

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE**

SÉRGIO LUIZ MARTINS

**ANÁLISE DE CONFIABILIDADE DO SISTEMA DE MEDIÇÃO DE
VAZÃO NA FÁBRICA DE CELULOSE**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2019

SERGIO LUIZ MARTINS

**ANÁLISE DE CONFIABILIDADE DO SISTEMA DE MEDIÇÃO DE
VAZÃO NA FÁBRICA DE CELULOSE**

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Rodrigues

CURITIBA

2019



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Curitiba
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica
Especialização em Engenharia da Confiabilidade



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DE CONFIABILIDADE DO SISTEMA DE MEDIÇÃO DE VAZÃO NA FÁBRICA DE CELULOSE

por

SÉRGIO LUIZ MARTINS

Esta monografia foi apresentada em 05 de Outubro de 2019, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Marcelo Rodrigues, Dr.
Professor Orientador - UTFPR

Prof. Emerson Rigoni, Dr. Eng.
Membro Titular da Banca - UTFPR

Prof. Wanderson Stael Paris, MSc.
Membro Titular da Banca - UTFPR

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso.

Dedico este trabalho a minha esposa Edna Maria
Gomes Martins e minha filha Karina Gomes
Martins.

AGRADECIMENTOS

A conclusão do curso de Especialização em Engenharia da Confiabilidade é motivo de satisfação e gratidão. Assim, gostaria de agradecer sinceramente, a empresa produtora de celulose no município de Aracruz pela oportunidade oferecida, proporcionando mais este recurso de desenvolvimento e crescimento profissional.

Em especial ao professor orientador prof. Dr. Marcelo Rodrigues, pela dedicação dispensada, aos professores das disciplinas e ao coordenador do curso prof. Dr. Emerson Rigoni.

Ao coordenador, prof. Dr. Emerson Rigoni e aos demais professores do curso, pelos ensinamentos durante a realização do curso, pela dedicação, paciência e profissionalismo durante a orientação deste trabalho.

Aos colegas da turma pelo companheirismo, amizade e incentivo e, também, aos familiares pela compreensão.

“Insanidade é continuar fazendo a mesma coisa e esperar resultados diferentes” (Albert Einstein)

RESUMO

MARTINS, Sérgio Luiz. **Análise de Confiabilidade do sistema de medição de vazão na fábrica de celulose**. 2019. 101. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

Medidores de vazão magnéticos são muito utilizados na indústria de produção de celulose. A maior parte destes equipamentos são instalados em posições fundamentais no processo, cuja interrupção do funcionamento destes elementos, além de gerar perda de produção (PTP), representa um alto custo com materiais e serviços que impactam diretamente nas metas traçadas pela diretoria. Existem 2977 elementos primários de vazão, sendo 888 magnéticos na unidade de uma empresa produtora de celulose no município de Aracruz, sendo que 115 são considerados fundamentais ao processo, chamados de críticos "A". Este trabalho desenvolve um estudo de Engenharia de Confiabilidade para medidores de vazão magnéticos aplicados na área de celulose, especificamente em 3 medidores denominados (222FE495) (212FE006 e 212FE606), com o auxílio do software da Reliasoft, a fim de gerar as curvas de confiabilidade e identificar as causas do baixo MTBF (*Mean Time Between Failures*), propondo ações para eliminação das causas raízes aplicando o RCM (*Reliability Centered Maintenance*), tomando como referência a análise do histórico de falhas entre 2014 a 2018.

Palavras-chave: Celulose. Medidores de vazão magnéticos. Engenharia de confiabilidade. FMEA. RCM.

ABSTRACT

MARTINS, Sérgio Luiz. **Reliability Analysis of the Pulp Mill Flow Measurement System**. 2019. 101. Monography (Specialization in Reliability Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2019.

Magnetic flowmeters are widely used in the pulp production industry. Most of these equipments are installed in fundamental positions in the process, whose interruption of the operation of these elements, besides generating loss of production (PTP), represents a high cost with materials and services that directly impact the goals traced by the board. There are 2977 primary elements of flow, being 888 magnetic in the a pulp producing company in the municipality of Aracruz, and 115 are considered fundamental to the process, called critics "A". This work develops a Reliability Engineering study for magnetic flow meters applied in the cellulose area, specifically in 3 meters denominated (222FE495) (212FE006 and 212FE606), with the aid of ReliaSoft software, in order to generate the reliability curves and identify the causes of the low MTBF (*Mean Time Between Failures*), proposing actions to eliminate root causes by applying the RCM (*Reliability Centered Maintenance*), taking as reference the analysis of the historical 2014 to 2018.

Palavras-chave: Pulp. Flowmeters. Reliability engineering. FMEA. RCM.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Princípio de funcionamento do medidor de vazão magnético.....	18
Figura 2: Processo de produção de celulose.....	24
Figura 3: Princípio da picagem.....	27
Figura 4: Sistemas Reparáveis e Não Reparáveis.....	29
Figura 5: Efeitos da Confiabilidade e da Manutenibilidade sobre a disponibilidade.....	31
Figura 6: Medidor de TAG (222FE495).....	34
Figura 7: Medidor de TAG (212FE006).....	35
Figura 8: Medidor de TAG (212FE606).....	36
Figura 9: Arranjo Físico.....	37
Figura 10: Arranjo Simples.....	38
Figura 11: Arranjo Paralelo.....	38
Figura 12: Registro da ocorrência.....	40
Figura 13: Equação da disponibilidade.....	43
Figura 14: Disponibilidade X Confiabilidade.....	43
Figura 15: Cronograma detalhado das etapas.....	47
Figura 16: Diagrama de Blocos de Confiabilidade.....	47
Figura 17: Diagrama de Blocos de Confiabilidade.....	48
Figura 18: ACD (Análise Crítica de Área).....	48
Figura 19: ACD (Análise Crítica de Área).....	49
Figura 20: GESMAN (Gestão da Manutenção Industrial).....	50
Figura 21: GESMAN (Gestão da Manutenção Industrial).....	51
Figura 22: SAP (Systems, Applications and Products).....	51
Figura 23: SAP (Systems, Applications and Products).....	52
Figura 24: Análise de Confiabilidade - 3070-50-3222-FE-495.....	54
Figura 25: Análise de Probabilidade de Falha - 3070-50-3222-FE-495.....	55
Figura 26: Análise de Vida Média - 3070-50-3222-FE-495.....	56
Figura 27: Análise de Confiabilidade - 3070-50-3212-FE-006.....	57
Figura 28: Análise de Probabilidade de Falha - 3070-50-3212-FE-006.....	59
Figura 29: Análise de Vida Média - 3070-50-3212-FE-006.....	60
Figura 30: Análise de Confiabilidade - 3070-50-3212-FE-606.....	61
Figura 31: Análise de Probabilidade de Falha - 3070-50-3212-FE-606.....	62
Figura 32: Análise de Vida Média - 3070-50-3212-FE-606.....	64

Figura 33: Medidor Magnético - 3070-50-3222-FE-495.....	73
Figura 34: Medidor Magnético - 3070-50-3212-FE-006.....	74
Figura 35: Medidor Magnético - 3070-50-3212-FE-606.....	75
Figura 36: Custo de Implantação.....	76
Figura 37: Comparação do Antes e Após Implantação.....	77
Figura 38: Redução de substituição dos medidores.....	77
Fotografia 1: Digestor contínuo.....	25
Fotografia 2: Componentes de um medidor magnético de vazão.....	39
Fotografia 3: Deformação no revestimento.....	72
Gráfico 1: Gráfico de Confiabilidade x Tempo - 3070-50-3222-FE-495.....	54
Gráfico 2: Gráfico de Probabilidade de Falha x Tempo - 3070-50-3222-FE-495.....	56
Gráfico 3: Gráfico de Confiabilidade x Tempo - 3070-50-3212-FE-006.....	58
Gráfico 4: Gráfico de Probabilidade de Falha x Tempo - 3070-50-3212-FE-006.....	59
Gráfico 5: Gráfico de Confiabilidade x Tempo - 3070-50-3212-FE-606.....	61
Gráfico 6: Gráfico de Probabilidade de Falha x Tempo - 3070-50-3212-FE-606.....	63
Quadro 1: Fontes de Registro de Falhas.....	48
Quadro 2: Brainstorming com a equipe envolvida.....	66
Quadro 3: Matriz Causa x Efeito.....	67
Quadro 4: Matriz Esforço x Impacto.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Número de Intervenções.....	52
Tabela 2: Planilha dinâmica – Número de Intervenções.....	53
Tabela 3: FMEA – Análise.....	69
Tabela 4: FMEA – Plano de Ação.....	70

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACD – Análise Crítica de Área
AGAN – *As Good As New*
CMMS – *Computer Maintenance Management System*
DBC – Diagrama de Bloco de Confiabilidade
DBF – Diagrama de Bloco Funcional
DOL – Documentação On Line
FDP – Função Densidade Probabilidade
FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis*
GESMAN – Gestão de Manutenção
GOL – Gestão On Line
ISO – *International Organization for Standardization*
LRU – *Lowest Replacement Unit*
NBR – Norma Brasileira
MNM – Menor Nível Manutenível
MTBF – *Mean Time Between Failures*
MTTF – *Mean Time To Failure*
MTTR – *Mean Time To Repair*
RAM – *Reliability, Availability and Maintainability*
RBD – *Reliability Block Diagram*
SAP – *Systems, Applications and Products*
SDCD – Sistema Digital de Controle Distribuído
PDF – *Probability Density Function*
PI System – *Plant Information System*
PIMS – *Process Information Management Systems*
TMPF – Tempo Médio Para Falhar

LISTA DE SÍMBOLOS

β – parâmetro de forma da distribuição Weibull

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA	19
1.2	OBJETIVOS	20
1.2.1	Objetivo Geral	20
1.2.2	Objetivo Específico	20
1.3	JUSTIFICATIVA	21
1.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	21
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	23
2	MEDIDORES DE VAZÃO MAGNÉTICOS PARA FÁBRICA DE CELULOSE	24
2.1	PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CELULOSE	24
2.2	DIGESTOR CONTÍNUO	25
3	REFERENCIAL TEÓRICO	28
3.1	CONCEITOS BÁSICOS	28
3.1.1	Sistemas	28
3.1.2	Análise RAM	30
3.2	ETAPAS DA ANÁLISE	31
3.2.1	Definição do Escopo a ser estudado	31
3.2.2	Definição dos Limites e Fronteiras do Sistema	33
3.2.3	Construção do Diagrama de Blocos de Confiabilidade	37
3.2.4	Coleta de Dados de Falha e de Manutenção	39
3.2.5	Modelamento das Curvas de Vida e de Reparo	41
3.2.6	Análise de resultado	42
3.3	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	44
4	DESENVOLVIMENTO	45
4.1	DEFINIÇÃO DO ESCOPO	45
4.2	DEFINIÇÃO DOS LIMITES FÍSICOS E FRONTEIRAS DO SISTEMA	46
4.3	DIAGRAMA DE BLOCOS DE CONFIABILIDADE	47
4.4	COLETA DE DADOS	48
4.5	MODELAR DADOS	53
4.5.1	Medidor Magnético de Vazão 3070-50-3222-FE-495	53
4.5.1.1	Análise de Confiabilidade / Probabilidade de Falha / Vida Média	53
4.5.2	Medidor Magnético de Vazão 3070-50-3212-FE-006	57
4.5.2.1	Análise de Confiabilidade / Probabilidade de Falha / Vida Média	57
4.5.3	Medidor Magnético de Vazão 3070-50-3212-FE-606	60
4.5.3.1	Análise de Confiabilidade / Probabilidade de Falha / Vida Média	60
4.6	ETAPAS DO FMEA	65
4.6.1	Brainstorming	65
4.6.2	Matriz Causa e Efeito	66
4.6.3	Matriz Esforço e Impacto	68
4.7	ANÁLISE DOS RESULTADOS	70
4.8	PROPOSTA DE MELHORIAS	71
4.8.1	Problemas	71
4.8.2	Causas	71
4.8.3	Objetivo	72
4.9	IMPLEMENTAÇÃO	73

4.9.1	Instalação Medidor Magnético - 3070-50-3222-FE-495	73
4.9.2	Instalação Medidor Magnético - 3070-50-3212-FE-006	74
4.9.3	Instalação Medidor Magnético - 3070-50-3212-FE-606	74
4.10	CUSTOS	76
4.10.1	Custo de Implantação.....	76
4.10.2	Comparação Antes e Após Implantação	76
4.10.3	Redução de Substituição dos Medidores	77
4.11	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	78
5	CONCLUSÃO	79
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	80
	REFERÊNCIAS.....	81
	ANEXO A – FMEA – ANÁLISE.....	82
	ETAPAS E VARIÁVEIS ANALISADAS NO FMEA.....	83
	ANEXO B – FMEA – PLANO DE AÇÃO.....	86
	PLANO DE AÇÃO PARA AS ETAPAS E VARIÁVEIS ANALISADAS	
FMEA.....	87
	ÍNDICE ONOMÁSTICO.....	88
	ÍNDICE REMISSIVO	89

1 INTRODUÇÃO

“A manutenção, torna-se a cada dia, um fator determinante nos resultados das empresas passando a ser, dependendo da especialidade, uma unidade estratégica dentro das companhias.

A parada para manutenção em momentos aleatórios é muitas vezes inoportuna, pelos transtornos operacionais que desencadeiam, assim como com os altos custos gerados.” (MARTINS, 2012).

O trabalho de manutenção está sendo enobrecido e, cada vez mais, o profissional da área precisa estar qualificado, equipado e certificado para ser o mais assertivo possível.

Sendo assim apresenta-se nesse trabalho um estudo de confiabilidade de medidor de vazão magnético, muito utilizado em indústrias de Celulose. O medidor de vazão magnético fornece uma alta precisão da medida do fluxo sem obstrução interna ou partes móveis, e sem nenhuma queda de pressão. A medida não é afetada por mudanças na temperatura, pressão ou viscosidade.

Por esta razão são amplamente utilizados como medição para controle da variável de processo (vazão), sendo este controle indispensável para segurança e produtividade do processo.

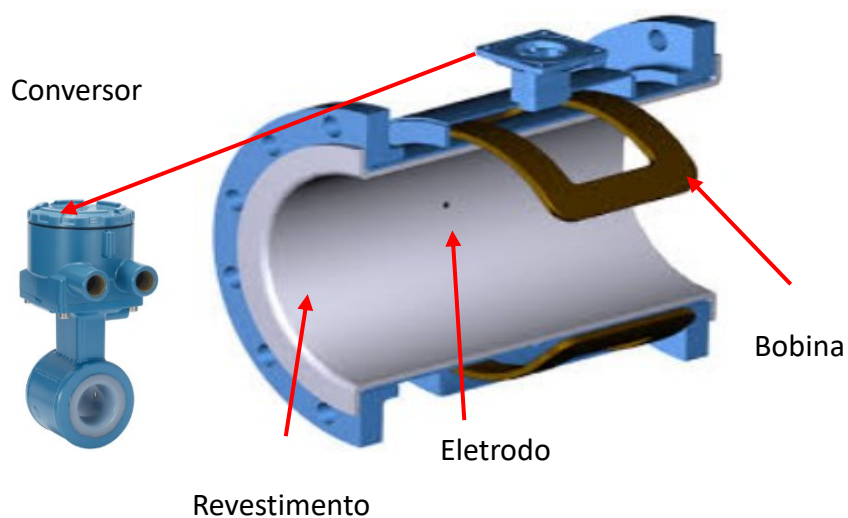
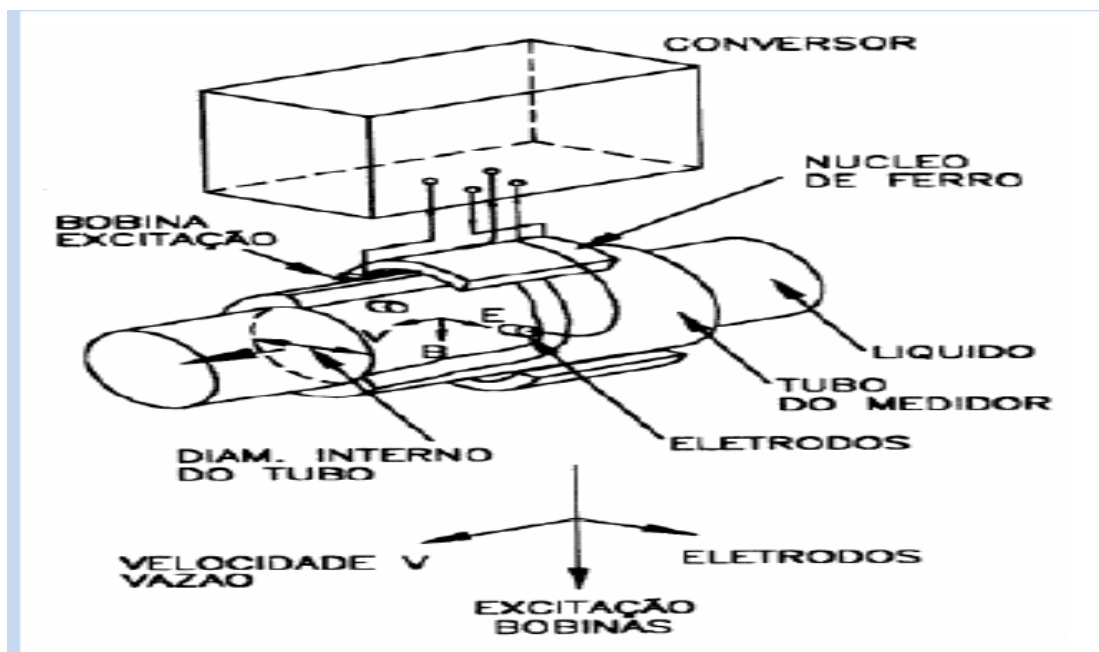
Para esse estudo foram considerados 3 medidores de vazão magnéticos aplicados na área do cozimento do fábrica de celulose. O cozimento é o processo de transformação da madeira em uma massa de fibras individualizadas, que consiste na separação das fibras da sua organização compacta lenhosa, por meio da dissolução da lignina da lamela média, utilizando-se de temperatura, pressão e agentes químicos.

O princípio de operação do medidor de vazão eletromagnético está baseado na lei da indução eletromagnética de Faraday que estabelece:

Quando um condutor se move em um campo magnético, na direção perpendicular ao campo, uma força eletromotriz é induzida perpendicularmente à direção do movimento do condutor e à direção do campo magnético.

O valor desta força eletromotriz é proporcional à velocidade do condutor e a densidade do fluxo magnético.

Figura 1: Princípio de funcionamento do medidor de vazão magnético



Fonte: Própria (2019)

Na figura 1, quando um fluido condutor flui com uma velocidade média V (m/s) através de um tubo de diâmetro interno D (m), na qual um campo magnético de densidade de fluxo uniforme B (Tesla) existe, uma força eletromotriz E (Volts), induzida perpendicularmente à direção do campo magnético e a direção do fluxo:

$$E = D.V. B \text{ (Volts).}$$

O equipamento eletrônico associado ao medidor amplifica e converte esta força eletromotriz E para um sinal padrão de 4 a 20 m Ampère ou um sinal em frequência (Hertz).

1.1 PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA

Pensar e agir estrategicamente para que a atividade de manutenção se integre de maneira eficaz ao processo produtivo e contribua, efetivamente, para que a empresa caminhe rumo a excelência empresarial, é a missão da manutenção moderna. Neste recente cenário de uma economia globalizada e altamente competitiva, onde as mudanças se sucedem em alta velocidade, a manutenção, como uma das atividades fundamentais do processo produtivo, precisa ser um agente proativo.

A procura constante pela maior produção ao melhor custo, conduz a se rever continuamente conceitos e a necessidade de elaborar planos sustentáveis. Neste caso o trabalho a ser apresentado tem a finalidade de analisar e identificar de maneira quantitativa e qualitativa a necessidade da manutenção em medidores de vazão magnéticos, mediante o uso de métodos e ferramentas, que auxiliem de forma preditiva, ou seja, detectar uma falha, acompanhando sua evolução, até que se possa efetuar a correção diagnosticada na melhor oportunidade, mas com confiabilidade.

Desta forma busca se antecipar aos possíveis desvios, resultando numa manutenção de melhor custo e sem perda de produção, sendo estas as variáveis que impactam diretamente o negócio da empresa.

Num cenário desta grandeza não há espaços para arriscar em improvisos e arranjos.

Dentro dessa concepção buscou-se desenvolver um estudo de confiabilidade para propor melhorias capazes de aumentar o MTBF (*Mean Time Between Failures*) e reduzir significativamente a perda de produção e custos causados por falhas em medidores de vazão magnéticos.

1.2 OBJETIVOS

Segue abaixo a descrição do objetivo geral e específico referente ao estudo de confiabilidade.

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo desse trabalho é elaborar um estudo de confiabilidade nos medidores de vazão magnético aplicado na área de cozimento da fábrica de celulose, a fim de identificar as causas do baixo MTBF e conseqüentemente baixa confiabilidade.

1.2.2 Objetivo Específico

Dentre os vários objetivos possíveis quando da elaboração do estudo, esse trabalho visa alcançar os seguintes resultados:

Definir a melhor estratégia de manutenção baseado nas informações do estudo em consenso com especialistas e gerência.

Identificar a(s) causa(s) da(s) falha(s) e propor ações mitigadoras

Levantar histórico de falhas dos medidores de 2014 a 2018;

Utilizar metodologia RCM para mapear e tratar as causas raízes dos principais modos de falha identificados;

Utilizar Análise RAM (*Reliability, Availability and Maintainability*)

Fazer um estudo de aplicação conforme condições de processo;

Gerar as curvas de confiabilidade utilizando o software Reliasoft.

1.3 JUSTIFICATIVA

No atual momento que se busca a sinergia entre as unidades de uma empresa produtora de celulose no município de Aracruz, é oportuno realizar um estudo para determinar a melhor estratégia de manutenção verificando o custo da manutenção, com os custos operacionais envolvidos no processo.

Conhecer a confiabilidade (capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições específicas, durante um dado intervalo de tempo) de um equipamento é de fundamental importância para evitar a perda de produção, buscando que a atuação de manutenção ou solicitação de investimento seja feita de uma forma baseada em premissas fundamentadas e comprovadas.

Se antecipar às surpresas indesejáveis, é reforçar o conceito de trabalhar no defeito e não na falha.

Especialmente na área de cozimento, esta variável (vazão) representa 95% do controle do processo que envolvem altos custos com químicos, insumos, e que são rigorosamente controlados pela diretoria. Sendo assim a busca constante pela confiabilidade desta medição, é parte integrante para correta tomada de decisão pela organização.

