, vol. 17, pp. 37-55, jan-mar 2012.
- [51] J. Torres, “Um modelo dinâmico de apoio a gestão organizacional baseado na moldagem de processos utilizando componentes de software. (Tese doutoramento),” UFSC, Santa Catarina.
- [52] B. Hauge, Optimizing Intervals for Inspection and Failure-finding Tasks, in Proceedings of

the Annual Reliability and Maintainability Symposium, 2002, pp. pp. 14-19.

- [53] R. Singh, A. M. Gohil, D. B. Shah e S. Desai, " Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine Shop: A Case Study," 2013.
- [54] T. Andersen, T. Thorstensen e M. Rasmussen, "Decision support in short term and long term maintenance planning using condition monitoring information," IET, Edinburgh, UK, 1998.
- [55] H. P. Bloch e J. R. Carroll, "Preventive maintenance can be more effective than predictive programs," *Oil and Gas Journal*, vol. 88, pp. 81-86, Julho 1990.
- [56] B. S. Blanchard e W. J. Fabrycky, *Engenharia e Análise de Sistemas*, 3ªedição ed., Nova Jersey, Upper Saddle River: Prentice Hall, 1998.
- [57] F. Irlend e B. Dale, "A study of total productive maintenance implementation," *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, vol. Vol.3, 2001.
- [58] G. B. Filho, *Organização, planeamento e controlo da manutenção (1ª edição)*, Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008, p. 280.
- [59] G. J. Paoletti e G. Herman, "Monitoring of electrical equipment failure indicators and zero-planned outages: Past, present and future maintenance practices," em *and Paper Industry Conference (PPIC)*, Milwaukee, WI, 2015.
- [60] A. Starr, B. Al-Najjar, K. Holmberg, E. Jantunen, J. Bellew e A. Albarbar, "Chapter 2 - Maintenance today and future trends," em *E-maintenance*, London, Springer-Verlag London, 2010, pp. 1-37.
- [61] R. Singh, A. M. Gohil, D. B. Shah e S. Desai, "Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine Shop: A Case Study," *Procedia Engineering*, vol. 51, pp. 592-599, 25 April 2013.
- [62] X. Li, R. Z. J. Wen e Y. Hu, "Study on Resource Scheduling Method of Predictive Maintenance for Equipment Based on Knowledge," em *10th International Conference*, Taipei, 2015.
- [63] J. Fleischer, U. Weismann e Niggeschmidt, Calculation and optimisation model for costs and effects of availability relevant service elements., *Proceedings of LCE*, 2006, p. pp. 675–680.
- [64] D. Vanraj, A. Goyal, S. Saini, S. Dhami e B. S. Pabla, "Intelligent predictive maintenance of dynamic systems using conditions monitoring and signal processing techniques: A review," em *International Conference on Advances in Computing*, Dehradun, India, 2016.
- [65] G. P. Sullivan e e. al., "Operations & Maintenance: best practice (2nd edition)," *Department of Energy: Pacific Northwest National Laboratoty*, 2004.
- [66] T. Rosalie e E. R. Harold, *Building Economics: Theory and Practice* Springer-Verlag, Boston, MA: Springer, 1990.

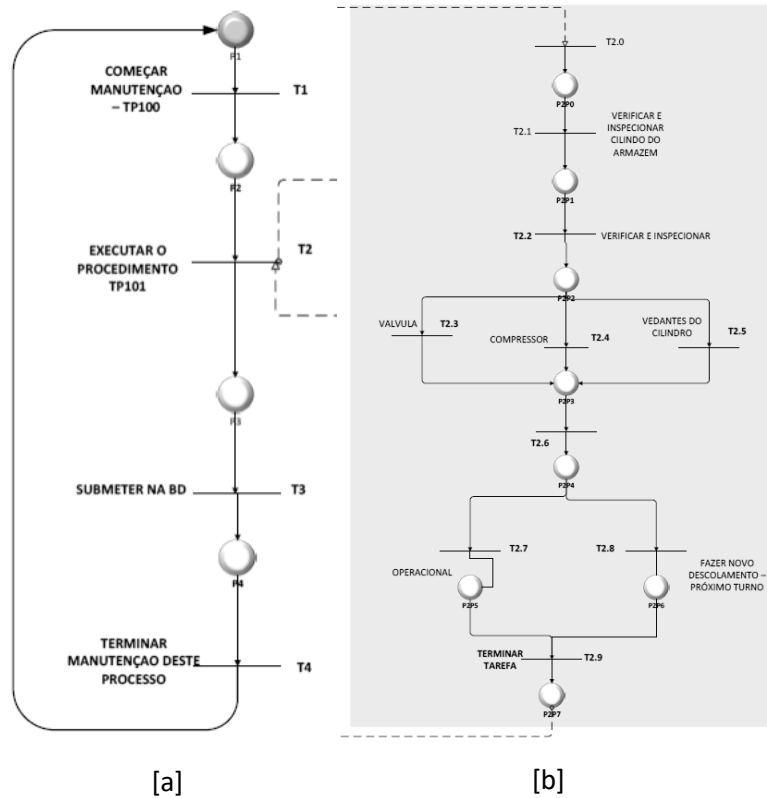
[67] M. Industrial, “Manutenção industrial”.

[68] OMG, “About the Business Process Model And Notation Specification Version 2.0,” [Online]. Available: <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/>. [Acedido em Fevereiro 2018].

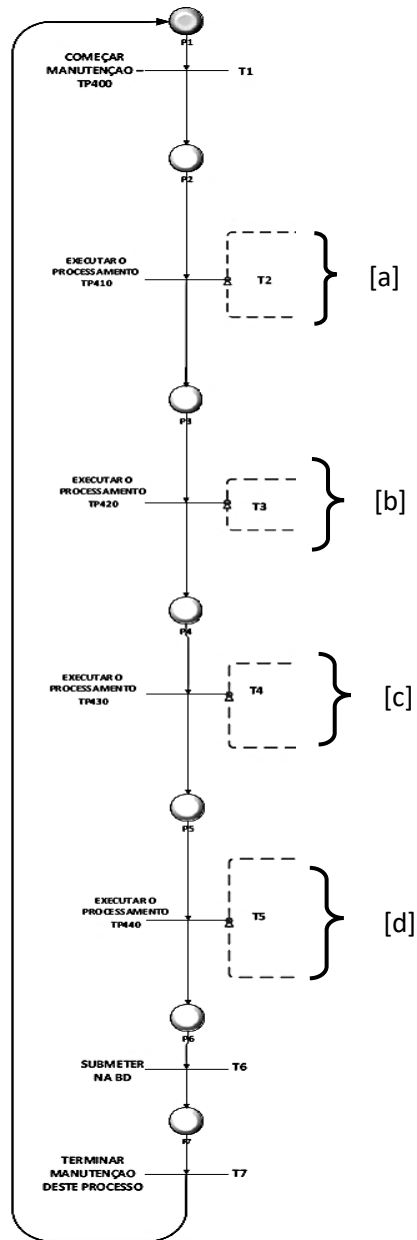
Anexos

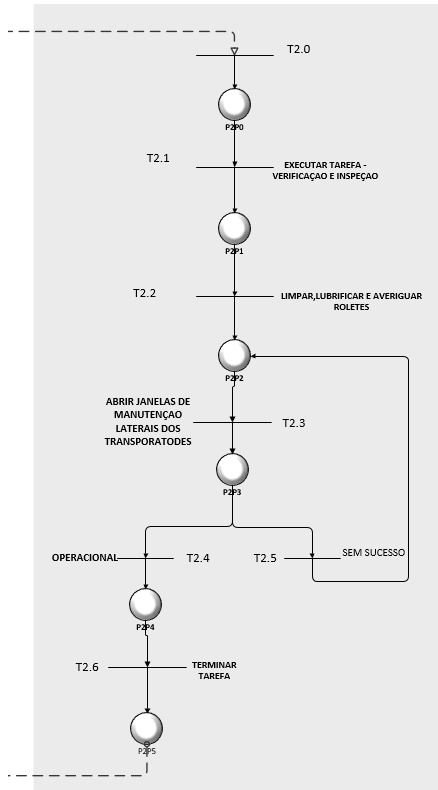
Anexo I – Redes de Petri

I.1. Procedimento TP100: Alimentador (Semestral)

