

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE ENERGIA

PAULO SÉRGIO WALENIA

METODOLOGIA PARA A ANÁLISE DA MATURIDADE DE SISTEMAS DE
MANUTENÇÃO EM USINAS HIDRELÉTRICAS

CURITIBA

2021

PAULO SÉRGIO WALENIA

**METODOLOGIA PARA A ANÁLISE DA MATURIDADE DE SISTEMAS DE
MANUTENÇÃO EM USINAS HIDRELÉTRICAS**

Methodology for maturity analysis of maintenance systems in hydroelectric plants

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica, do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Energia, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Jean Carlos Cardozo da Silva
Coorientador: Prof. Dr. Emerson Rigoni

CURITIBA

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Curitiba**



PAULO SERGIO WALENIA

**METODOLOGIA PARA A ANÁLISE DA MATURIDADE DE SISTEMAS DE MANUTENÇÃO EM USINAS
HIDRELÉTRICAS**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Automação E Sistemas De Energia.

Data de aprovação: 20 de Setembro de 2021

Prof Jean Carlos Cardozo Da Silva, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Diego Issicaba, Doutorado - Universidade Federal de Santa Catarina (Ufsc)

Prof Raphael Augusto De S Benedito, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 20/09/2021.

DEDICATÓRIA

Aos meus filhos,
Gabriel, Ellen, Vinícius e Felipe,
e em especial à minha esposa e companheira
Juliana.

AGRADECIMENTOS

À minha amada esposa Juliana, cujo apoio e incentivo foram imprescindíveis para a conclusão deste desafio.

Ao professor Jean Carlos Cardozo da Silva, pela orientação, suporte, apoio e paciência durante o caminho para construção desta dissertação.

Ao professor Emerson Rigoni, pela coorientação e que sem cujo convite para participação neste projeto não teria existido esta dissertação.

Ao professor Marcelo Rodrigues, cujo conhecimento sobre análise de maturidade foi determinante para encontrar as soluções para o problema de pesquisa.

À Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e à Companhia Paranaense de Energia (COPEL) pelo suporte financeiro para a realização das atividades de pesquisa e disponibilização dos dados necessários para elaboração da pesquisa. Esta dissertação foi desenvolvida no âmbito do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento da COPEL regulamentado pelo projeto P&D ANEEL PD-06491-0341/2014.

RESUMO

Apesar de diversos métodos para análise de maturidade existirem na literatura, abrangendo as mais diversas áreas do conhecimento, poucas aplicações referem-se ao setor elétrico. Em especial com relação a manutenção de usinas hidrelétricas (UHEs) este método de análise ainda é pouco explorado, e, portanto, a metodologia proposta neste trabalho pode contribuir com a melhoria destes sistemas de gestão da manutenção. Neste contexto, o foco do trabalho é construir um sistema que permita a análise da maturidade do sistema de gestão da manutenção em uma usina hidrelétrica tendo por base indicadores de desempenho. Para o desenvolvimento do modelo, na etapa de planejamento, realizou-se um estudo de diversos métodos disponíveis na literatura para análise da maturidade da gestão da manutenção e sua comparação com os itens avaliados pelo DARDO (Declaração de Autoavaliação Regulatória e de Desempenho Operacional). Com base neste comparativo, foi proposto um questionário, com foco em usinas hidrelétricas, e que visa analisar uma série de critérios, a saber: Metas e Gestão de Indicadores; Organização Funcional e da Equipe de Manutenção; Planejamento da Manutenção; Rotinas de PCM e Execução da Manutenção; Avaliação e Tratamento de Falhas, Oficinas e Ferramentas e Política de Manutenção. A utilização do DARDO como parâmetro para levantamento dos dados a serem utilizados no método de análise se justifica por este já monitorar os dados necessários para fiscalização do desempenho da usina pela Agência Nacional de Energia Elétrica. Desta forma facilita-se a coleta dos dados para análise da maturidade da usina selecionada para o estudo. A aplicação do método de análise de maturidade criado foi realizada em uma usina hidrelétrica previamente selecionada para o projeto de pesquisa e desenvolvimento ao qual este trabalho está vinculado. Como resultado da análise da maturidade o conceito geral da usina foi “Competente” com uma nota de 86%. Os melhores resultados foram observados nos critérios Avaliação e tratamento de falhas (nota 100%), Política de Manutenção (nota 100%) e Rotinas de PCM (Planejamento e Controle de Manutenção) e Execução da Manutenção (nota 95%). Finalmente, a aplicação foi validada a partir da comparação entre os resultados da avaliação da ANEEL e o método proposto, onde verificou-se um alinhamento entre estas avaliações. Vale destacar que, como evolução do DARDO, este poderá futuramente incluir a análise de novos quesitos, em especial aqueles correlacionados com a indústria 4.0 tendo em vista estas aplicações serem uma tendência dentro do setor industrial. Com a aplicação da metodologia criada é possível visualizar pelo nível de maturidade alcançado as possibilidades de melhoria do sistema de gestão da manutenção da usina, permitindo traçar ações assertivas para um aprimoramento deste sistema. Saliente-se ainda que este modelo deve ser reaplicado periodicamente, de tal forma que possa ser verificada a evolução do sistema em função dos investimentos realizados no período. Finalmente, é importante destacar que o DARDO pretende avaliar e fiscalizar a prestação do serviço de geração de energia pela usina, por outro lado o método proposto pretende colaborar no desenvolvimento de um sistema de manutenção que chegue à excelência conforme os critérios propostos nesta dissertação.

Palavras-chave: Manutenção. Maturidade. Usinas Hidrelétricas.

ABSTRACT

Although several methods for maturity analysis exist in the literature, covering the most diverse areas of knowledge, few applications refer to the electricity sector. Regarding the maintenance of hydroelectric plants (UHEs), this method of analysis is still little explored, and, therefore, the methodology proposed in this work can contribute to the improvement of these maintenance management systems. In this context, the focus of the work is to build a system that allows the analysis of the maturity of the maintenance management system in a hydroelectric plant based on performance indicators. For the development of the model, in the planning stage, a study was carried out of several methods available in the literature to analyze the maturity of maintenance management and its comparison with the items evaluated by DARDO (Declaration of Regulatory Self-Assessment and Operational Performance). Based on this comparison, a questionnaire was proposed, focusing on hydroelectric plants, and which aims to analyze a series of criteria, namely: Goals and Indicator Management; Functional and Maintenance Team Organization; Maintenance Planning; PCM Routines and Maintenance Execution; Evaluation and Treatment of Faults, Workshops and Tools and Maintenance Policy. The use of DARDO as a parameter for collecting the data to be used in the analysis method is justified by the fact that it already monitors the data necessary for inspection of the plant's performance by the National Electric Energy Agency. This facilitates the collection of data to analyze the maturity of the plant selected for the study. The application of the maturity analysis method created was carried out in a hydroelectric plant previously selected for the research and development project to which this work is linked. As a result of the maturity analysis, the plant's general concept was "Competent" with a grade of 86%. The best results were observed in the criteria Evaluation and treatment of failures (100% grade), Maintenance Policy (100% grade) and PCM Routines (Maintenance Planning and Control) and Maintenance Execution (95% grade). Finally, the application was validated based on the comparison between the results of the ANEEL assessment and the proposed method, where an alignment between these assessments was verified. It is worth noting that, as an evolution of DARDO, it may in the future include the analysis of new items, especially those related to industry 4.0, considering these applications are a trend within the industrial sector. With the application of the methodology created, it is possible to visualize, by the level of maturity reached, the possibilities for improving the plant's maintenance management system, allowing for assertive actions to be taken to improve this system. It should also be noted that this model must be periodically reapplied, so that the evolution of the system can be verified because of the investments made in the period. Finally, it is important to highlight that DARDO intends to evaluate and supervise the provision of the power generation service by the plant, on the other hand, the proposed method intends to collaborate in the development of a maintenance system that reaches excellence according to the criteria proposed in this dissertation.

Keywords: Maintenance. Maturity. Hydroelectric power plants.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Custos associados à manutenção preventiva.....	16
Figura 2 – Metodologia da pesquisa.....	21
Figura 3 – Esquema de geração de energia hidrelétrica	24
Figura 4 – Barragem de usina hidrelétrica.....	26
Figura 5 – Vertedouro de usina hidrelétrica	27
Figura 6 – Subsistema de adução	28
Figura 7 – Pistões de Comportas do sistema de adução	29
Figura 8 – Conduto forçado.....	29
Figura 9 – Tipos de Turbinas: Pelton, Kaplan e Francis respectivamente	30
Figura 10 – Unidade geradora com turbina Francis	31
Figura 11 – Exemplo de Gerador Síncrono – partes e componentes auxiliares.....	33
Figura 12 – Arranjos Convencionais para montagem do hidrogerador na vertical.....	34
Figura 13 – Estados de operação de uma Usina Hidrelétrica.....	38
Figura 14 – Pirâmide de indicadores	53
Figura 15 – Tecnologias da indústria 4.0 aplicadas a manutenção	55
Figura 16 – Modelo AMMM de Pintelon.....	58
Figura 17 – Metodologia da pesquisa.....	68
Figura 18 – Exemplo do Formulário utilizado - Item do DARDO	88
Figura 19 – Exemplo do Formulário utilizado - Item adicional	89
Figura 20 – Resultados obtidos – Conceitos por Critério de Avaliação.....	103
Figura 21 – Resultados obtidos - aplicações da Indústria 4.0	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Respostas ao Questionário e Pontos Obtidos	92
Tabela 2 – Pontuações e Conceitos Obtidos.....	100
Tabela 3 – Resultados obtidos	102
Tabela 4 – Análise das aplicações da Indústria 4.0	106
Tabela 5 – Resultados do monitoramento referentes ao DARDO – 2020.....	108

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Sete etapas da teoria da maturidade de ARGYRIS	17
Quadro 2 – Abordagens <i>hard</i> e <i>soft</i>	18
Quadro 3 – Características de Usinas Hidrelétricas	25
Quadro 4 – Processo de maturidade para gestão de ativos PAS 55.	50
Quadro 5 – Técnicas e ferramentas para o processo de gestão de ativos PAS 55.....	51
Quadro 6 – Grid de Maturidade para Gestão de Ativos: ISO 55000.....	51
Quadro 7 – Tecnologias da Indústria 4.0.....	54
Quadro 8 – Resultados de pesquisa no IEEE Xplore	56
Quadro 9 – Modelo de Avaliação de Maturidade de Fernandez et. al	57
Quadro 10 – Modelo de Avaliação de Maturidade de OLIVEIRA.....	59
Quadro 11 – Modelo de Avaliação de Maturidade de GRESSLER.....	61
Quadro 12 – Comparativo entre os métodos de Análise da Maturidade x Dardo	64
Quadro 13 – Comparativo entre o DARDO e o método de Análise da Maturidade Proposto .	72
Quadro 14 – Critério: Avaliação e Tratamento de Falhas	75
Quadro 15 – Critério: Metas e Gestão de Indicadores.....	76
Quadro 16 – Critério: Oficinas e Ferramentas.....	76
Quadro 17 – Critério: Organização Funcional e da Equipe de Manutenção	77
Quadro 18 – Critério: Planejamento da Manutenção	78
Quadro 19 – Critério: Política de Manutenção	79
Quadro 20 – Critério: Rotinas de PCM e Execução da Manutenção	79
Quadro 21 – Método de Análise da Maturidade Proposto, itens do DARDO, pesos e quantidade de perguntas.....	81
Quadro 22 – Critérios Avaliados pelo Método Proposto	85
Quadro 23 – Pontuação do critério avaliado exemplo 1 ^a	85
Quadro 24 – Pontuação do critério avaliado exemplo 1b.....	86
Quadro 25 – Pontuação do critério avaliado exemplo 2.....	86
Quadro 26 – Critérios Avaliados pelo Método Proposto	87
Quadro 25 – Níveis de Maturidade Possíveis pelo Método Proposto	90
Quadro 28 – Características dos Conceitos obtidos na Análise	103
Quadro 29 – Critérios de avaliação x Aplicações da Indústria 4.0.....	105
Quadro 30 – Níveis de Maturidade possíveis e equivalência com os Níveis do DARDO.....	108

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AMMM	<i>Asset Maintenance Maturity Model</i>
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANSI	American National Standards Institute
BEN	Balanco Energético Nacional
BSI	<i>British Standards Institution</i>
CINT	Consumo interno de energia da central
CMM	<i>Capability Maturity Model</i>
CMMI	<i>Capability Maturity Model Integration</i>
CMMS	<i>Computerized Maintenance Management System</i>
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
DARDO	Declaração de Autoavaliação Regulatória e de Desempenho Operacional
DISP (anual)	Disponibilidade Total da Central anual
DISP (5 anos)	Disponibilidade Total da Central para 5 anos
DISPGH	Disponibilidade de unidades geradoras hidráulicas
DISP (%)	Disponibilidade da Central
Dmax	Disponibilidade máxima da usina
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FID	Fator de Disponibilidade de Geração
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
GFa	Garantia Física Apurada
GW	Gigawatt
IAM	<i>Institute of Asset Management</i>
ICM	Índice de custo médio de manutenção
ID	Índice de disponibilidade de Referência
IDv	Índice de disponibilidade verificada
INDISPMF	Indisponibilidade para manutenção forçada
INDISPMFGH	Indisponibilidade para manutenção forçada de unidades geradores hidráulicas
INDISPMP	Indisponibilidade para manutenção programada

INDISPMPGH	Indisponibilidade para manutenção programada de unidades geradoras hidráulicas
IEM	Índice de execução de manutenção
IGer	Índice de geração da central
ISO	<i>International Standartization Organization</i>
ITM	Índice de treinamento das equipes de manutenção
MME	Ministério de Minas e Energia
MRA	Mecanismo de Redução da Energia Assegurada
MRE	Mecanismo de Realocação de Energia
MTE	Ministério do trabalho e Emprego
MW	Megawatt
NBR	Norma Técnica Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
OSHAS	<i>Occupational Safety and Health Act</i>
PAS 55	<i>Publicly Available Specification 55</i>
PDE	Plano Decenal de Expansão de Energia
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PCM	Planejamento e Controle de Manutenção
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
RAM	<i>Reliability, Avaliability, Maintainability</i>
REN	Resolução Normativa
RNCRF	Regularização das Não Conformidades dos Relatórios de Fiscalização ANEEL/SFG
SIGA	Sistema de Informações da Geração
SFG	Superintendência de Fiscalização dos Serviços de Geração
SIN	Sistema Interligado Nacional
SUPERUG	Número de pontos supervisionados da central por unidade geradora
TDF	Taxa de desligamento forçado
TDFGH	Taxa de Desligamento Forçado para Unidades Geradoras Hidráulicas
TEIF	Taxa equivalente de indisponibilidade forçada
TEIFa	Taxa equivalente de indisponibilidade forçada apurada
TEIP	Taxa equivalente de indisponibilidade programada