Neste contexto a Engenharia da Confiabilidade está sendo cada vez mais aplicada na indústria como ferramenta estratégica para predição da probabilidade de falhas e garantia da integridade dos ativos.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente capítulo aborda o enquadramento do tema, dentro da área de engenharia de manutenção, conjuntamente com a metodologia FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) aplicada, também apresenta o protocolo de pesquisa de forma detalhada apresentando os passos do processo de manutenção industrial.

Para este trabalho foi levantado o histórico de falhas desses medidores de vazão magnéticos, no sistema SAP (*Systems, Applications and Products*) ou CMMS (*Computer Maintenance Management System*), e posterior tratamento e análise

desses dados. Mapeando os principais indicadores de desempenho utilizados, pelo grau de importância, como custos, frequência de falhas, disponibilidade operacional, MTTF (*Mean Time To Failure*) e MTTR (*Mean Time To Repair*).

Com auxílio de métodos estatísticos, utilizando-se ferramentas matemáticas e programas que auxiliaram na formatação do modelo matemático para estimar de modo probabilístico a confiabilidade do objeto deste estudo.

Com o uso do software da Reliasoft (Weibull++ 2018 e BlockSim 2018) será feito o cálculo da confiabilidade e as análises estatísticas.

Especificamente sobre o FMEA, cuja ferramenta nos ajuda a identificar causas e soluções, onde sua análise consiste basicamente na formação de um grupo de pessoas que identificam, os tipos de falhas que podem ocorrer, os efeitos e as possíveis causas desta falha. Em seguida são avaliados os riscos de cada causa de falha por meio de indicadores e, com base nesta avaliação, são tomadas as ações necessárias para diminuir estes riscos, aumentando a confiabilidade do produto ou processo.

Este é o objetivo básico desta técnica, ou seja, detectar falhas antes que se produza uma peça e/ou produto. Pode-se dizer que, com sua utilização, se está diminuindo as chances do produto ou processo falhar.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente estudo está distribuído em capítulos compostos inicialmente da introdução, que retrata de forma breve sobre o tema do estudo, justificativa e os procedimentos metodológicos utilizados.

Um contexto de forma geral sobre a indústria de celulose e o conceito de medidores de vazão magnéticos.

Na terceira etapa será apresentado os conceitos de engenharia da confiabilidade, e na sequência o histórico de falhas do medidor de vazão magnético, abordando a metodologia de estudo para o aumento da confiabilidade.

E por fim apresentará os resultados obtidos e a conclusão final do trabalho.

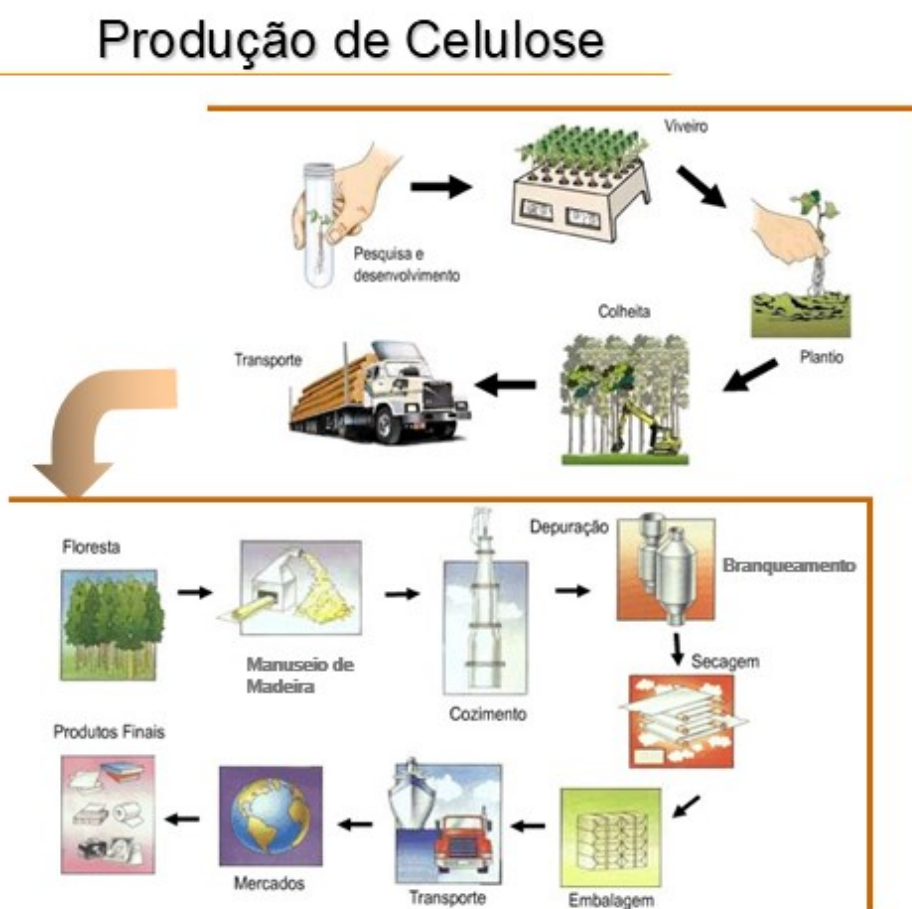
2 MEDIDORES DE VAZÃO MAGNÉTICOS PARA A FÁBRICA DE CELULOSE

Para o entendimento da importância das medições realizadas pelos instrumentos em estudo, fundamental é explicar o processo de produção de celulose, que requer variáveis que impactam diretamente na qualidade do produto, estando assim alinhados com o objetivo do trabalho.

2.1 PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CELULOSE

Os medidores de vazão magnéticos são equipamentos utilizados para medição e controle de produtos químicos e insumos no processo da celulose, e fundamentais para segurança e controle do processo, em função da sua alta precisão de medição.

Figura 2: Processo de produção de celulose



2.2 DIGESTOR CONTÍNUO

Pela complexidade do processo de produção da celulose, diversos são os ativos que requer uma alta performance no seu funcionamento exigindo para desta forma uma confiabilidade para garantir o funcionamento da planta. Conforme mencionando acima, são 3 medidores magnéticos que farão parte deste trabalho e na área específica do cozimento. O tipo de cozimento da uma empresa produtora de celulose no município de Aracruz é contínuo, ou seja, sendo feito por deslocamento de coluna, com maior capacidade de produção e volume, apresentando facilidades para automatização e maior uniformidade do produto. Esse modelo contínuo proporciona a melhor difusão da pasta produzida para ser transformada no produto final.

Fotografia 1: Digestor contínuo

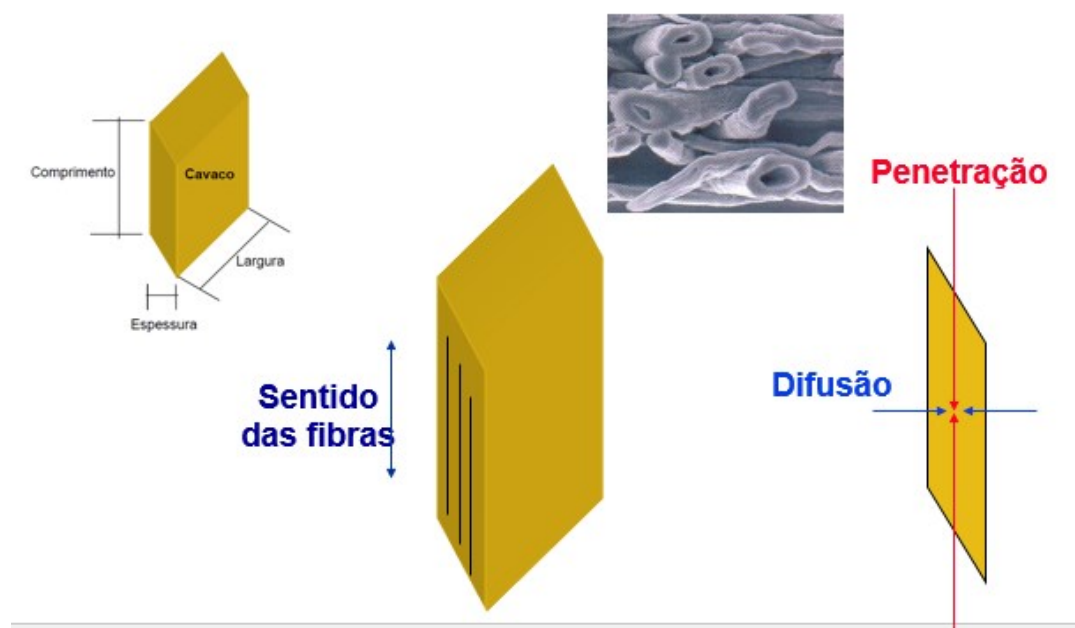


Fonte: Fábrica de celulose, 2019

É formado, basicamente, por três zonas: impregnação, cozimento e lavagem. A origem do processo de cozimento, tem como base ao processo da picagem da madeira onde as toras são transformadas em cavacos de tamanho e formato homogêneo, com o objetivo de facilitar a penetração e difusão do agente do cozimento.

“O licor branco é adicionado aos cavacos pré-tratados com vapor. O licor se difunde para dentro dos cavacos e a temperatura é elevada. Isto começa a decomposição de hemiceluloses e celulose. Ácidos liberados pela madeira são neutralizados pelo alcali. A degradação da celulose é, mais tarde, interrompida por uma outra reação química. Com o aumento da temperatura inicia-se uma reação de decomposição alcalina da lignina que continua até que quase todo o álcali seja consumido. À medida que o material da madeira é dissolvido e o alcali ativo é consumido, o licor de cozimento escurece, tornando-se marrom escuro, sendo chamado de licor negro. No final do cozimento inicia-se uma nova reação de degradação da celulose. Nesta fase do cozimento é importante que o pH do licor preto seja mantido na faixa alcalina para evitar a reprecipitação da lignina sobre as fibras. No cozimento contínuo os processos químicos descritos acontecem de maneira consecutiva dentro do Digestor. Líquidos são circulados, aquecidos extraídos e substituídos ao mesmo tempo em que a coluna de cavacos se move de maneira descendente. A lignina é solubilizada e dissolve-se no licor durante o lento movimento da coluna de cavacos. Os cavacos dos quais a maior parte da lignina foi dissolvida transformam-se em polpa quando passam pelo fundo do digestor e pela válvula de descarga.” (Manual de treinamento para operadores de painel uma empresa produtora de celulose no município de Aracruz, 2019).

Figura 3: Princípio da picagem



Fonte: Fábrica de celulose, 2019

Separar as fibras de sua organização compacta, através da dissolução da lamela média, composta em sua maior parte por lignina, utilizando para isso temperatura, pressão e agentes químicos, provendo alta qualidade da polpa.

Quando da necessidade de melhorar a disponibilidade de um sistema de controle do processo, ferramentas de confiabilidade foram verificadas de forma a atender esta demanda de uma empresa produtora de celulose no município de Aracruz. Em busca de ferramentas qualitativas e quantitativas que pudessem trazer resultados no indicador de disponibilidade gerada por manutenção corretiva de equipamentos ou por problemas relativos à aplicação no processo. Como início do trabalho, e após levantamento do histórico, foi selecionado a ferramenta quantitativa RAM (confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade) para reunir dados referentes à falha e de reparos do sistema em análise, avaliando o desempenho dos equipamentos. Em seguida a FMEA como ferramenta qualitativa, que é uma técnica de confiabilidade que reconhece e avalia as falhas potenciais, identifica as ações e documenta o estudo realizado.

No capítulo a seguir será explicado o referencial teórico bem como a aplicação no objeto do estudo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O item em questão visa utilizar o conhecimento adquirido ao longo do curso, bem como as atividades realizadas na rotina de manutenção numa fábrica de celulose.

3.1 CONCEITOS BÁSICOS

No que diz respeito à confiabilidade é necessário a definição de alguns conceitos específicos para garantia ao entendimento do trabalho.

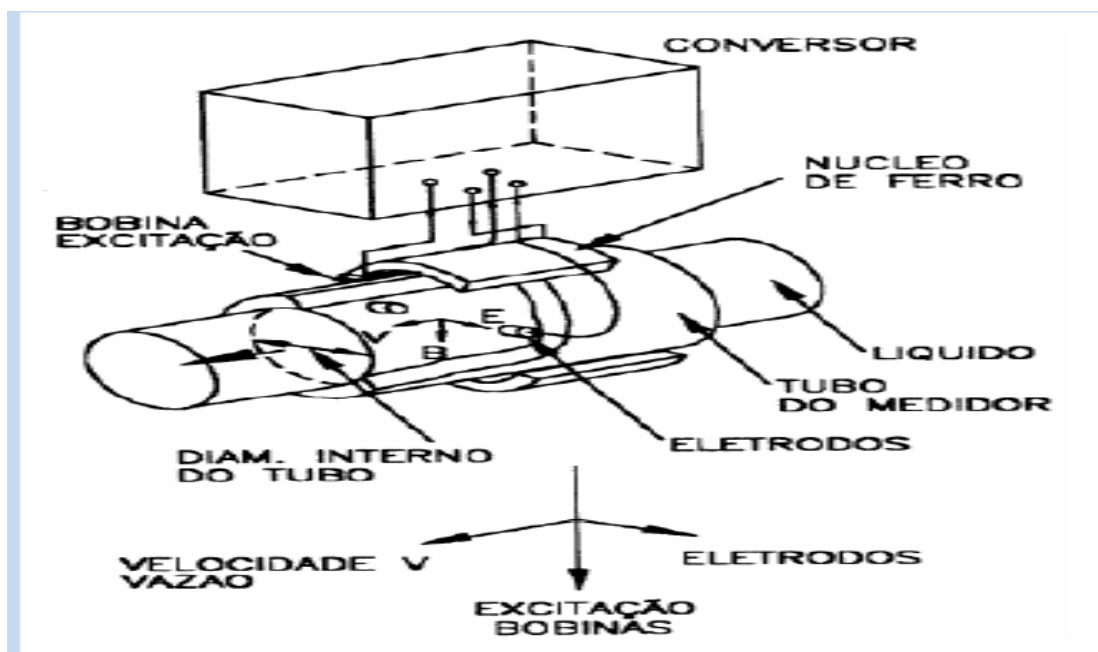
3.1.1 Sistemas

Para o desenvolvimento da Análise RAM, importante entender o conceito de Sistemas, que podem ser reparáveis ou não reparáveis.

Pallerosi (2007) define como sistema um conjunto de subsistemas e componentes, combinados entre si de modo específico, correspondentes a dados arranjos físicos, para atingir as condições operacionais desejadas, com custos, performance e confiabilidade necessárias para o objetivo do negócio. As combinações dos arranjos físicos correspondem a um componente equivalente que representa o comportamento do sistema.

A Figura 4 exemplifica um sistema estratificado em subsistemas e componentes do medidor magnético.

Figura 4: Sistemas Reparáveis e Não Reparáveis



Fonte: Sérgio Luiz Martins (2019)

Os sistemas podem ser classificados como reparáveis e não reparáveis. Os sistemas são considerados não reparáveis quando não é técnico e economicamente viável realizar a substituição ou reparo de seus componentes, requerendo desta forma a substituição completa do sistema. Muito comum em sistemas eletrônicos que são totalmente substituídos em caso de falha.

Já nos sistemas reparáveis quando é técnico e economicamente viável substituir ou reparar os componentes que falham. Podemos citar como exemplo ativos que se enquadram nesta classificação tais como avião, automóvel e medidor magnético de vazão, que é o ativo a ser analisado neste trabalho. Importante salientar que grande parte dos sistemas existentes nas indústrias também está classificada na categoria de sistemas reparáveis, onde quando seus componentes falham, eles são reparados ou substituídos.

3.1.2 Análise RAM

A análise RAM (*Reliability, Availability & Maintainability*) busca atingir um equilíbrio sustentável entre o custo de uma ação, e o risco de adiar ou cancelar esta ação.

Komal et al. (2010) define análise RAM como uma ferramenta de engenharia usada para avaliar a performance dos equipamentos nos diferentes estágios de vida e pode ser usado para melhorar e prever a performance do sistema.

As três métricas que compõem análise RAM são:

Confiabilidade (*Reliability*) é a probabilidade de um componente, sistema ou equipamento desempenhar sua função primária e/ou secundária por um intervalo de tempo qualquer sem falhar e sob condições de uso determinadas. É uma métrica estatística do tempo de uso e operação e das condições determinadas de uso. Necessita ainda de dados/registros, modelos matemáticos e gráficos como meio visual.

Segundo a ABNT (Associação de Normas Técnicas) NBR (Norma Brasileira) 5462/94,

“Confiabilidade é a capacidade de um item desempenhar uma função especificada, sob condições e intervalo de tempo predeterminado”.

Disponibilidade (*Availability*) é a percentual de tempo em que determinado componente, sistema ou equipamento está disponível para uso ou operação, ao longo de uma campanha.

Segundo a ABNT (Associação de Normas Técnicas) NBR (Norma Brasileira) 5462/94,

“Disponibilidade é a capacidade de um item estar em condições de executar certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção, supondo que os recursos externos requeridos estejam assegurados”.

Mantenabilidade (*Maintainability*) é a probabilidade de que um componente, sistema ou equipamento atenda a determinadas condições especificadas, quando

uma ação de manutenção corretiva ou preventiva é realizada conforme rotinas e procedimentos estabelecidos.

Segundo a ABNT (Associação de Normas Técnicas) NBR (Norma Brasileira) 5462/94,

“Mantenabilidade a probabilidade de executar a manutenção num determinado componente sob condições específicas”.

Um aumento na manutenibilidade implica em um decréscimo no tempo para as ações de manutenção ocorrerem.

Figura 5: Efeitos da Confiabilidade e da Manutenibilidade sobre a disponibilidade

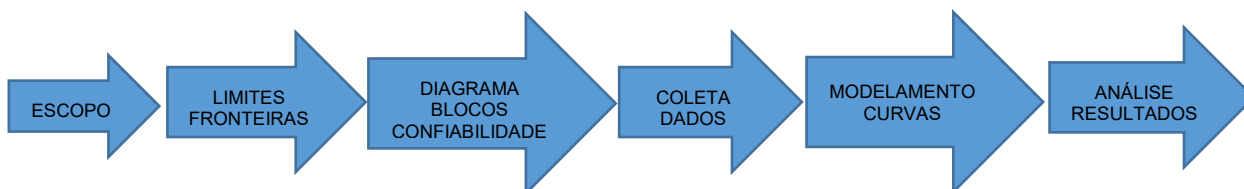
	Confiabilidade		Mantenabilidade		Disponibilidade
	Constante		Diminui		Diminui
	Constante		Aumenta		Aumenta
	Aumenta		Constante		Aumenta
	Diminui		Constante		Diminui

Fonte: Curso de Especialização em Confiabilidade, 2019

Segundo Calixto (2016), do ponto de vista metodológico, a Análise RAM pode ser dividida em análise de dados de falha (que está diretamente ligado aos modos de falha dos equipamentos) e dados de reparo, modelamento e simulação.

3.2 ETAPAS DA ANÁLISE

Etapas para o desenvolvimento da análise.



3.2.1 Definição do Escopo a ser estudado

É a primeira etapa para realizar a análise RAM, pois determina a escolha do sistema a ser estudado e definição do objetivo da análise. Importante etapa que visa dar credibilidade ao grupo de pessoas envolvidas no processo.

Deve ser feita por um profissional que possua conhecimento e domínio da metodologia, com perfil de liderança para garantir o envolvimento e comprometimento das partes interessadas. A gestão da Análise RAM deve ser tratada com metodologias de gestão de projeto.

Inicialmente este profissional deverá realizar um planejamento detalhado, visando identificar todos os recursos necessários para a análise. Uma vez identificado os recursos, é recomendável realizar uma reunião de alinhamento de forma a constar no contrato do projeto os seguintes pontos:

Objetivos do Projeto

- Descrever os objetivos do projeto.

Benefícios do Projeto

- Descrever os benefícios esperados para a área onde o projeto será implantado;
- Descrever os benefícios esperados para a uma empresa produtora de celulose no município de Aracruz.

Meta (entregáveis)

A meta precisa conter:

- Objetivo gerencial (associado ao problema ou oportunidade)
- Valor
- Prazo.

KPI (acompanhamento)

- Indicador chave do processo.

Descrição do problema

- Descrever a situação atual e o que motivou a realização do projeto;
- Descrever o problema a ser solucionado ou do aprimoramento a ser buscado, em vista de alguma oportunidade vislumbrada pela empresa.

A declaração do problema deve:

- Ser descrita de modo claro e livre de ambiguidades;
- Ser expressa em termos mensuráveis, por uso de métricas apropriadas;
- Explicitar o que a empresa está perdendo;
- Estar livre de expressões que possam indicar causas ou culpados para o problema.

Histórico do Problema

-Inserir índices (internos e/ ou externos) que mostrem dados preliminares do problema.

Incluir/Excluir

Inserir os resultados da Matriz Dentro e Fora.

É sobre o escopo do projeto.

Restrições

-Descrever as restrições/limitações do projeto (investimento, tempo, pessoas, etc.).

Suposições

-Descrever as suposições do projeto (possíveis limitantes do projeto).

Marcos

-Descrever os principais marcos do projeto com suas respectivas datas.

-Marcos são os momentos mais importantes do projeto (conclusão de alguma atividade ou principais entregas).

Equipe de Trabalho

-Inserir os nomes dos integrantes da equipe.

Consultor

-Inserir o nome do Consultor, do Sistemas de Gestão, responsável pelo coaching.

Especialistas

-Inserir os nomes dos especialistas para suporte técnico.

Sponsor

-Inserir o nome do Patrocinador do projeto.

Finalizada essa etapa do planejamento, segue para as próximas fases.