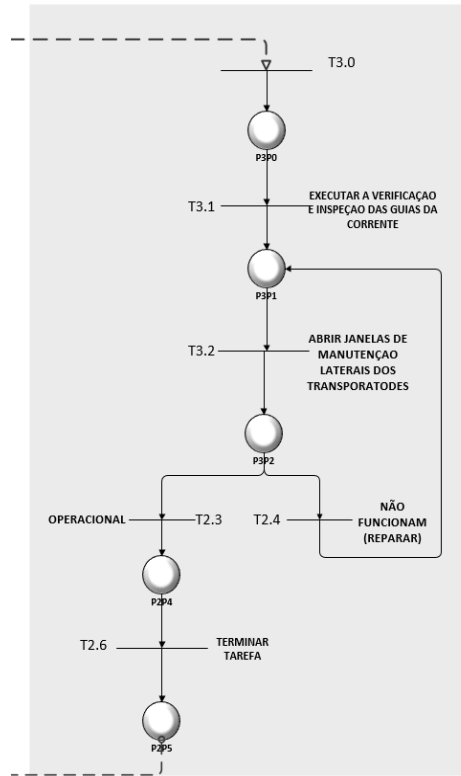


I.2 Procedimento TP400: Transportador de Corrente (Mensal)

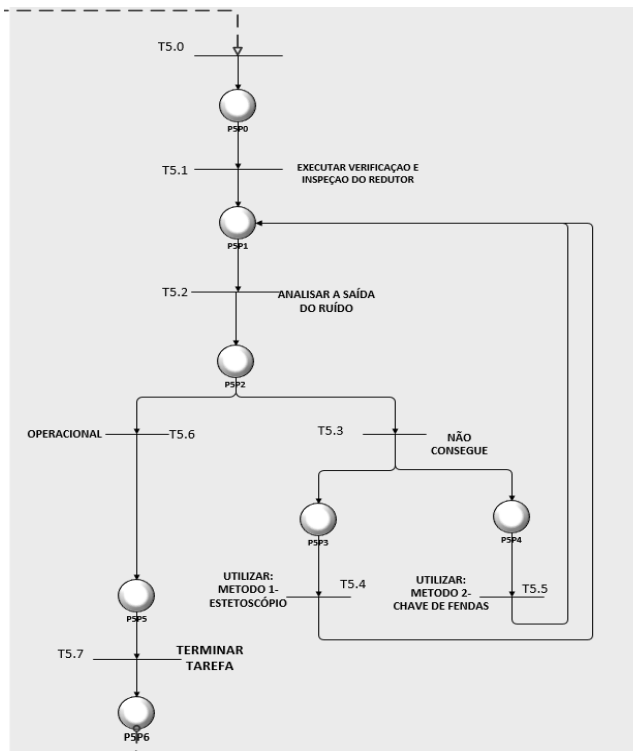




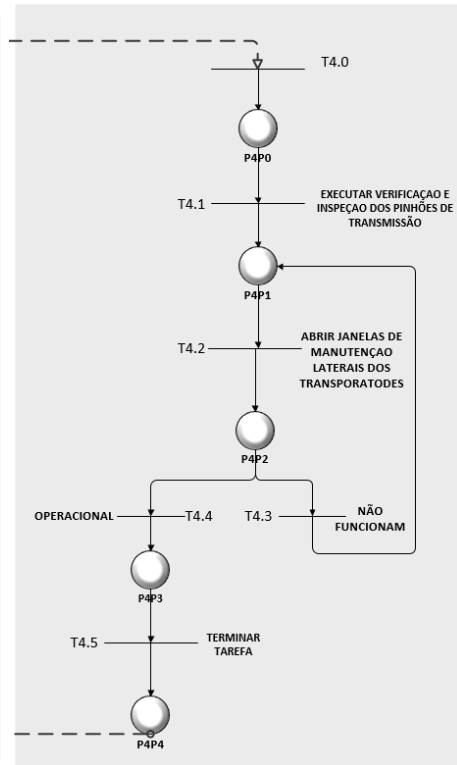
[a]



[b]

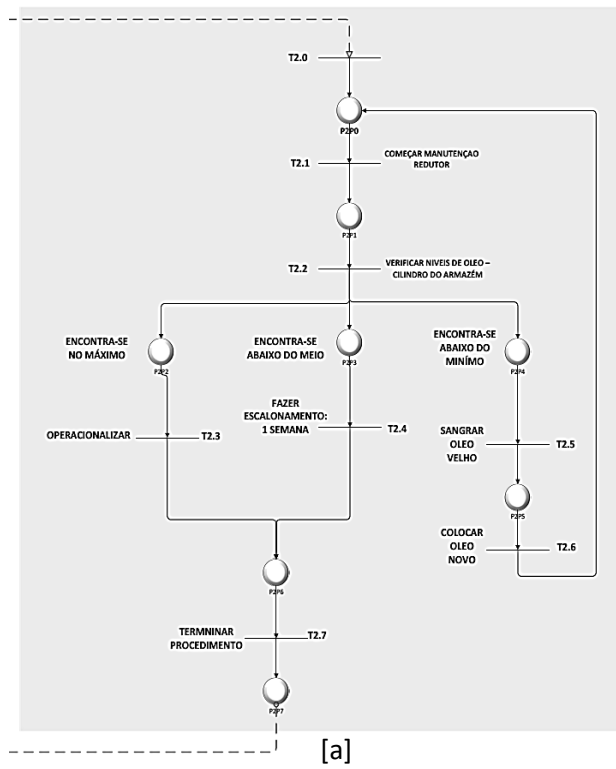
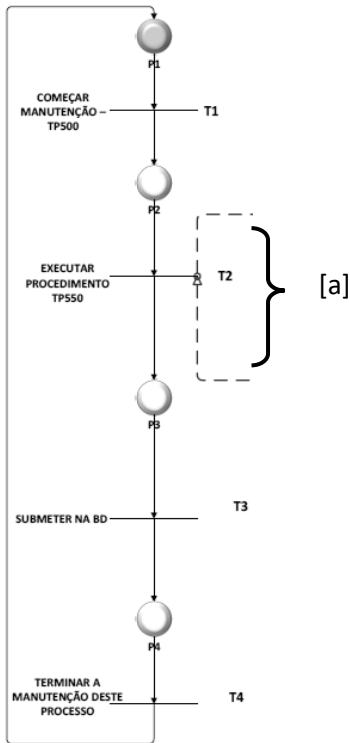


[c]