TFP	Falhas na partida
TI	Tecnologia da Informação
TMEF	Tempo médio entre falhas
TFMGH	Taxa de Falhas, na perspectiva de manutenção para Unidades Geradoras Hidráulicas
TMR	Tempo médio de reparo
TMRGH	Tempo Médio de Reparo para Unidades Geradoras Hidráulicas
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UHE	Usina Hidrelétrica
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	JUSTIFICATIVA	18
1.2	OBJETIVOS.....	19
1.2.1	Objetivo Geral.....	19
1.2.2	Objetivos Específicos.....	19
1.3	METODOLOGIA.....	20
1.4	ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	23
2	GERAÇÃO HIDRELÉTRICA	24
2.1	ESTRUTURAS HIDRÁULICAS	25
2.2	TURBINA E SEUS ACESSÓRIOS.....	30
2.3	GERADOR SÍNCRONO E SEUS ACESSÓRIOS.....	32
2.4	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	36
3	INDICADORES DE DESEMPENHO.....	37
3.1	ESTADOS DE OPERAÇÃO DE UMA UHE	37
3.2	ASPECTOS REGULATÓRIOS DO DESEMPENHO DE UMA UHE NO BRASIL	38
3.3	DECLARAÇÃO DE AUTOAVALIAÇÃO REGULATÓRIA E DE DESEMPENHO OPERACIONAL	40
3.4	INDICADORES DE AVALIAÇÃO DE HIDROGERADORES	42
3.4.1	Indicadores de Frequência.....	42
3.4.2	Indicadores de Duração.....	43
3.4.3	Indicadores de Probabilidade.....	43
3.4.4	Indicadores que Afetam o Cálculo da Garantia Física.....	45
3.5	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	48
4	ANÁLISE DE MATURIDADE.....	49
4.1	MODELO DE MATURIDADE PARA GESTÃO DE ATIVOS	50
4.2	SISTEMAS INFORMATIZADOS DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO	52
4.2.1	Aplicações da Indústria 4.0 na Manutenção.....	54
4.3	MODELO DE MATURIDADE PARA GESTÃO DA MANUTENÇÃO	55
4.3.1	Modelo de Avaliação de maturidade de Fernandez et. al (2003).....	56
4.3.2	Asset Maintenance Maturity Model (AMMM).....	57
4.3.3	Modelo de Avaliação de Maturidade de Oliveira.....	59
4.3.4	Modelo de avaliação da maturidade de Gressler.....	61
4.4	COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS DE ANÁLISE DA MATURIDADE DE SISTEMAS DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO	63
4.5	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	66
5	MODELO PROPOSTO	67

5.1	CONSTRUÇÃO DO MODELO DE AVALIAÇÃO DA MATURIDADE	67
5.2	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO PARA A ANÁLISE DE MATURIDADE.....	74
5.3	PESOS PROPOSTOS	80
5.4	QUESTIONÁRIO E CRITÉRIOS PARA PONTUAÇÃO DAS RESPOSTAS.....	84
5.5	PROCEDIMENTOS PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO	87
5.6	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	90
6	APLICAÇÃO DO MODELO DE MATURIDADE PROPOSTO	92
6.1	QUESTIONÁRIO RESPONDIDO	92
6.2	RESULTADOS OBTIDOS.....	102
6.2.1	Influência das Aplicações da Indústria 4.0 no resultado obtido.....	104
6.3	VALIDAÇÃO	107
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	110
	REFERÊNCIAS	113
	APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO, PADRÃO DE RESPOSTAS E PONTUAÇÕES..	118

1 INTRODUÇÃO

O Balanço Energético Nacional (EPE, 2020) mostra que 64,9% da oferta de energia elétrica brasileira em 2017 depende da geração hidráulica, sendo que esta predominância deve ser mantida nos próximos anos conforme projeções elaboradas pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) no PDE (Plano Decenal de Expansão de Energia) 2027 (EPE, 2018a). Isto acrescido ao custo de implantação, ao prazo de entrega elevado e a dificuldades legais e socioambientais para construção de novas centrais geradoras hidrelétricas (EPE, 2018b) demonstra a importância de garantir a disponibilidade das centrais atualmente em funcionamento.

O objetivo principal de um sistema de geração de energia elétrica é atender a demanda de mercado, incluindo os requisitos contratuais exigidos pelo Operador Nacional do Sistema (ONS). Segundo Silva (2015) a disponibilidade operacional é um requisito primordial, pois cada minuto fora de operação implica em perdas para a concessionária, devido a energia não despachada e a eventuais multas aplicadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

A disponibilidade de um sistema está relacionada com a confiabilidade humana e dos equipamentos que o compõe e com suas políticas de manutenção, as quais influenciam no tempo de retorno à operação em caso de falha, e podem retardar a sua degradação no caso de aplicação de técnicas preventivas ou preditivas.

A garantia da disponibilidade dos equipamentos que compõem uma usina é importante para atender aos requisitos de geração de energia assegurada, definidos pelos órgãos reguladores, possuindo proeminência nesta questão o problema da manutenção e disponibilidade, sendo que o Decreto nº 5.163/2004 e a Portaria nº 484/2014 do Ministério das Minas e Energia estabelecem os critérios, hipóteses e os prazos de indisponibilidade de unidades geradoras.

Segundo a NBR 5462 (ABNT, 1994), confiabilidade pode ser definida como a "capacidade de um item desempenhar uma função requerida sobre condições específicas, durante um dado intervalo de tempo". Mas, para mensurar a confiabilidade de um dado componente, equipamento ou sistema, é necessário associar esse conceito a uma análise probabilística, que permite avaliar quantitativamente a capacidade deste item realizar a sua função.

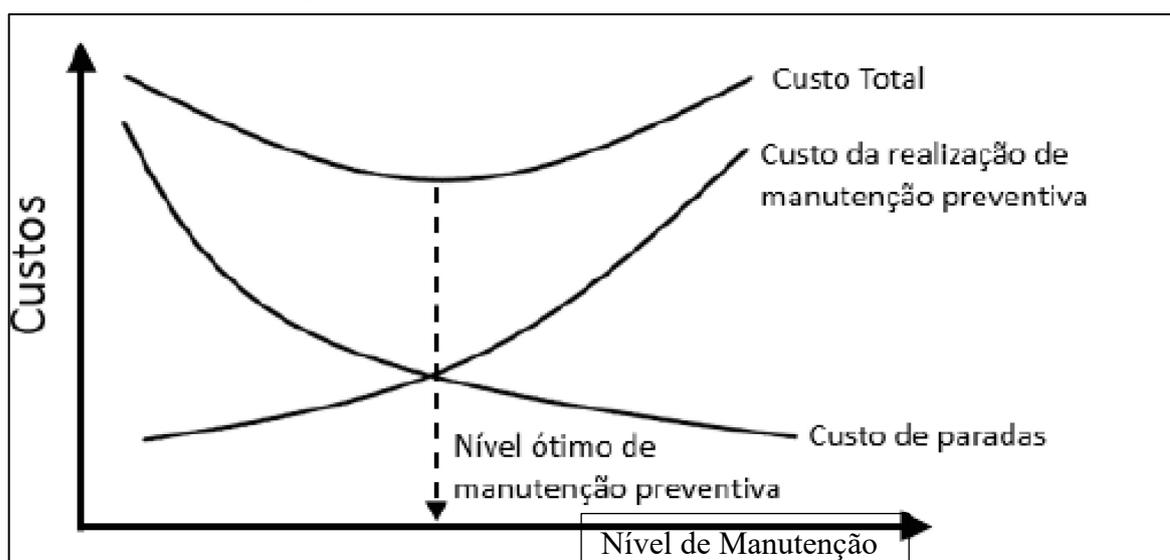
Sakurada (2013) define a manutenibilidade como um parâmetro de desempenho que indica a capacidade de recolocar um equipamento em operação, estando diretamente relacionado à disponibilidade do sistema.

Finalmente a norma brasileira NBR ISO 55000 (ABNT, 2014) define gestão de ativos como a atividade coordenada de uma organização para obter valor a partir dos ativos, envolvendo um equilíbrio entre custos, riscos, oportunidades e benefícios de desempenho. Esta norma é baseada nas ISO 55000 publicadas pela Organização Internacional da Padronização (ISO), sendo o modelo internacional de referência para gestão integrada de ativos.

Tendo em vista estes conceitos, e considerando que os componentes da Usina Hidrelétrica são dimensionados com o emprego de critérios de projeto que estimam uma vida operacional desejada, para a execução da análise de confiabilidade necessita-se selecionar quais componentes são críticos. Definidos os principais mecanismos de falha dos componentes críticos podem-se desenvolver modelos a eles associados. Em função destes fatores, e levando em conta alterações nas condições operacionais, que impactam na vida útil dos componentes críticos e na disponibilidade operativa da usina, pode-se verificar como a política de manutenção influencia a vida operacional da usina.

Pode-se imaginar que, quanto maior o gasto com manutenção, melhor desempenho dos equipamentos, mas segundo Kardec (2013) “Mais manutenção não significa melhor manutenção”, sendo que a Figura 1 apresenta o ponto ótimo do custo de manutenção.

Figura 1 – Custos associados à manutenção preventiva



Fonte: Gressler (2020a).

Finalmente, a análise de degradação dos equipamentos permite o desenvolvimento de um sistema de gestão de ativos baseado em conceitos de predição de sua confiabilidade e

disponibilidade. Tal sistema permitirá uma tomada de decisão racional sobre a necessidade de execução de grandes reformas ou modernização de hidrogeradores tendo em vista a necessidade de atender a um requisito de disponibilidade ao longo de uma campanha operacional (COPEL, 2019).

Como um dos primeiros passos para implementação de tal sistema é importante avaliar criticamente a situação que se encontra o atual sistema de gestão da manutenção da usina, sendo que uma das maneiras para se alinhar o sistema de gestão de manutenção aos critérios da gestão de ativos é avaliando o seu nível de maturidade.

Na busca da avaliação do desempenho da melhoria contínua em seus processos, as organizações passaram a observar diferentes aspectos relacionados com os níveis de maturidade nos mais variados segmentos do conhecimento.

A terminologia relacionada a maturidade pode ser definida como um estado de desenvolvimento, crescimento, ou avanço até a plenitude. Gressler (2020b) nos apresenta, conforme o Quadro 1, um dos principais estudos utilizados na construção dos modelos de maturidade para as organizações. Desenvolvido por Argyris (1973) este modelo trata das sete etapas da maturidade do comportamento humano.

Quadro 1 – Sete etapas da teoria da maturidade de ARGYRIS

Imaturidade	Maturidade
Estado passivo	Estado de crescente atividade
Estado de dependência de outros	Estado de relativa independência
Comportar-se de poucas maneiras	Comportar-se de vários modos
Possuem interesses dispersos, incertos e superficiais	Interesses mais profundos e mais intensos
Perspectiva de tempo muito curtas envolvendo apenas o presente	Perspectiva de tempo aumenta, incluindo o passado e o futuro
Subordinado a todo mundo	Posições de igual ou superior
Não tem consciência de si mesmo	Tornando-se consciente do seu “eu”, e capaz de controlá-lo

Fonte: Gressler (2020b).

As primeiras iniciativas para se criar os modelos de maturidade surgiram com estudos sobre estágios para crescimento econômico. Nestas iniciativas destacam-se a proposta em 1974 do modelo de estágios de crescimento de Gibson e Nolan, relacionados já nesta época, a tecnologia da informação, mesmo antes do advento do uso dos computadores pelas organizações. Já em 1979, descrevendo os níveis de evolução relacionados a qualidade, Philip Crosby apresenta o *Grid* de Maturidade de Gestão da Qualidade. Este *grid* serviu como

fundamento para o denominado *Capability Maturity Model* (CMM) que é a base para os modelos de maturidade (PAULK, 2009). A partir do CMM foi criado um grupo de modelos chamados de *Capability Maturity Model Integration* (CMMI) desta forma, os modelos de maturidade abrangem processos praticamente toda a organização (DE BRUIN et al., 2005).

Agora, quanto aos modelos de maturidade pode-se dizer que eles buscam representar, por meio de um *ranking*, as fases de crescimentos das capacidades, sejam qualitativas ou quantitativas, de algum elemento em maturação que esteja sendo avaliado em relação aos critérios/metastabelecidos (KOHLEGGGER; MAIER; THALMANN, 2009).

Levando em consideração conceitos referentes as sete etapas apresentadas no Quadro 1, a avaliação da maturidade realizada com indicadores e dados numéricos, leva a construção de um modelo. Com este modelo será possível a avaliação do grau de maturidade da capacidade organizacional no segmento de conhecimento investigado, sendo que se pode adotar dois tipos de modelagem para este problema: a *hard* ou a *soft*.

A modelagem *hard* é fundamentada em bases matemáticas, já a *soft* é aplicada onde devem ser consideradas questões comportamentais e contextuais. O Quadro 2 a seguir apresenta algumas diferenças entre estas abordagens.

Quadro 2 – Abordagens *hard* e *soft*

Elementos	Abordagem <i>hard</i>	Abordagem <i>soft</i>
Definição do problema	Vista como direta, unitária	Vista como problemática, pluralista
Organização	Assumida tacitamente	Requer negociação
Modelo	Uma representação do mundo real	Uma forma de gerar debate e <i>insight</i> a respeito do mundo real
Resultado	Um produto ou recomendação	Progresso por meio da aprendizagem

Fonte: Gressler (2020a).

A escolha da abordagem, *hard* ou *soft* apresentada no Quadro 2, dependerá dos objetivos pretendidos pela análise do modelo adotado.

1.1 JUSTIFICATIVA

Apesar de diversos métodos para análise de maturidade existirem na literatura, abrangendo as mais diversas áreas do conhecimento, poucas aplicações referem-se ao setor elétrico. Em especial com relação a manutenção de usinas hidrelétricas (UHEs) este método

ainda é pouco explorado, e, portanto, a análise proposta neste trabalho pode contribuir com a melhoria de tais sistemas de gestão da manutenção.

Além disso, o presente trabalho é parte de um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) que tem por finalidade elaborar uma metodologia para gestão de ativos aplicada a hidrogeradores baseada em modelos matemáticos de confiabilidade e manutenibilidade.

Segundo pesquisa realizada no setor elétrico, pela Associação Internacional do Cobre (*International Copper Association*) em 2011, na Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, México e Peru o gerenciamento de ativos no setor elétrico destes países ainda era algo pouco explorado, existindo de forma incipiente em níveis mais baixos de gestão ou estando em fase de desenvolvimento, apesar de ser reconhecidamente uma forma de aumentar a eficiência, reduzir perdas e melhorar a competitividade das empresas (COPEL, 2019).

Esta metodologia de gestão de ativos, objeto do P&D como um todo, servirá de apoio à tomada de decisão da concessionária para suas políticas, embasada nos conceitos de confiabilidade e risco, de tal forma que atenda aos requisitos da ANEEL, ONS e da norma ABNT NBR ISO 55000/2014.

Portanto, considerando que a manutenção possui influência direta na confiabilidade da usina, este trabalho, por meio de uma metodologia estruturada e baseada em indicadores, pretende identificar o estágio atual de maturidade e as possibilidades de melhoria do sistema de gestão da manutenção da usina. Desta forma será possível colaborar com a melhora da manutenibilidade e confiabilidade da usina, conforme proposto pela metodologia de gestão de ativos objeto do P&D.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Propor uma metodologia para análise da maturidade da manutenção de usinas hidrelétricas, embasada em indicadores de desempenho técnico, operacional e de gestão.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Propor uma sistemática para levantamento da maturidade e do nível de desempenho destes indicadores na usina;

- Propor uma metodologia para a implementação, controle e realimentação destes indicadores, para que a usina possa evoluir a um nível de excelência em sua gestão de da manutenção de acordo com os critérios propostos nesta dissertação;
- Aplicar a metodologia em uma Usina Hidrelétrica (UHE) previamente selecionada, analisar os resultados e validar o método proposto.