3.2.2 Definição dos Limites e Fronteiras do Sistema

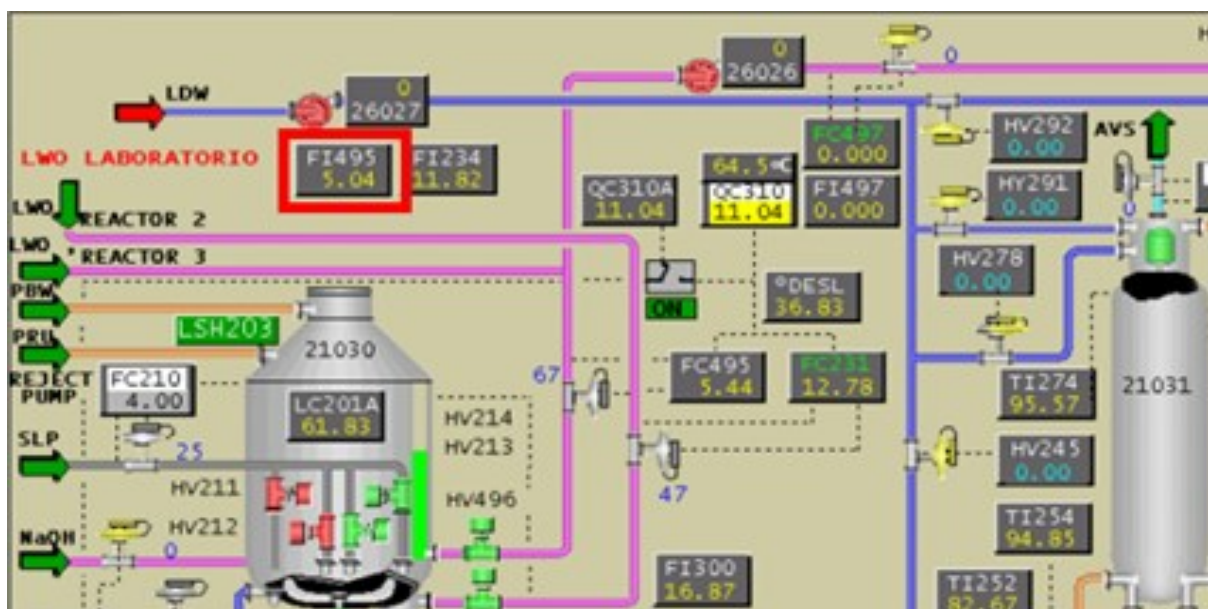
Todos os processos produtivos e grandes equipamentos existentes numa empresa produtora de celulose no município de Aracruz, na sua maioria são formados por diversos sistemas com inúmeras interfaces. Para uma análise objetiva, é necessário definir detalhadamente as fronteiras do sistema, deixando claro o que

deverá ser considerado dentro e fora do estudo, conforme exposto acima no item incluir/excluir no contrato do projeto. Esta definição para ser mais assertiva engloba a busca de projetos, desenhos e conhecimento dos especialistas e fornecedores.

Neste caso, os equipamentos de tags (222FE495) (212FE006) e (212FE606), são os objetos de estudo.

A figura 6 mostra o medidor magnético de vazão (222FE495) com sua respectiva medição, interagindo com as demais variáveis do processo da planta de cellulose.

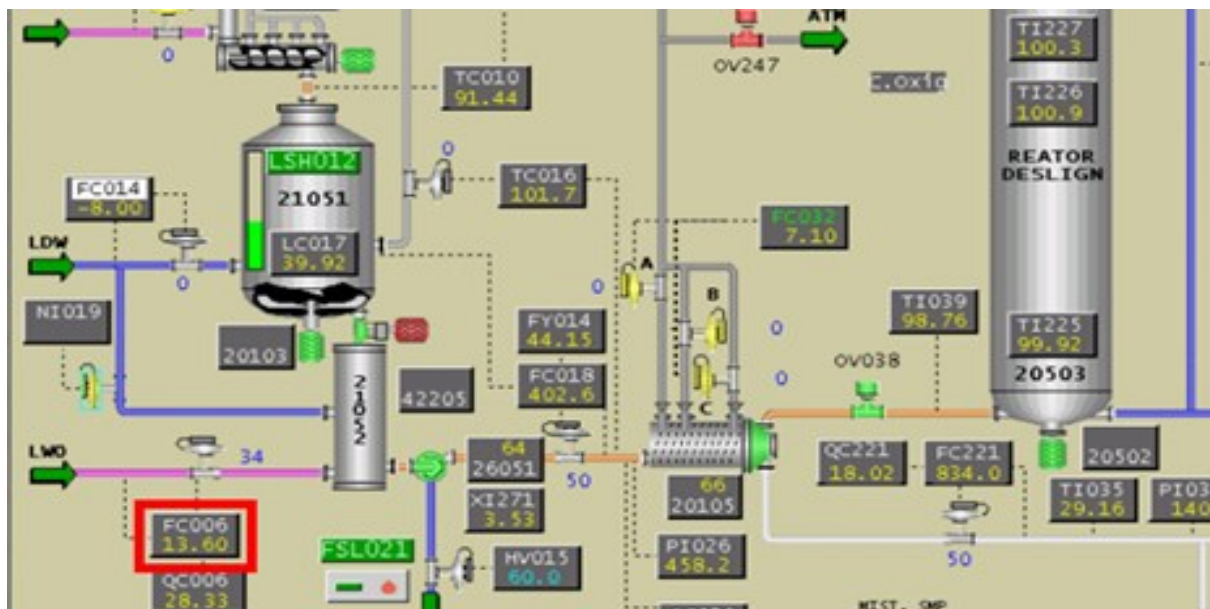
Figura 6: Medidor de TAG (222FE495)



Fonte: Fábrica de cellulose, 2019

A figura 7 mostra o medidor magnético de vazão (212FE006) com sua respectiva medição, interagindo com as demais variáveis do processo da planta de celulose.

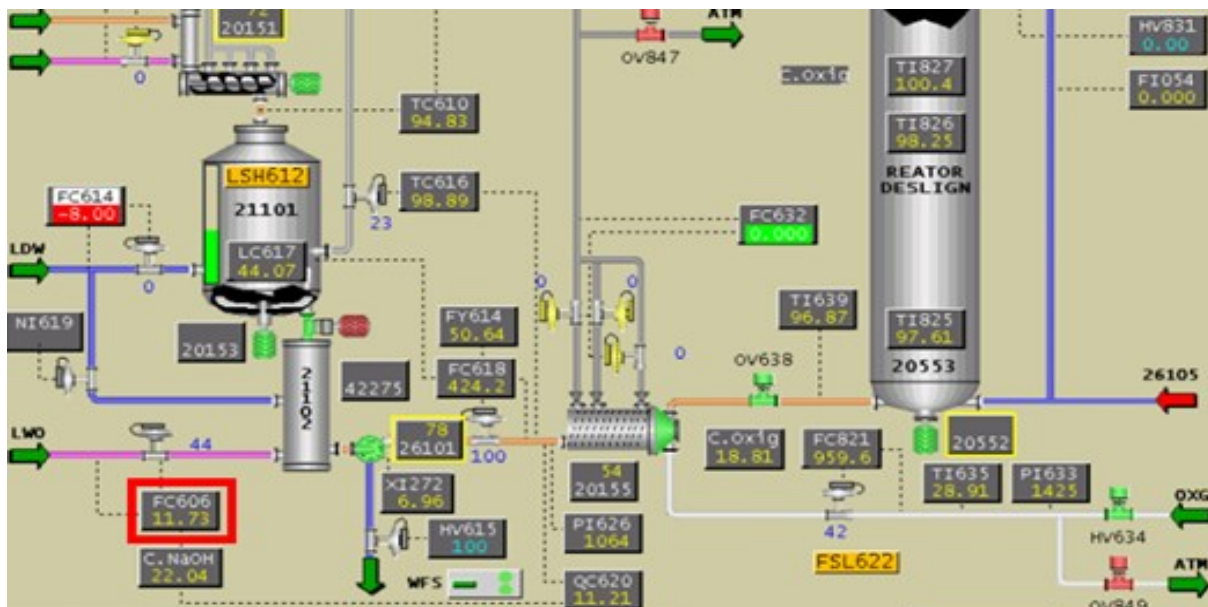
Figura 7: Medidor de TAG (212FE006)



Fonte: Fábrica de celulose, 2019

A figura 8 mostra o medidor magnético de vazão (212FE606) com sua respectiva medição, interagindo com as demais variáveis do processo da planta de celulose.

Figura 8: Medidor de TAG (212FE606)



Fonte: Fábrica de celulose, 2019

O DBF (Diagrama de Blocos Funcional) é uma ferramenta que apresenta uma maneira lógica a função e a relação entre os blocos nos sistemas/processos. Segundo Moubray (1997), através do DBF é possível mostrar uma hierarquia das funções primárias dos ativos e suas relações funcionais dentro de um mesmo nível hierárquico.

3.2.3 Construção do Diagrama de Blocos de Confiabilidade

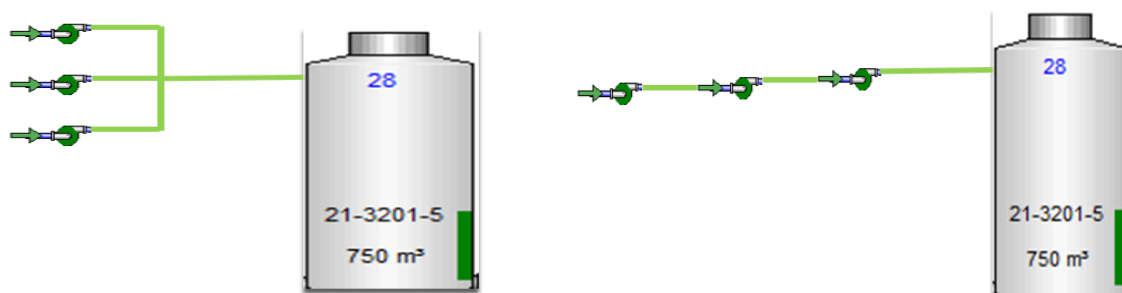
O RBD (*Reliability Block Diagram*) ou DBC (Diagrama de Bloco de Confiabilidade) é criado para ilustrar a disposição física da forma como os componentes são arranjados na sua operação. Há quatro tipos de arranjos de confiabilidade, sendo:

- Série;
- Paralelo;
- Composto;
- Complexo.

O arranjo físico não necessariamente é igual ao Diagrama de Blocos Funcional, conforme Figura 9. Neste exemplo, o Sistema é composto de um tanque sendo este alimentado por três bombas que precisam manter o nível do mesmo em 28%. As bombas estão fisicamente arranjadas em paralelo, entretanto possuem um arranjo de confiabilidade em série.

Arranjo físico

Figura 9: Arranjo Físico

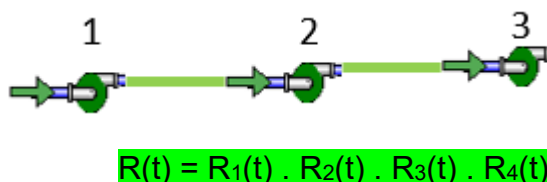


Fonte: Própria (2019)

O arranjo de blocos influencia os cálculos de probabilidade de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade e, para isso devem ser construídos corretamente. A confiabilidade resultante de um arranjo é calculada através da seguinte equação:

Arranjo Simples

Figura 10: Arranjo Simples

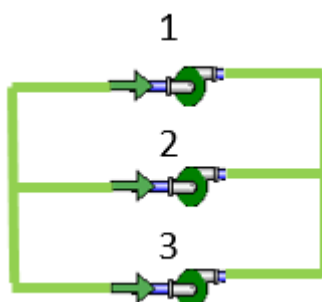


Fonte: Sérgio Luiz Martins (2019)

Nesta configuração a confiabilidade do sistema nunca será maior que a menor confiabilidade individual de um bloco.

Arranjo Paralelo

Figura 11: Arranjo Paralelo



$$R(t) = 1 - [(1 - R_1) \cdot (1 - R_2) \cdot (1 - R_3)]$$

Fonte: Sérgio Luiz Martins (2019)

Nesta configuração a confiabilidade do sistema sempre será maior que a maior confiabilidade individual de um bloco.

A Fotografia 2 representa a sequência de montagem de todos os componentes de um medidor de vazão, desde o carretel (material metálico que é a base para construção física do medidor) até o seu acabamento, quando liberado para calibração e aceitação pela engenharia de manutenção e confiabilidade.

Fotografia 2: Componentes de um medidor magnético de vazão



Carretel Tela Eletrodo Isolante Bobina Fiação Bornes Revestimento

Fonte: Sérgio Luiz Martins (2019)

Medidor
Magnético

Sequência de montagem dos componentes de um medidor magnético.

3.2.4 Coleta de Dados de Falha e de Manutenção

A maioria das grandes organizações possuem inúmeros registros dos seus ativos, mas nem todos são confiáveis ou não possuem a qualidade necessária para uma análise RAM. Essa etapa é uma das mais importantes e que gastará maior energia da equipe de trabalho

Em alguns casos, um modo de falha pode ter diferentes nomes em diferentes relatórios o que pode dificultar o entendimento dos dados de falha (Calixto, 2016). Essa é uma preocupação necessária, pois a qualidade e confiabilidade dos registros estão diretamente ligadas com a qualidade e confiabilidade da análise RAM, podendo em diversos casos restringir o estudo. Isso pode ser exemplificado abaixo em que um registro de falha é feito de duas formas, conforme Figura 12.

- Exemplo 1: como o registro foi feito: Medidor magnético falhou por problema elétrico, sendo reparado e liberado;
- Exemplo 2: como o registro deveria ser feito: Medidor magnético de vazão, tag 3222FE606, com baixa isolação na bobina, ocasionou indicação falsa, resultando na parada e conseqüente perda de produção. O medidor foi trocado, num tempo de 4 horas, mas o tempo de parada no processo foi de 7 horas. 14:50 h

Figura 12: Registro da ocorrência

14:50 h	Perda do sinal do FT
15:30 h	Instrumentação acionada
16:00 h	Falha do FT (1º diagnóstico)
16:15 h	Falta item em estoque
18:00 h	Troca do FT (Vindo da Secagem)
18:30 h	-Solicitação de andaime e 2º diagnóstico
21:00 h	Término de andaime. Solicitado automação. Avaliação da implementação da curva pela abertura de válvula.
21:40 h	Liberação de falha do FE
23:00 h	Inspeção da troca do FE
01:35 h	Término da limpeza da tubulação/FE
03:00 h	Troca de turno
05:30 h	Término da montagem mecânica
07:00 h	Liberação operacional

Fonte: Fábrica de celulose, 2019

O nível de detalhamento do registro no segundo exemplo permite identificar qual o problema ocorrido, a causa do problema, a ação de controle realizada, o tempo de parada e a manutenção. Possibilita desta forma, informar o local da falha no MNM (Menor Nível Manutenível), do inglês LRU (*Lowest Replacement Unit*).

Dentro de uma empresa produtora de celulose no município de Aracruz as fontes a serem utilizadas para obtenção desses registros são a ACD (Análise Crítica Diária), GESMAN (Gestão de Manutenção), relatórios gerenciais e mensais, relatórios de análise de falhas, informações técnicas de fabricantes e conversa com especialistas.

A entrevista de confiabilidade realizada com especialistas é importante porque normalmente esta equipe aborda os seguintes as seguintes funções:

-Desdobrar Estratégia de Manutenção Corporativa;

Ex.: (RCM, Gestão de Ativos, Lean, etc.)

- Definir Metodologia
(Ex.: FTA, FMEA, Six Sigma, etc)

- Desenvolver e implantar Ferramentas de Confiabilidade;
(Ex.: (Weibull, BlockSim, etc)

- Desenvolver estudos de Confiabilidade;
(Ex: Determinar Tempo ótimo da preventiva)

- Capacitar e reciclar equipe de confiabilidade;
(Ex: Curso de especialização da Eng. Confiabilidade)

- Disseminar boas práticas.
(Sinergia nas unidades)

- Apoiar áreas em estudos específicos.
(Ex: Envolvimento com engenharia)

Seguidas estas etapas de uma forma organizada, ganha-se velocidade e assertividade para a melhor tomada de decisão.

3.2.5 Modelamento das Curvas de Vida e de Reparo

A etapa consiste em identificar a FDP (Função Densidade Probabilidade) ou PDF (*Probability Density Function*) para os registros de falha e de reparo para cada bloco definido no DBF com base nos registros coletados na etapa anterior.

Cada bloco deverá possuir a curva de vida e de reparo. Numa empresa produtora de celulose no município de Aracruz a obtenção dessas curvas será realizada através do Software Weibull ++ 11 que permite velocidade de resposta com os cálculos.

As principais distribuições estatísticas usadas no estudo da confiabilidade são:

- Exponencial;
- Gama;
- Gama Generalizada;
- Lognormal;
- Normal;
- Weibull.

Identificada as distribuições de cada bloco, a próxima etapa com uso de softwares computacionais permite determinar a Disponibilidade do Sistema através dos cálculos de Confiabilidade e Manutenibilidade com agilidade.

Os benefícios a alcançar, estão alinhados com o objetivo deste estudo que são:

- Determinação do MTBF e MTTR;
- Avaliação das diferentes estratégias de manutenção;
- Determinar frequências de falha;

3.2.6 Análise de resultados

Uma vez conhecido os resultados, é necessário fazer a análise de forma a identificar quais as ações de controle ou ações de ver e agir, necessárias para alcance do objetivo da análise, separando as ações relacionadas a confiabilidade e a manutenibilidade.

A confiabilidade terá seu valor máximo durante seu ciclo operacional, não sendo possível aumentá-la, exceto se num sistema for substituído um componente de baixa confiabilidade por um de maior confiabilidade ou inserindo componentes redundantes, mas deve identificar quais tipos de redundâncias são técnica e economicamente viáveis para o cenário.

A manutenibilidade pode ser medida pelo TMPF (Tempo Médio Para Falhar) ou MTTR (*Mean Time To Repair*), sendo calculada com a somatória de todos os tempos de reparo dividido pelo número de reparos realizados no sistema.

O resultado da manutenibilidade permite direcionar recursos de forma objetiva para melhorar a performance do ativo. Para isso, algumas ações podem ser

implementadas, como a logística de sobressalentes, política de reposição de estoque, recursos utilizados, capacidade técnica dos mantenedores através de treinamento, melhoria do ferramental utilizado em novas tecnologias, revisão dos projetos visando otimizar tempos de manutenção, elaborar ou revisar procedimentos de manutenção, dentre outros.

A disponibilidade é uma relação entre manutenibilidade e confiabilidade e pode ser calculada por meio da equação abaixo:

Figura 13: Equação da disponibilidade

$$\text{DISPONIBILIDADE} = \frac{\text{MTBF}}{(\text{MTBF} + \text{MTTR})}$$

Fonte: Curso de Especialização em Confiabilidade, 2019

O objetivo é identificar quais ações serão implementadas para melhorar a confiabilidade e a manutenibilidade que viabilizará uma maior disponibilidade.

Figura 14: Disponibilidade X Confiabilidade

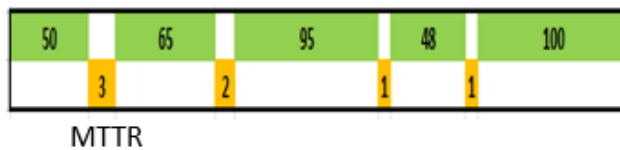
Histórico: Equipamento/Sistema tem 4 falhas por ano (365 dias)

Disponibilidade

Depende do tempo em Operação e Parado.

No período de 1 ano (365 dias)?

$$\text{DISPONIBILIDADE} = \frac{\text{MTBF}}{(\text{MTBF} + \text{MTTR})}$$



“Disponibilidade ao longo de 365 dias **foi** de 98%”

Confiabilidade (Reliability)

Expectativa de desempenho.

Para uma campanha de 1 ano (100 dias)?

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

$$\frac{4}{365} = 0,011/\text{dia} \quad e^{-0,011 \times 100} = -1,1$$

$$R = 0,33 \text{ ou } 33\%$$

“Probabilidade de **não** falhar ao longo de 100 dias **será** de 33%”

FALHA	4	3	2	1	0
DISPONIBILIDADE	97,6%	98,6%	99,3%	99,7%	100%
CONFIABILIDADE	33,4%	44,0%	57,8%	76,0%	100%

Fonte: Sérgio Luiz Martins (2019)

Nessa análise deve ser considerado o cenário técnico e econômico, pois melhorar de mais a confiabilidade e manutenibilidade, pode elevar os custos, inviabilizando as adequações.

3.3 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

O capítulo em questão apresenta alguns conceitos e fluxo para a realização da Análise RAM, além de mostrar todos os passos para o completo ciclo do projeto, permitindo entender as etapas a serem seguidas. O modelo proposto poderá ser aplicado em diferentes sistemas dos processos produtivos na área de papel e celulose e outros segmentos do mercado industrial, sendo necessário ajuste de acordo com a aplicação.

4 DESENVOLVIMENTO

No capítulo seguinte as etapas que devem ser desenvolvidas serão mostradas numa sequência cronológica, buscando garantir o desenvolvimento do trabalho e a obtenção dos resultados através de estudo de análise da confiabilidade e a utilização do FMEA.

4.1 DEFINIÇÃO DO ESCOPO

Algumas fontes de dados utilizados na rotina diária de manutenção e operação foram utilizadas para escolha do escopo a ser aplicado. Neste caso, o Sistema Informatizado de Manutenção faz parte do Sistema Gerencial de Manutenção, sendo a principal ferramenta, ao englobar os procedimentos e controles específicos de manutenção repetitivos que podem ser informatizados, e deve adaptar-se às necessidades do Sistema Gerencial de Manutenção da empresa.

Este sistema contribui para suportar a tomada de decisão de manutenção, investimentos, melhorias, etc. Permite ainda o acompanhamento do processo de manutenção, desde a identificação da necessidade, passando pelo planejamento até a conclusão da mesma.

Alguns sistemas informatizados específicos utilizados numa empresa produtora de celulose no município de Aracruz, para a gestão de manutenção orientada para o negócio são:

ACD – (Análise Crítica de Área) - Registro de ocorrências operacionais e de manutenção, horas extras de terceiros, solicitação de compra

DOL – (Documentação *On Line*) - Sistema de documentação referente a ISO (International Organization for Standardization) de uma empresa produtora de celulose no município de Aracruz.

SAP – (*Systems, Applications and Products*) – Módulo gerencial do sistema de ordens de manutenção e suprimentos de materiais e serviços.

PI System – (*Plant Information System*) – é um produto da empresa OSI Software (*Oil Systems Incorporated*), desenvolveu o PIMS (*Process Information Management Systems*), que adquire dados de processo de diversas fontes,

armazenando num banco de dados histórico, disponibilizando através de diversas formas de representação.

GESMAN – Gestão de Manutenção – Sistema para inclusão de análise de falha em equipamentos industriais.

SDCD – Sistema Digital de Controle Distribuído existentes em todas as unidades de produção.

GOL – (Gestão *On Line*) - Sistema de Gerenciamento de Não conformidades, Ações Corretivas, Melhoria de Processo e Indicadores de Performance de contratos permanentes.

A metodologia definida no capítulo anterior foi aplicada no Sistema Reparável do Medidor de vazão Magnético, conforme objetivo proposto.

Sendo assim a reunião de alinhamento do projeto foi customizada e realizada com a equipe envolvida no trabalho, como engenheiros de confiabilidade e técnicos de manutenção, tendo um engenheiro de confiabilidade como patrocinador.

4.2 DEFINIÇÃO DOS LIMITES FÍSICOS E FRONTEIRAS DO SISTEMA

A construção e definição dos limites físico do Medidor Magnético de Vazão, conforme já informado, são os equipamentos de tags (222FE495) (212FE006 e 212FE606), e foram realizadas seguindo as seguintes etapas:

- Visita em campo para conhecimento do equipamento;
- Visita no fornecedor para conhecimento do equipamento completo
- Análise e avaliação de desenhos técnicos e manuais;
- Conversa com equipe Técnica.