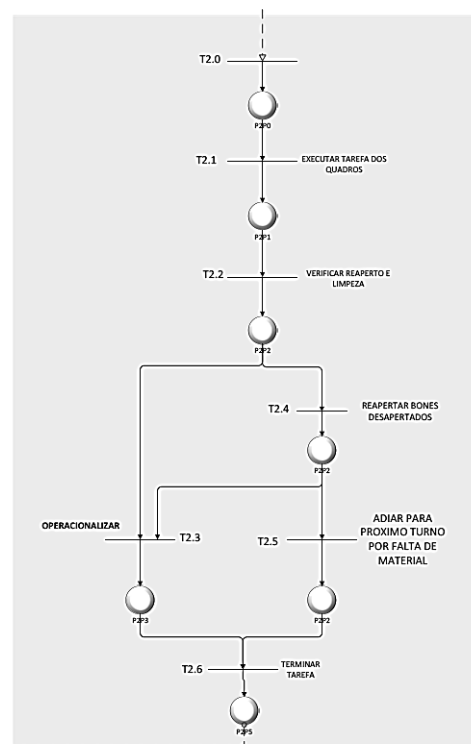
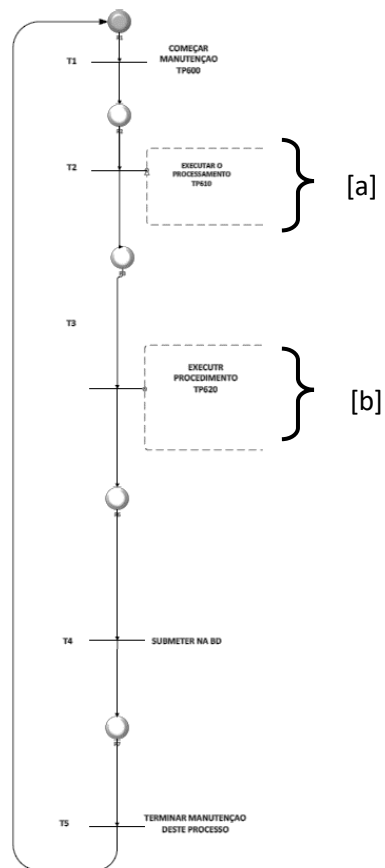


[d]

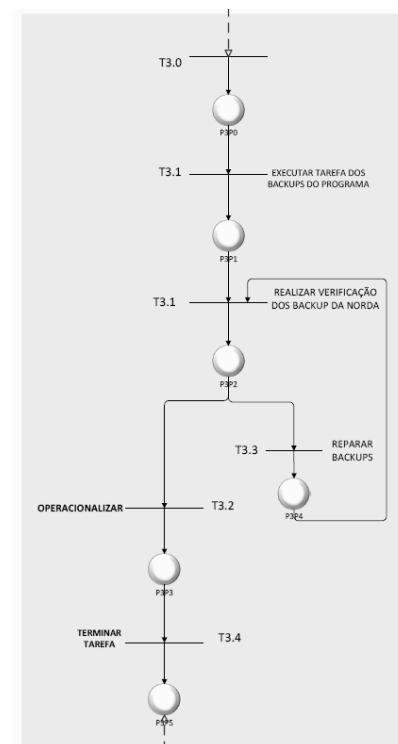
I.3 Procedimento TP500: Transportador De Tela (Anual)



I.4 Procedimento TP600: Armários elétricos (Anual)

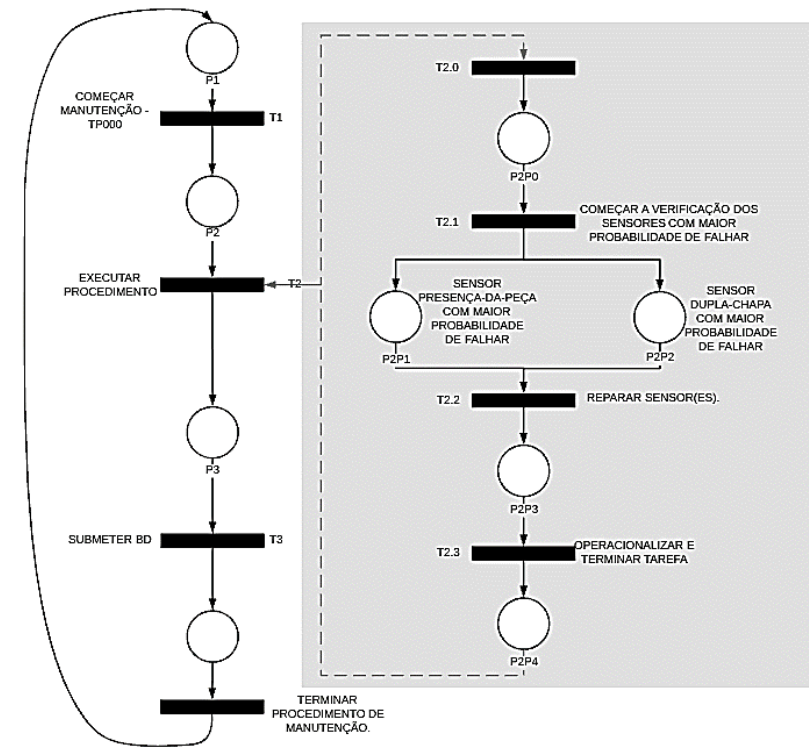


[a]



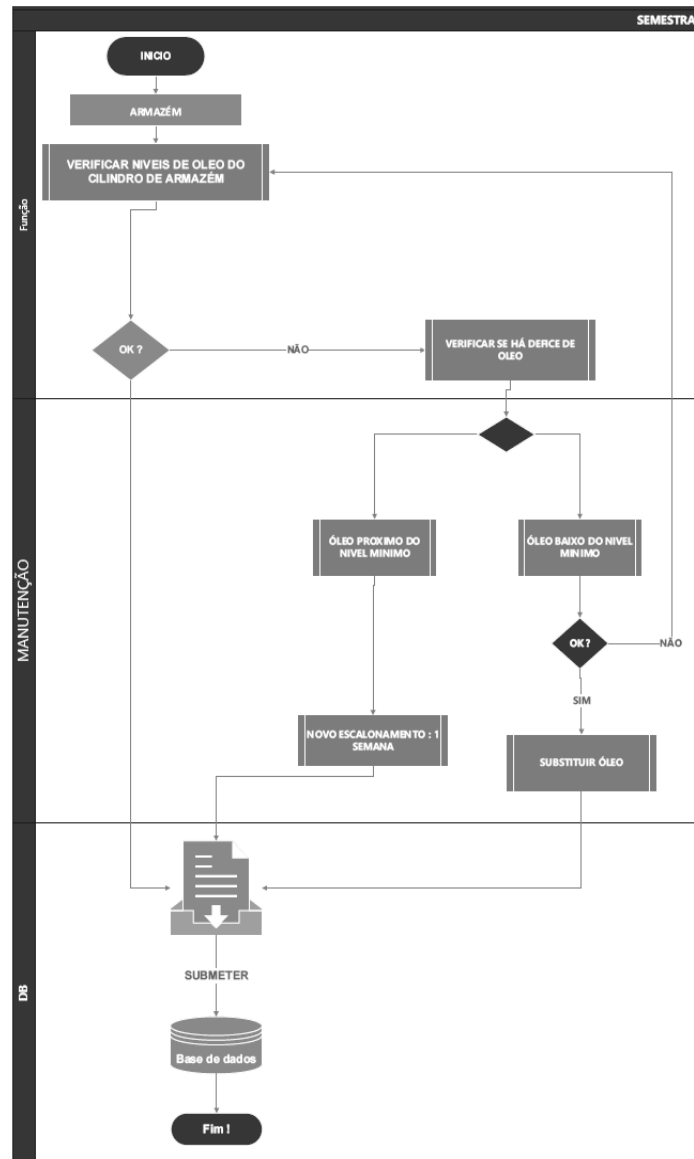
[b]