Sendo que temos as seguintes etapas prévias para cumprimento destes objetivos específicos:

- Identificar a legislação pertinente relativa a manutenção de usinas hidrelétricas e seus indicadores de desempenho;
- Levantar os indicadores de desempenho técnico, operacional e de gestão das usinas hidrelétricas, exigidos pelos órgãos de controle e regulamentação;
- Identificar e comparar metodologias disponíveis para avaliação da maturidade de sistemas de gestão da manutenção;

1.3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada na pesquisa foi estruturada em quatro fases, denominadas: planejamento, proposta, coleta de dados e análise.

Na primeira fase do trabalho, denominada “Planejamento”, foi realizada uma pesquisa na literatura sobre as principais características das usinas Hidrelétricas, os parâmetros legais referentes à sua disponibilidade e os indicadores de avaliação de desempenho estabelecidos pela ANEEL e pelo Operador Nacional do Sistema (ONS). Esta fase compreende também uma pesquisa bibliográfica sobre Métodos de Avaliação de Maturidade.

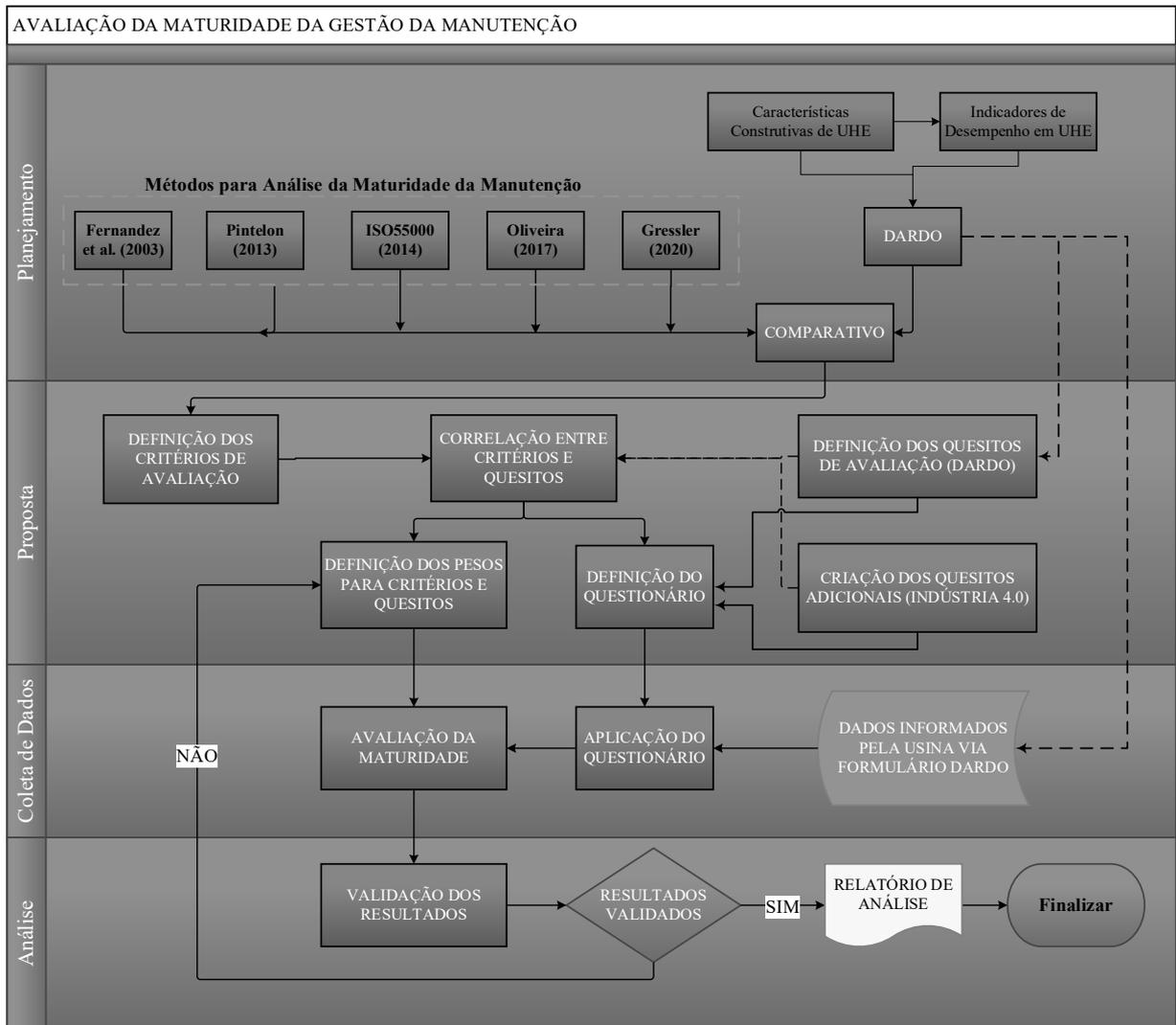
Na sequência tem-se a comparação entre os métodos de avaliação da maturidade selecionados e o alinhamento dos seus critérios com os indicadores de desempenho das UHE exigidos pela ANEEL.

Especificamente, foi verificada a pertinência da análise com relação a Declaração de Autoavaliação Regulatória e de Desempenho Operacional (DARDO), que concentra uma série de dados referentes ao desempenho das usinas. Ressalte-se que, como critério para esta comparação entre os métodos selecionados, deve-se priorizar aqueles que utilizam uma abordagem *soft*, conforme anteriormente apresentada no Quadro 2. Tal opção deve-se a

necessidade de analisar além de indicadores quantitativos uma série de fatores qualitativos para definição do grau de maturidade do sistema de gestão da manutenção da UHE.

A Figura 2, a seguir, ilustra resumidamente a metodologia utilizada para a pesquisa, com suas diversas fases e a interrelação entre estas.

Figura 2 – Metodologia da pesquisa



Fonte: Autoria Própria

A partir do comparativo realizado na fase de “Planejamento”, na fase de “Proposta”, têm-se a proposta de uma nova metodologia, mesclando os Critérios apresentados por Oliveira (2017) e Gressler (2020a). Tal metodologia é focada no problema de pesquisa, ou seja, para Usinas Hidrelétricas, e correlacionando a maturidade do Sistema de Gestão da Manutenção e os indicadores de desempenho já acompanhados pela ANEEL. Com isso, a metodologia deve permitir avaliar se o sistema de gestão da manutenção possui maturidade suficiente para, a partir dos dados coletados, atingir os conceitos mais elevados na avaliação pelos órgãos de controle.

Adicionalmente, nesta mesma fase de “Proposta”, visando viabilizar o aprimoramento contínuo do sistema de gestão da manutenção, serão adicionados quesitos adicionais com relação as tecnologias da indústria 4.0.

Portanto, como resultado da fase de “Proposta”, a partir de uma correlação entre os quesitos de avaliação do DARDO e os critérios de avaliação da maturidade selecionados serão obtidos:

- a) Os critérios a serem avaliados para definição do grau de maturidade do sistema de gestão de manutenção;
- b) Os itens do formulário DARDO pertinentes;
- c) Os itens adicionais necessários;
- d) O questionário de avaliação e o respectivo padrão de respostas;
- e) A pontuação a ser atribuída em cada quesito proposto no questionário em função do padrão de respostas pré-determinado;
- f) Os pesos para cada critério e quesito de avaliação;

Sendo assim o modelo consiste em um questionário de avaliação, o seu padrão de resposta, os pontos e pesos para cada resposta e critério e a definição da classificação final, conforme desenvolvido nas etapas de planejamento e proposta identificadas na Figura 2.

A terceira fase, denominada “Coleta de Dados”, consiste na aplicação do questionário de avaliação. Tal questionário deverá ser respondido pelo responsável da UHE pelo preenchimento do questionário DARDO, e deverá ser realizada, transcrevendo-se as respostas dadas na última avaliação entregue a ANEEL. Adicionalmente deverão ser respondidas as questões que tratam das tecnologias da indústria 4.0.

Na quarta e última fase, realiza-se a análise do questionário aplicado, onde serão processados os dados informados pela usina. Por meio da consolidação das respostas obtidas, realiza-se a avaliação da maturidade do processo de manutenção segundo os critérios definidos pela metodologia e estabelecida a classificação da maturidade para UHE objeto de estudo. Finalmente, a validação dos resultados é realizada pela conferência das respostas com aquelas já anteriormente informadas no formulário DARDO, e em um segundo momento comparando-se o conceito obtido pela metodologia proposta e o do DARDO.

1.4 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

O capítulo 2 consiste em atividades de pesquisa e estudos relacionados aos sistemas, subsistemas e componentes de hidrogeradores.

O capítulo 3 trata dos indicadores de desempenho de UHE avaliados pelos órgãos de controle (ANEEL e ONS).

No capítulo 4 apresenta-se o estado da arte no que concerne as metodologias para análise da maturidade e um comparativo entre eles, tendo em vista o foco em usinas hidrelétricas.

O capítulo 5 mostra o método e as ferramentas propostas para análise da maturidade do sistema de manutenção, tendo em vista os componentes, indicadores e critérios abordados nos Capítulos 2, 3 e 4 respectivamente.

No capítulo 6 demonstra-se a aplicação da metodologia em UHE previamente selecionada, a partir do levantamento dos dados disponibilizados pela concessionária. Com isto realiza-se a aplicação dos critérios previamente definidos e a análise dos resultados.

Finalmente, o Capítulo 7 apresentará às conclusões da dissertação, acompanhado das propostas para trabalhos futuros.

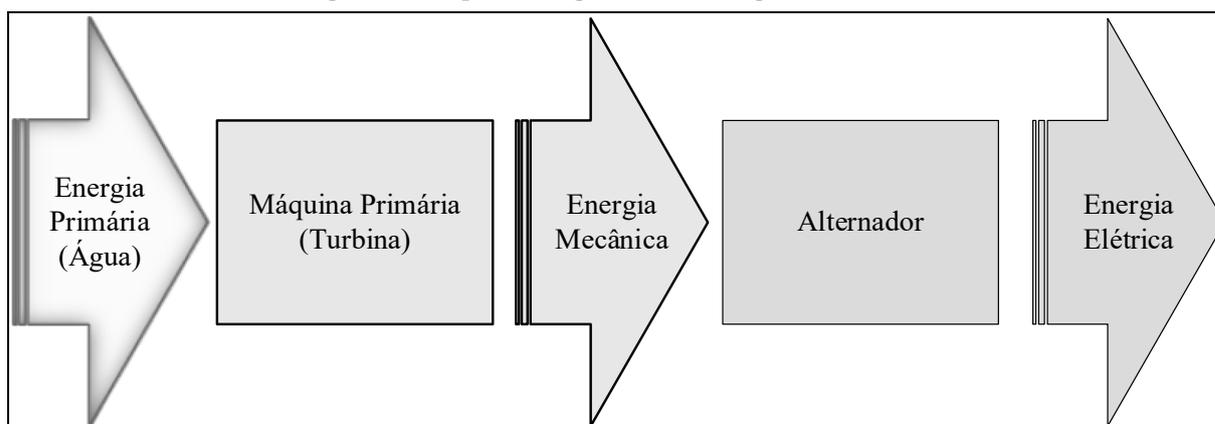
2 GERAÇÃO HIDRELÉTRICA

Neste capítulo serão vistos os componentes principais dos sistemas civis, mecânicos, eletroeletrônicos e eletromecânicos de uma usina hidrelétrica, estando organizados em estruturas hidráulicas, turbinas e seus acessórios e gerador síncrono e seus acessórios. Com isso pretende-se contextualizar os quesitos avaliados pelo formulário do DARDO, especialmente os componentes passíveis de manutenção, e o consequente alinhamento a metodologia de avaliação da maturidade da gestão da manutenção proposta neste trabalho.

Segundo Pinto (2018) o termo hidroeletricidade “se refere à geração de eletricidade por meio da conversão da energia cinética da água em energia potencial mecânica, que acionará um conjunto turbina-gerador e, assim, produzirá eletricidade”.

A Figura 3 a seguir mostra esquematicamente como se dá o processo de conversão de energia mecânica (cinética) em energia elétrica em uma usina hidrelétrica.

Figura 3 – Esquema de geração de energia hidrelétrica



Fonte: Adaptado de Maciel (2010)

Até a década de 50 do século XX o Brasil possuía 26 barragens para geração hídrica, sendo que ao final dessa década chegou-se a 47, entre os anos 60 e 80 mais 66 barragens foram construídas e até os anos 90 mais 124 hidrelétricas foram acrescentadas a esta lista, havendo um arrefecimento nas novas construções após esta fase (PINTO, 2018).

Atualmente, segundo o Sistema de Informações da Geração (SIGA) da ANEEL existem 223 usinas hidrelétricas no Brasil, totalizando aproximadamente 103 GW de potência instalada, o que equivale a 57,48% do total da potência fiscalizada da Matriz Elétrica Brasileira. Segundo o mesmo SIGA o estado do Paraná responde por aproximadamente 15 GW da geração de energia por meio de hidrelétricas, incluindo-se neste total a Usina de Itaipu (ANEEL, 2020a).

A empresa de energia objeto deste estudo possui atualmente um parque gerador composto por 30 usinas próprias e 11 participações, totalizando 5,675 GW, sendo que o primeiro aproveitamento desta companhia foi uma Usina no rio Iguaçu com 15 MW de potência, sendo inaugurada em 1967 e desativada em 1980.

O Quadro 3 a seguir apresenta as características importantes das usinas Hidrelétricas.

Quadro 3 – Características de Usinas Hidrelétricas

Item	Descrição
Local	Instalada em um local no qual grandes reservatórios sejam obtidos ao se construir uma barragem.
Custo Inicial	Muito alto, devido à construção da barragem e do trabalho de escavação.
Limite da Fonte de Energia	Água, dependência devido às variações de chuva ao longo do ano.
Custo de Transporte do Combustível	Praticamente nulo.
Eficiência Total	Cerca de 85%.
Inicialização⁽¹⁾	Pode ser feita instantaneamente.
Espaço Exigido	Exige uma vasta área, devido ao reservatório.
Custo de Manutenção⁽²⁾	Relativamente baixo.
Custo de Transmissão e Distribuição	Elevado, pois tais usinas estão localizadas longe dos grandes centros.

Observações: (1) tempo para ser colocada em operação e sincronismo com o sistema elétrico. (2) Comparado com usinas térmicas e nucleares.

Fonte: Adaptado de Pinto (2018)

Segundo Pinto (2018) as hidrelétricas são, geralmente, construções robustas, basicamente compostas por: estruturas hidráulicas, turbinas e equipamentos elétricos.