Para o medidor magnético de vazão foi realizado uma visita com o equipamento em operação e outra em uma parada de manutenção. Na primeira visita de campo foi possível entender a função do medidor magnético de vazão, bem como a sua função no processo.

Já na visita ao fornecedor, foi possível verificar o seu arranjo físico e sua relação com os outros componentes do medidor, permitindo detalhar o conhecimento do equipamento, visualizando seus componentes, bem como requisitos de manutenibilidade aplicáveis. Ainda para melhor entendimento foi feito

acompanhamento das etapas de um processo de reparo, conforme cronograma mostrado na Figura 15.

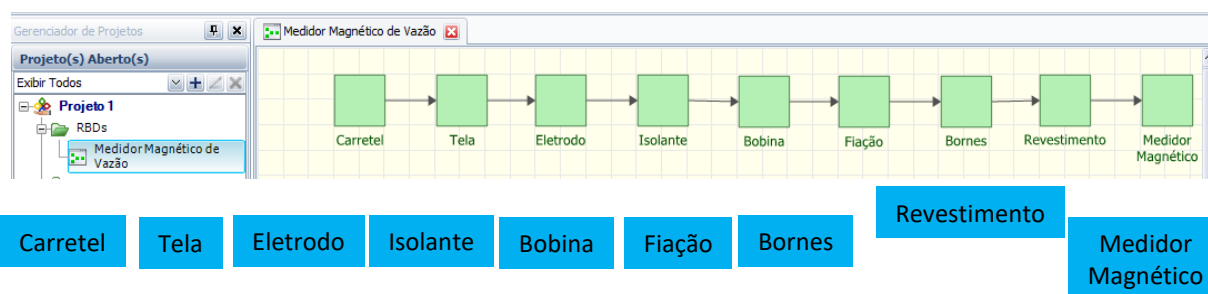
Figura 15: Cronograma detalhado das etapas

ATIVIDADE		DIAS																								
Item	DESCRIÇÃO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	Diagnóstico e Abertura do equipamento	█																								
2	Envio de orçamento e relatório técnico para SUZANO ARA	█	█																							
3	Jateamento		█	█																						
4	Balaceamento do carretel			█	█																					
5	Colocação de tela de aderência				█	█																				
6	Montagem da ferramenta de injeção					█	█																			
7	Ciclo de forno para injeção						█	█																		
8	Injeção, compactação e resfriamento							█	█																	
9	Acabamento do Teflon								█	█																
10	Testes e normalização									█	█															
11	Montagem das bobinas, eletrodos e fiação										█	█														
12	Solda de fechamento e montagem da caixa de bornes											█	█													
13	Calibração RBC												█	█												
14	Primer e Pintura													█	█											
15	Embalagem e entrega														█	█										

Fonte: Própria (2019)

O detalhamento da análise dos desenhos e manuais permitiu entender tecnicamente seu funcionamento e interfaces permitindo construir o DBC.

Figura 16: Diagrama de Blocos de Confiabilidade



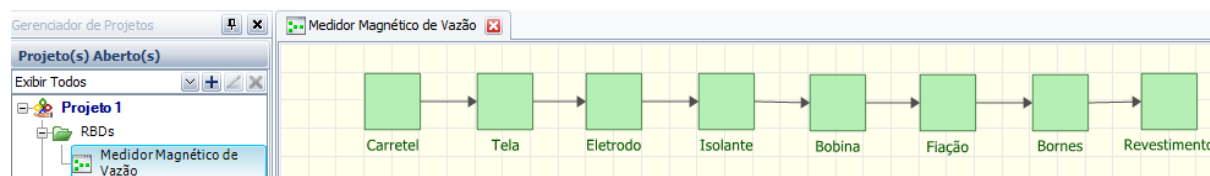
Fonte: Própria (2019)

A Figura 16 apresenta o DBC do Medidor Magnético de Vazão, onde mostra todos os componentes no arranjo em série, sendo que qualquer componente a falhar leva a falha do medidor.

4.3 DIAGRAMA DE BLOCOS DE CONFIABILIDADE

Foi utilizado o software Weibull ++ e o BlockSim ++ da Reliasoft 2018 para desenvolvimento dos cálculos e simulações de confiabilidade. O Diagrama de Blocos de Confiabilidade foi construído dentro do BlockSim++ e mostrado conforme Figura 17.

Figura 17: Diagrama de Blocos de Confiabilidade



Fonte: Software Reliasoft (2018).

Os componentes estão organizados em série dentro do estudo de confiabilidade, isto é, na falha de qualquer um dos componentes o sistema também falhará.

4.4 COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi feita com a utilização das diversas fontes de informação disponíveis nos Sistema ACD, GESMAN, SAP e relatórios técnicos de manutenção da equipe Técnica e do fornecedor, conforme Quadro 1.

Quadro 1: Fontes de Registro de Falhas

FONTE	SISTEMA
Relatório de Produção	ACD (Análise Crítica de Área)
Registro das Análises de Falha	GESMAN – Gestão da Manutenção
Histórico de Ordens de Serviço	SAP
Relatório de Manutenção	Fornecedor e Equipe Técnica

Fonte: Própria (2019).

Figura 18: ACD (Análise Crítica de Área)



Fonte: ACD – Fábrica de celulose

Os primeiros dados analisados foram os gerados do relatório da produção, ACD, onde apresenta um grande número de registros disponíveis, sendo que no primeiro momento não houve a preocupação de solucionar alguns problemas identificados nesse relatório:

Registro sem permitir se o item estava em falha;

Registro de falha incompleto.

Registro de falha sem dados de tempos de falha e tempos de reparo;

Registros de falhas sem detalhar se o item foi reparado ou substituído.

Figura 19: ACD (Análise Crítica de Área)

ACD	Manut.	Status	Início	Fm	Unidade	Local Inst.	Disciplina Ocorrência	Disciplina PTP	Tempo	Coord.
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Encerrada	03/05/2018 18:00	08/05/2018 11:32	Designificação "B"	50-3212-F	IVB		113:32:00	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Encerrada	16/05/2018 12:00	16/05/2018 21:10	Designificação "B"	50-3212-fe-637	Instrumentação		9:10:00	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Encerrada	26/05/2018 06:12	27/05/2018 17:00	Designificação "B"	50-3212-FV-499	Instrumentação turno		34:48:00	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Encerrada	03/06/2018 13:00	03/06/2018 21:15	Designificação "B"	50-3212-fe-18	Instrumentação turno		8:12:00	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Encerrada	07/07/2018 14:20	07/07/2018 19:20	Designificação "B"	50-3212-Fv-637	Instrumentação turno		5:00:00	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Encerrada	05/08/2018 09:45	09/08/2018 11:50	Designificação "B"	50-3212-FE-8	Instrumentação turno		97:05:00	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Encerrada	06/08/2018 11:14	06/08/2018 14:14	Designificação "B"	50-3212-fe-606	Instrumentação turno		3:00:00	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Encerrada	17/08/2018 03:30	21/08/2018 14:13	Designificação "B"	50-3212-FV-676	Instrumentação		106:45:00	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Encerrada	19/09/2018 14:00	19/09/2018 16:30	Designificação "B"	50-3212-FV-499	Instrumentação		4:30:00	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Encerrada	08/10/2018 04:50	08/10/2018 21:15	Designificação "B"	50-3212-FE-6	Instrumentação turno		16:25:00	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Encerrada	09/10/2018 13:00	11/10/2018 12:40	Designificação "B"	50-3212-FE-606	Instrumentação		47:40:00	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Encerrada	16/10/2018 15:35	16/10/2018 15:45	Designificação "B"	50-3212-FV-180	Instrumentação		0:10:00	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Encerrada	17/10/2018 13:20	17/10/2018 14:30	Designificação "B"	50-3212-FV-637	Instrumentação turno		1:10:00	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Encerrada	23/10/2018 00:10	23/10/2018 00:50	Designificação "B"	50-3212-FV-163	Instrumentação turno		0:40:00	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Encerrada	28/10/2018 09:40	28/10/2018 11:30	Designificação "B"	50-3212-FE-637	Instrumentação		1:52:00	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Encerrada	05/11/2018 14:50	07/11/2018 17:00	Designificação "B"	50-3212-FE-6	Instrumentação		50:10:00	

Data da Ocorrência: 14/04/18 17:30
Fm da Ocorrência: 15/04/2018 10:30 Duração:17:00
Título da Ocorrência: Indicação de fluxo oscilando muito sem motivo aparente.
Processo: Produz Celulose Branqueada
Unidade: Branqueamento L4
Disciplina: Instrumentação
Equipamento: 50-3212-FE-111 - MEDIDOR MAG VAZÃO LDW TQ EST O TQ FLT 1
Causa: Falha
Impactos: Instabilidade
Descrição da Ocorrência:
 Indicação de fluxo oscilando muito sem motivo aparente. Passado FV para manual, porém oscilação contínua.
 17h40 - Ronan congelou sinal no HOT e irá checar na área.
 15/04/18
 10:30h - Indicação normalizou. Retirado congelamento do bloco. Em acompanhamento.

Fonte: ACD – Fábrica de celulose

Este sistema permite o registro de todos os dados relativos à intervenções de operação e manutenção.

Outra fonte de informação foi o relatório de análise de falhas, cujos dados foram extraídos do Sistema GESMAN.

Figura 20: GESMAN (Gestão da Manutenção Industrial)



Fonte: GESMAN – Fábrica de celulose

Figura 21: GESMAN (Gestão da Manutenção Industrial)


Sistema de Disponibilidade e Confiabilidade da Planta - 1.0.136
Administração Indicadores Ferramentas Ajuda Sair

Registro de Falha -> Lista

Total de Falhas Registradas: 699					
Responsável	Número	Nota	Descritivo da Falha	TAG	Disciplina
MARCO TULIO SA DE ALMEIDA	AF-3222-0101	1	Parada da deslig C por queima de cabos para remota 222J	50-3222	Elétrica - Instrum
RENATO KIHIL VIDAL	AF-3222-0093	0000	Data da Ocorrência: 13/04/16 08:00	50-3222-PT-87	Operação
RENATO ROSA DE OLIVEIRA	AF-3222-0089		Parada do Digestor devido nível alto no Blow Tank em função	50-3222-QE-010	Operação
MARCO TULIO SA DE ALMEIDA	AF-3222-0088		3222-DEPURACAO E DESLIGNIFICACAO C - 59-3222-TV-867	50-3222-ST-012	Elétrica - Instrum
MARCO TULIO SA DE ALMEIDA	AF-3222-0086		3222-DEPURACAO C - 50-3222-PV-952 - VALV WFS LADO MT	50-3222-TV-867	Elétrica - Instrum
MARCO TULIO SA DE ALMEIDA	AF-3222-0085		3222-DEPURACAO E DESLIGNIFICACAO C - 50-3222-ST-012	50-3222-PV-952	Elétrica - Instrum
				50-3222-ST-012	Elétrica - Instrum

Visualização Rápida
 Concluídas

Alterar Registro Análise Excel Eechar



Fonte: GESMAN – Fábrica de celulose

O sistema GESMAN permite o registro de todas as análises de falha ocorridas na manutenção, por ativo

Outro relatório explorado foi o do sistema de manutenção da planta SAP, onde registram as ordens de manutenção com a descrição das falhas e programação para a correção das mesmas.

Figura 22: SAP (Systems, Applications and Products)

Identificação do local de instalação (1) 1 Entr.encontrada

A: Imobilizado C: Centro de custo H: Locais superiores por códigos ...

Local de instalação Denominação do loc.instalação Empr Imobilizado Sbnº

3070-50-3222-FE-495	SENSOR MAG VAZAO LWO P/ TQ.BOMB. 21-030	3001		
---------------------	---	------	--	--

Fonte: GESMAN – Fábrica de celulose

A Figura 22 indica o registro do medidor em questão, onde é possível rastrear todas as ordens de manutenção e planos de manutenção deste instrumento

Figura 23: SAP (Systems, Applications and Products)

The screenshot displays the SAP 'Exibir Ordem Planejada' (Display Planned Order) screen for order 48558447. The main text area contains the following information:

Ordem: 48558447 SUBSTITUIR SENSOR MAGNETICO - OK
 09.10.2014 16:34:55 U. EIA LINHA DE PASTA (F3FBMÄNDIGE1)
 SUBSTITUIR MRM, POIS O MESMO ESTÁ DANIFICANDO COM MUITA FREQUÊNCIA OBS:
 Cód = 1802899 MM = 1.1/2" 93LRS1BCPM7-OM-G FOXBORO, LOCAL:TERREO
 DEPURADOR C. SERÁ NECESSÁRIO UM ESTUDO DE APLICAÇÃO JUNTO COM A EMPRESA
 LUMADAE PARA RESOLVER ESTE PROBLEMA.
 Medidor de 1 1/2", 300Lb, retirado dia 05/03/2015 e instalado dia
 Stat.sst. ENCE CNPA CAPC DMV MOME NOLQ AGPG

The interface includes several tabs: DdsCabeç., Operações, Componentes, Custos, Parceiro, Objetos, Dados adic., Localz., Planej., Controle, and Ampliação. The 'Operações' tab is active, showing the following data:

Responsáveis
 Gr.planej. DTG / 3070 Gr Plan Digestor
 CenTrabRes INSTDIGE / 3070 Instrumentação D...
 Nota 14067199
 Custos 0,00 BRL
 TipoAtvMnt A04 Intervenção s/ ..
 CondInst
 Endereço

Datas
 InicioBase 15.01.2015 Prioridade Crítico
 Fim-base 01.07.2015 Revisão

Objeto de referência
 LocInstal. 3070-50-3222-FE-4... SENSOR MAG VAZAO LWO P/ TQ.BOMB. 21-030
 Equipam.

Fonte: SAP – Fábrica de celulose

A Figura 23 mostra todos os dados do medidor em questão, permitindo navegar no sistema de forma a obter uma melhor gestão do ativo em questão, ou seja, análises e inspeções relacionadas aos equipamentos visando identificar desvios que por ventura possam trazer impacto ao desempenho operacional da planta, fazer parte de um plano operacional preventivo, com cadastramento no sistema de informações (SAP).

Tabela 1: Número de Intervenções

TAG	Corretiva	Preventiva	Quantidade de Intervenções
3070-50-3222-FE-495	X		7
3070-50-3212-FE-006	X		4
3070-50-3212-FE-606	X		3

Fonte: Própria (2019).

A Tabela 1 apresenta o número de intervenções ocorrido no período do levantamento realizado de 2014 a 2018, nos medidores magnéticos de vazão em estudo.

Tabela 2: Planilha dinâmica – Número de Intervençãoções

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
3070-50-3222-FE-460		2										
49196824		1										
49510786		1										
3070-50-3222-FE-495		7										
47061590		2										
48558447		2										
141795446		2										
142475111		1										
3070-50-3222-FE-521		1										
48333091		1										
3070-50-3222-FE-57		2										
142529105		1										
143063609		1										
3070-50-3222-FE-571		1										
49196829		1										
3070-50-3222-FE-60		1										
142529104		1										
3070-50-3222-FE-601		2										
48333574		2										
3070-50-3222-FE-606		2										
45649255		1										
145369209		1										
3070-50-3222-FE-622		2										

Fonte: Própria (2019).

De posse dos dados levantados, uma planilha dinâmica, conforme Tabela 2, foi elaborada com o objetivo de pontuar os instrumentos em número de intervenções corretiva e preventiva, os quais foram utilizados para modelar as curvas de vidas e de manutenibilidade dos ativos.

4.5 MODELAR DADOS

O objetivo foi modelar as curvas de vida dos componentes, dos medidores magnéticos de vazão, através dos dados obtidos. Para esse modelamento foi utilizado o Software Weibull ++ versão 11 da Reliasoft, sendo que o primeiro passo dessa foi carregar todos os registros no software, conforme levantamento dos dados.

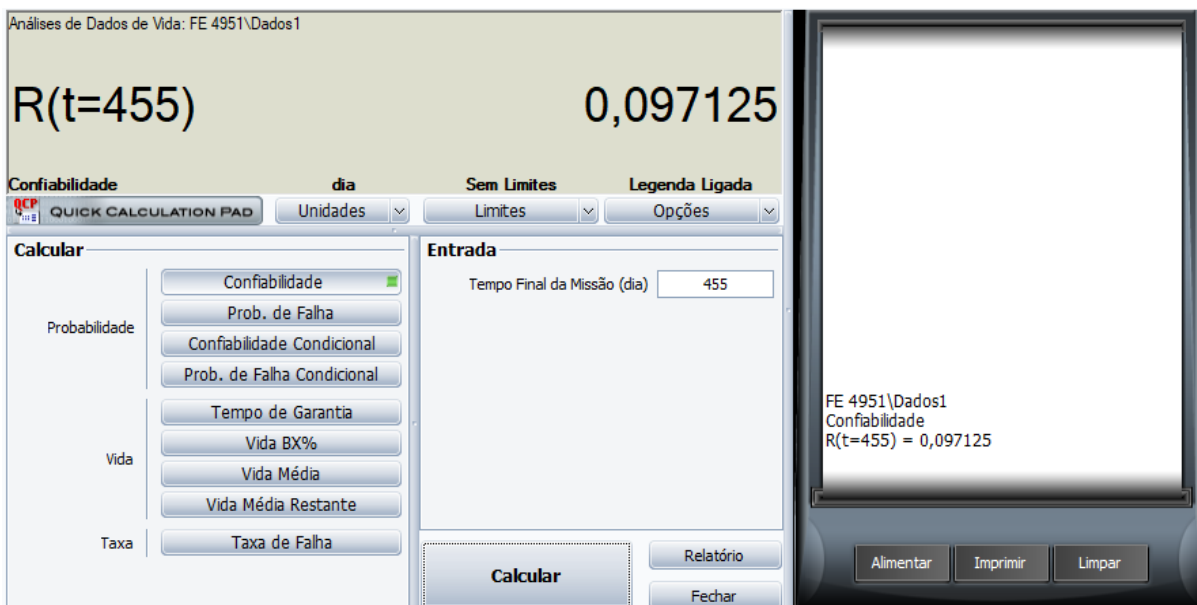
4.5.1 Medidor Magnético de Vazão 3070-50-3222-FE-495

Através do modelamento foram obtidas as informações de confiabilidade, probabilidade de falha e vida média (tempo médio até a falha) do medidor em questão, que seguem.

4.5.1.1 Análise de Confiabilidade / Probabilidade de Falha / Vida Média

Considerando um tempo de campanha de 455 dias

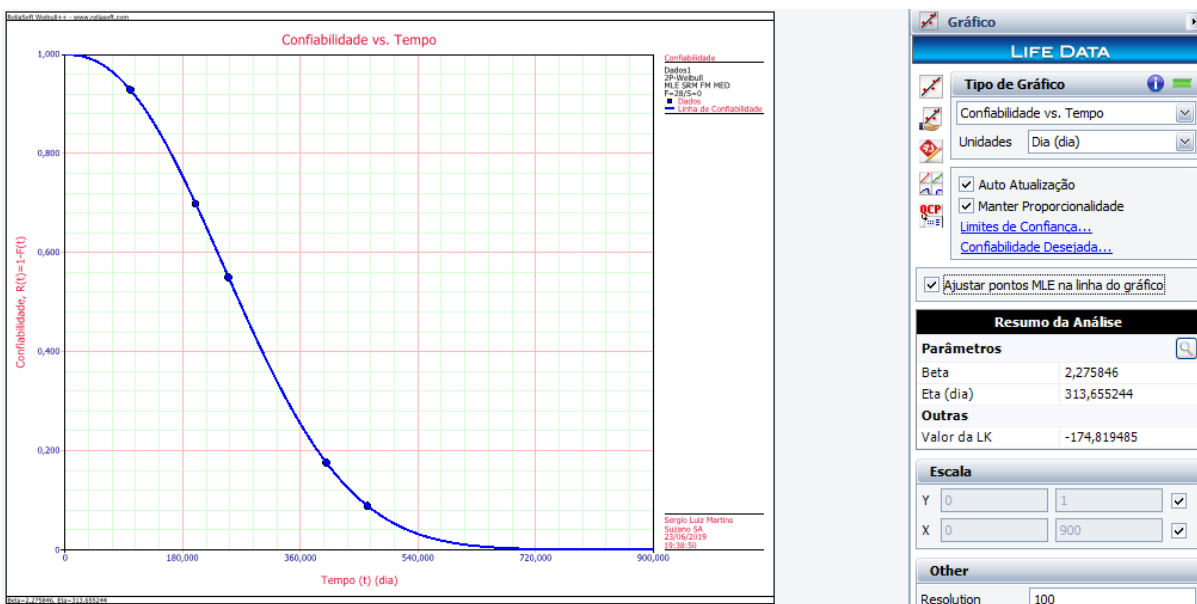
Figura 24: Análise de Confiabilidade - 3070-50-3222-FE-495



Fonte: Software Reliasoft (2018).

A Figura 24 retrata os dados inseridos no software Weibull ++ conforme histórico do medidor de tag 3222-FE-495, visando informar a confiabilidade. No caso em questão, a mesma é muito baixa (9,71%) considerando uma campanha de 455 dias, que é o período que atenderia a operação sem ocasionar qualquer impacto no processo.

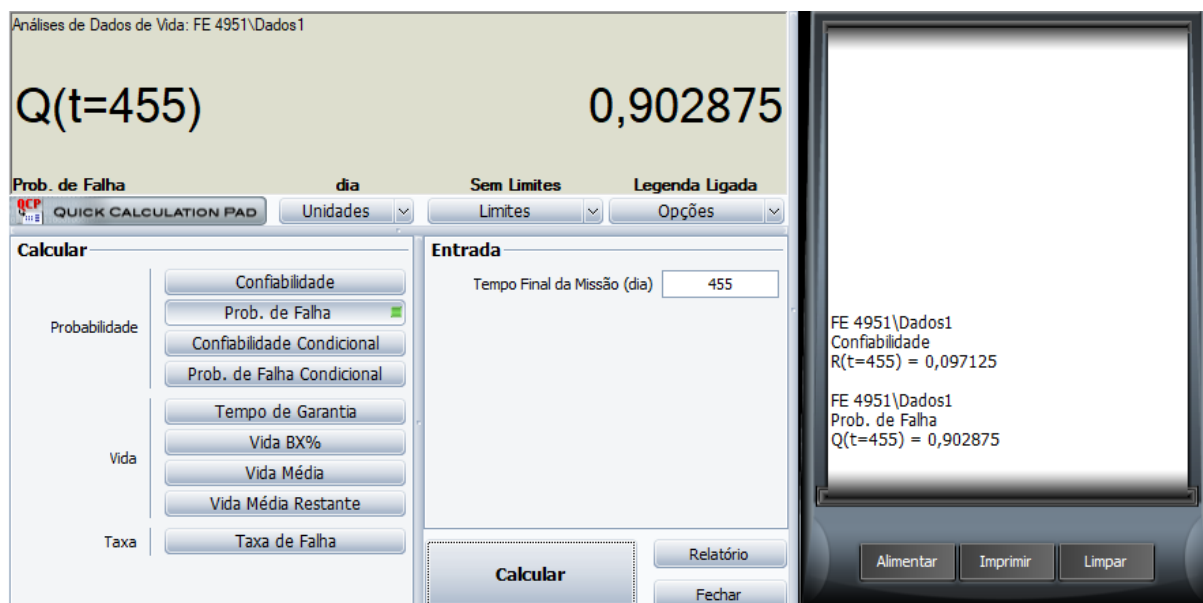
Gráfico 1: Gráfico de Confiabilidade x Tempo - 3070-50-3222-FE-495



Fonte: Software Reliasoft (2018).