I.5 Procedimento TP000: Manutenção Corretiva

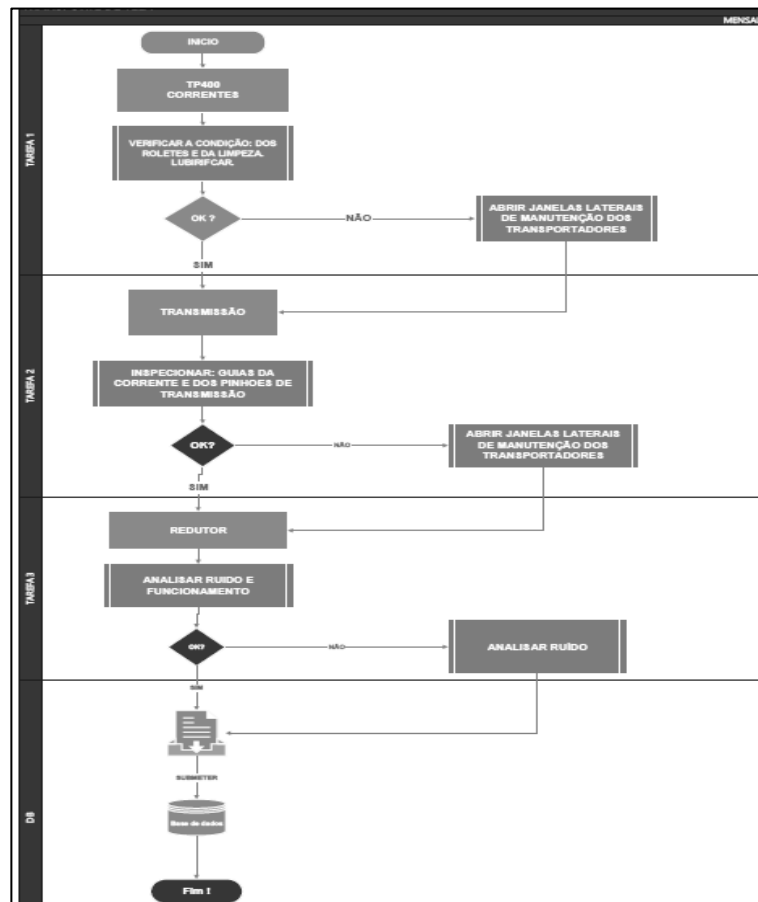


Anexo II - Fluxogramas

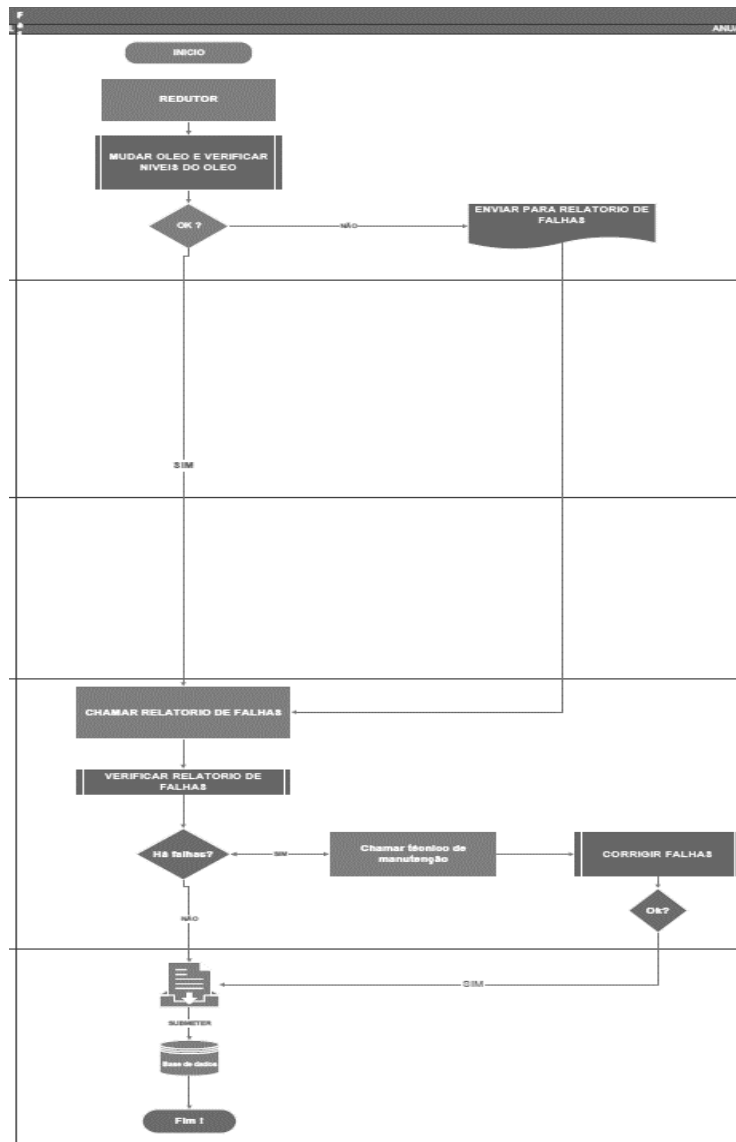
II.1 Procedimento TP100: Alimentador (Semestral)



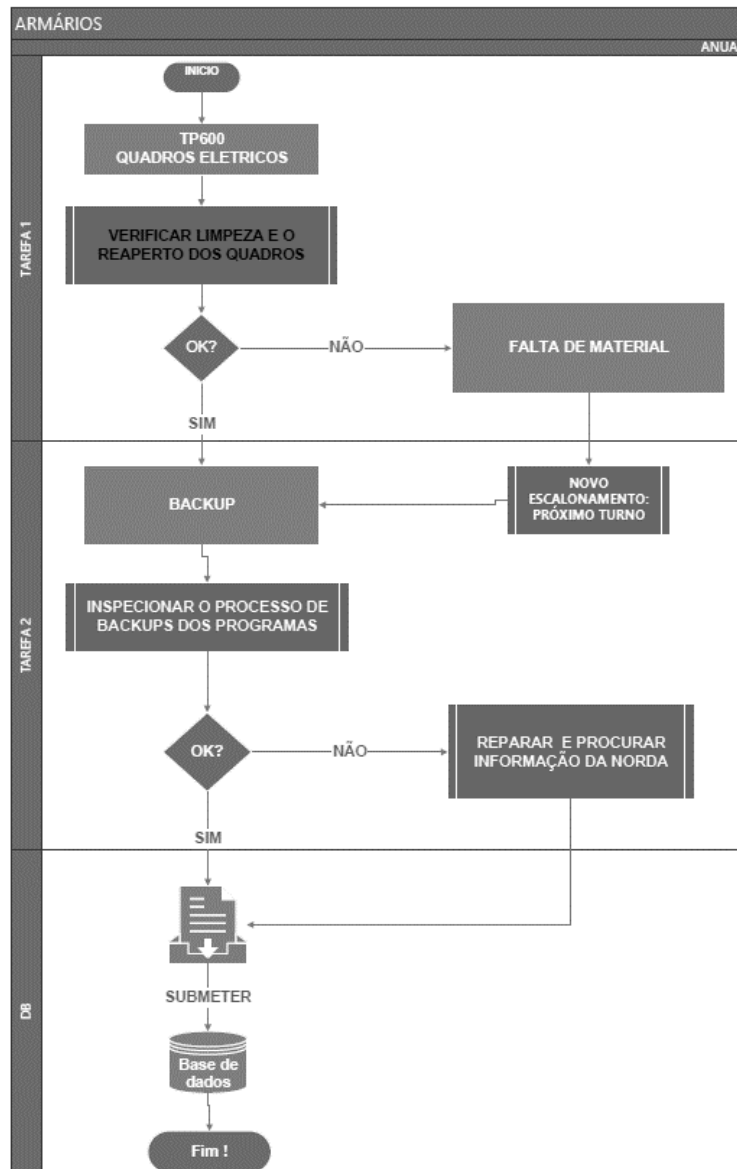
II.2 Procedimento TP400: Transportador De Corrente (Mensal)