2.1 ESTRUTURAS HIDRÁULICAS

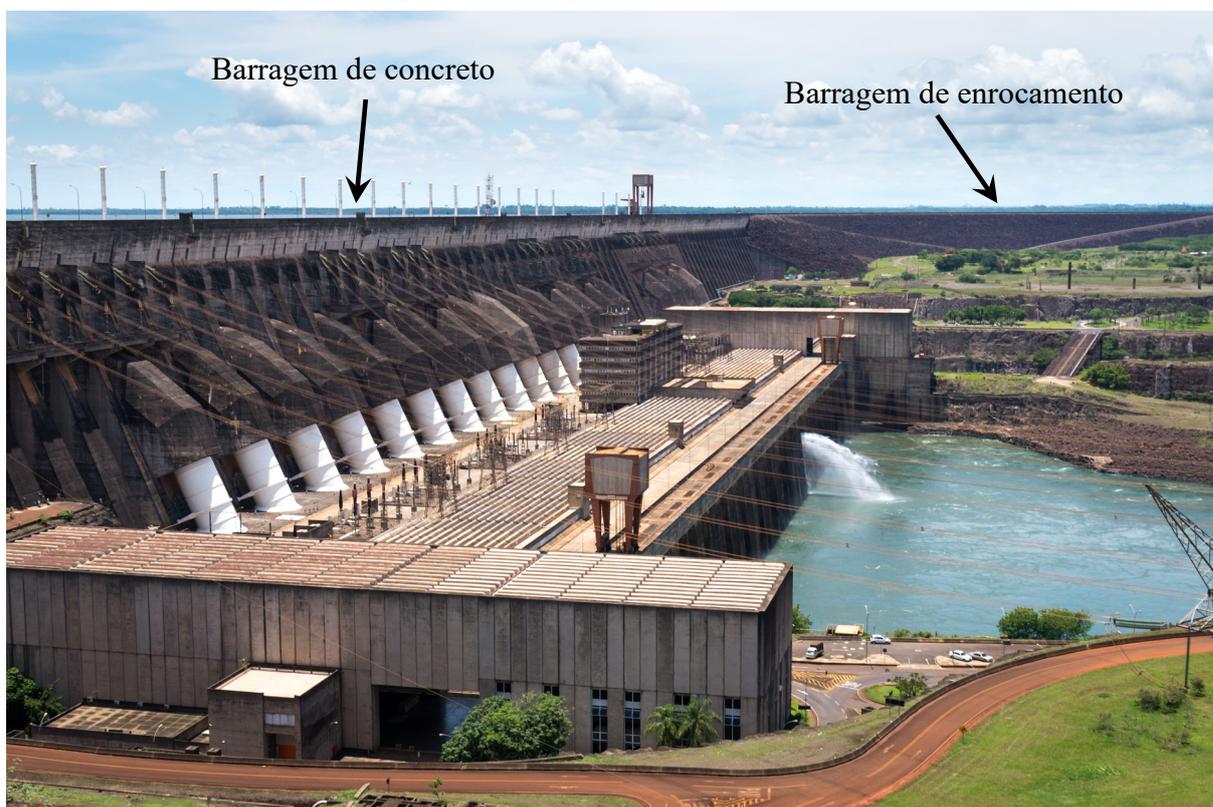
Fazem parte das estruturas hidráulicas o reservatório, a barragem, o vertedouro (PINTO, 2018) e o sistema de adução.

Também segundo Pinto (2018) o reservatório é o lago artificial da hidrelétrica, que tem por função armazenar a água e elevar o nível da lâmina d'água, visando provocar a queda d'água necessária para uma boa movimentação da turbina. A criação do reservatório é realizada pela barragem, que é uma barreira com finalidade de armazenar a água e que representa uma modificação não-natural ao curso do rio. A barragem permite ao sistema de geração hidráulica represar a água para captação e desvio; elevar o nível d'água para aproveitamento elétrico; regularizar vazões e amortecer enchentes. As barragens podem ser construídas a partir de

elementos como pedra e terra compactada, chamadas de barragem de enrocamento, ou concreto, sendo que seu tipo e arranjo dependerão da viabilidade técnica e econômica. São fatores a serem considerados o relevo, geologia, clima e topografia do local de instalação, condições para construção da fundação, disponibilidade de materiais próximo ao local da obra e a acessibilidade de transportes (PINTO, 2018).

Como ocupam grandes extensões de terras a construção de barragens para criação do reservatório exige que se façam estudos de licenciamento ambiental e de segurança para atender as premissas da Política Nacional de Segurança de Barragens (PINTO, 2018). A Figura 4 mostra uma barragem construída com uma parte em concreto e outra em enrocamento (pedra e terra compactada).

Figura 4 – Barragem de usina hidrelétrica



Fonte: Adaptado de Williams, D. (2021)

O vertedouro, localizado no topo da barragem, é a estrutura usada para descarregar o excesso de água que o reservatório possa acumular quando a vazão do rio supera a capacidade de armazenamento do reservatório. Este controle pode ser feito via comportas, como na Usina de Itaipu mostrada na Figura 5, não existindo um cronograma preestabelecido para a sua abertura (PINTO, 2018). Isto, apesar de existir o planejamento da operação energética brasileira realizado pela EPE e pela ONS.

Figura 5 – Vertedouro de usina hidrelétrica



Fonte: Adaptado de Martins, C.I. (2021)

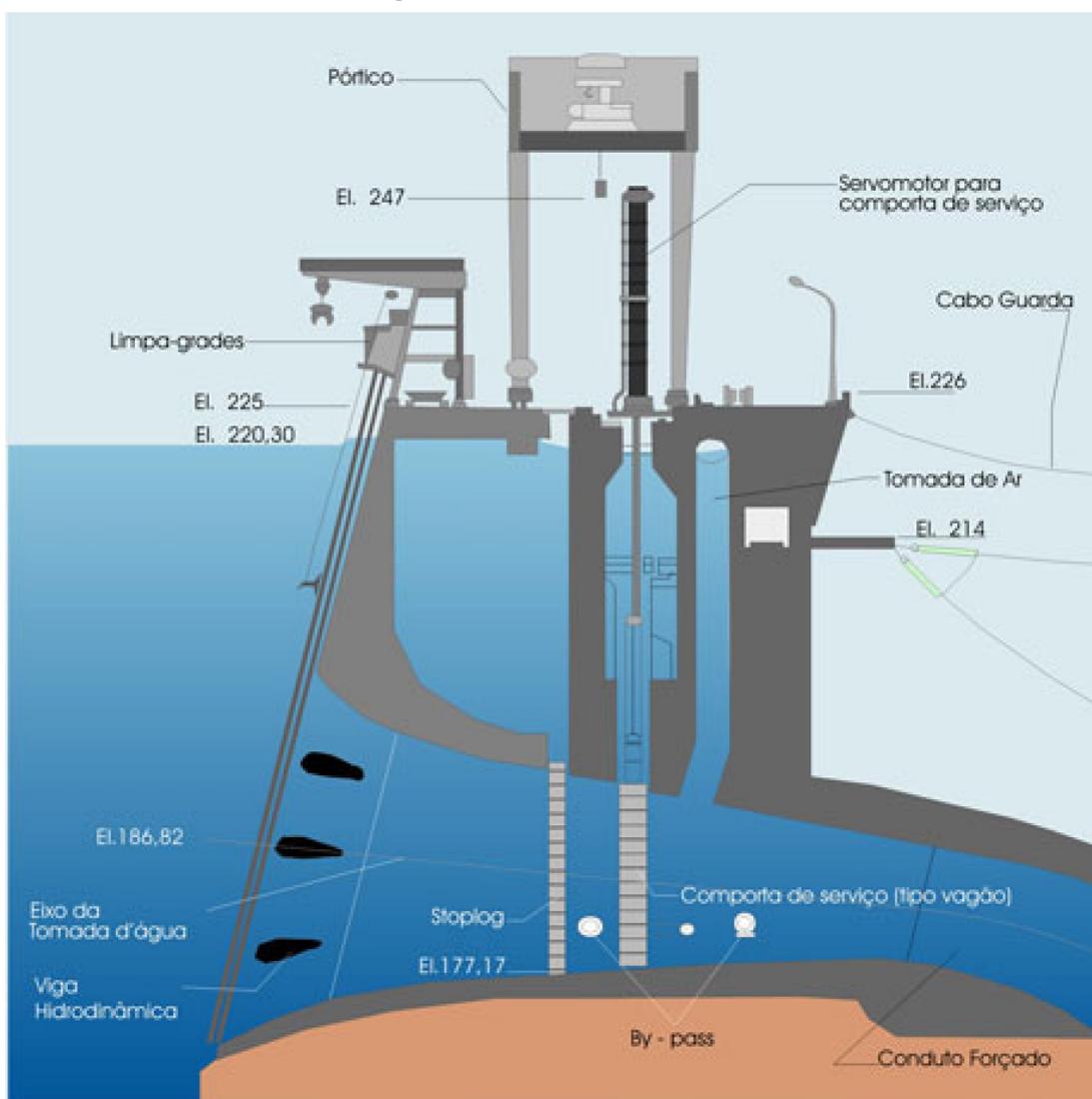
A Figura 6 mostra o subsistema de adução que é formado pelas grades de adução, pelas comportas da tomada d'água e pelo conduto forçado (SOUZA, SANTOS, BORTONI, 2018).

As grades de adução impedem que detritos atinjam a turbina tendo o papel de operar como um elemento filtrante.

Já as comportas são os componentes que permitem isolar a água do sistema final de produção de energia elétrica, tornando possíveis, por exemplo, trabalhos de manutenção nesse sistema já que podem impedir o fluxo de água para as turbinas (SILVA, 2015). São feitas de aço, ou então de concreto armado em quedas de até 30 m (PINTO, 2018).

Além destes componentes principais o subsistema de adução possui alguns equipamentos auxiliares, tais como o limpa-grades, que pode ser manual ou mecanizado, e que por meio de um pente, faz a remoção dos sólidos retidos nas barras das grades de adução (SOUZA, SANTOS, BORTONI, 2018). Outro equipamento que merece destaque é a comporta de manutenção, ou *stop log*, e que tem por função criar uma zona seca para proteger o setor no qual se realizam trabalhos de manutenção ou outras obras de infraestrutura, sendo utilizada para manutenção da comporta de tomada d'água (SOUZA, SANTOS, BORTONI, 2018).

Figura 6 – Subsistema de adução



Fonte: Itaipu Binacional (2010a)

A comporta de serviço tem por função controlar as vazões hidráulicas, interrompendo o fluxo de água que aciona a turbina da unidade geradora. Existem diversos tipos de comportas, classificadas em função do tipo de movimento que realizam, podendo ser de translação, de rotação, ou de translo- rotação, sendo que a escolha do tipo de comporta, depende de fatores tais como: o local de instalação, os custos e a simplicidade, confiabilidade e segurança operacional (SOUZA, SANTOS, BORTONI, 2018).

A Figura 7 mostra o servomotor, cilindro hidráulico (eletro-hidráulico), que movimenta a comporta de serviço da tomada d'água, permitindo, regulando ou interrompendo o fluxo de água que aciona a turbina, e conseqüentemente a unidade geradora (ITAIPU, 2012).

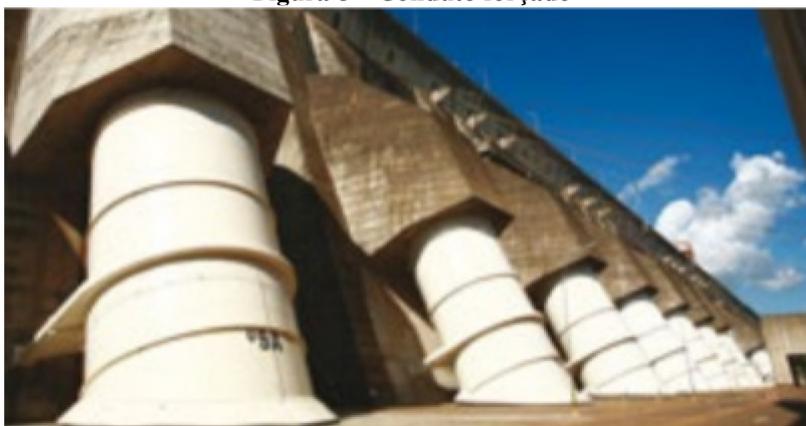
Figura 7 – Pistões de Comportas do sistema de adução



Fonte: Itaipu (2012)

Finalmente, o conduto forçado, mostrado na Figura 8, tem o propósito de direcionar o fluxo de água desde o reservatório, pelo canal de adução, até as pás do rotor da turbina (SILVA, 2015), sendo posteriormente despejada no canal de fuga, voltando ao curso natural do rio.

Figura 8 – Conduto forçado



Fonte: Itaipu (2012)

Os condutos forçados podem ser construídos em chapas de aço soldadas, aço laminado sem costura, ferro fundido, cimento amianto, PVC ou fibra de vidro, dependendo do porte da usina e de condições técnico-financeiras. Podem também ser instalados a céu aberto ou

enterrados. Importante destacar que a necessidade de juntas de instalação, a forma de instalação e o material de que são construídos impactam na manutenção (SOUZA, SANTOS, BORTONI, 2018).

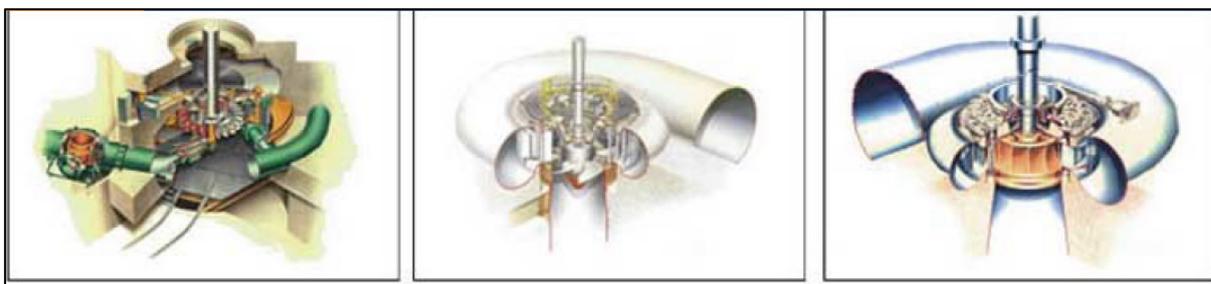
2.2 TURBINA E SEUS ACESSÓRIOS

A turbina tem por função transformar a maior parte da energia de escoamento contínuo da água que a atravessa em trabalho mecânico (SOUZA, 1983), sendo que a NBR 6445 define uma turbina hidráulica como uma *máquina rotodinâmica com a finalidade de transformar a energia hidráulica em energia mecânica*” (ABNT, 2016).

Basicamente, segundo Souza (1983) existem dois tipos de turbinas:

- As de ação, que através do rotor da turbina transforma a energia cinética da água em escoamento em trabalho mecânico. As turbinas dos tipos Pelton (mostrada na Figura 9), de jato inclinado e de fluxo transversal são classificadas como de ação; e
- As de reação, onde a energia cinética e de pressão da água em escoamento são convertidas em trabalho mecânico, sendo que as turbinas Francis e Kaplan, vistas na Figura 9 se enquadram nesta classificação, além destas temos as dos tipos Francis dupla, Francis gêmea, turbina-hélice, diagonal, Deriaz, turbina-bulbo e turbina tubular que também podem ser classificadas como de reação.