O Gráfico 1 mostra a queda da confiabilidade à medida que o tempo chega ao recomendado, 455 dias, e que atenderia a operação sem ocasionar qualquer impacto no processo.

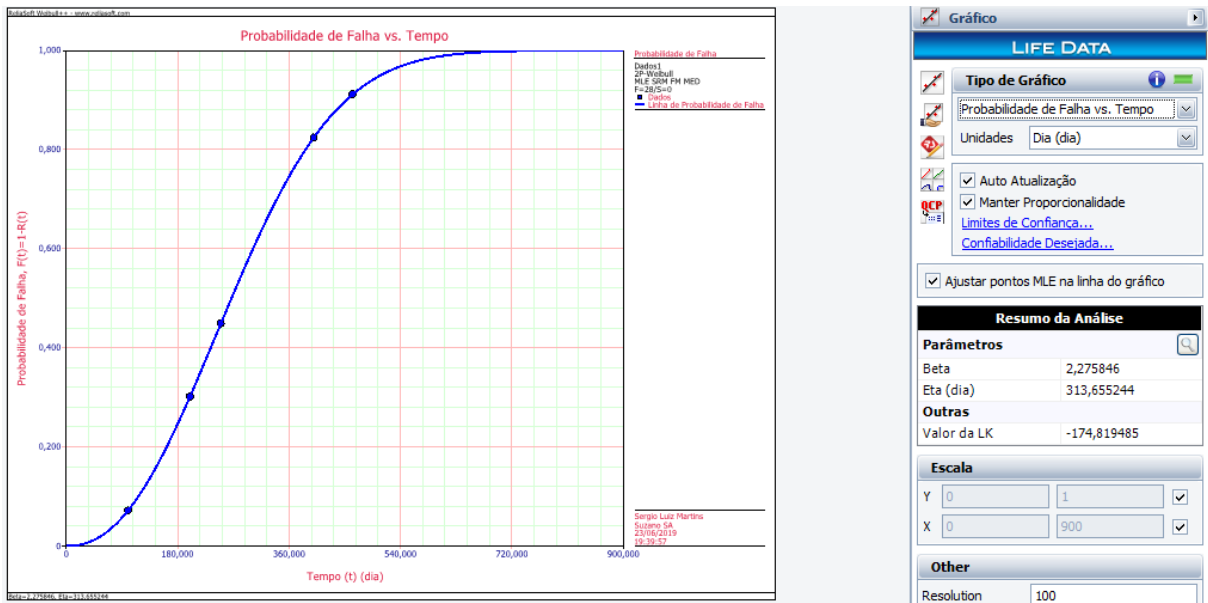
Figura 25: Análise de Probabilidade de Falha - 3070-50-3222-FE-495



Fonte: Software Reliasoft (2018).

A Figura 25 retrata os dados inseridos no software Weibull ++ conforme histórico do medidor de tag 3222-FE-495, visando informar a probabilidade de falha. No caso em questão, a mesma é muito alta (90,28) considerando uma campanha de 455 dias, que é o período que atenderia a operação sem ocasionar qualquer impacto no processo.

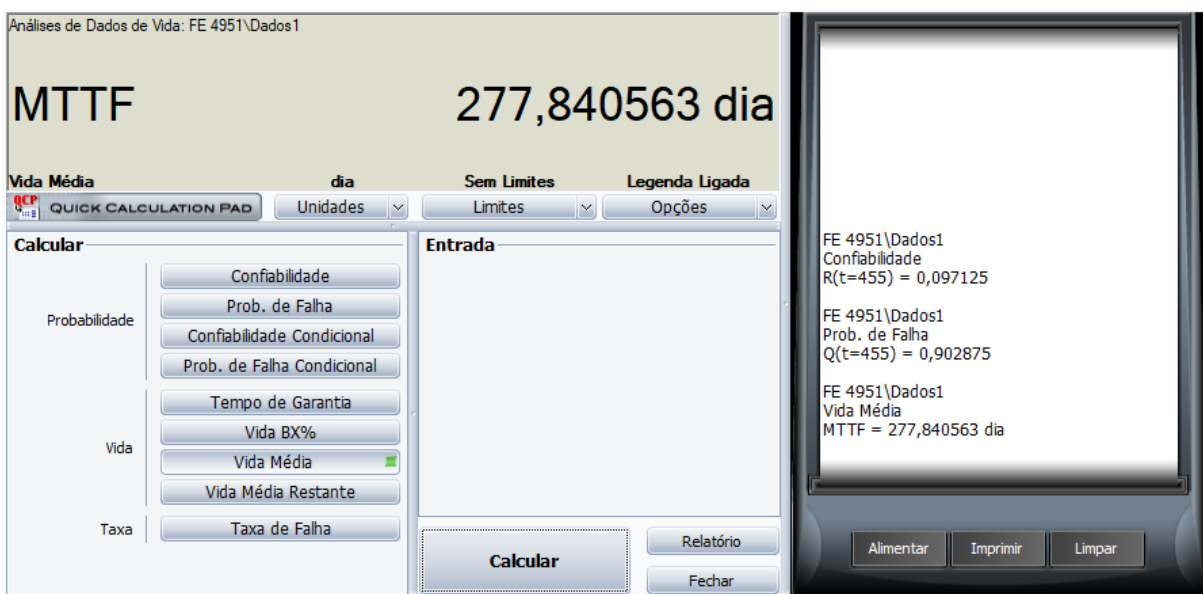
Gráfico 2: Gráfico de Probabilidade de Falha x Tempo - 3070-50-3222-FE-495



Fonte: Software Reliasoft (2018).

O Gráfico 2 mostra o aumento da probabilidade de falha à medida que o tempo chega ao recomendado, 455 dias, e que atenderia a operação sem ocasionar qualquer impacto no processo.

Figura 26: Análise de Vida Média - 3070-50-3222-FE-495



Fonte: Software Reliasoft (2018).

A Figura 26 retrata os dados inseridos no software Weibull ++ conforme histórico do medidor de tag 3222-FE-495, visando informar a vida média. No caso em questão, a mesma é muito baixa (277 dias), considerando uma campanha de 455 dias, que é o período que atenderia a operação sem ocasionar qualquer impacto no processo.

4.5.2 Medidor Magnético de Vazão 3070-50-3212-FE-006

Através do modelamento foram obtidas as informações de confiabilidade, probabilidade de falha e vida média (tempo médio até a falha) do medidor em questão, que seguem.

4.5.2.1 Análise de Confiabilidade / Probabilidade de Falha / Vida Média

Considerando um tempo de campanha de 455 dias

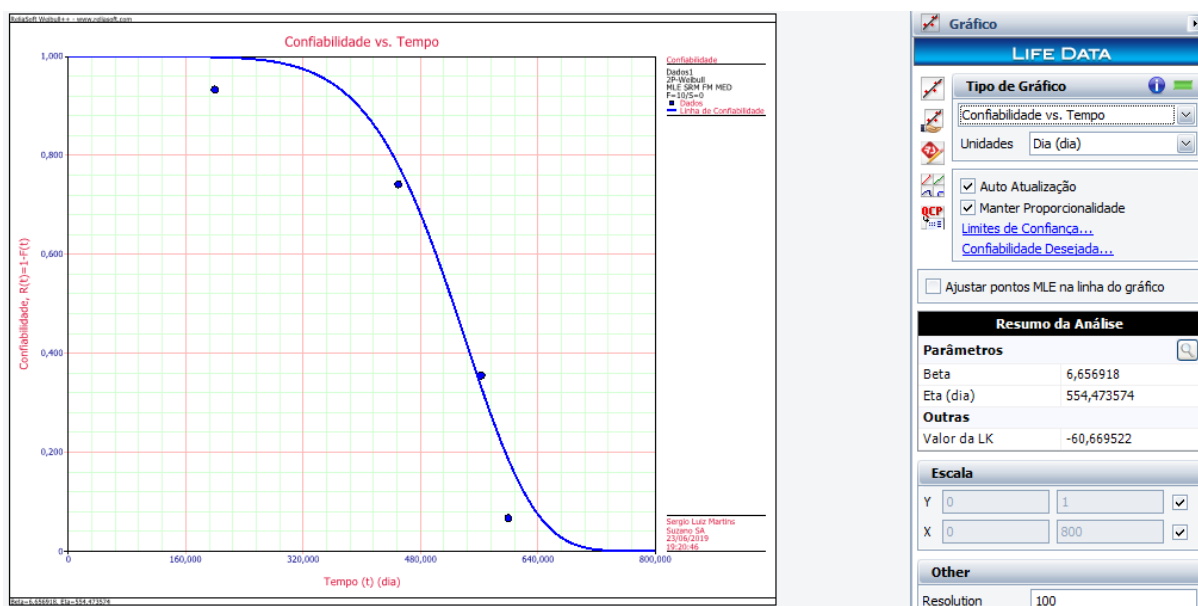
Figura 27: Análise de Confiabilidade - 3070-50-3212-FE-006



Fonte: Software Reliasoft (2018).

A Figura 27 retrata os dados inseridos no software Weibull ++ conforme histórico do medidor de tag 3212-FE-006, visando informar a confiabilidade. No caso em questão, a mesma é muito baixa (7,64%) considerando uma campanha de 455 dias, que é o período que atenderia a operação sem ocasionar qualquer impacto no processo.

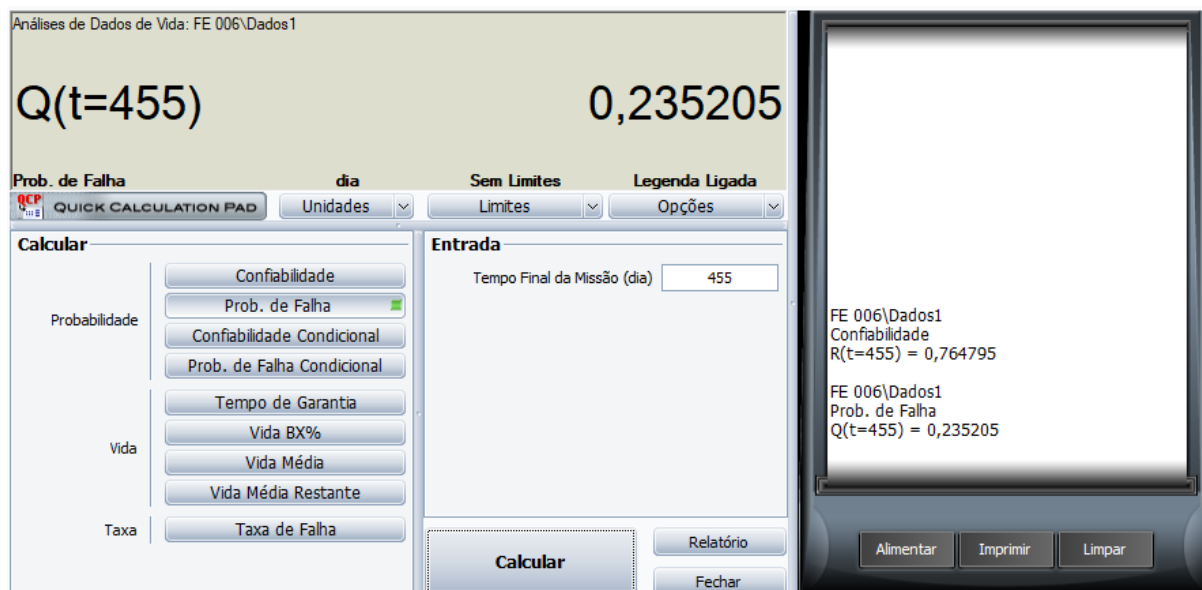
Gráfico 3: Gráfico de Confiabilidade x Tempo - 3070-50-3212-FE-006



Fonte: Software Reliasoft (2018).

O Gráfico 3 mostra a queda da confiabilidade à medida que o tempo chega ao recomendado, 455 dias, e que atenderia a operação sem ocasionar qualquer impacto no processo.

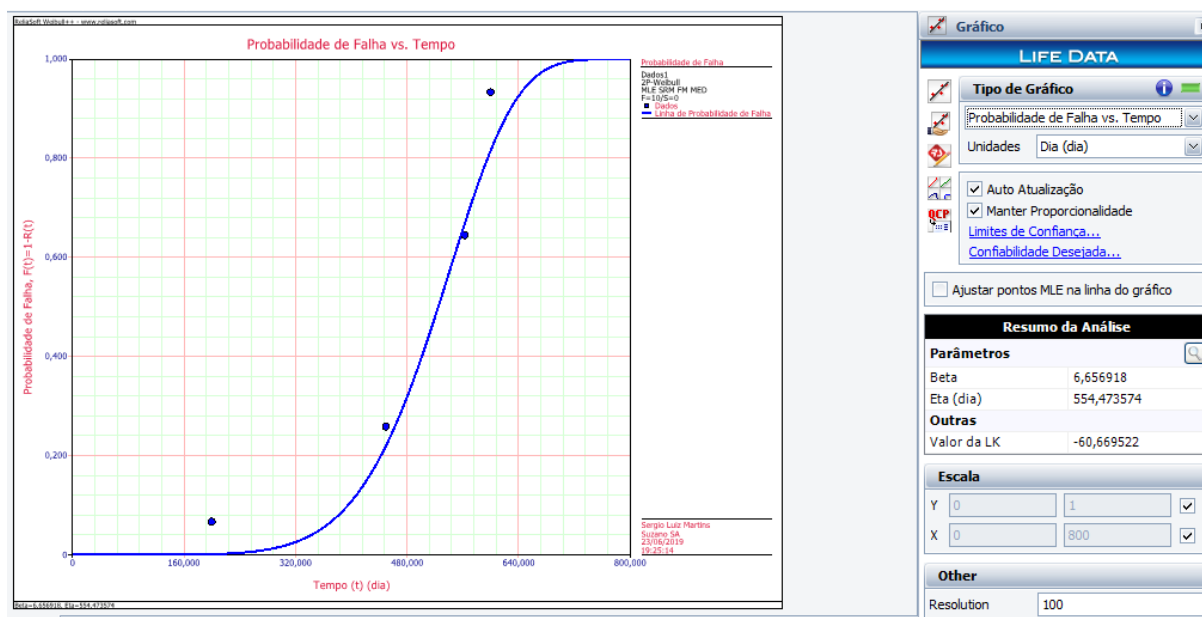
Figura 28: Análise de Probabilidade de Falha - 3070-50-3212-FE-006



Fonte: Software Reliasoft (2018).

A Figura 26 retrata os dados inseridos no software Weibull ++ conforme histórico do medidor de tag 3212-FE-006, visando informar a probabilidade de falha. No caso em questão, a mesma é muito alta (23,52) considerando uma campanha de 455 dias, que é o período que atenderia a operação sem ocasionar qualquer impacto no processo.

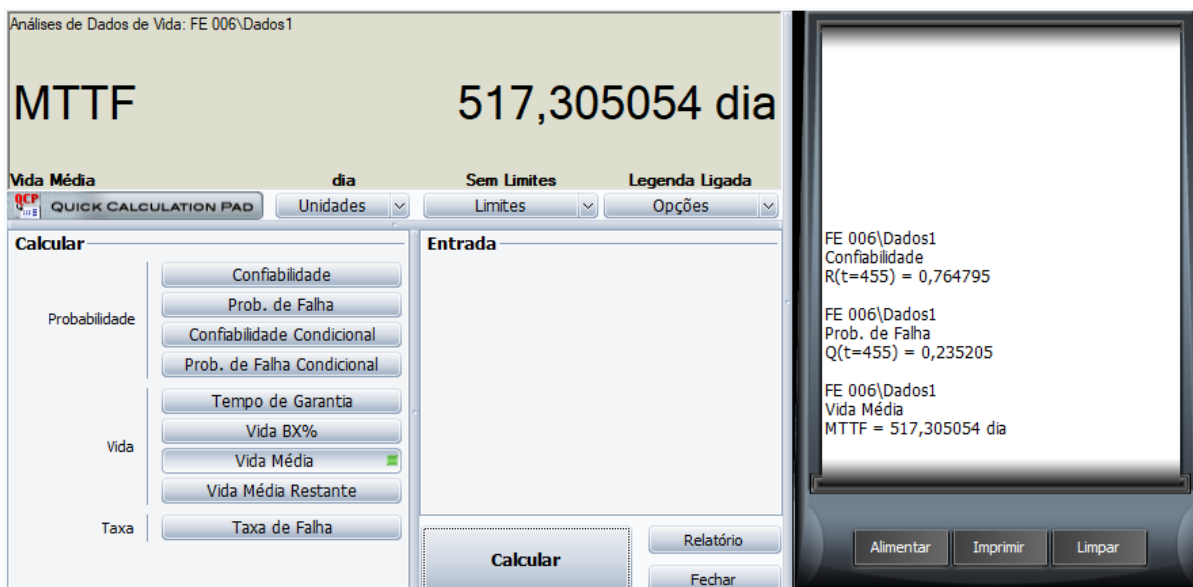
Gráfico 4: Gráfico de Probabilidade de Falha x Tempo - 3070-50-3212-FE-006



Fonte: Software Reliasoft (2018).

O Gráfico 4 mostra o aumento da probabilidade de falha à medida que o tempo chega ao recomendado, 455 dias, e que atenderia a operação sem ocasionar qualquer impacto no processo.

Figura 29: Análise de Vida Média - 3070-50-3212-FE-006



Fonte: Software Reliasoft (2018).

A Figura 29 retrata os dados inseridos no software Weibull ++ conforme histórico do medidor de tag 3212-FE-006, visando informar a vida média. No caso em questão, a mesma é muito baixa (517 dias), considerando uma campanha de 455 dias, que é o período que atenderia a operação sem ocasionar qualquer impacto no processo.

4.5.3 Medidor Magnético de Vazão 3070-50-3212-FE-606

Através do modelamento foram obtidas as informações de confiabilidade, probabilidade de falha e vida média (tempo médio até a falha) do medidor em questão, que seguem.

4.5.3.1 Análise de Confiabilidade / Probabilidade de Falha / Vida Média

Considerando um tempo de campanha de 455 dias

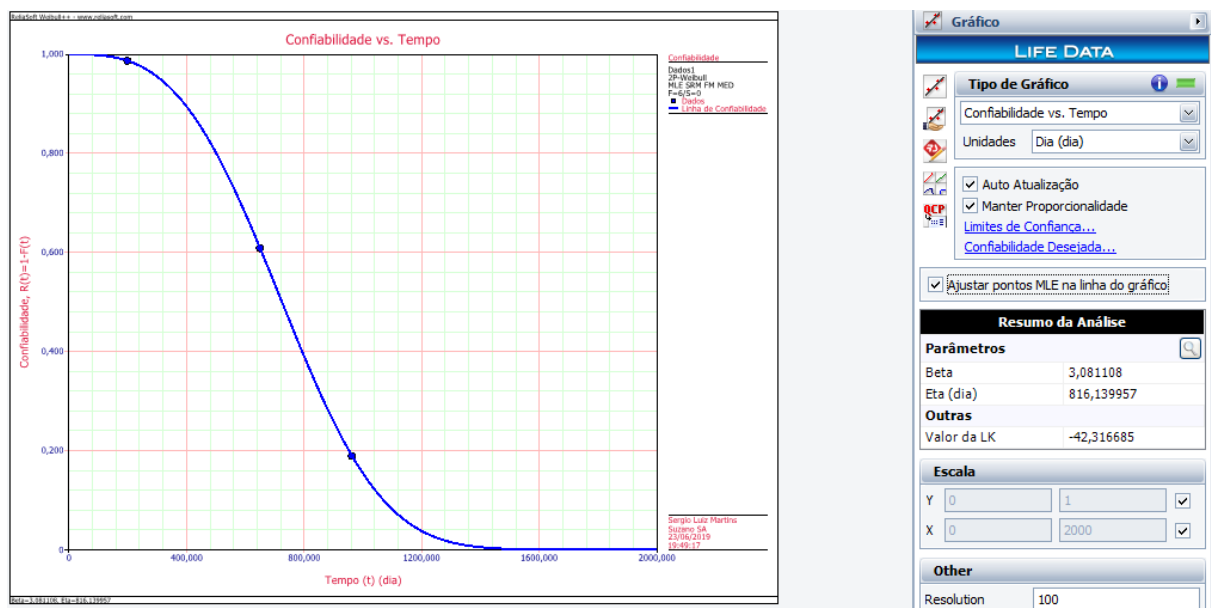
Figura 30: Análise de Confiabilidade - 3070-50-3212-FE-606



Fonte: Software Reliasoft (2018).

A Figura 30 retrata os dados inseridos no software Weibull ++ conforme histórico do medidor de tag 3212-FE-606, visando informar a confiabilidade. No caso em questão, a mesma está próxima em relação aos outros medidores (84,7%) considerando uma campanha de 455 dias, que é o período que atenderia a operação sem ocasionar qualquer impacto no processo.