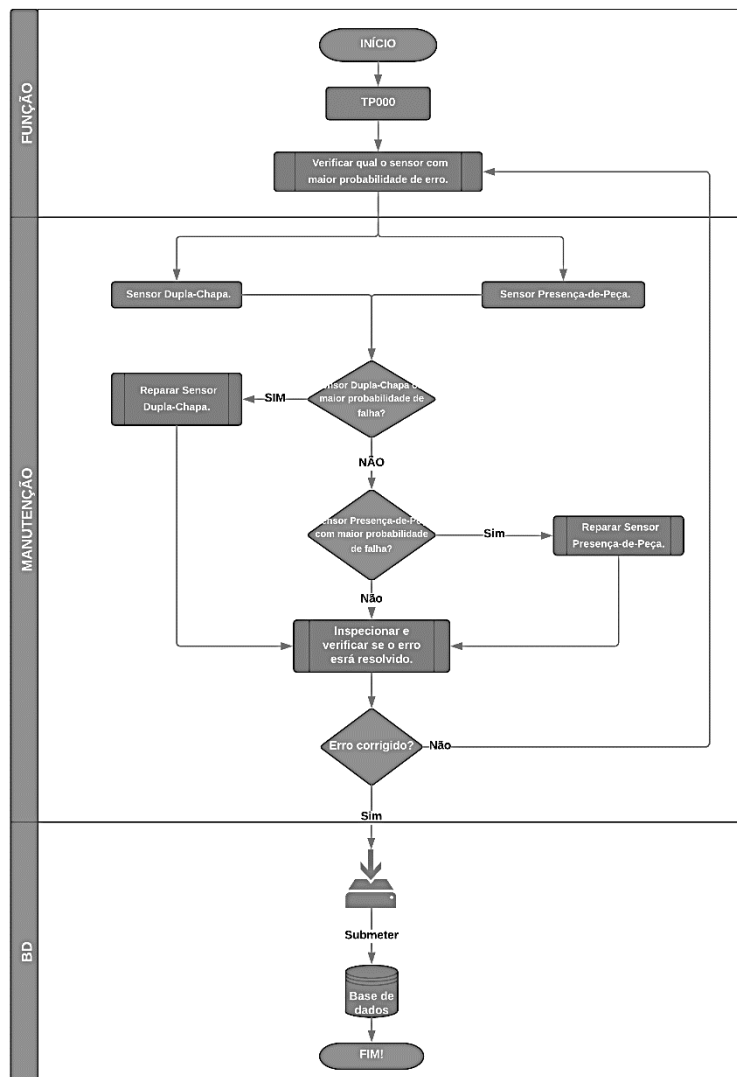
II.3 Procedimento TP500: Transportador De Tela (Anual)



II.4 Procedimento TP600: Armários Elétricos (Anual)