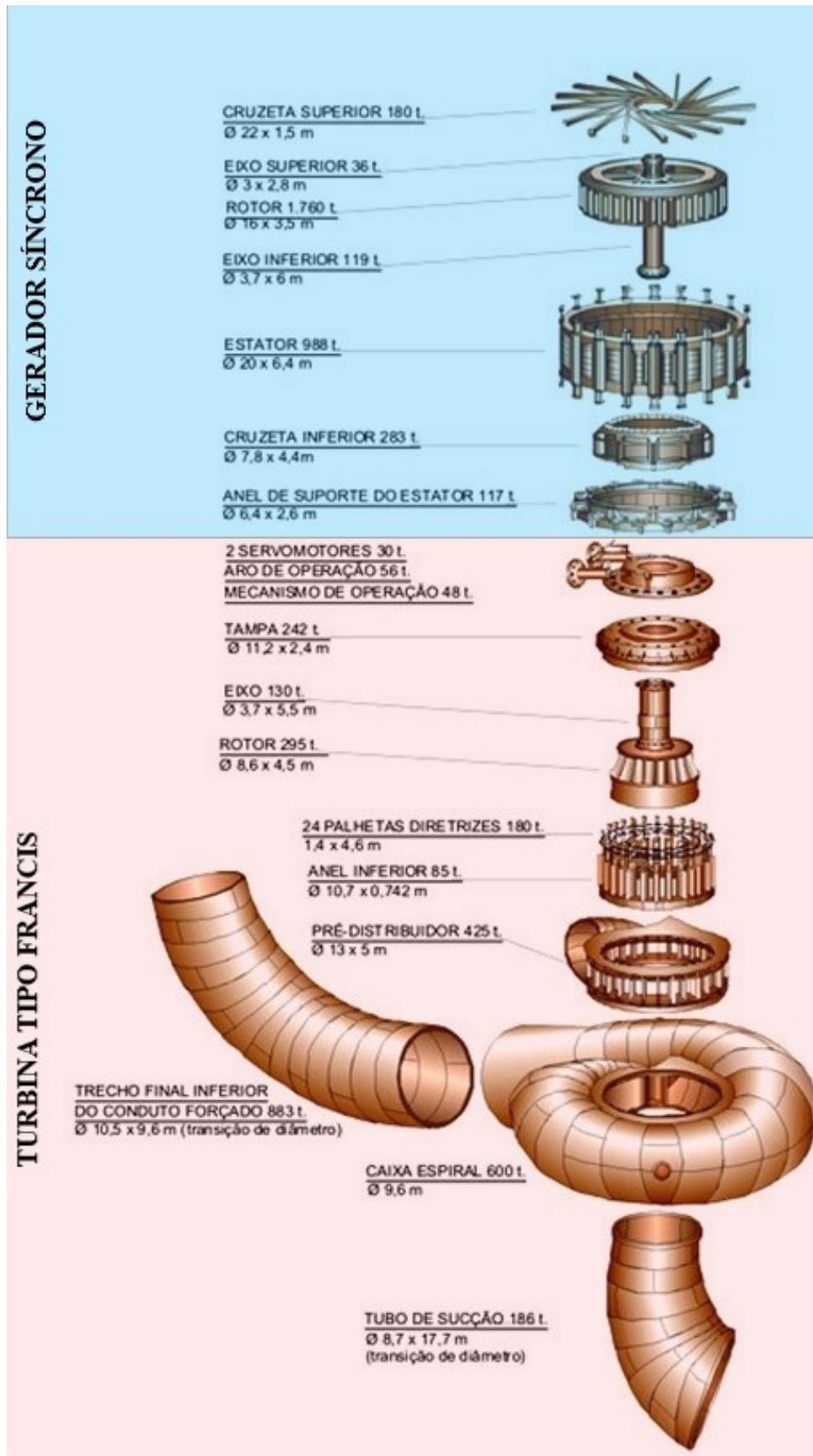
Figura 9 – Tipos de Turbinas: Pelton, Kaplan e Francis respectivamente



Fonte: ANEEL, 2005

O gerador síncrono, está conectado diretamente à turbina através de um eixo, convertendo a energia mecânica em elétrica (SILVA, 2015). Adicionalmente o sistema de excitação e o regulador de velocidade que servem para ajustar a tensão, frequência e a potência geradas. A Figura 10 mostra as partes da unidade geradora de uma usina hidrelétrica, sendo composta basicamente pelo gerador síncrono, pela turbina e seus acessórios.

Figura 10 – Unidade geradora com turbina Francis



Fonte: Adaptado de Itaipu (2010b)

Segundo Pinto (2018), complementam a turbina da unidade geradora, conforme mostrado na Figura 10, os seguintes elementos:

- a. Caixa Espiral – tubo integrado à estrutura da hidrelétrica, cujas seções diminuem progressivamente no sentido do fluxo d'água, e que envolvem o rotor da turbina, tendo por função distribuir a água na entrada da turbina.
- b. Pré-distribuidor – dispositivo, localizado entre a caixa espiral e o distribuidor, que possui a função de direcionar o escoamento de água, sendo constituído de palhetas fixas (tipicamente de 18 a 24) e anéis inferior e superior.
- c. Distribuidor – dispositivo com a função de controlar a potência da turbina, composto de uma série de palhetas móveis (tipicamente de 18 a 24) acionadas hidráulicamente por servomotores.
- d. Rotor e eixo – elemento rotativo, constituído por certo número de pás com curvatura adequada, e seu eixo de ligação ao gerador elétrico, sendo o dispositivo responsável por transformar a energia hídrica em potência mecânica.
- e. Tubo de sucção – dispositivo de saída da água, geralmente com diâmetro superior ao de entrada, de tal forma que haja uma desaceleração no escoamento da água após a passagem pelo rotor até o canal de fuga.

Também merecem destaque os seguintes elementos da turbina assim definidos (ABNT, 2016):

- a. Sistema de regulação da turbina – conjunto de equipamentos eletroeletrônicos e mecânicos responsáveis pela regulação de velocidade e potência do conjunto.
- b. Mancais de guia, de escora ou combinado de escora e de guia – elementos que restringem os movimentos radial e axial da turbina.
- c. Tampa da turbina – elemento da turbina que isola os elementos externos e internos da turbina.

2.3 GERADOR SÍNCRONO E SEUS ACESSÓRIOS

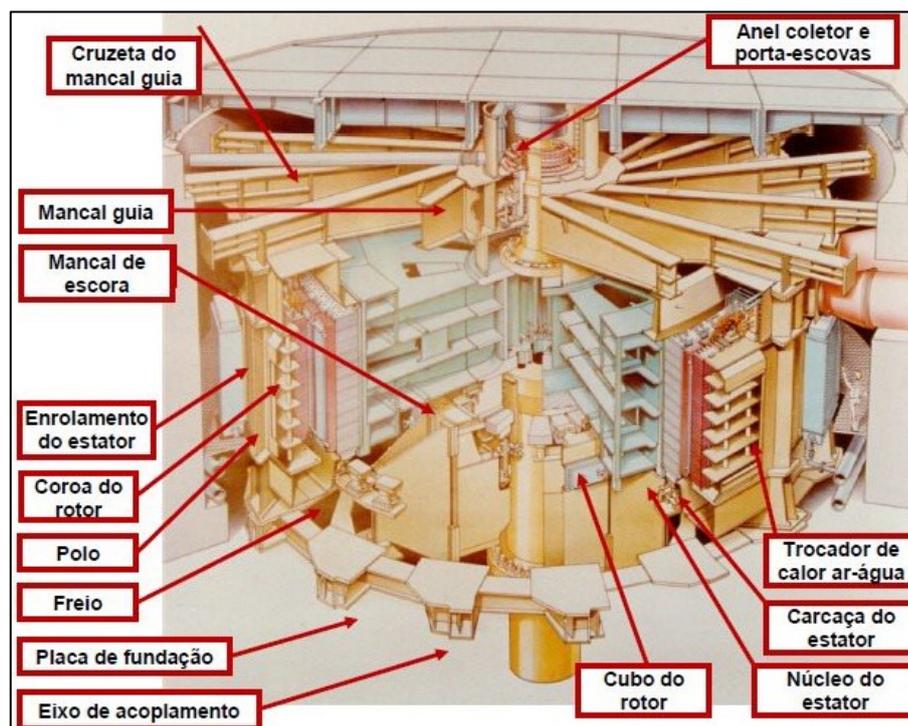
Souza, Santos e Bortoni (2018) definem geradores síncronos como máquinas elétricas que trabalham com velocidade constante e igual a velocidade síncrona. O uso de geradores elétricos síncronos é o mais comum em centrais hidrelétricas em função da sua ampla aceitação, produzindo energia a partir da rotação da máquina primária (rotor da turbina) e a excitação do enrolamento de campo.

São algumas características importantes na especificação de um Gerador: potência nominal, tensão nominal, fator de potência nominal, reatância de eixo direto, rotação nominal e as suas características físicas (SOUZA, SANTOS E BORTONI, 2018).

Os geradores síncronos, em função do formato do seu rotor, podem ser de polos lisos, mais comumente usados em turbogeradores (geração térmica), ou de polos salientes para hidrogeradores (geração hidráulica). Mais recentemente também é possível encontrar hidrogeradores com polos lisos, situação que estes são mais leves, mais resistentes à sobre velocidades e mais robustos, mas que por outro lado a manutenção é mais difícil e cara, pois no caso da perda de um polo isto resulta na perda do rotor como um todo (SOUZA, SANTOS e BORTONI, 2018).

Como exemplo, a Figura 11 mostra o gerador síncrono da Usina Hidrelétrica de Itaipu, com suas partes e componentes auxiliares.

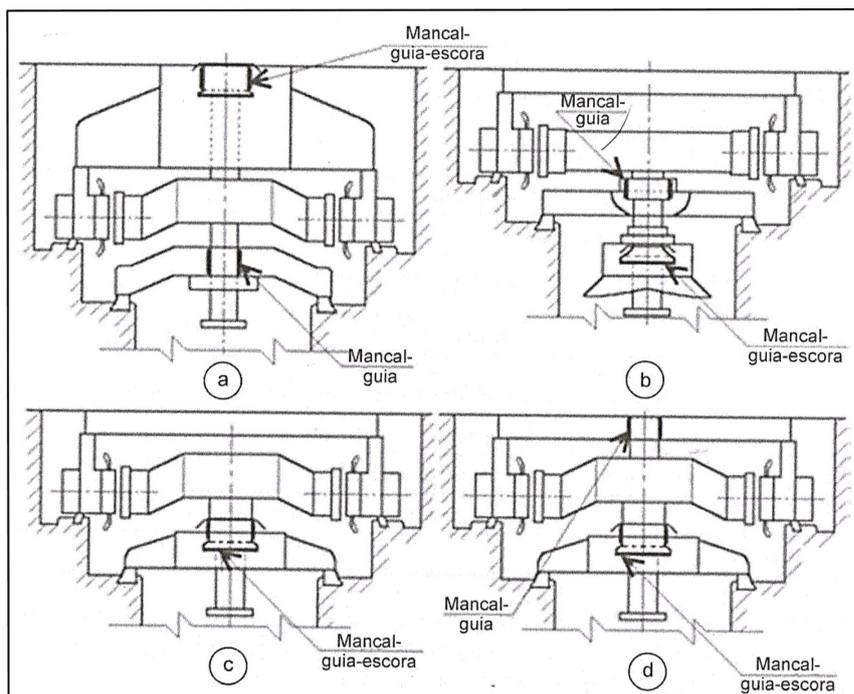
Figura 11 – Exemplo de Gerador Síncrono – partes e componentes auxiliares



Fonte: Adaptado de Itaipu (2010b)

Vários arranjos de montagem são possíveis para o gerador síncrono com montagem vertical em uma Central Hidrelétrica com turbinas Francis, sendo estes definidos pelo posicionamento dos mancais de escora e guia conforme mostra a Figura 12.

Figura 12 – Arranjos Convencionais para montagem do hidrogerador na vertical



Fonte: Souza, Santos e Bortoni (2018)

Complementarmente ao gerador síncrono propriamente dito outros sistemas adicionais são necessários para gerar a energia elétrica nos parâmetros corretos de tensão e frequência, a saber (SOUZA, SANTOS E BORTONI, 2018):

- Circuitos de refrigeração: com a passagem da corrente elétrica pelos enrolamentos de armadura do gerador ocorre a elevação de temperatura por efeito Joule, da mesma forma que os enrolamentos do circuito de excitação no rotor são aquecidos. Além disso existe o aquecimento oriundo do circuito magnético causados no núcleo por correntes parasitas e histerese. Adicionalmente existe o aquecimento causado pelo atrito em guias e mancais. Visando retirar este calor gerado pela máquina faz-se necessário o sistema de refrigeração, que podem utilizar como fluido refrigerante ar, água ou óleo para hidrogeradores. Diversas formas de se fazer a refrigeração são possíveis, com trocadores de calor incorporados ou não, e ainda com circulação do fluido de forma livre até forçada.
- Sistema de excitação: tem por função fornecer energia em corrente contínua para o circuito de campo do gerador, sendo que a excitatriz pode ser estática ou rotativa. A corrente contínua é levada ao enrolamento de campo (no rotor) por meio do conjunto de anéis e escovas, que é um dos itens que merece uma

das mais constantes ações de manutenção do gerador. As excitatrizes estáticas são as mais comuns em Usinas Hidrelétricas, sendo geralmente autoexcitadas e possuindo anéis coletores e escovas. Alternativamente, existem excitatrizes rotativas que não precisam de escovas e anéis coletores (brushless). Complementam o sistema de excitação, dentre outros componentes os disjuntores de campo e os resistores de descarga.

- Regulador de velocidade: a primeira função deste é manter a rotação do gerador constante, conforme sua especificação nominal, a fim de que a frequência gerada atenda as exigências contratuais. Adicionalmente serve também para controlar a potência ativa gerada pela máquina, tendo em vista que atua sobre a vazão na turbina por meio dos distribuidores e servomotores.
- Regulador de tensão: a sua função principal é manter a tensão de armadura ajustada, atuando sobre a corrente de excitação do gerador síncrono, além desta função primária auxilia na estabilização de transitórios e visa assegurar a operação do gerador nos limites da sua curva de capacidade.
- Sistema de supervisão: compõe o sistema de supervisão da central hidrelétrica como um todo os sistemas de proteção e de medição e monitoramento. Segundo Souza, Santos e Bortoni (2018) a Eletrobrás propõe que as seguintes funções de proteção façam parte do sistema: falta à terra e falta à terra restrita (ANSI 64), rotor à terra (ANSI 64F), Diferencial (ANSI 87), diferencial em bloco (ANSI 87 GT), sobrecorrente (ANSI 51V), sobretemperatura do estator (ANSI 26), sobretemperatura do rotor (ANSI 26F), corrente de sequência negativa (ANSI 46), perda de campo (ANSI 40), sobretensão (ANSI 59), corrente de eixo (ANSI 38/64), subfrequência (ANSI 81), reversão de potência (ANSI 32), sobrevelocidade (ANSI 12/14), sincronização (ANSI 25) e sobreexcitação (ANSI 59F). Já para medição e monitoramento as seguintes funções podem ser automatizadas e estar previstas: desligamento automático, partida automática, transmissão de dados, recepção e comandos remotos, controle de potências ativa e reativa, sinalização, alarme, controle de extravasores e registro de frequência de eventos.
- Sistemas auxiliares: compõe este sistema a alimentação de energia em corrente contínua e em corrente alternada e os sistemas de óleo hidráulico e o de ar-comprimido. Cada um destes sistemas possui diversas aplicações dentro da

usina e o seu funcionamento adequado são imprescindíveis para o funcionamento da central.