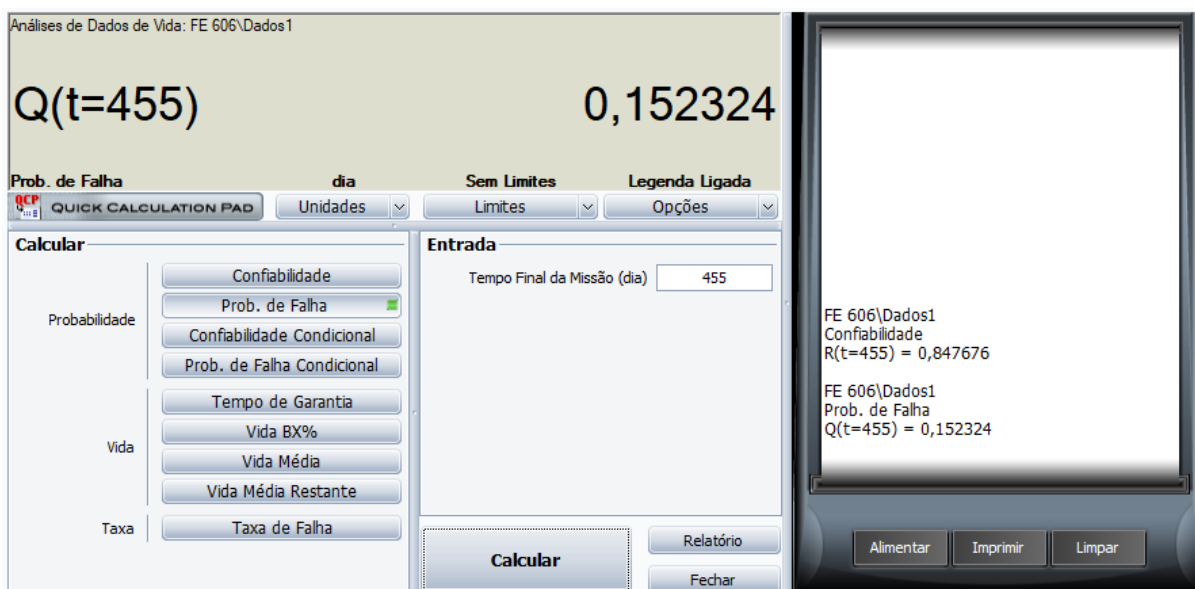
Gráfico 5: Gráfico de Confiabilidade x Tempo - 3070-50-3212-FE-606



Fonte: Software Reliasoft (2018).

O Gráfico 5 mostra a queda da confiabilidade à medida que o tempo chega ao recomendado, 455 dias, e que atenderia a operação sem ocasionar qualquer impacto no processo.

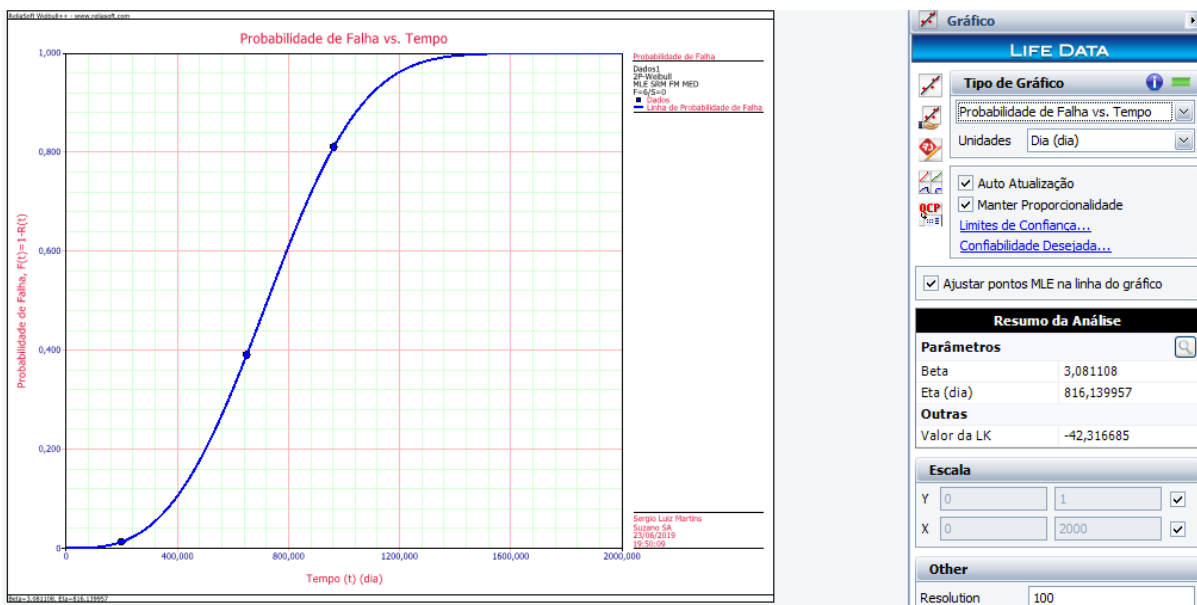
Figura 31: Análise de Probabilidade de Falha - 3070-50-3212-FE-606



Fonte: Software Reliasoft (2018).

A Figura 31 retrata os dados inseridos no software Weibull ++ conforme histórico do medidor de tag 3212-FE-606, visando informar a probabilidade de falha. No caso em questão, a mesma é moderada em relação aos outros medidores analisados (15,23) considerando uma campanha de 455 dias, que é o período que atenderia a operação sem ocasionar qualquer impacto no processo.

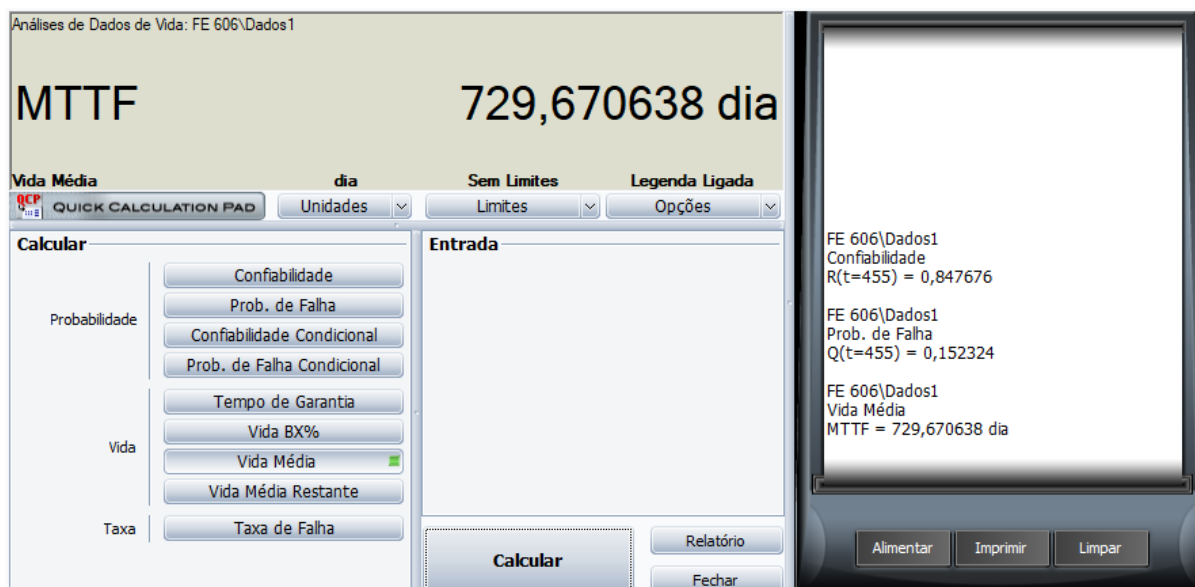
Gráfico 6: Gráfico de Probabilidade de Falha x Tempo - 3070-50-3212-FE-606



Fonte: Software Reliasoft (2018).

O Gráfico 6 mostra o moderado aumento da probabilidade de falha, em relação aos outros dois medidores, à medida que o tempo chega ao recomendado, 455 dias, e que atenderia a operação sem ocasionar qualquer impacto no processo.

Figura 32: Análise de Vida Média - 3070-50-3212-FE-606



Fonte: Software Reliasoft (2018).

A Figura 32 retrata os dados inseridos no software Weibull ++ conforme histórico do medidor de tag 3212-FE-606, visando informar a vida média. No caso em questão, a mesma é moderada (729 dias), considerando uma campanha de 455 dias, que é o período que atenderia a operação sem ocasionar qualquer impacto no processo.

Analisando os dados e gráficos obtidos da confiabilidade, probabilidade de falha e o tempo médio entre falhas, o equipamento FE 495 não irá atender a campanha necessária (455 dias), os outros dois FE-006 e 606 estariam dentro da campanha quando da manutentabilidade.

O valor de β maior que 1 representa possíveis problemas de vida útil ou projeto inadequado à aplicação do processo, coerente com a realidade vivenciada na área. Em entrevista com os engenheiros do processo e de confiabilidade foi possível identificar que há necessidade de rever processos de reparo, bem como estudo direcionado à aplicação precisam ser refeitos. Para isso foi realizado o FMEA onde foi encontrado 40 variáveis que podem impactar o processo não permitindo a confiabilidade desejada do Sistema.

4.6 ETAPAS DO FMEA

A seguir seguem as etapas para o desenvolvimento do FMEA:

4.6.1 Debate (*Brainstorming*)

Segundo comenta Chiavenato (1995) “Brainstorming” é uma técnica de geração de ideias que vem conquistando notável espaço nas empresas preocupadas com a administração participativa e com a qualidade total. Na realidade, o “brainstorming” é uma espécie de bate-papo direcionado, uma troca de ideias a respeito de um determinado assunto.

Quadro 2: Brainstorming com a equipe envolvida

Entrada	Variável	Causa
X1	Local de instalação	MEIO
X2	Agente externo (andaime, transbordo)	MEIO
X3	Inspeção inadequada	MEDIÇÃO
X4	Periodicidade de manutenção	METODO
X5	Ausência de plano de manutenção preventiva	METODO
X6	Especificação de projeto	MAO DE OBRA
X7	Documentação incorreta	MAO DE OBRA
X8	Sujeira na área	MEIO
X9	Vida útil dos componentes	MAQUINA
X10	Incrustação no eletrodos	MAQUINA
X11	Baixa isolamento	MAQUINA
X12	Corrosão nas conexões	MATERIAL
X13	Operação indevida	METODO
X14	Difícil acesso à instalação	MEIO
X15	Falta de sobressalentes	MAQUINA
X16	Qualidade do prestador de serviço	MAO DE OBRA
X17	Excesso de vibração	MAQUINA
X18	Excesso de cavitação	MAQUINA
X19	Montagem incorreta	MAO DE OBRA
X20	Falta de manutenção preditiva	METODO
X21	Erosão e abrasão nos internos	MEIO
X22	Sistema de diagnóstico impreciso	MEDIÇÃO
X23	Falta de treinamento	MAO DE OBRA
X24	Falta de nota de manutenção	MEIO
X25	Fluxo de reparo	METODO
X26	Especificação de compra	MAO DE OBRA
X27	Inspeção de recebimento do material	METODO
X28	Lista técnica desatualizada	MATERIAL
X29	Falta de intercambiabilidade	MATERIAL
X30	Nível de estoque de segurança	MATERIAL
X31	Junta incorreta	MATERIAL
X32	Fim de vida útil da junta	MATERIAL
X33	Alteração de projeto	MAO DE OBRA
X34	Falta de identificação nas áreas	MEIO
X35	Falta de proteção (plástica / metálica)	MAQUINA
X36	Falta de análise de aplicação	METODO
X37	Fluxo de correções para problemas emergenciais	METODO
X38	Rota OPL	METODO
X39	Corpo estranho no magnético	MAQUINA
X40	Interface entre áreasuprimentosxfornecedor	METODO

Fonte: Própria (2019)

O Quadro 2 retrata as 40 variáveis levantadas, e que podem impactar diretamente na performance dos medidores magnéticos em estudo.

4.6.2 Matriz Causa e Efeito

A Matriz Causa e Efeito tem como objetivo priorizar as entradas do processo de acordo com o impacto de cada uma nas saídas ou requerimentos do cliente.

Quadro 3: Matriz Causa x Efeito

LEGENDA: 10-9-8 - Correlação Forte 7-6-5-4 - Correlação moderada 3-2-1 - Correlação fraca 0 - Correlação ausente				
Índice de Importância		10		
X's do Processo	DESCRIÇÃO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	TOTAL	Esforço de Eliminação da Variável de Entrada
X1	Local de instalação	7	70	Baixo
X2	Agente externo (andaime, transbordo)	3	30	Baixo
X3	Inspeção inadequada	2	20	Baixo
X4	Periodicidade de manutenção	8	80	Baixo
X5	Ausência de plano de manutenção preventiva	9	90	Baixo
X6	Especificação de projeto	10	100	Baixo
X7	Documentação incorreta	7	70	Alto
X8	Sujeira na área	3	30	Baixo
X9	Vida útil dos componentes	9	90	Baixo
X10	Incrustação no eletrodos	9	90	Alto
X11	Baixa isolamento	9	90	Alto
X12	Corrosão nas conexões	3	30	Baixo
X13	Operação indevida	7	70	Baixo
X14	Difícil acesso à instalação	7	70	Baixo
X15	Falta de sobressalentes	10	100	Baixo
X16	Qualidade do prestador de serviço	10	100	Baixo
X17	Excesso de vibração	10	100	Baixo
X18	Excesso de cavitação	10	100	Baixo
X19	Montagem incorreta	10	100	Baixo
X20	Falta de manutenção preditiva	9	90	Baixo
X21	Erosão e abrasão nos internos	10	100	Baixo
X22	Sistema de diagnóstico impreciso	10	100	Alto
X23	Falta de treinamento	10	100	Baixo
X24	Falta de nota de manutenção	5	50	Baixo
X25	Fluxo de reparo	9	90	Baixo
X26	Especificação de compra	9	90	Baixo
X27	Inspeção de recebimento do material	10	100	Baixo
X28	Lista técnica desatualizada	9	90	Baixo
X29	Falta de intercambiabilidade	9	90	Baixo
X30	Nível de estoque de segurança	10	100	Baixo
X31	Junta incorreta	10	100	Baixo
X32	Fim de vida útil da junta	7	70	Alto
X33	Alteração de projeto	10	100	Baixo
X34	Falta de identificação nas áreas	8	80	Alto
X35	Falta de proteção (plástica / metálica)	7	70	Alto
X36	Falta de análise de aplicação	8	80	Baixo
X37	Fluxo de correções para problemas emergenciais	9	90	Baixo
X38	Rota OPL	10	100	Baixo
X39	Corpo estranho no magnético	10	100	Baixo
X40	Interface entre área de suprimentos e fornecedor	10	100	Baixo

Fonte: Própria (2019)

O Quadro 3 retrata as 40 variáveis levantadas, mapeando qual a importância ao processo e qual o esforço, seja ele humano e/ou material, para tratamento do assunto visando buscar a melhor performance dos medidores magnéticos em estudo.

4.6.3 Matriz Esforço e Impacto

Matriz Esforço e Impacto tem como objetivo avaliar as entradas que vale à pena começar a tomar ações para reduzir os defeitos no processo, coletando os dados para as análises, empreendendo recursos (tempo, dinheiro, pessoas) para estudar o fator.

Quadro 4: Matriz Esforço x Impacto

Conceito: Avaliar as entradas que vale à pena começar a tomar ações para reduzir os defeitos no processo, coletando os dados para as análises, empreendendo recursos (tempo, dinheiro, pessoas) para estudar o fator.

ESFORÇO	ALTO	X22-X10-X11-X34-X7- X32-X35	X7-X32-X35
	BAIXO	X6-X15-X16-X17-X18- X19-X21-X23-X25-X27- X30-X31-X33-X38-X39- X40-X5-X9-X20-X25- X26-X28-X29-X37-X4- X36	X1-X13-X14-X24-X8- X12-X2-X3
		ALTO	BAIXO
		IMPACTO	

Fonte: Própria (2019)

O Quadro 4 retrata as 40 variáveis levantadas, mapeando o impacto ao processo e qual o esforço, seja ele humano e/ou material, para tratamento do assunto visando buscar a melhor performance dos medidores magnéticos em estudo.

Algumas variáveis tiveram avaliação importante no processo, mas a variável X16 *Qualidade do prestador de serviço*, teve um fator relevante, razão pela qual foi

acompanhado in loco o processo de reparo de um medidor magnético de vazão, junto ao fornecedor, conforme etapas do cronograma (Figura 15), considerado este “Tão Bom Quanto Novo”, ou do inglês AGAN (*As Good As New*). No anexo A está evidenciado o processo envolvendo todas as variáveis e etapas analisadas, bem como no anexo B o plano de ação para cada uma delas.

Tabela 3: FMEA – Análise

PARTICIPANTES:																		
Identificação da Etapa	Etapa do Processo	Potencial X	FALHAS POSSÍVEIS			CONTROLES ATUAIS	ÍNDICES			AÇÕES RECOMENDADAS	RESPONSÁVEL	AÇÕES TOMADAS	ÍNDICES			Nota		
			MODO	EFEITO	CAUSAS		SE	OC	DE				RP	SE	OC		DE	RP
X16	Reparo Externo	Qualidade do prestador de serviço	Retrabalho das atividades. Não cumprimento do prazo de entrega	Atrasos no retorno à normalidade do processo	Falta de qualificação, proximidade ao cliente e de estrutura para atendimento à necessidade.	Existência de um acordo de fornecimento para manutenção em válvulas	9	5	5	225	Avaliar técnica e comercialmente os fornecedores	Sérgio Martins	Avaliar técnica e comercialmente os fornecedores	7	4	4	112	100

Fonte: Própria (2019)

Identificação da Etapa – X16

Etapa do Processo – Reparo Externo

Potencial X - Qualidade do prestador de serviço

MODO - Retrabalho das atividades. Não cumprimento do prazo de entrega

EFEITO - Atrasos no retorno à normalidade do processo

CAUSAS - Falta de qualificação, proximidade ao cliente e de estrutura para atendimento à necessidade.

CONTROLES ATUAIS - Não há Existência de um acordo de fornecimento para manutenção em medidores magnéticos de vazão.

SEVERIDADE – 9

OCORRÊNCIA – 5

DETECÇÃO – 5

RPN - 225

AÇÕES RECOMENDADAS - Avaliar técnica e comercialmente os Fornecedores

RESPONSÁVEL – Sérgio Luiz Martins

AÇÕES TOMADAS - Avaliar técnica e comercialmente os Fornecedores

SEVERIDADE – 7

OCORRÊNCIA – 4

DETECÇÃO – 4

RPN - 112

A Tabela 3 contribui para melhor entendimento das variáveis levantadas pela equipe quando no debate (brainstorming).

Tabela 4: FMEA – Plano de Ação

CAUSA/OPORTUNIDADE	X's do Processo	O QUE FAZER	QUEM	QUANDO	PORQUE	COMO	ONDE	STATUS
		(ação ou contramedida)	(responsável)	(prazo/conclusão)	(Justificativa da ação)	(Detalhamento da ação)	(local)	% executado
Qualidade do prestador de serviço	X16	Avaliar técnica e comercialmente os fornecedores	Sérgio Martins e Ângelo	30/06/2019	Atrasos no retorno à normalidade do processo	Visitando o fornecedor e avaliação do tratamento dado ao dia a dia	Suzano	GOL - ARA000.163

Fonte: Própria (2019)

CAUSA/OPORTUNIDADE - Qualidade do prestador de serviço

X's do Processo – X16

O QUE FAZER (ação ou contramedida) - Avaliar técnica e comercialmente os Fornecedores

QUEM (responsável) - Sérgio Martins e Ângelo

QUANDO (prazo/conclusão) – 30/06/2019

PORQUE (Justificativa da ação) - Atrasos no retorno à normalidade do processo

COMO (Detalhamento da ação) - Visitando o fornecedor e avaliação do tratamento dado ao dia a dia

ONDE (local) – Empresa produtora de celulose no município de Aracruz

STATUS % executado - GOL - ARA000.163

A Tabela 4 contribui para melhor entendimento das variáveis, visando gerar o plano de ação e acompanhamento das ações pelos responsáveis da equipe.

4.7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O uso das ferramentas de Engenharia de Confiabilidade abordados nos capítulos anteriores e no desenvolvimento, como confiabilidade, probabilidade de falha e vida média permitiram direcionar o estudo para utilização do FMEA, que declinou para um fator relevante quanto à manutenibilidade dos equipamentos, razão pela qual a presença no fornecedor foi fundamental para entendimento deste processo, reduzindo desta forma o RPN. Ainda sim, fruto disso foram as melhorias propostas na sequência.

4.8 PROPOSTA DE MELHORIAS

“Segundo Goldratt e Cox (2002)” ao pensar com lógica e consistência sobre seus problemas, as pessoas são capazes de determinar as relações de “causa e efeito” entre ação e resultado.”

Fatores determinantes para uma ação de melhoria em conjunto com o fornecedor que permitiu conhecer:

4.8.1 Problemas

Dúvidas operacionais referente a indicação falsa de fluxo;

Controle em manual de forma frequente;

Elevado número de falhas de funcionamento;

Redução na disponibilidade operacional da malha de vazão;

Aumento nos custos de manutenção, relacionado a substituição dos medidores, em função da baixa vida média.

4.8.2 Causas

Deformação do revestimento interno do tubo;

Baixa isolamento nos eletrodos de medição e bobinas;

Incrustação nos eletrodos de medição.

Fotografia 3: Deformação no revestimento



Deformação no Revestimento

Fonte: Própria (2019)

A fotografia 3 refere-se a um dos medidores em estudo, onde ao retirá-lo do processo, foi verificada a deformação no revestimento interno do tubo, sendo esta uma das causas da baixa performance do medidor.

4.8.3 Objetivo

Desenvolver em conjunto ao fornecedor a revitalização de um medidor magnético com características especiais, contribuindo para mitigar / eliminar as 3 causas principais geradoras de falhas nos medidores magnéticos, que compreende a deformação no revestimento, baixa isolamento e a incrustação nos eletrodos.

4.9 IMPLEMENTAÇÃO

Instalação de tela aderente no revestimento, cuja finalidade é aderir o teflon (material) ao tubo, ainda no processo de revestimento do tubo, ação que permite eliminar a formação de bolhas internas do tubo.

Instalação de um dissipador de calor, cujo objetivo é aumentar a vida útil das bobinas e eletrodos, mitigando as falhas ocasionadas pela alta temperatura no qual os medidores estão submetidos, média de 160 graus centígrados.

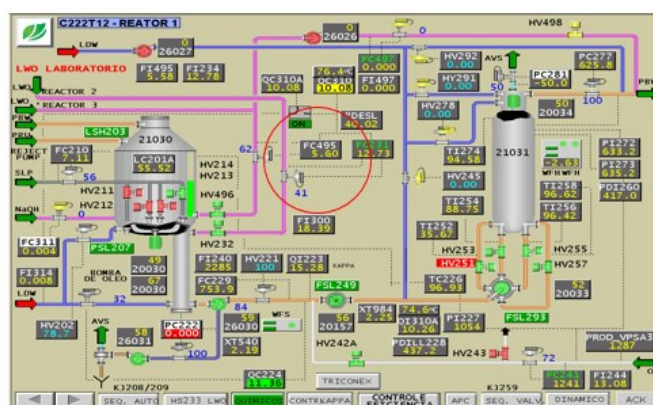
Instalação de eletrodo anti-Incrustante, cujo objetivo é evitar incrustação nos eletrodos de medição.

Ainda abaixo segue os resultados após manutenibilidade e melhorias executadas nos medidores em questão:

4.9.1 Instalação Medidor Magnético - 3070-50-3222-FE-495

O objetivo é mostrar a importância deste medidor, dentro de um complexo processo de controle, que visa buscar qualidade do produto.