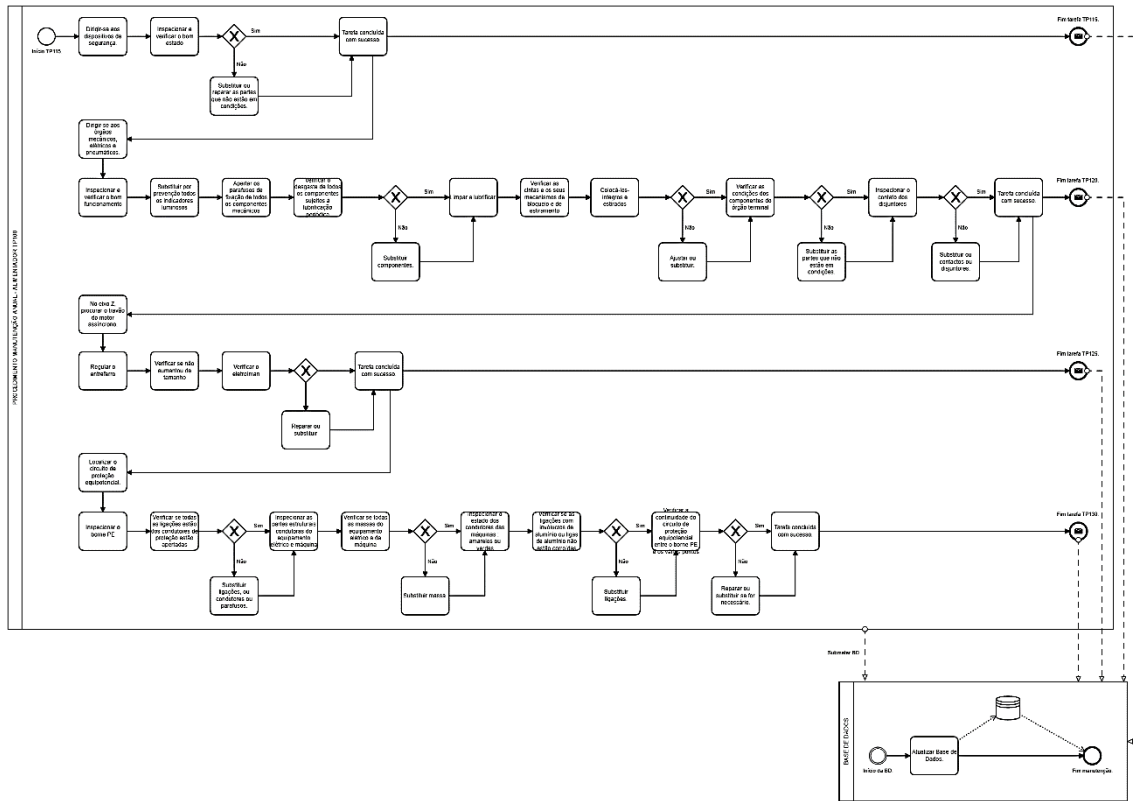


II.5 Procedimento TP000: Manutenção Corretiva

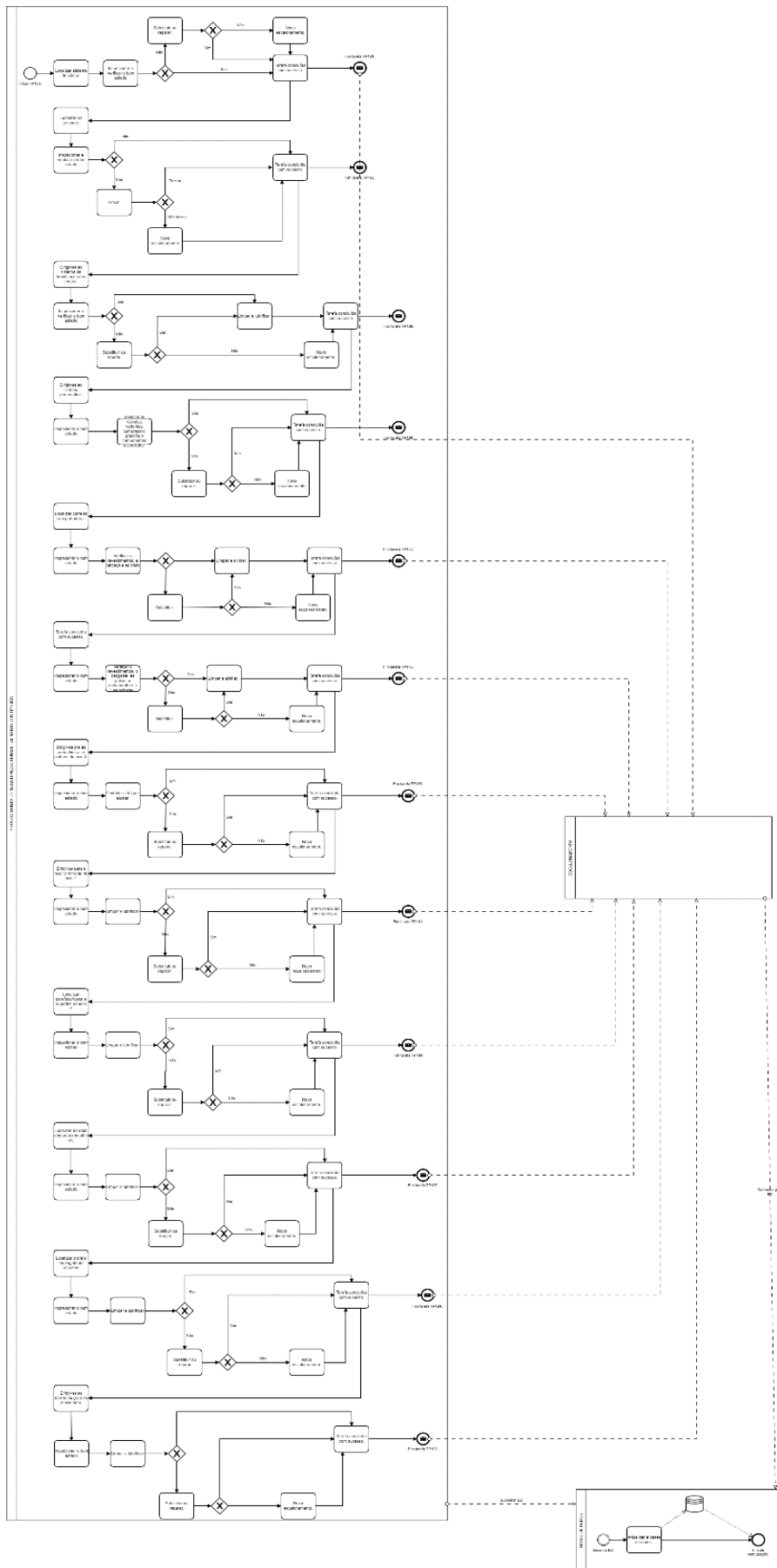


Anexo III - BPMN

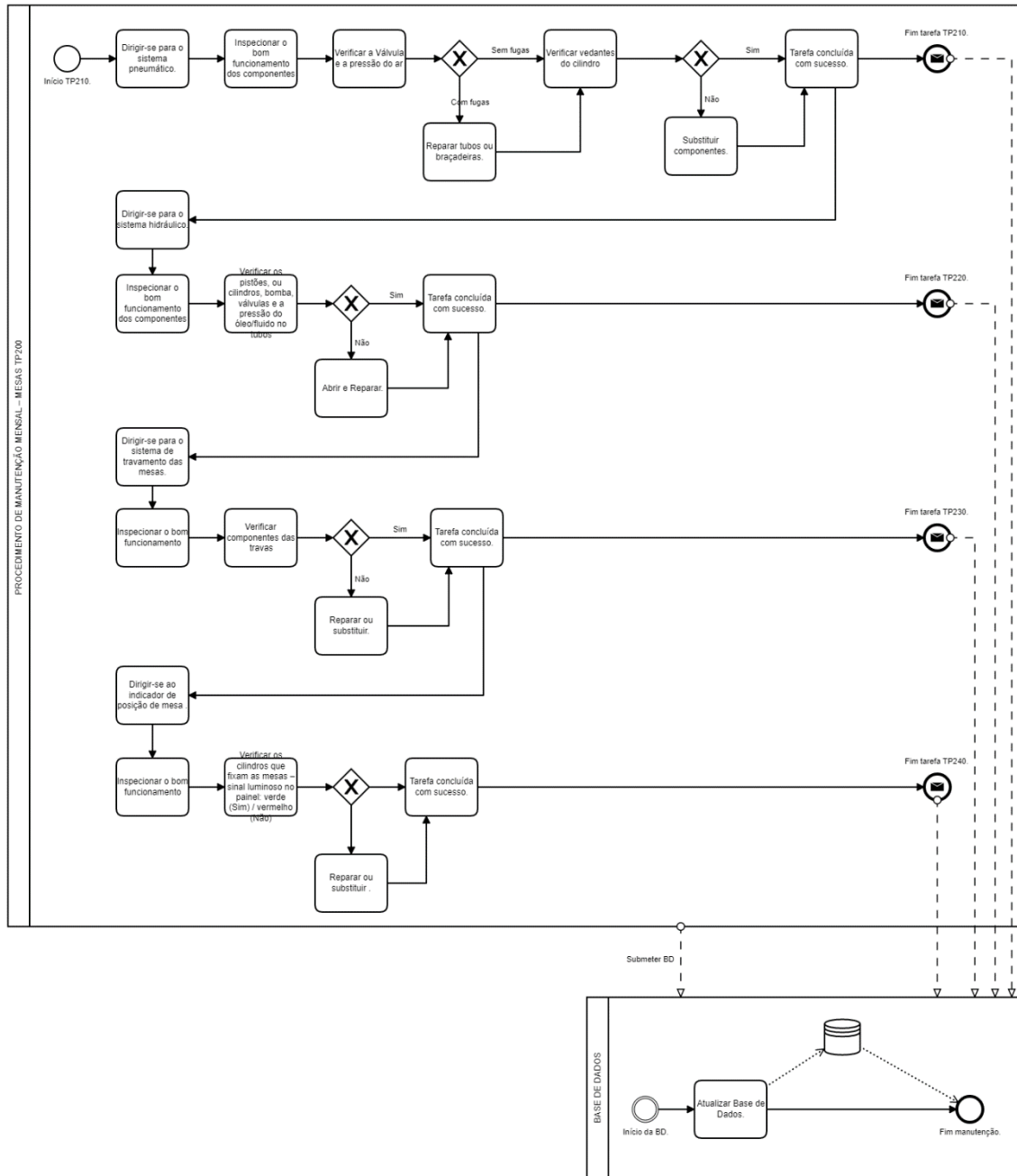
III.1 Procedimento TP100: Alimentador (Anual)