Finalmente, o gerador é conectado ao sistema elétrico por meio do transformador elevador e posteriormente da subestação de conexão. A configuração do arranjo da subestação depende de uma série de fatores, em especial da sua confiabilidade e do custo da implantação. Fazem parte da subestação disjuntores, chaves seccionadoras, barramentos, transformadores de corrente e potencial, relés, para-raios, chaves de terra, a malha de terra, dentre outros componentes.

2.4 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Neste capítulo foram apresentados diversos componentes da usina, contemplando as estruturas hidráulicas, a turbina, o gerador síncrono e os equipamentos acessórios a cada uma destas partes. Resumidamente para cada item foi descrita a sua função e características funcionais principais.

Tais componentes necessitam de acompanhamento e manutenção constantes, e o conhecimento de cada uma das partes é fundamental. Com isso, é possível definir as funções de cada um, estabelecendo os requisitos operacionais e o desempenho mínimo esperado, a fim de assegurar o desempenho operacional do sistema como um todo.

Como a usina é avaliada pelos órgãos reguladores, em seu todo e em seus diversos componentes individuais, por meio de indicadores de desempenho, é importante entender como os diversos componentes influenciam no funcionamento da usina. Alinhado a este trabalho, a operação e manutenção da UHE é acompanhada por meio de diversos itens do formulário DARDO, impactando diretamente no resultado da avaliação realizada pela ANEEL e no grau de maturidade do sistema de gestão da manutenção da usina.

No próximo capítulo serão estudados os aspectos regulatórios estabelecidos pelos órgãos de fiscalização para avaliar a usina e os respectivos indicadores de desempenho, e a sua correlação com as funções de manutenção da UHE.

3 INDICADORES DE DESEMPENHO

Neste capítulo, serão apresentados os indicadores de desempenho estabelecidos para avaliação do sistema energético nacional pelo órgão responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração (ONS) e pela agência reguladora (ANEEL), sendo que tais indicadores servem para o acompanhamento constante das usinas ligadas a matriz energética brasileira.

Destacam-se nesta análise o Submódulo 9.2 dos Procedimentos de Rede do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS, 2020), as Resoluções número 614 e 586 da ANEEL e a Declaração de Autoavaliação Regulatória e de Desempenho Operacional (DARDO).

A fim de alcançar a mais alta performance e maximizar o lucro, Indicadores de Desempenho podem fornecer informações valiosas para acompanhar o comportamento das diversas áreas industriais. Além disso este acompanhamento permite a identificação de oportunidades de melhoria nos sistemas avaliados.

Neste contexto, a avaliação comparativa de Usinas Hidrelétricas, tal como aquela realizada pela metodologia do DARDO, é um valioso método para fornecer uma análise sobre a Operação e Manutenção da UHE.

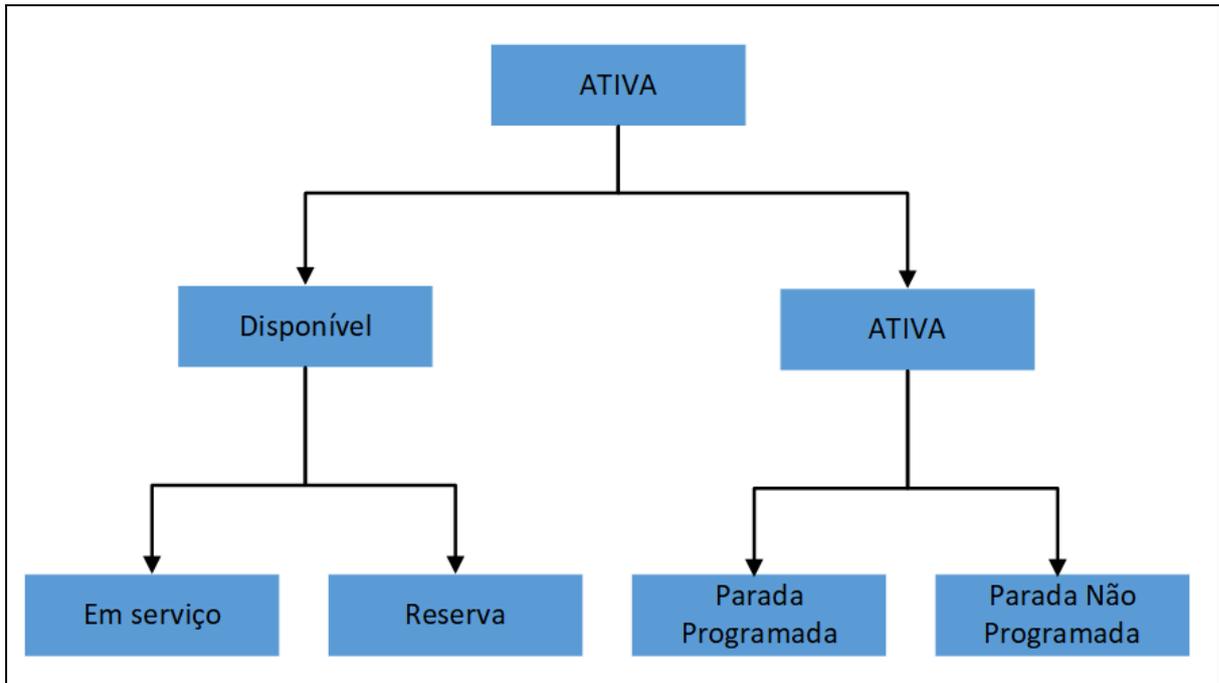
Já Leite (2019) através de técnicas de mineração de dados e avaliação de indicadores de desempenho da operação e manutenção, aplica um método para gestão de risco em Usinas Hidrelétricas que visa auxiliar no gerenciamento de paradas da usina para atendimento das metas determinadas pela ANEEL e ONS.

Face o exposto, o estudo dos indicadores de desempenho mostra-se importante para este trabalho, pois a partir destes dados será possível determinar o grau de maturidade que o sistema de gestão da manutenção da UHE se encontra, o que proporcionará futuramente um aprimoramento deste sistema.

3.1 ESTADOS DE OPERAÇÃO DE UMA UHE

Machado (2013) apresenta os possíveis estados de operação de uma Usina Hidrelétrica durante o seu ciclo de vida, isto considerando que ela possui uma produção contínua, dependendo basicamente da demanda, e podendo variar o seu estado em função do tempo de operação e da sua produção com relação a capacidade máxima instalada.

Figura 13 – Estados de operação de uma Usina Hidrelétrica



Fonte: Machado (2013)

A Figura 13 resume estes estados possíveis que a Usina Hidrelétrica pode ser encontrada, sendo as seguintes características de cada um deles:

- Disponível: pode gerar energia, independentemente da solicitação para fazê-lo e sem considerar a sua capacidade geradora;
- Em serviço: está disponível e conectada ao sistema elétrico;
- Em reserva: está disponível, mas não em serviço;
- Indisponível: não é capaz de operar por motivos de falha de equipamentos, restrições externas, inspeções, condução de algum trabalho de manutenção, baixo nível do reservatório, ou por contingências (inundação, incêndio, invasão, etc).
- Indisponibilidade Programada: indisponível devido a manutenção programada, inspeções, etc.
- Indisponibilidade Não Programada: devido a fatores não planejados, como uma falha ou falta de água em reservatórios.

3.2 ASPECTOS REGULATÓRIOS DO DESEMPENHO DE UMA UHE NO BRASIL

Machado (2013) define que a operação centralizada das centrais geradoras hidrelétricas objetiva a otimização do uso dos reservatórios e a operação com mínimo custo ao

sistema. Para compartilhar os riscos hidrológicos o Mecanismo de Realocação de Energia (MRE) busca garantir a otimização dos recursos hidrelétricos dos sistemas interligados. Por meio do MRE, todos os geradores dele participantes comercializam a energia assegurada que lhes foi atribuída, independentemente de sua produção instantânea real de energia, desde que todas as usinas participantes, gerem energia suficiente.

Por meio da Resolução nº 688 de 2003 a ANEEL estabeleceu as Regras de Mercado, incorporando o incentivo à eficiência de usinas participantes do MRE e definindo índices de disponibilidade destas.

Dentre as normas que estabelecem os indicadores de desempenho de hidrogeradores, destacam-se o Submódulo 9.2 dos Procedimentos de Rede, e a Resolução Normativa Nº 614 da ANEEL. Por meio da REN ANEEL nº 903/2020, foram aprovados os submódulos de Procedimentos de Rede versão 2020.12, com vigência a partir de 1º de janeiro de 2021.

O Submódulo 9.2 dos Procedimentos de Rede tem por objetivo estabelecer os procedimentos para o cálculo dos indicadores de desempenho dos equipamentos que compõem o sistema de geração e transmissão e os indicadores de desempenho das funções de transmissão e geração com olhar para operação e manutenção dos ativos (ONS, 2020).

Já a Resolução Normativa Nº 614 da ANEEL trata da apuração da indisponibilidade de unidade geradora, ou empreendimento de importação de energia, conectada ao Sistema Interligado Nacional (SIN) do ONS, estabelecendo critérios de apuração e verificação (ANEEL, 2014a). Nessa resolução inclui-se o conceito de garantia física apurada que é a referência utilizada para a alocação de energia do MRE definida como Mecanismo de Redução da Energia Assegurada (MRA).

Finalmente, outra Resolução a ser considerada é REN ANEEL nº 846 que aprovou procedimentos, parâmetros e critérios para a imposição de penalidades aos agentes do setor de energia elétrica e dispõe sobre diretrizes gerais da fiscalização da Agência. Esta resolução estabelece dentre as possíveis penalidades aos concessionários e permissionários as seguintes estão previstas: advertência, multa, embargo de obras, interdição de instalações, obrigação de fazer, obrigação de não fazer, suspensão temporária de participação em licitações para obtenção de novas concessões, permissões ou autorizações, bem como impedimento de contratar com a ANEEL e de receber autorização para serviços e instalações de energia elétrica, revogação de autorização, intervenção para adequação do serviço público de energia elétrica e caducidade da concessão ou da permissão (ANEEL, 2019).

Importante ainda destacar que a “multa pode ser imposta isoladamente ou em conjunto com outras penalidades, observado o limite, por infração, estabelecido na legislação” (ANEEL, 2019).

3.3 DECLARAÇÃO DE AUTOAVALIAÇÃO REGULATÓRIA E DE DESEMPENHO OPERACIONAL

Como resultado da Consulta Pública 014/2014, foi desenvolvido pela ANEEL o formulário denominado DARDO – Declaração de Autoavaliação Regulatória e de Desempenho Operacional, ferramenta que permite colher informações de assuntos diversos de maior relevância dentro da realidade de uma instalação de geração de energia elétrica. Tal formulário permite a fiscalização de empreendimentos de geração por parte dos órgãos competentes, mas antes disso permite ações de autoavaliação por parte das Usinas fiscalizadas, de tal forma que ações de autorregularização sejam possíveis anteriormente as ações de fiscalização (ANEEL, 2016).

Tal metodologia de fiscalização é aplicável às geradoras hidrelétricas (UHE) classificadas como "Tipo I" pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (Módulo 7.2 dos Procedimentos de Rede), à exceção da UHE Itaipu, sendo que o não envio do DARDO ou o envio fora do prazo sujeitará a empresa a punição (ANEEL, 2016).

O DARDO está estruturado em 8 tópicos, sendo o primeiro o cadastro da central, o último a declaração do agente com relação veracidade das informações, e seis tópicos que efetivamente são utilizados para avaliação da central.

Portanto os quesitos avaliados pelo DARDO estão estruturados nas seguintes categorias: meio-ambiente, gestão da operação, gestão da manutenção, operação e manutenção dos principais sistemas e equipamentos, segurança da central e indicadores de desempenho.

Cada um destes 6 tópicos é avaliado e recebe uma nota a partir de uma análise de cada um dos subitens do formulário. Como cada subitem têm uma criticidade pré-definida pela ANEEL e levando em conta a condição operativa declarada pelo agente de geração é possível calcular a nota de cada um dos tópicos (através de uma média ponderada). Ressalte-se que a criticidade de cada item é dependente da sua influência na função geração, ou seja, o quanto ele afeta ou restringe a disponibilidade da central. Finalmente, esta nota permitirá a classificação da central naquele tópico da seguinte forma (ANEEL, 2014b):

- Conceito 1: pontuação acima de 80% – central bem estruturada naquele tópico;

- Conceito 2: pontuação de 50 a 80% – central medianamente estruturada naquele tópico;
- Conceito 3: pontuação abaixo de 50% – central mal estruturada naquele tópico.

Finalmente, a avaliação da central é obtida a partir da média ponderada dos 6 tópicos permitindo a conceituação geral da seguinte forma (ANEEL, 2014b):

- Conceito A: pontuação acima de 90% – Excelente;
- Conceito B: pontuação de 70% a 90% – Bom;
- Conceito C: pontuação de 50% a 70% – Regular;
- Conceito D: pontuação de 30% a 50% - Insuficiente;
- Conceito E: pontuação abaixo de 30% - Péssimo.

Com relação ao padrão de respostas, esperado para cada um dos subtópicos (para a maioria dos itens), uma das seguintes opções é possível: inexistente; necessita de adequações; desatualizado ou obsoleto; não se aplica, ou ainda atualizado e aplicado. E, para o preenchimento do questionário as seguintes definições devem ser levadas em conta para cada uma destas situações (ANEEL, 2016):

- Inexistente – Subtópicos aplicáveis ou desejáveis para o sistema de geração, porém inexistente na central (não praticado ou não utilizado) no período em avaliação.
- Necessita de adequações – Refere-se aos procedimentos e tem influência direta no processo. Subtópicos em que os equipamentos, as ferramentas, os sistemas e as instalações não estão operando de forma adequada. Apesar de os subitens serem existentes, os mesmos necessitam de adequações (ajustes, calibrações, etc.) para o seu perfeito funcionamento.
- Desatualizado ou obsoleto – Refere-se aos procedimentos e tem influência indireta no processo. Subtópicos em que a documentação operacional, os sistemas, os procedimentos, as normas, os programas gerenciais e treinamentos, encontram-se fora de validade, vencidos ou com tecnologia ultrapassada.
- Não se aplica – Subtópicos que em tópico em avaliação não se refere ao sistema ou ao tipo de usina.
- Atualizado e aplicado – Referente às instalações físicas e aos procedimentos. Subtópico onde não existem não conformidades e que estão sendo corretamente aplicados no sistema de geração (passíveis de comprovação).
- Além destes padrões, é possível ainda, excepcionalmente em alguns casos, em que algum item não representa a realidade da central e não existe a opção para se

marcar a opção "Não se aplica", deixar o item sem marcação e descrever o motivo nas observações.

Maiores detalhes sobre os quesitos avaliados pelo DARDO, especificamente aqueles que possuem correlação com a manutenção e estão alinhados com este trabalho, e o respectivo padrão de respostas esperadas, podem ser verificados detalhadamente no Apêndice 1.

3.4 INDICADORES DE AVALIAÇÃO DE HIDROGERADORES

A partir das normas da ANEEL e ONS, são apresentados a seguir os indicadores com foco na avaliação da manutenção, além daqueles referentes ao cálculo da garantia física da usina. Os indicadores de manutenção de uma unidade geradora têm por objetivo informar por meio de valores, o quanto o equipamento encontra-se disponível ou não em virtude de ações de manutenção. Os indicadores de manutenção podem ser divididos em indicadores de frequência, indicadores de duração e indicadores de probabilidade (ANEEL, 2014a).