Figura 33: Medidor Magnético - 3070-50-3222-FE-495



ANTES:



DEPOIS:



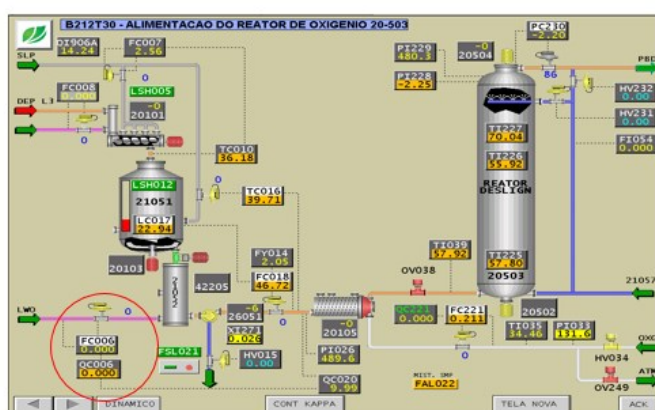
Fonte: Fábrica de celulose

A Figura 33 mostra a instalação do medidor restaurado, com as melhorias implementadas, evitando a deformação no revestimento, baixa isolamento e a incrustação nos eletrodos.

4.9.2 Instalação Medidor Magnético - 3070-50-3212-FE-006

O objetivo é mostrar a importância deste medidor, dentro de um complexo processo de controle, que visa buscar qualidade do produto.

Figura 34: Medidor Magnético - 3070-50-3212-FE-006



ANTES:



DEPOIS:



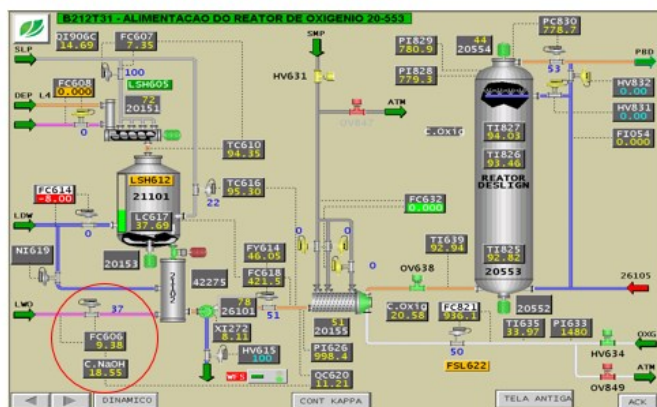
Fonte: Fábrica de celulose

A Figura 34 mostra a instalação do medidor restaurado, com as melhorias implementadas, evitando a deformação no revestimento, baixa isolamento e a incrustação nos eletrodos.

4.9.3 Instalação Medidor Magnético - 3070-50-3212-FE-606

O objetivo é mostrar a importância deste medidor, dentro de um complexo processo de controle, que visa buscar qualidade do produto.

Figura 35: Medidor Magnético - 3070-50-3212-FE-606



ANTES:



DEPOIS:



Fonte: Fábrica de celulose

A Figura 33 mostra a instalação do medidor restaurado, com as melhorias implementadas, evitando a deformação no revestimento, baixa isolamento e a incrustação nos eletrodos.

4.10 CUSTOS

4.10.1 Custo de Implantação

O custo é uma variável dentro da manutenção constantemente analisado, razão pela qual toda correção ou melhoria deve ser feita de maneira se obter no melhor custo, com a elaboração de planos sustentáveis.

Figura 36: Custo de Implantação

Custo de implantação: R\$ 12.248,69

Grupo/Denomin.	Csts.estim.	Csts.plan.	Csts.reais	M.
Custos	0,00	3.689,79	3.658,51	BRL
Liquidação	0,00	0,00	270,58	BRL

Grupo/Denomin.	Csts.estim.	Csts.plan.	Csts.reais	M.
Custos	0,00	8.590,18	8.590,18	BRL
Liquidação	0,00	0,00	236,76	BRL

Fonte: Fábrica de celulose

A Figura 36 evidencia o registro no SAP do custo total envolvido com a implantação das melhorias executadas.

4.10.2 Comparação Antes e Após Implantação

Muito comum nas organizações a comparação dos custos existentes em qualquer operação que envolva a manutenção, independente se o ativo é simples ou complexo.

Figura 37: Comparação do Antes e Após Implantação

Antes da Implementação

- Substituição de medidores: **2 a 3/ano**
- Gasto com substituição: **R\$ 71.040,35**

Após Implementação

- Substituição de medidores : **0**
- Gasto com substituição: **R\$ 0**

Nota: Não considerado valores referente ao consumo de soda, necessário quando essas malhas estão fora de operação, apenas potencial de economia em materiais.

Fonte: Fábrica de cellulose

Antes da implantação, os custos envolvidos eram muito alto. Isto impacta diretamente no orçamento anual, gerando a necessidade de revê-lo durante a campanha de um ano.

4.10.3 Redução de Substituição dos Medidores

A manutenção busca a contínua produtividade, e a redução na substituição de qualquer ativo, é fundamental para atingir os resultados esperados.

Figura 38: Redução de substituição dos medidores

Redução do número de substituição a zero, após a implantação.

The figure consists of two side-by-side screenshots of the ACD (Arquitetura de Controle Distribuído) system interface, showing incident logs for 'Produção Celulose Branqueada'.

Left Screenshot (Before Implementation): Shows a list of incidents from 05/11/2018 to 09/01/2019. The incidents are categorized as 'Desafogação' (Flow Meter Unblocking) for various flow meters (FE-4, FE-6, FE-8). The 'Disciplina Ocorrência' (Incident Discipline) is 'Instrumentação' (Instrumentation). The 'Disciplina FTP' (Incident FTP Discipline) is 'Operação' (Operation). The 'Tempo' (Time) column shows durations ranging from 0:00:00 to 18:42:50. Below the table, there is a detailed description of an incident on 07/11/2018 at 14:30, stating that flow meter FE-4 was substituted and instrumented.

Right Screenshot (After Implementation): Shows a list of incidents from 15/12/2018 to 17/12/2018. The incidents are categorized as 'Instrumentação' (Instrumentation) for flow meters FE-4 and FE-495. The 'Disciplina Ocorrência' (Incident Discipline) is 'Instrumentação' (Instrumentation). The 'Disciplina FTP' (Incident FTP Discipline) is 'Instrumentação turno' (Instrumentation shift). The 'Tempo' (Time) column shows durations ranging from 0:00:00 to 13:00:00. Below the table, there is a detailed description of an incident on 17/12/2018 at 08:48, stating that flow meter FE-495 was instrumented to check for zero indication.

Fonte: Fábrica de cellulose

A Figura 38 evidencia o registro no ACD, a redução de substituição dos medidores, com a implantação das melhorias executadas.

4.11 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

A metodologia definida para os medidores magnéticos de vazão, nos permite dar uma maior segurança na tomada de decisão nas implementações realizadas, uma vez que o envolvimento da equipe de área representa a realidade vivenciada em campo.

O próximo capítulo enfatizará os resultados obtidos dessa Análise, já mostrados anteriormente e as recomendações necessárias para alcançar os objetivos do negócio.

5 CONCLUSÃO

Embora o estudo, análise e utilização dos itens descritos como objetivo que foram fazer o levantamento do histórico de falhas dos medidores de 2014 a 2018, utilizar a metodologia RCM para mapear e tratar as causas raízes dos principais modos de falha identificados, utilizar análise RAM e fazer estudo de aplicação conforme condições de processo, o FMEA é que proporcionou os resultados alcançados permitindo direcionar ações para obtenção de resultados ainda mais rápidos com menores custos e abrangentes a outros equipamentos e unidades de operação.

O valor de MTBF e o tempo indisponível do sistema mostram uma oportunidade para definir ações que permitam melhorar a volume de celulose produzida.

A redução das taxas de falha, evidenciadas no ACD pela redução a zero no número de intervenções, indica confiabilidade e maior disponibilidade operacional. Ainda como não mensuráveis neste processo, a produtividade e segurança da equipe.

A grande dificuldade encontrada no decorrer dos trabalhos foi quanto à seleção dos dados levantados, mas que como fator positivo serviu para mapear desvios para correções sistêmicas no processo, e uma vez corrigidos geram oportunidades nos próximos trabalhos.

Em síntese, o estudo permitiu definir a melhor estratégia de manutenção para estes ativos e com expansão para os demais. A identificação das causas das falhas, também como objetivo proposto, assim como estudo de aplicação conforme condições de processo, foram fundamentais para que o resultado fosse alcançado, auxiliados estes com as curvas de confiabilidade geradas pelo software Reliasoft, de cada um dos medidores magnéticos de vazão.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A manutenção orientada para o estudo de aplicação terá ganhos significativos, pois a aplicação da metodologia demonstrada ou uma nova que surgir, pode ser adequada aos demais equipamentos/instrumentos de manutenção, e em qualquer disciplina, bem como em outras unidades da empresa produtora de celulose no município de Aracruz e outros segmentos do mercado. Além disso um trabalho direcionado à obsolescência de equipamentos, em função do riscos dela na automação, influenciando na disponibilidade limitada de peças, segurança e sustentabilidade, bem como no aumento nos custos de suporte, entendo ser um item importante a explorar como forma de melhor agregar valor à gestão de ativos. Além disso a participação de técnicos, engenheiros e gerente em simpósios oferecidos pela Compass, terão impacto na cultura de confiabilidade de forma que a mesma seja feita de forma natural na rotina de trabalho de todo processo produtivo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Confiabilidade e Manutenibilidade – Terminologia. Norma **ABNT NBR 5462** 1994. Baseada na IEC 50 (191).

CALIXTO, E, **Gas and Oil Reliability Engineering** – Modeling and Analysis, Rio de Janeiro, 2016.

CHIAVENATO, Idalberto, (1995, p. 72 apud FERREIRA, 2003, p. 15).

GOLDRATT, Eliyahu M. e COX Jeff, A Meta: **Um Processo de Melhoria Contínua**. 2ª ed: tradução de Thomas Corbett Neto, São Paulo: Nobel 2002.

MARTINS, Sérgio Luiz, “**Gestão da Manutenção Industrial na Fabricação de Polpa Kraft Branqueada**”, *Esp.*, Universidade Federal de Viçosa, maio de 2012.

MOUBRAY, John, “**Manutenção Centrada em Confiabilidade**”, 4ª Edição, Woburn, MA, Estados Unidos, 1997 (329).

Komal,Sharma,&Kumar,https://www.researchgate.net/publication/220199618_RAM_of_repairable_industrial_systems_utilizing_uncertain_data, 2010.

PALLEROSI, C. A, **Confiabilidade de Sistemas vol.4**, Confiabilidade, a Quarta Dimensão da Qualidade, 2007.

EMPRESA PRODUTORA DE CELULOSE NO MUNICÍPIO DE ARACRUZ. Manual de treinamento para operadores de painel. Aracruz 2019

SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CONFIABILIDADE. Reliasoft/Compass. São Paulo 2018.

SOFTWARE DA RELIASOFT Corporation. Plataforma. (Weibull++ 2018 e BlockSim 2018)

ANEXO A – FMEA – ANÁLISE

Etapas e variáveis analisadas no FMEA

PARTICIPANTES:		FALHAS POSSÍVEIS										ÍNDICES				AÇÕES RECOMENDADAS
Identificação da Etapa	Etapa do Processo	Potencial X	MODO	EFETO	CAUSAS	CONTROLES ATUAIS	SE	OC	DE	RP						
X6	Dados Técnicos	Especificação de projeto	Baixo desempenho. Frequência de manutenção	Não atendimento a especificação do cliente, gerando mal dimensionamento.	Erro na aplicação	Nenhum. Feito de forma não sistematizada	5	5	5	125	Levantar histórico das 888 elementos primários (magnéticos) e elaborar fluxo para a introdução de novos equipamentos.					
X7	Dados Técnicos	Documentação incorreta	Através de correções nos AS BUILT (diagrama de malhas)	Diagnóstico impreciso, gerando atrasos na execução.	Inexistência de correção dinâmica ao sistema	Descrição na folha do diagrama de malhas à caneta, e de forma despadronizada	9	9	9	729	Atualização dos diagramas de malha e dados no SAP. A descrição na folha do diagrama de malhas é feita à caneta, e de forma despadronizada. Enviando o passivo à engenharia e corrigido de forma pontual pelo instrumentista/eletricista (Autocad)					
X26	Dados Técnicos	Especificação de compra	Baixo desempenho. Frequência de manutenção	Não atendimento a especificação do cliente	Erro na aplicação	Nenhum. Feito de forma não sistematizada	5	5	5	125	Levantar histórico das 888 elementos primários (magnéticos) e elaborar fluxo para a introdução de novos equipamentos.					
X28	Dados Técnicos	Lista técnica desatualizada	Atraso no diagnóstico	Atraso no retorno à normalidade do processo	Não atualização de documentos	Nenhum	9	9	9	729	Atualizar diagramas de malha					
X29	Dados Técnicos	Falta de intercambiabilidade	Falta de alternativas para utilizar instrumentos/pças similares	Atraso no retorno à normalidade do processo	Falta de análise de similaridade dos materiais em estoque.	Nenhum	5	5	5	125	Verificar compatibilidade dos materiais					
X33	Dados Técnicos	Alteração de projeto	Modificações resultando em problemas	Perda de produção. Aumento de custos	Não envolvimento das equipes do efetivo na discussão técnica	Nenhum. Feito de forma não sistematizada	9	9	9	729	Envolver equipes do efetivo na discussão técnica, melhorando a interface manutenção e engenharia e "Intensificar ações nas análises de falha" "Levantamento de dados técnicos"					
X36	Dados Técnicos	Nível de estoque de segurança	Baixa performance	Impossibilita aumento de produção e gera custos de manutenção	Conhecimento do processo		9	9	9	729	Envolver equipes do efetivo na discussão técnica, melhorando a interface manutenção e engenharia e "Intensificar ações nas análises de falha" "Levantamento de dados técnicos"					
X31	Dados Técnicos	Junta incorreta	Através de vazamento de produto (licor, polpa, vapor...)	Segurança, além de custos em perda de produção e em materiais e serviços	Junta má especificada. Montagem incorreta. Distúrbio operacional	Capote em juntas que são de conhecimento que estão fora de especificação. Inclusão na anôre do SAP o código do material correto.	9	9	9	729	Rever levantamento das juntas, bem como mapear para posterior programação de capotes/substituição das juntas que estão fora de especificação, utilizando o sistema notes (Sistema de Itens em Estoque). Ver cadastramento na anôre do SAP.					
X1	Acesso ao magnético	Local de instalação	Dificuldade no acesso ao magnético	Dificuldade de inspeção/intervenção	Montagem existente, sem avaliação da manutenção	Não há. Comissionamento a ser feito pela manutenção	8	7	9	504	Fazer levantamento e corrigir pontos de anomalias. Acompanhamento pela manutenção de todo equipamento novo a ser instalado.					
X2	Acesso ao magnético	Agente externo (andaime, transbordo)	Aspecto da área	Risco de acidente, gerando atrasos na intervenção/inspeção	Material deixado na área. Falta de manter o local organizado	Corretivo	8	8	9	576	Relatar e providenciar correção da anomalia encontrada, quando na execução da MPL e OPL					
X14	Acesso ao magnético	Difícil acesso à instalação	Dificuldade no acesso ao magnético	Dificuldade de inspeção/intervenção	Montagem existente, sem avaliação da manutenção	Não há. Comissionamento a ser feito pela manutenção	8	7	9	504	Fazer levantamento e corrigir pontos de anomalias. Acompanhamento pela manutenção de todo equipamento novo a ser instalado.					
X8	Acesso ao magnético	Sujeira na área	Aspecto da área	Risco de acidente, gerando atrasos na intervenção/inspeção	Material deixado na área. Falta de manter o local organizado	Corretivo	8	9	9	648	Relatar e providenciar correção da anomalia encontrada, quando na execução da MPL e OPL					
X35	Acesso ao magnético	Falta de proteção (plástica / metálica)	Deterioração do equipamento	Desgaste prematuro do material, podendo gerar falhas e custos	Falta de proteções adequadas	Proteções não padronizadas	9	9	9	729	Confeccionar proteções plásticas identificadas					
X38	Rota de Inspeção	Rota OPL	Pela inexistência de fluxo de inspeção em válvulas na rota de OPL	Agravamento do problema por falta de antecipação, a transformos maiores ao processo e equipamento.	Falta de definição sobre o conceito de OPL elementos primários	A OPL está em operação, mas não intensifica a inspeção em elementos primários de vazão	5	9	9	405	Reorientar a OPL, de forma que o operador passe a observar com maior critério o funcionamento do equipamento, acrescentando ao sistema da SKF os FE's com as rotas já determinadas. Obs: Pode haver necessidade de criação de novas rotas. Será definido as					
X3	Rota de Inspeção	Inspeção inadequada	Falha no diagnóstico	Retrabalho. Atraso na liberação do equipamento	Falta de treinamento. Falta de ferramenta preditiva	Utilização parcial da ferramenta	9	9	9	729	Utilizar os recursos necessários para a inspeção ser assertiva					
X4	Programação da Manutenção Preventiva/Preditiva	Periodicidade de manutenção	Não cumprimento do plano de manutenção	Aumento de manutenção corretiva	Desvio de programação	Programação semanal	9	8	9	648	Atender a programação semanal, administrando os desvios de forma a não comprometer o plano de manutenção					
X5	Programação da Manutenção Preventiva/Preditiva	Ausência de plano de manutenção preventiva	Não cumprimento das atividades preventivas	Aumento de manutenção corretiva	Totalidade dos equipamentos não contemplados	Registro no SAP	9	8	9	648	Verificar planos de manutenção preventivos no SAP					
X20	Programação da Manutenção Preventiva/Preditiva	Falta de manutenção preditiva	Não cumprimento das atividades preventivas	Aumento de manutenção corretiva	Totalidade dos equipamentos não contemplados	Registro no SAP	9	9	9	729	Verificar registros históricos no SAP					
X19	Programação da Manutenção Preventiva/Preditiva	Montagem incorreta	Por retrabalho	Custos em perda de produção e em materiais e serviços	Qualidade do prestador do serviço	Manuais de manutenção	9	5	3	135	Atualizar, cadastrar no SAP e fazer uso dos manuais de montagem.					
X24	Programação da Manutenção Preventiva/Preditiva	Falta de nota de manutenção	Anormalidades evidenciadas, sem registro por nota	Atendimento emergencial. Desvio de programação.	Tag inexistente na anôre do SAP. Falta de registro via OPL	SAP-OPL-MPL	5	9	9	405	Rever tags na anôre do SAP, intensificando OPL e MPL					

X22	Diagnóstico do Problema	Sistema de diagnóstico impreciso	Dificuldade para diagnosticar o defeito	Dificuldade na tomada de decisão, pela não assertividade do diagnóstico	Falta da ferramenta adequada para a análise	Diagnóstico abrangendo parte das válvulas de controle.	9	9	9	729	Elaborar fluxo de atividades, para análise via SINDUS OPP ou similar. Analisar possibilidade
X23	Diagnóstico do Problema	Falta de treinamento	Por retrabalho e falha na assertividade do diagnóstico	Custos em perda de produção e em materiais e serviços	Falta de treinamento específico para diagnóstico de elementos primários de vazão	Treinamento executado de forma esporádica (2009 e 2010 - não executados)	5	5	5	125	Executar treinamento conforme necessidade observada durante a rotina
X24	Diagnóstico do Problema	Falta de nota de manutenção	Anormalidades evidenciadas, sem registro por nota	Atendimento emergencial. Desvio de programação.	Tag inexistente na árvore do SAP. Falta de registro via OPL	SAP-OPL-MPL	5	9	9	405	Rever tags na árvore do SAP, intensificando OPL e MPL
X34	Diagnóstico do Problema	Falta de identificação nas áreas	Sem identificação local	Intervenção em equipamento incorreto. Dificuldade de localização	Corrosão apagando a pintura	Identificação sem padronização, gerando inconfiabilidade	9	9	9	729	Identificação eficiente e de forma padronizada
X38	Rota de Inspeção	Rota OPL	Pela inexistência de fluxo de inspeção em válvulas na rota de OPL	Agruamento do problema por falta de antecipação, a transornos maiores ao processo e equipamento.	Falta de definição sobre o conceito de OPL em válvulas automáticas	A OPL está em operação, mas não intensifica a inspeção em válvulas	5	9	9	405	Reorientar a OPL, de forma que o operador passe a observar com maior critério o funcionamento do equipamento, acrescentando ao sistema da SKF as válvulas com as rotas já determinadas. Obs: Pode haver necessidade de criação de novas rotas. Será definido as
X37	Reparo Interno	Fluxo de correções para problemas emergenciais	Envio de equipamentos direto ao fornecedor ou falta de envio	Perda de controle sobre a atual situação da válvula, quando retirada para reparo	Descumprimento ou desconhecimento do fluxo.	Fluxo existente	9	9	9	729	Rever fluxo, conforme novas diretrizes
X16	Reparo Interno	Qualidade do prestador de serviço	Retrabalho das atividades. Não cumprimento do prazo de entrega	Atraso no retorno à normalidade do processo	Falta de qualificação, proximidade ao cliente e de estrutura para atendimento à necessidade.	Existência de um acordo de fornecimento para manutenção em válvulas	9	5	5	225	Avaliar técnica e comercialmente os fornecedores
X23	Reparo Interno	Falta de treinamento	Por retrabalho e falha na assertividade do diagnóstico	Custos em perda de produção e em materiais e serviços	Falta de treinamento específico para diagnóstico de falhas em válvulas	Treinamento executado de forma esporádica (2009 e 2010 - não executados)	5	5	5	125	Executar treinamento conforme necessidade observada durante a rotina
X15	Reparo Interno	Falta de sobressalentes	Material indisponível no estoque	Atraso na liberação ou correção do equipamento	Estoque mínimo de segurança inadequado. Número crescente de requisições em função da manutenção	Sistema de controle via SAP	5	5	5	125	Reavaliar os itens conforme cadastro na árvore dos equipamentos SAP. Redesenhar o fluxo para controle deste item, em função da migração do SAP (outubro 2010)
X9	Reparo Interno	Vida útil dos componentes	Tempo de utilização, resultando em baixo rendimento	Número alto de intervenções corretivas	Ciclo de funcionamento, levando a desgaste dos componentes	Nenhum	5	5	5	125	Substituição da peça, uma vez diagnosticado.
X25	Reparo Interno	Fluxo de reparo	Envio de equipamentos direto ao fornecedor ou falta de envio	Perda de controle sobre a atual situação da válvula, quando retirada para reparo	Descumprimento ou desconhecimento do fluxo.	Fluxo existente	9	9	9	729	Rever fluxo, conforme novas diretrizes
X29	Reparo Interno	Falta de intercambiabilidade	Falta de alternativas para utilizar instrumentos/peças similares	Atraso no retorno à normalidade do processo	Falta de análise de similaridade dos materiais em estoque.	Nenhum	5	5	5	125	Verificar compatibilidade dos materiais
X30	Reparo Interno	Nível de estoque de segurança	Material indisponível no estoque	Atraso na liberação ou correção do equipamento	Estoque mínimo de segurança inadequado. Número crescente de requisições em função da manutenção	Sistema de controle via SAP	5	5	5	125	Reavaliar os itens conforme cadastro na árvore dos equipamentos SAP. Redesenhar o fluxo para controle deste item, em função da migração do SAP (outubro 2010)
X16	Reparo Externo	Qualidade do prestador de serviço	Retrabalho das atividades. Não cumprimento do prazo de entrega	Atraso no retorno à normalidade do processo	Falta de qualificação, proximidade ao cliente e de estrutura para atendimento à necessidade.	Existência de um acordo de fornecimento para manutenção em válvulas	9	5	5	225	Avaliar técnica e comercialmente os fornecedores
X23	Reparo Externo	Falta de treinamento	Por retrabalho e falha na assertividade do diagnóstico	Custos em perda de produção e em materiais e serviços	Falta de treinamento específico para diagnóstico de falhas em válvulas	Treinamento executado de forma esporádica (2009 e 2010 - não executados)	5	5	5	125	Executar treinamento conforme necessidade observada durante a rotina
X15	Reparo Externo	Falta de sobressalentes	Material indisponível no estoque	Atraso na liberação ou correção do equipamento	Estoque mínimo de segurança inadequado. Número crescente de requisições em função da manutenção	Sistema de controle via SAP	5	5	5	125	Reavaliar os itens conforme cadastro na árvore dos equipamentos SAP. Redesenhar o fluxo para controle deste item, em função da migração do SAP (outubro 2010)
X20	Reparo Externo	Falta de manutenção preditiva	Aumento do número de intervenções corretivas e preventivas	Aumento de custos e ausência de ações de forma a antecipar transornos	Não utilização da ferramenta preditiva, por questões de fluxo administrativo e equipamentos	Não há	9	9	9	729	Colocar em operação o sistema de gerenciamento de ativos dos magnéticos existentes.
X25	Reparo Externo	Fluxo de reparo	Envio de equipamentos direto ao fornecedor ou falta de envio	Perda de controle sobre a atual situação do magnético, quando retirada para reparo	Descumprimento ou desconhecimento do fluxo.	Fluxo existente	9	9	9	729	Rever fluxo, conforme novas diretrizes
X9	Reparo Externo	Vida útil dos componentes	Tempo de utilização, resultando em baixo rendimento	Número alto de intervenções corretivas	Ciclo de funcionamento, levando a desgaste dos componentes	Nenhum	5	5	5	125	Substituição da peça, uma vez diagnosticado.
X29	Reparo Externo	Falta de intercambiabilidade	Falta de alternativas para utilizar instrumentos/peças similares	Atraso no retorno à normalidade do processo	Falta de análise de similaridade dos materiais em estoque.	Nenhum	5	5	5	125	Verificar compatibilidade dos materiais
X37	Reparo Externo	Fluxo de correções para problemas emergenciais	Envio de equipamentos direto ao fornecedor ou falta de envio	Perda de controle sobre a atual situação do magnético, quando retirada para reparo	Descumprimento ou desconhecimento do fluxo.	Fluxo existente	9	9	9	729	Rever fluxo, conforme novas diretrizes