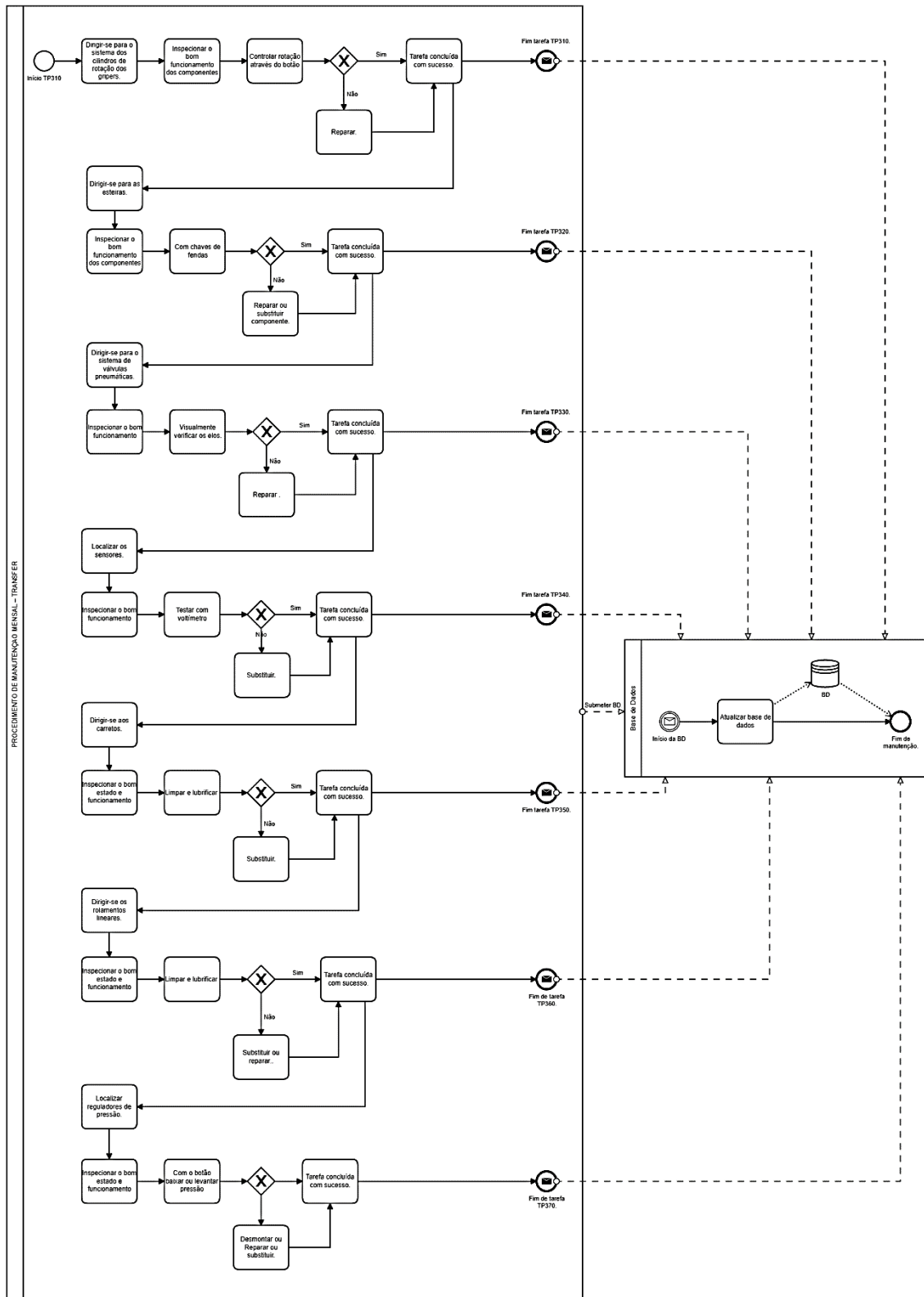
III.2 Procedimiento TP100: Alimentador (Mensual)



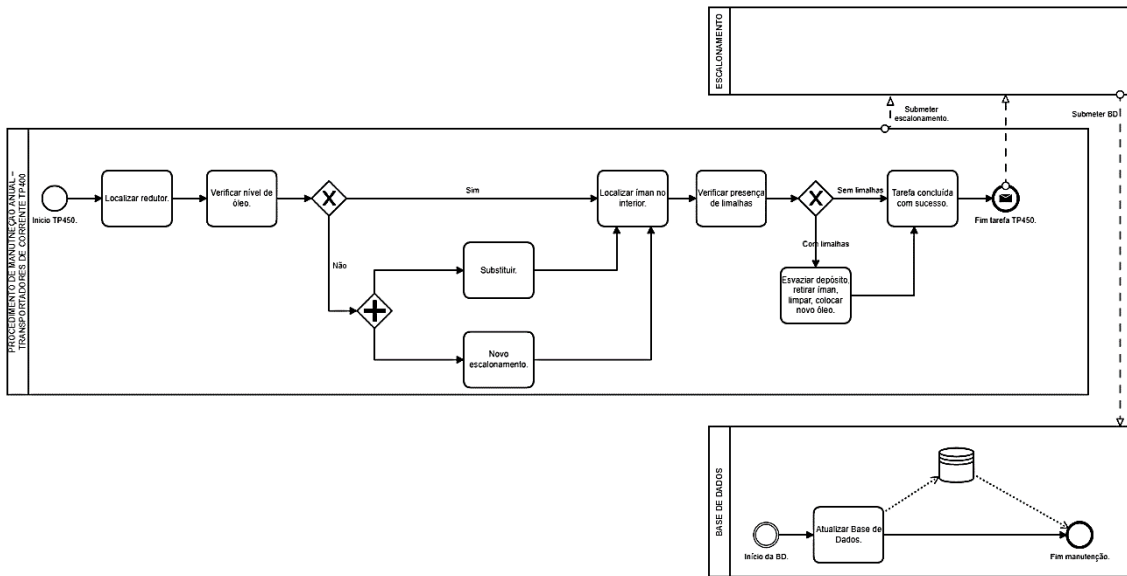
III.3 Procedimento TP200: Mesas (Mensal)



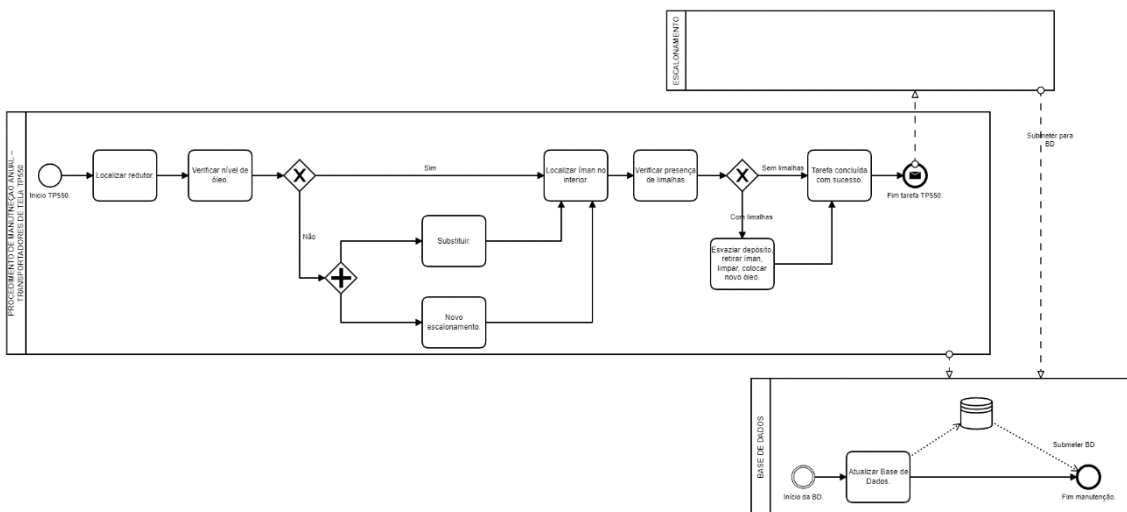
III.4 Procedimento TP300: Transfer (Mensal)