3.4.1 Indicadores de Frequência

Os índices de frequência, assim como os de duração, compõem a percepção da disponibilidade do ativo. Ainda que índices de probabilidade sejam de fácil compreensão e análise rápida, estes não possuem um indicativo da frequência com que as falhas ocorrem em determinadas condições operativas.

Taxa de Falhas, na perspectiva de manutenção para Unidades Geradoras Hidráulicas (TFMGH): Define o número médio de falhas em um ano para uma unidade geradora rotativa, sendo calculado pela equação (1) a seguir:

$$TFMGH = \left(\frac{\sum_{i=1}^N NF_i}{\sum_{i=1}^N HX_i} \right) 8760 \quad (1)$$

onde:

NF_i : nº de falhas do equipamento i ;

HX_i : nº de horas do equipamento i ($HX_i = HS_i$ para nº horas de serviço de equipamento rotativo e $HX_i = HD_i$ para nº horas disponíveis do equipamento não rotativo);

N : nº total de equipamentos.

3.4.2 Indicadores de Duração

Os índices de duração possuem uma visão temporal das paradas de máquinas em um determinado período ou mesmo a duração de uma falha média.

Tempo Médio de Reparo para Unidades Geradoras Hidráulicas (TMRGH):

Indica o tempo médio de manutenção forçada para cada falha forçada em uma unidade geradora, sendo calculado pela equação (2) a seguir:

$$TMRGH = \frac{\sum_{i=1}^N HIR_i}{\sum_{i=1}^N NDF_i} \quad (2)$$

onde:

HIR_i : número de horas em que o equipamento i está indisponível para a operação e entregue à manutenção forçada;

NDF_i : número de desligamentos forçados do equipamento i ;

N : número total de equipamentos.

3.4.3 Indicadores de Probabilidade

Os índices de probabilidade têm como principal função refletir a confiabilidade do sistema por meio de uma proporção. Dentre esses indicadores, temos as taxas de indisponibilidade do ativo por conta de manutenção e a disponibilidade do dispositivo ao longo de um dado período de tempo. Os indicadores com suas descrições e métodos de cálculo são descritos a seguir:

Falhas na partida (TFP): Indica um valor de probabilidade de falhas que ocorrem na

partida da unidade geradora:

$$FP = \frac{n^{\circ} \text{ total de falhas na partida}}{n^{\circ} \text{ total de partidas}} \quad (3)$$

Taxa de Desligamento Forçado para Unidades Geradoras Hidráulicas (TDFGH):

Define a proporção de horas de desligamento forçado em um período anual

$$TDFGH = \left(\frac{\sum_{i=1}^N NDF_i}{\sum_{i=1}^N HX_i} \right) 8760 \quad (4)$$

onde:

NDF_i : número de horas de desligamentos forçados do equipamento i ;

HX_i : número de horas do equipamento i ($HX_i = HS_i$ para n° horas de serviço de eq. rotativo e $HX_i = HD_i$ para n° horas disponíveis do equipamento não rotativo);

N : n° total de equipamentos.

Indisponibilidade para manutenção forçada de unidades geradores hidráulicas (INDISPMFGH): Representa a proporção do número total de horas que um equipamento não esteve disponível devido manutenções forçadas considerando toda a vida útil do equipamento:

$$INDISPMFGH = \frac{\sum_{i=1}^N P_i HIX_i}{\sum_{i=1}^N P_i HP_i} \quad (5)$$

onde:

HIX_i : n° de horas indisponíveis do equipamento i para manutenção forçada

HP_i : n° total de horas de existência do equipamento i

P_i : potência efetiva do equipamento i (MW)

N : n° total de equipamentos

Indisponibilidade para manutenção programada de unidades geradoras hidráulicas (INDISPMPGH): Representa a proporção do número total de horas que um equipamento não esteve disponível devido manutenções programadas considerando toda a vida útil do equipamento:

$$INDISPMPGH = \frac{\sum_{i=1}^N P_i HIX_i}{\sum_{i=1}^N P_i HP_i} \quad (6)$$

onde:

HIX_i : n° de horas indisponíveis do equipamento i para manutenção programada;

HP_i : n° total de horas de existência do equipamento i ;

P_i : potência efetiva do equipamento i (MW);

N : n° total de equipamentos.

Disponibilidade de unidades geradoras hidráulicas (DISPGH): Representa a proporção de horas que uma unidade geradora se encontra disponível considerando toda a vida útil do equipamento:

$$\text{DISPGH} = \frac{\sum_{i=1}^N P_i \text{HD}_i}{\sum_{i=1}^N P_i \text{HP}_i} \quad (7)$$

onde:

HD_i : número de horas disponíveis do equipamento i ;

HP_i : número total de horas de existência do equipamento i ;

P_i : potência efetiva do equipamento i (MW) - refere-se à potência máxima obtida em regime contínuo e nas condições operativas atuais dos equipamentos;

N : número total de equipamentos.

Os valores da DISPGH devem ser verificados utilizando os limites das faixas classificadas como normal, alerta e insatisfatória, de acordo com as seguintes definições: (a) normal: faixa considerada como adequada, com operação dentro dos padrões requeridos; (b) alerta: faixa considerada como de atenção, havendo necessidade de o agente adotar ações imediatas para recuperar o indicador e evitar evolução para uma operação fora dos padrões requeridos; (c) insatisfatória: faixa considerada como inadequada, havendo necessidade de o agente adotar ações imediatas para recuperar o indicador e voltar a operar dentro dos padrões requeridos.

3.4.4 Indicadores que Afetam o Cálculo da Garantia Física

A garantia física certificada pelo Ministério de Minas e Energia (MME) estabelece o montante de geração que cada usina pode fornecer ao sistema considerando um critério de risco de déficit preestabelecido. O valor desse montante pode sofrer alterações devido a diversos fatores, como por exemplo, paradas forçadas em hidrogeradores, cabendo a ANEEL, a partir da Resolução Normativa N° 614, definir o cálculo da garantia física apurada, que é realizado a partir da comparação entre as taxas de disponibilidade verificadas e as taxas de referência que serão demonstradas a seguir (ANEEL, 2020b).

Taxa equivalente de indisponibilidade forçada apurada (TEIFa): Representa a indisponibilidade de cada usina em virtude de paralisações forçadas. O período de análise deve considerar sempre os 5 anos anteriores.

$$TEIFa = \frac{\sum_{j=1}^{60} (\sum_{i=1}^n P_i (HDF + HEDF)_{ij})}{\sum_{j=1}^{60} (\sum_{i=1}^n P_i (HDF + HEDF + HS + HDCE + HRD)_{ij})} \quad (8)$$

onde:

i : índice da unidade geradora em operação comercial;

n : número de unidades geradores em operação comercial;

P_i : potência instalada da unidade geradora i - capacidade bruta (kW) - potência elétrica ativa nominal

HDF : número de horas de desligamento forçado na unidade i no mês j ;

$HEDF$: número de horas equivalentes de desligamentos forçados na unidade i no mês j (ex: se a unidade funciona 2 horas com geração em metade da máxima, o $HEDF$ será uma hora de desligamento forçado);

HS : número de horas em serviço da unidade i no mês j ;

HRD : número de horas de reserva desligada da unidade i no mês j ;

$HDCE$: número de horas desligadas por condições externas da unidade i no mês j (a unidade não está em serviço por condições externas às suas instalações).

Taxa equivalente de indisponibilidade programada (TEIP): Representa a indisponibilidade de cada usina em virtude de paralisações para manutenções programadas (preventivas). O período de análise deve considerar sempre os 5 anos anteriores.

$$TEIP = \frac{\sum_{j=1}^{60} (\sum_{i=1}^n P_i (HDP + HEDP)_{ij})}{\sum_{j=1}^{60} (\sum_{i=1}^n P_i (HP)_{ij})} \quad (9)$$

onde:

HDP : número de horas de desligamento programado na unidade i no mês j ;

$HEDP$: número de horas equivalentes de desligamentos programado na unidade i no mês j ;

HP : número de horas do período de apuração da unidade i no mês j .

Índice de disponibilidade de Referência (ID): Disponibilidade da usina estabelecida previamente pela agência reguladora.

$$ID = (1 - IP)(1 - TEIF) \quad (10)$$

onde:

IP : é a indisponibilidade programada;

TEIF: é a taxa equivalente de indisponibilidade forçada.

Salienta-se que os valores de *IP* e *TEIF* são valores de referência definidos pela ANEEL para cada usina sob análise.

Índice de disponibilidade verificada (IDv): Representa a disponibilidade verificada para a usina no período analisado

$$IDv = (1 - TEIP)(1 - TEIFa) \quad (11)$$

Disponibilidade máxima da usina (Dmax): Representa a disponibilidade de potência máxima da usina

$$Dmax = P_{efetiva} FC_{máx} (1 - TEIP)(1 - TEIFa) \quad (12)$$

onde:

P_{efetiva}: Potência instalada, definida no ato autorizativo (MW);

FC_{máx}: fator que multiplicado pela potência resulta na disponibilidade máxima da usina, considerado pelo ONS na elaboração do Programa Anual de Operação Eletroenergética.

Fator de Disponibilidade de Geração (FID): Representa se o valor de disponibilidade da geração encontra-se acima da determinada pela agência reguladora. Para valores acima de 1, a disponibilidade é maior que a exigida, para valores abaixo de 1, a disponibilidade é menor que a exigida. Limita-se superiormente o resultado para o valor igual a 1 (um).

$$FID = \frac{IDv}{ID} \quad (13)$$

Garantia Física Apurada (GFa): Representa a garantia física da usina que poderá ser utilizada como referência para alocação de energia do Mecanismo de Realocação de Energia (MRE). Portanto, a garantia física apurada será calculada a partir do valor mínimo entre a Garantia Física vigente e a Garantia Física vigente multiplicada pelo fator de disponibilidade de geração.

$$GFa = \text{mín}(GF, (GF)(FID)) \quad (14)$$

onde:

GF: é a garantia física da usina

FID: é o fator de disponibilidade de geração.

3.5 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Neste capítulo foram apresentados os principais referenciais normativos estabelecidos pela ANEEL e ONS, detalhando-se especialmente os indicadores de desempenho em função da sua importância para fins de avaliação da performance das UHE pelos órgãos de fiscalização.

Os indicadores de desempenho são uma ferramenta importante para monitorar a gestão do trabalho na área de manutenção, permitindo medir, analisar, avaliar e melhorar os fatores que podem influenciar no seu desempenho. A relevância de um indicador de desempenho é evidenciada quando sua avaliação está correlacionada com a análise do histórico do parâmetro monitorado, assim, é importante que os dados coletados sejam confiáveis, refletindo as variações do parâmetro analisado, para possibilitar ações que visem alcançar as metas (PARMENTER, 2015).

Tendo este conceito em mente, a partir dos indicadores de desempenho será possível construir o método para avaliação da maturidade do sistema de gestão da manutenção das UHE's, isto tendo em vista a influência direta que estes sofrem pelas ações de manutenção realizadas na usina.

No próximo capítulo serão estudados diversos métodos para análise da maturidade, focando-se especialmente naqueles utilizados para avaliação da manutenção.

4 ANÁLISE DE MATURIDADE

O presente trabalho está inserido no contexto da gestão de ativos e na busca da avaliação do desempenho da melhoria contínua em seus processos. Para tanto, este capítulo tem por finalidade a apresentação de diversos Métodos de Análise de Maturidade, em especial aqueles aplicáveis aos sistemas de manutenção. Na sequência será realizada uma comparação entre estes métodos, de tal forma que se verifique o seu alinhamento aos indicadores de desempenho já coletados pela empresa e que são objeto da fiscalização dos órgãos reguladores.

O termo maturidade é aplicável a diversos processos de uma organização e em diferentes segmentos do conhecimento, seja na área de gestão, qualidade, segurança, manutenção, comunicação, relacionamento com fornecedores, eficiência em pesquisa, desenvolvimento de produtos, nas dimensões qualitativas de uma organização, nos procedimentos de modelagem, no desenvolvimento de sistemas, destacando que cada uma destas avaliações se concentra num determinado domínio do conhecimento (OLIVEIRA, 2017).

Por ter uma ampla diversidade de aplicações, alguns modelos de maturidade são criados como uma receita passo a passo tentando simplificar o contexto da realidade avaliada o que permite levantar várias críticas ao modelo. Mas esta fragilidade pode ser suprida com modelos que realmente analisam de forma empírica o segmento de conhecimento investigado (HAMEL, 2009; McCORMACK et al., 2009; CHRONÉER; SUNDQVIST, 2014; XAVIER 2018).

Os modelos de maturidade seguem uma estrutura de graduação de níveis ou estágios, o caminho para se chegar aos níveis superiores consiste em gradativamente ir se atingindo metas de maturidade estabelecidas indicando que a organização está em processo de crescimento de maturidade por meio da aquisição e/ou aperfeiçoamento de suas capacidades (RÖGLINGER; PÖPPELBUSS; BECKER, 2012). Neste contexto pode-se definir os níveis de maturidade como os degraus de uma escada que levam a própria empresa a patamares superiores em matéria de eficiência na realização e controle de suas atividades. A relação a seguir ilustra alguns modelos de análise de maturidade disponíveis na literatura:

- Matriz de maturidade da gestão da qualidade (CROSBY, 1979).
- Modelo de maturidade em melhoria contínua (BESSANT et al., 2001).
- Modelo de maturidade em gestão de pessoas: P-CMM - *People Capability Maturity Model* (SILVEIRA, 2009).
- Grid de maturidade para gestão de ativos (BSI PAS 55 - IAM, 2016). *Institute of*

Asset management IAM - British Standards Institution (BSI).

- Grid de maturidade para gestão de ativos (ISO 55.000, 2014).
- Modelo de maturidade para avaliação de estruturas de controle interno em organizações governamentais (CAPOVILLA et al., 2018).
- Modelos de maturidade de Manutenção (FERNANDEZ et al., 2003; PINTELON et al. 2013; OLIVEIRA, 2017; GRESLER, 2020).

A seguir serão apresentados alguns modelos de maturidade aplicados no seguimento de conhecimento relacionados a gestão de ativos e gerência de manutenção foco desta pesquisa.

4.1 MODELO DE MATURIDADE PARA GESTÃO DE ATIVOS

Como parte embrionária da ISO 55000, o guia PAS 55 (Publicly Available Specification 55), norma, publicada pela *British Standards Institution (BSI)*, mostrado no Quadro 4, apresenta os requisitos necessários para que as organizações trilhem pelo caminho da gestão de ativos.

Quadro 4 – Processo de maturidade para gestão de ativos PAS 55.

Inocente	Consciente	Desenvolvimento	Competente e Otimização	Excelente
Nível de Maturidade 0	Nível de Maturidade 1	Nível de Maturidade 2	Nível de Maturidade 3	Nível de Maturidade 4
PAS 55 não existe na empresa. A empresa está no processo de desenvolver um entendimento da Especificação.	A Empresa tem um entendimento básico dos requisitos da PAS 55. Está no processo de decidir como será feita a aplicação dos elementos da PAS 55 e já começou a aplicá-los.	A Empresa tem um bom entendimento dos requisitos da PAS 55. Já foi decidido como os elementos da PAS 55 serão aplicados e já existem trabalhos de implementação.	Todos os elementos da PAS 55 foram implementados e estão sendo aplicados de forma integrada. Apenas pequenas inconsistências podem existir.	A empresa utiliza processos e abordagens que vão além dos requisitos da PAS 55. Indo além das ideias já existentes em novos conceitos de gestão de ativos.