X40	Aceitação do Reparo	Interface entre área suprimentos e fornecedor	Materiais retrados do estoque ou diretos, e apresentando problemas.	Atrasos no retorno à normalidade do processo, e não garantia de que o material existente no estoque, está em perfeitas condições de funcionamento.	Aceitação técnica, sem envolvimento do executante. Mudança de "versão" sem aviso prévio ao cliente	Aceitação técnica do retorno do equipamento da manutenção, feita pelo Suprimentos. Falta de verificação no fornecedor do material reparado.	8	9	9	648	Consensar o redesenho do fluxo de forma que a área técnica faça a avaliação, paralelo ao acompanhamento junto ao fornecedor, através de relatório de origem do problema, laudo do fornecedor e visita técnica ao fornecedor. Especificar garantia com etiqueta. Utilizar a "carta de aceite".																																																							
X27	Aceitação do Reparo	Inspeção de recebimento do material	Materiais retrados do estoque ou diretos, e apresentando problemas.	Atrasos no retorno à normalidade do processo, e não garantia de que o material existente no estoque, está em perfeitas condições de funcionamento.	Aceitação técnica, sem envolvimento do executante. Mudança de "versão" sem aviso prévio ao cliente	Aceitação técnica do retorno do equipamento da manutenção, feita pelo Suprimentos. Falta de verificação no fornecedor do material reparado.	8	9	9	648	Consensar o redesenho do fluxo de forma que a área técnica faça a avaliação, paralelo ao acompanhamento junto ao fornecedor, através de relatório de origem do problema, laudo do fornecedor e visita técnica ao fornecedor. Especificar garantia com etiqueta. Utilizar a "carta de aceite".																																																							
X29	Requisição de Material	Falta de intercambiabilidade	Falta de alternativas para utilizar instrumentos/peças similares	Atraso no retorno à normalidade do processo	Exclusividade no fornecimento de algumas peças	Não há. Feito de forma pontual	5	5	5	125	Verificar compatibilidade dos materiais																																																							
X11	Requisição de Material	Baixa Isolação	Ressacamento dos tubos	Vazamento de ar. Perda de controle da malha. Interrupção no funcionamento da válvula	Especificação incompatível com a área	Não há	8	8	5	320	Certificar se o item de estoque cadastrado, é o que realmente aplicado nas posições																																																							
X31	Requisição de Material	Junta incorreta	Através de vazamento de produto (licor, polpa, vapor...)	Ambiental e Segurança, além de custos em perda de produção e em materiais e serviços	Junta má especificada. Montagem incorreta. Distúrbio operacional	Capote em juntas que são de conhecimento que estão fora de especificação. Inclusão na árvore do SAP o código do material correto.	9	9	9	729	Rever levantamento das juntas, bem como mapear para posterior programação de capotes/substituição das juntas que estão fora de especificação, utilizando o sistema notes (Sistema de Itens em Estoque). Ver cadastramento na árvore do SAP.																																																							
X32	Requisição de Material	Fim de vida útil da junta	Através de vazamento de produto (licor, polpa, vapor...)	Ambiental e Segurança, além de custos em perda de produção e em materiais e serviços	Junta má especificada. Montagem incorreta. Distúrbio operacional	Capote em juntas que são de conhecimento que estão fora de especificação. Inclusão na árvore do SAP o código do material correto.	9	9	9	729	Rever levantamento das juntas, bem como mapear para posterior programação de capotes/substituição das juntas que estão fora de especificação. Utilização do sistema notes (Sistema de Itens em Estoque). Ver cadastramento na árvore do SAP.																																																							
X13	Variabilidade do Processo	Operação indevida	Por parada em função de manobras operacionais	Interrupção no funcionamento do magnético.	Configuração incorreta ao sistema alou manobras duvidosas	Não há	9	7	5	315	Analisar a configuração do sistema e procedimento operacional																																																							
X17	Variabilidade do Processo	Excesso de vibração	Pela consequência da alta vibração (cabo solto, falha na placa, aterramento rom pimento de junta...)	Perda do controle da malha e probabilidade de gerar problemas prematuros	Distúrbios operacionais na planta ou aplicação inadequada do sistema (bomba, válvula...)	Nenhum. Feito de forma não sistematizada	9	9	9	729	Fazer inspeção na área, levantamento dos pontos, correção envolvendo as interfaces e monitoramento de forma preditiva.																																																							
X18	Variabilidade do Processo	Excesso de cavitação	Pela consequência da alta vibração (cabo solto, falha na placa, aterramento rom pimento de junta...)	Perda do controle da malha e probabilidade de gerar problemas prematuros	Distúrbios operacionais na planta ou aplicação inadequada do sistema (bomba, válvula...)	Feito de forma não sistematizada (operador alerta a situação em campo)	9	9	9	729	Fazer inspeção na área, levantamento dos pontos, correção envolvendo as interfaces e monitoramento de forma preditiva.																																																							
X39	Falhas Ocultas	Corpo estranho no magnético	Travamento da válvula	Perda do controle da malha, por material estranho em tubulações e magnéticos.	Queda involuntária de material externo (abragadeira de andaime)	Nenhum. Feito de forma não sistematizada	9	5	9	405	Reorientar interfaces com os gestores dos contratos continuamente. Orientar as executantes das atividades afins, para analisar a atividade de forma sistêmica, reportando os incidentes.																																																							
X12	Falhas Ocultas	Corrosão nas conexões	Mau contato	Atrasos na intervenção. Problemas intermitentes	Material exposto ao ataque de produtos químicos (polpa...)	Corretivo	9	9	9	729	Instalar capas de proteção nos magnéticos																																																							
X8	Falhas Ocultas	Sujeira na área	Aspecto da área	Risco de acidente, gerando atrasos na intervenção/inspeção	Material deixado na área. Falta de manter o local organizado	Corretivo	8	9	9	648	Relatar e providenciar correção da anomalia encontrada, quando na execução da MPL e OPL																																																							
X10	Falhas Ocultas	Incrustação no eletrodos	Rompimento dos tubos	Vazamento de ar. Perda de controle da malha. Interrupção no funcionamento da válvula	Especificação incorreta dos tubos. Vazamento de produtos (químicos, polpa...) sobre o leito tubos	Ação corretiva nos vazamentos	8	8	5	320	Levantamento da atual situação, pela rota MPL e programação para correção.																																																							
X9	Falhas Ocultas	Vida útil dos componentes	Tempo de utilização resultando em baixo rendimento	Número alto de intervenções corretivas	Ciclo de funcionamento, levando a desgaste dos componentes	Nenhum	5	5	5	125	Substituição da peça, uma vez diagnosticado.																																																							
X31	Falhas Ocultas	Junta incorreta	Através de vazamento de produto (licor, polpa, vapor...)	Ambiental e Segurança, além de custos em perda de produção e em materiais e serviços	Junta má especificada. Montagem incorreta. Distúrbio operacional	Capote em juntas que são de conhecimento que estão fora de especificação. Inclusão na árvore do SAP o código do material correto.	9	9	9	729	Rever levantamento das juntas, bem como mapear para posterior programação de capotes/substituição das juntas que estão fora de especificação, utilizando o sistema notes (Sistema de Itens em Estoque). Ver cadastramento na árvore do SAP.																																																							
X11	Falhas Ocultas	Baixa Isolação	Ressacamento dos tubos	Vazamento de ar. Perda de controle da malha. Interrupção no funcionamento da válvula	Especificação incompatível com a área	Não há	8	8	5	320	Certificar se o item de estoque cadastrado, é o que realmente aplicado nas posições																																																							
X21	Falhas Ocultas	Erosão e abrasão nos internos	Baixo rendimento. Válvula com passagem direta	Perda do controle da malha. Impossibilidade de bloqueios operacionais	Materiais dos internos não recomendados para o processo (abrasão e erosão)	Através das folhas de dados (data sheet)	8	8	9	576	Analisar os relatórios de PGPP, atuando conforme recomendações. Monitorar as magnéticos de forma preditiva.																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">SEVERIDADE (SEV)</th> <th colspan="2">PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA (OCO)</th> <th colspan="2">PROBABILIDADE DETECÇÃO (DET)</th> <th colspan="2">RISCO (RPV)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Apenas Perceptível</td> <td>1</td> <td>Muito remota</td> <td>1</td> <td>Muito alta</td> <td>1</td> <td>Baixo</td> <td>1 a 99</td> </tr> <tr> <td>Pouca Importância</td> <td>2,3</td> <td>Muito pequena</td> <td>2</td> <td>Alta</td> <td>2,3</td> <td>Moderado</td> <td>100 a 500</td> </tr> <tr> <td>Moderadamente grave</td> <td>4,5,6</td> <td>Pequena</td> <td>3</td> <td>Moderada</td> <td>4,5,6</td> <td>Alto</td> <td>501 a 1000</td> </tr> <tr> <td>Grave</td> <td>7,8</td> <td>Moderada</td> <td>4,5,6</td> <td>Pequena</td> <td>7,8</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Extremamente Grave</td> <td>9,10</td> <td>Alta</td> <td>7,8</td> <td>Muito Pequena</td> <td>9</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Muito Alta</td> <td>9,10</td> <td>Remota</td> <td>10</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>											SEVERIDADE (SEV)		PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA (OCO)		PROBABILIDADE DETECÇÃO (DET)		RISCO (RPV)		Apenas Perceptível	1	Muito remota	1	Muito alta	1	Baixo	1 a 99	Pouca Importância	2,3	Muito pequena	2	Alta	2,3	Moderado	100 a 500	Moderadamente grave	4,5,6	Pequena	3	Moderada	4,5,6	Alto	501 a 1000	Grave	7,8	Moderada	4,5,6	Pequena	7,8			Extremamente Grave	9,10	Alta	7,8	Muito Pequena	9					Muito Alta	9,10	Remota	10		
SEVERIDADE (SEV)		PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA (OCO)		PROBABILIDADE DETECÇÃO (DET)		RISCO (RPV)																																																												
Apenas Perceptível	1	Muito remota	1	Muito alta	1	Baixo	1 a 99																																																											
Pouca Importância	2,3	Muito pequena	2	Alta	2,3	Moderado	100 a 500																																																											
Moderadamente grave	4,5,6	Pequena	3	Moderada	4,5,6	Alto	501 a 1000																																																											
Grave	7,8	Moderada	4,5,6	Pequena	7,8																																																													
Extremamente Grave	9,10	Alta	7,8	Muito Pequena	9																																																													
		Muito Alta	9,10	Remota	10																																																													

ANEXO B – FMEA – PLANO DE AÇÃO

Plano de ação para as etapas e variáveis analisadas no FMEA

SUZANO										PLANO DE AÇÃO										DATA: 01-			
UNIDADE/PROCESSO: SUZANO										CÉLULA/TIME/ÁREA:										RESPONSÁVEL: Sérgio Luiz Martins		FOLHA:	
ASSUNTO/META: ANÁLISE DE CONFIABILIDADE DO SISTEMA DE MEDIÇÃO DE VAZÃO NA FÁBRICA DE CELULOSE										ORIGEM:										REVISÃO:			
CAUSA/OPORTUNIDADE		X's do Processo		O QUE FAZER (ação ou contramedida)		QUEM (responsável)		QUANDO (prazo/conclusão)		PORQUE (Justificativa da ação)		COMO (Detalhamento da ação)		ONDE (local)									
100																							
Qualidade do prestador de serviço		X16		Atualizar técnica e comercialmente os fornecedores		Sérgio Martins e Ângelo		30/06/2019		Atrasos no retorno à normalidade do processo		Visitando o fornecedor e avaliação do tratamento dado ao dia a dia		Suzano									
Excesso de vibração		X17 X18		Fazer inspeção na área, levantamento dos pontos, correção envolvendo as interfaces e monitoramento de forma preditiva.		Fabio		30/08/2012		Perda do controle da malha e probabilidade de gerar problemas prematuros		Fazendo inspeção na área, levantamento dos pontos, correção envolvendo as interfaces e monitoramento de forma preditiva, pela equipe de magnéticos através da MPL.		Fibra									
Montagem incorreta		X19		Atualizar, cadastrar no SAP e fazer uso dos manuais de montagem.		Fabricio		30/08/2012		Custos em perda de produção e em materiais e serviços		Intensificando o uso de manuais e check list		Fibra									
Erosão e abrasão nos internos		X21		Analisar os relatórios de PG/PP, atuando conforme recomendações. Monitorar os magnéticos de forma preditiva.		Marco Guzzo		30/08/2012		Perda do controle da malha. Impossibilidade de bloqueios operacionais		Utilizando relatório de manutenção (PG-PP)		Fibra									
Sistema de diagnóstico impreciso		X22		Elaborar fluxo de atividades, para análise via SINDUS CPP ou similar. Analisar possibilidade		Ulisses		30/12/2012		Dificuldade na tomada de decisão, pela não assertividade do diagnóstico		Elaborando o fluxo com envolvimento da equipe e interfaces (óptica central - SUP - Fornecedor)		Fibra									
Sistema de diagnóstico impreciso		Falta de manutenção preditiva		X22 X20 X3		Fabio		30/12/2012		Dificuldade na tomada de decisão, pela não assertividade do diagnóstico		Levantamento dos magnéticos que dispõe deste recurso		Fibra									
Falta de treinamento		X25		Executar treinamento conforme necessidade observada durante a rotina		Jaime		30/12/2012		Contribuir para a assertividade do diagnóstico e da manutenção		Executando treinamento conforme necessidade		Fibra									
Junta incorreta		Fim de vida útil da junta		X31 X32		Marco Guzzo		30/12/2012		Ambiental e Segurança, além de custos em perda de produção e em materiais e serviços		Utilização do sistema notes (Sistema de Itens em Estoque) e verificar árvore no SAP		Fibra									
Alteração de projeto		Falta de análise de aplicação		X33 X36		Mauricio		31/12/2012		Custos em perda de produção e em materiais e serviços. Impossibilita aumento de produção		Envolvendo manutenção e engenharia na especificação do equipamento (discussão técnica) e intensificar ações nas análises de falha. Levantamento de dados técnicos		Fibra									
Rota OPL		Falta de nota de manutenção		X38 X34		Sérgio Martins		30/08/2012		Agravamento do problema por falta de antecipação, a transfomos maiores ao processo e equipamento.		Acreditando ao sistema da SKF as válvulas com as rotas já determinadas. Obs: Pode haver necessidade de criação de novas rotas. Serão definidas as rotas do Digestor A, e feito acompanhamento.		Fibra									
Corpo estranho no magnético		X39		Reorientar a OPL, de forma que o operador passe a observar com maior critério o funcionamento do equipamento, acrescentando ao sistema da SKF os magnéticos com as rotas já determinadas. Obs: Pode haver necessidade de criação de novas rotas. Rever logs na árvore do SAP (pré requisito) intensificando OPL e MPL		Sérgio Martins		30/08/2012		Perda do controle de funcionamento do magnético ou danos no mesmo.		Reorientando interfaces com os gestores dos contratos através de reunião, administrando os casos pontuais, especialmente em PG.		Fibra									
Interface entre áreas/suprimentos/fornecedor		Inspeção de recebimento do material		X40 X27		Marco Guzzo		30/12/2012		Atrasos no retorno à normalidade do processo, e não garantia de que o material existente no estoque, está em perfeitas condições de funcionamento.		Consensuando com suprimentos. Rever fluxo de recebimento de forma a envolver manutenção e fornecedor. A "Carta de Aceite" será enviada para a equipe de válvulas (Marco Guzzo)		Fibra									
90																							
Periodicidade de manutenção		Ausência de plano de manutenção preventiva		X4 X5		Marco Túlio		31/12/2012		Aumento de manutenção corretiva		Cumprindo a programação semanal. Utilizando o SAP		Fibra									
Incrustação no eletrodos		Baixa isolação		X10 X11		Fabio		30/08/2012		Vazamento de ar. Perda de controle da malha. Interferência no funcionamento da válvula		Inspeccionando visualmente no campo pela rota da MPL e inspeção dos itens de estoque.		Fibra									
Fluxo de reparo		Fluxo de correções para problemas		X25 X37		Marco Túlio		30/12/2012		Perda de controle sobre a atual situação dos magnéticos, quando retirada para reparo		Rever fluxo, conforme novas diretrizes		Fibra									
Lista técnica desatualizada		Documentação incorreta		X28 X7		Mauricio		31/12/2012		Atraso no retorno à normalidade do processo. Diagnóstico impreciso, gerando atrasos na execução. A descrição na folha do diagrama de malhas é feita à caneta, e de forma despadronizada.		Atualizando os diagramas de malha e dados no SAP. Enviando o passivo à engenharia e corrigido de forma pontual pelo instrumentista/eletricista (Autocad), com aquisição da licença para 4 máquinas (2 eletricitas e 2 instrumentistas)		Fibra									
Operação indevida		X13		Procedimento operacional		Augusto		30/08/2012		Interrupção no funcionamento da válvula.		Analisando configuração (banco de dados - diagramas lógicos - eventos de alarmes)		Fibra									
80																							
Falta de identificação nas áreas		Falta de proteção (plástica / metálica)		X34 X35 X12		Fabricio		30/08/2012		Desgaste prematuro do material, podendo gerar falhas e custos. Interferência em equipamento incorreto (segurança). Dificuldade de localização.		Adquirindo capas de proteção, com a devida identificação. Obs: As capas serão confeccionadas sob medida, com TAG de válvula e tamanho correto, feito de um material similar ao que protege os extintores de incêndio. Serão dotadas de cabo de aço que ficam na estrutura próxima à válvula correspondente.		Fibra									
70																							
Local de instalação		Difícil acesso à instalação		X1 X14		Fabricio		30/06/2011		Dificuldade de inspeção/intervenção		Inspeccionando fazendo o devido do local		Fibra									
60																							
Agente externo (andaime, transbordo)		Sujeira na área		X2 X6		Sérgio Martins		31/12/2012		Risco de acidente, gerando atrasos na intervenção/inspeção		Gerando comunicação de risco, e reportando a área de forma imediata		Fibra									
20																							

ÍNDICE ONOMÁSTICO

ABNT (1994)	30 31 81
CALIXTO E. (2016)	31 39 81
CHIAVENATO (1995)	65 81
GOLDRATT e COX (2002)	71 81
KOMAL,SHARMA & KUMAR (2010)	30 81
MOUBRAY (1997)	36 81
EMPRESA PRODUTORA DE CELULOSE NO MUNICÍPIO DE ARACRUZ (2019)	26 81
SIMPÓSIO CONFIABILIDADE (2018)	80 81
SOFTWARE RELIASOFT (2018)	20 81
PALLEROSI (2007)	28 81

ÍNDICE REMISSIVO

Análise RAM.....20,27,30,31,32,39,44
 Empresa produtora de celulose no
 município de Aracruz.
 6,8,21,25,26,27,32,33,40,41,44,45,70,
 80
 Medidor Magnético de Vazão.
 29,34,35,36,39,46,47,53,57,60,69
 Coleta de dados 15,39,48
 Confiabilidade.....17,
 19,20,21,22,23,25,27,28,30,31,37,38,3
 9,40,41,42,43,45,46,47,48,53,54,55,57
 ,58,60,61,62,64,70,79,80,81
 Disponibilidade.22,27,30,31,38,42,43,7
 1,79,80
 FMEA.....21,22,27,41,44,63,64,65,
 70,79
 Manutenibilidade.27,30,31,38,42,43,44,
 46,53,70,73
 MTBF.....19,20,42,79
 MTTR.....22,42
 RBD37
 RCM20,40,79
 Sistemas Reparáveis29
 Weibull.....22,41,42,47,53
 ,55,57,58,59,60,61,62,64