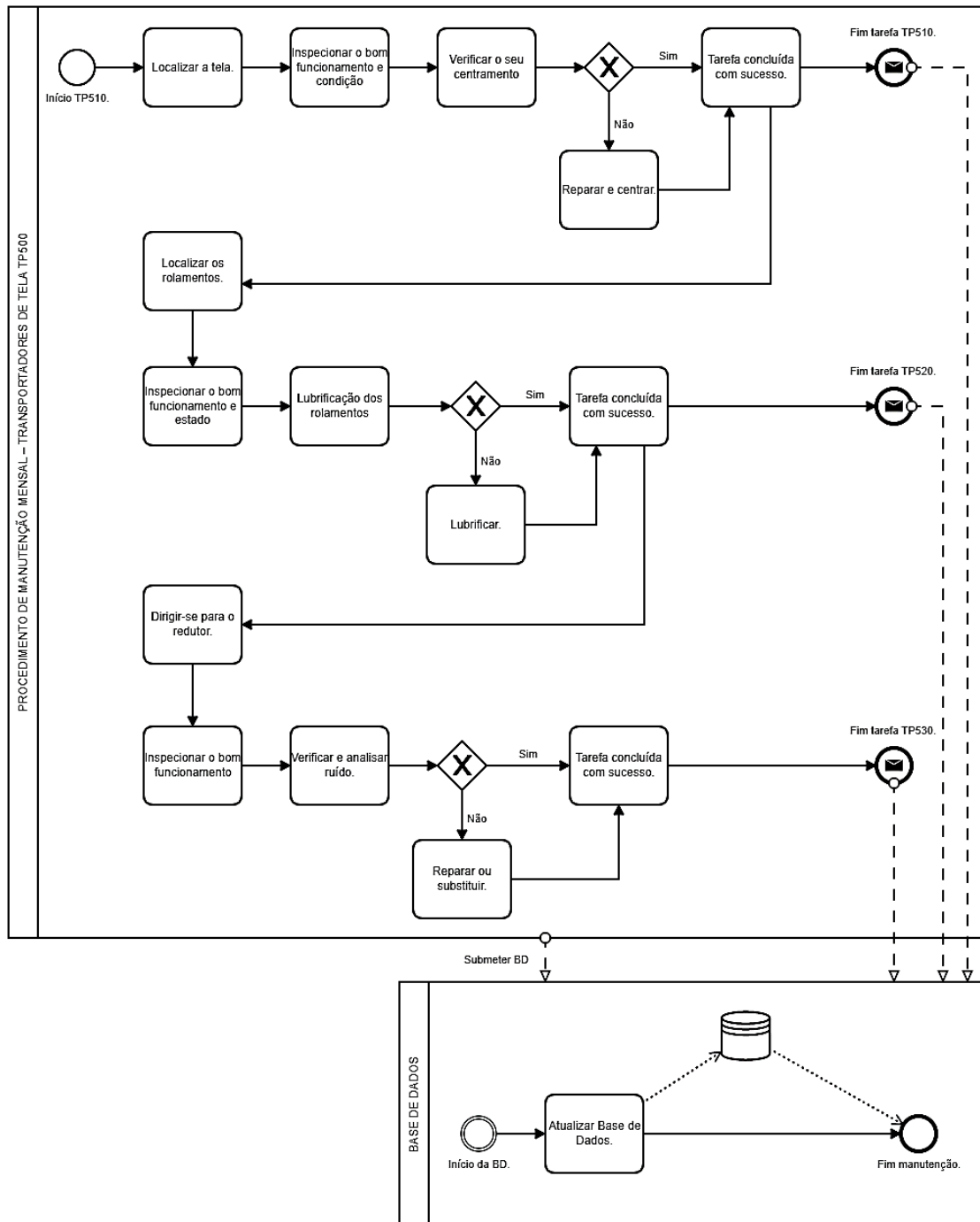
III.5 Procedimento TP400: Transportador de Corrente (Anual)



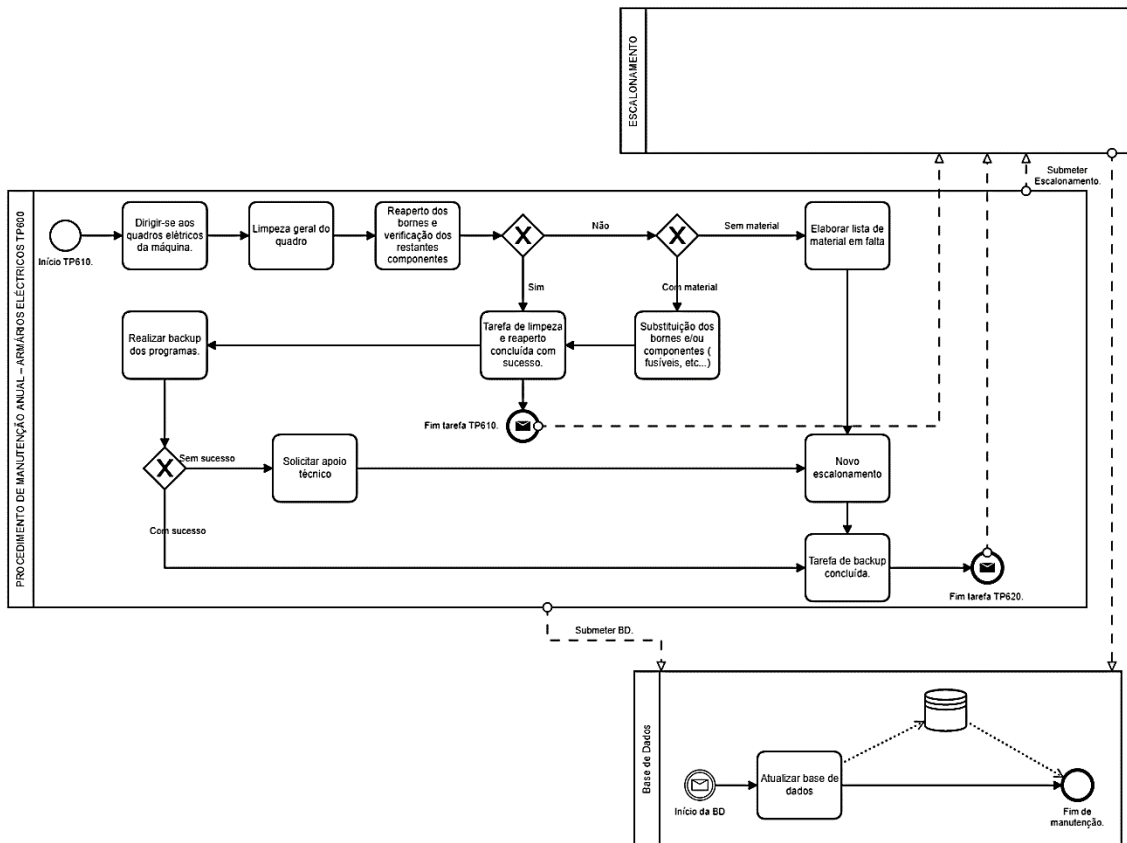
III.6 Procedimento TP 500: Transportador De Tela (Anual)



III.7 Procedimento TP 500: Transportador De Tela (Mensal)



III.8 Procedimento TP600: Armários Eléctricos (Anual)



III.9 Procedimento TP700: Prensas (Mensal)