Fonte: Adaptado de BSI PAS 55 – IAM (2008)

No Quadro 5 são apresentados os requisitos solicitados do guia PAS 55, para a efetivação de plano de trabalho executável, sendo o desdobramento de cada nível de maturidade apresentado conforme o Quadro 4.

Com isso, é possível identificar quais são as técnicas e ferramentas aplicáveis na gestão de ativos que auxiliam na aplicação e evolução de maturidade da gestão de ativos de acordo com a PAS 55.

Quadro 5 – Técnicas e ferramentas para o processo de gestão de ativos PAS 55

Inocente	Consciente	Desenvolvimento	Competente e Otimização	Excelente
Nível de Maturidade 0	Nível de Maturidade 1	Nível de Maturidade 2	Nível de Maturidade 3	Nível de Maturidade 4
	Gestão de Manutenção: Planejamento e Controle, Gestão de Contratos, Sistema Informatizado, Treinamento e capacitação, Cumprimento de Normas e Requisitos	Engenharia de Manutenção: Indicadores de manutenção, Manutenção centrada em Confiabilidade, Análise de Modos de falha e causa Raiz, Manutenção Baseada na Condição.	Engenharia de Confiabilidade: Análise RAM , Análise e Gestão de Risco, Análise de Vida dos equipamentos e Gestão do Ciclo de Vida.	Avaliação da Degradação das Estruturas: Monitoração das condições das estruturas.

Fonte: Adaptado de BSI PAS 55 - IAM (2008)

Em decorrência do trabalho realizados pela PAS 55, é criada a série de normas ISO 55000, que possui a seguinte composição:

- ISO 55000 - Visão geral, princípios e terminologia.
- ISO 55001 - Sistemas de Gestão – Requisitos.
- ISO 55002 - Sistemas de Gestão – Guia para implantação.

Como a norma ISO 55002 menciona no seu item 6.2.1.3 que um dos objetivos a ser alcançado é “a certificação do sistema de gestão de ativos, ou a avaliação da maturidade da gestão de ativos (por benchmarking)” (ABNT, 2014), o *Institute of Asset Management (IAM)* apresentou um modelo para avaliação da maturidade, conforme Quadro 6 (IAM, 2014).

Quadro 6 – Grid de Maturidade para Gestão de Ativos: ISO 55000

Escala	Descrição	Definição	Característica da Maturidade
0	Inocente	A organização não reconhece a necessidade dessa exigência e/ou não há nenhuma evidência de compromisso para utilizá-la.	Não se aplica
1	Consciente	A organização tem identificado a necessidade deste requisito, e há evidência de intenção em progredir.	Propostas estão em desenvolvimento e alguns requisitos podem estar em uso. Os processos são mal controlados, reativos e o desempenho é imprevisível.
2	Desenvolvimento	A organização tem identificado os meios de forma sistemática e consistente para alcançar os requisitos, e pode demonstrar que	Este é um estado de transição. Processos são planejados, documentados (quando necessário), aplicados e controlados a nível local ou dentro de departamentos funcionais; geralmente de um modo reativo, mas poderia alcançar os resultados esperados com alguma

Escala	Descrição	Definição	Característica da Maturidade
		estes estão progredindo de forma confiável.	repetição. Os processos estão insuficientemente integrados, com consistência limitada ou coordenação através da organização.
3	Competente	A organização pode demonstrar que alcança sistematicamente e consistentemente os requisitos pertinentes estabelecidos na norma ISO 55001.	Isto envolve uma forma documentada do sistema de gestão de ativos contidos dentro da organização. O desempenho dos elementos do sistema de gestão de ativos é medido, revisado e melhorado continuamente para atingir os objetivos de gestão de ativos.
4	Otimização	A organização pode demonstrar que otimiza sistematicamente e consistentemente a prática de gestão de ativos, de acordo com os objetivos da organização e do contexto operacional.	Este é o segundo estado de transição e nesta fase irá incluir: monitoramento e quantificação do desempenho; resolução de compensações entre os objetivos concorrentes numa ágil estrutura de tomada de decisões, a inovação é um padrão natural, melhoria contínua pode ser amplamente demonstrada com evidência de resultados, o benchmarking é utilizado para melhor identificar a oportunidade de melhoria, e o sistema de gestão é ainda mais integrado e eficaz.
5	Excelente	A organização pode demonstrar que utiliza as melhores práticas de gestão, e atinge valor máximo a partir da gestão de seus ativos, de acordo com os objetivos da organização e do contexto operacional.	Este é um estado dinâmico e sensível ao contexto, portanto, as evidências devem incluir a demonstração de consciência das posições de benchmarking em relação às organizações de classes semelhantes melhores em que, com respeito às práticas de gestão de ativos (valor de realização) não existem melhorias conhecidas que ainda não foram implementadas.

Fonte: IAM (2014)

No Quadro 6, além dos níveis de maturidade com suas descrições, também são apresentadas as definições de cada nível juntamente com as características de maturidade envolvida em cada nível. O modelo apresentado pelo IAM leva em consideração basicamente o atendimento aos requisitos das normas ISO55000, mas, vale lembrar que o simples atendimento da norma não significa necessariamente uma maior maturidade.

4.2 SISTEMAS INFORMATIZADOS DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Segundo Gressler (2020a), os seguintes fatores destacam a importância de um sistema de gestão da manutenção informatizado, ou *Computer Maintenance Management Systems* (CMMS):

- A crescente complexidade dos sistemas industriais.

- A necessidade da observância de aspectos relativos à segurança e ao meio ambiente.
- A necessidade do aumento da vida útil dos componentes e da disponibilidade da planta.
- A necessidade de melhoria do desempenho da operação.
- A pressão constante por redução de custos.

Para que tais fatores sejam atendidos é importante ter informação confiável e acessível a cada um dos atores envolvidos, sendo a base para definição dos sistemas computadorizados. Com isso a partir de tais indicadores pode-se realizar a definição de políticas, diretrizes e metas da organização. Mas, nos processos de manutenção, cada nível da organização necessita indicadores diferenciados em função do seu posicionamento hierárquico na empresa, resumidamente esta hierarquia pode ser vista na Figura 14.

Figura 14 – Pirâmide de indicadores



FONTE: adaptado de Gressler (2020a).

Neste contexto, a alta administração tende a trabalhar mais com indicadores de custos visando verificar o atendimento as metas financeiras; a média gerência com indicadores de performance técnicas e financeiras e disponibilidade; os níveis operacionais trabalham com indicadores referentes ao equipamento e à execução de ordens de manutenção (GRESSLER, 2020a).

O uso adequado de um CMMS resolve vários problemas e necessidades de um departamento de manutenção, proporcionando informação técnica e gerencial, permitindo a redução de custos, o controle de equipes, a melhoria da qualidade dos serviços e finalmente contribuindo com a disponibilidade dos ativos (GRESSLER, 2020a).

Portanto, o acesso às informações, disponíveis em um CMMS, de forma rápida e confiável é um fator importante para a análise e definição das estratégias da gestão da manutenção.

4.2.1 Aplicações da Indústria 4.0 na Manutenção

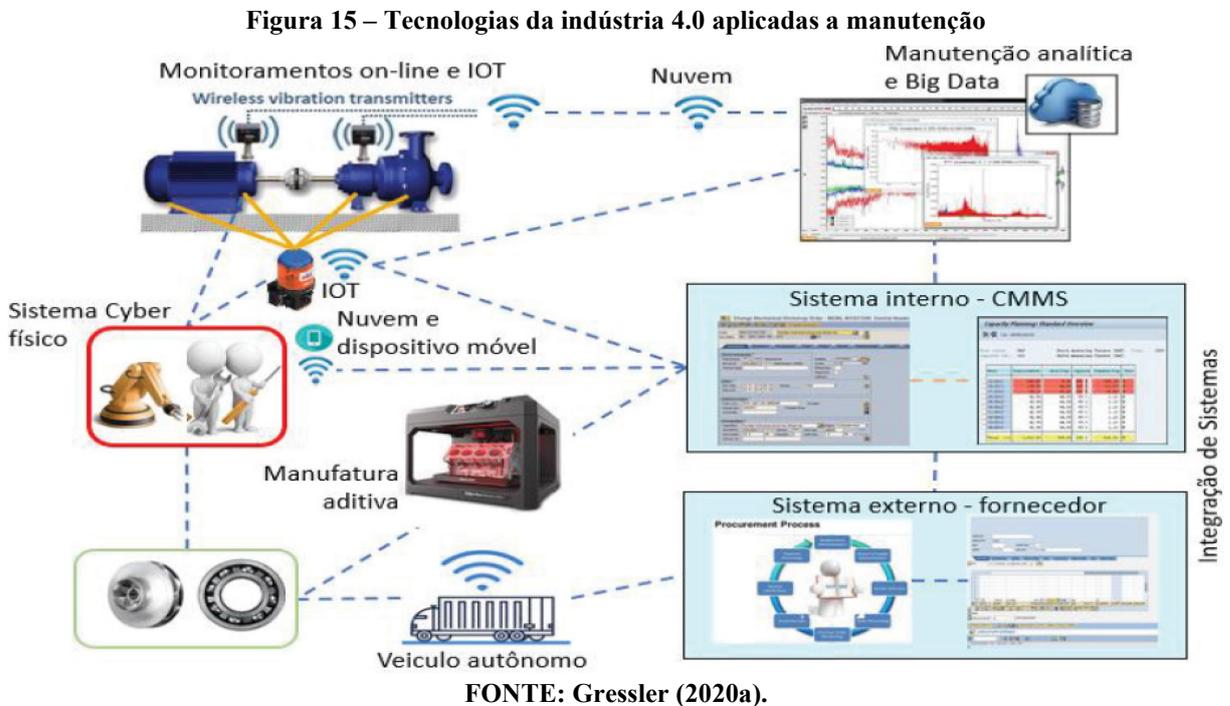
O conceito de Indústria 4.0 está relacionado a automação industrial e sua integração com diferentes tecnologias para promover a digitalização, melhorando os processos e aumentando a produtividade, de tal forma que máquinas, peças, sistemas e seres humanos estejam altamente conectados e integrados (GRESSLER, 2020a). A Indústria 4.0 está apoiada em nove tecnologias, conforme resume o Quadro 7.

Quadro 7 – Tecnologias da Indústria 4.0

Tecnologia da Indústria 4.0	Descrição
Manufatura aditiva	O exemplo clássico de manufatura aditiva é a impressão 3D. Em vez de criar protótipos de componentes individuais, as empresas produzem pequenos lotes de produtos personalizados, de forma rápida para designs complexos e leves.
Realidade aumentada	Os sistemas de realidade aumentada suportam uma variedade de serviços, como a seleção de peças em um depósito e o envio de instruções de reparo por meio de dispositivos móveis. Com a realidade aumentada, as empresas podem fornecer aos trabalhadores informações em tempo real que melhoram a tomada de decisões e os procedimentos de trabalho.
Robôs autônomos	Robôs autônomos podem interagir uns com os outros e trabalhar com segurança ao do ser humano.
Big Data e Analytics	Coleta e avaliação abrangente de dados de muitas fontes diferentes, incluindo equipamentos e sistemas de produção, bem como sistemas de gerenciamento corporativo e de cliente.
Nuvem	Implantação de dados de máquina e análises na nuvem, permitindo, assim, mais serviços orientados a dados para sistemas de produção com acesso remoto.
Cibersegurança	Com o aumento da conectividade e o uso de protocolos de comunicação padrão existe a necessidade de proteger sistemas industriais críticos e linhas de manufatura contra ameaças à segurança cibernética. Por este motivo, comunicações seguras e confiáveis, juntamente com gerenciamento de acesso sofisticado para máquinas e verificação de identidade de usuários são essenciais.
Integração horizontal e vertical do sistema	As redes de integração de dados universais entre pessoas, setores e empresas.
A Internet das Coisas (IoT)	Dispositivos se comunicam e interajam entre si e com controladores mais centralizados. Ele também descentraliza a análise e a tomada de decisões, permitindo respostas em tempo real.
Simulação	Usadas extensivamente em operações de fábrica para aproveitar dados em tempo real e espelhar o mundo físico. Permitem que os operadores testem e otimizem as configurações em inúmeras variações, reduzindo assim os tempos de configuração da máquina e aumentando a qualidade.

FONTE: adaptado de Boston Consulting Group (BCG, 2021).

Trazendo estas tecnologias da indústria 4.0 para o universo da manutenção, Gressler (2020a) apresenta, na Figura 15, possíveis aplicações das tecnologias da indústria 4.0 a área de manutenção.



Neste contexto tem-se o conceito de *Maintenance Analytics* (MA) onde os dados da área de manutenção são analisadas a partir de quatro perspectivas (GRESSLER, 2020a):

- o que aconteceu no passado (monitoramento)? - Análise descritiva de manutenção;
- por que algo aconteceu? - Análise de diagnóstico de manutenção;
- o que acontecerá no futuro? - Manutenção de análise preditiva;
- o que precisa ser feito a seguir? - Manutenção de análise prescritiva.

4.3 MODELO DE MATURIDADE PARA GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Oliveira (2017) indica que as organizações maduras fazem as coisas de modo sistemático, atingindo os seus objetivos de qualidade, prazos e custos de forma consistente e eficiente. Por outro lado, entidades imaturas atingem os seus resultados normalmente graças a esforços individuais, utilizando abordagens empíricas e apesar de criar objetivos, com frequência não os atingem.

Neste contexto, quando se analisa a maturidade de um sistema de manutenção, este evolui de um estado predominantemente reativo para um estágio preventivo e/ou preditivo (OLIVEIRA, 2017).

A seguir serão apresentados diversos modelos para análise de maturidade focados na gestão da manutenção. Com isso, posteriormente, a partir de uma comparação entre eles e com os indicadores de desempenho monitorados pela ANEEL, determinar-se-ão os critérios mais adequados para a avaliação da maturidade do sistema de gestão da manutenção de usinas hidrelétricas.

Ressalte-se que em pesquisa a Biblioteca Capes, especificamente considerando a procura no IEEE Xplore, obtiveram-se os seguintes resultados de pesquisa, conforme o Quadro 8, com relação ao estado da arte no que concerne a aplicação de Análise da Maturidade em Sistemas de Manutenção de Usinas Hidrelétricas.

Quadro 8 – Resultados de pesquisa no IEEE Xplore

Termo de pesquisa	Quantidade de resultados
Maturity Assessment	832
Maturity Assessment of Maintenance Processes	40
Maturity assessment of maintenance in hydroelectric plants	0 (zero)
Maturity assessment of maintenance processes in hydroelectric plants	0 (zero)

FONTE: autoria própria.

Portanto, resumidamente a pesquisa realizada demonstra que a aplicação de métodos de análise da maturidade em sistemas de manutenção ainda é pouco explorada na área elétrica em especial para hidroelétricas.

4.3.1 Modelo de Avaliação de maturidade de Fernandez et. al (2003)

O Quadro 9 apresenta resumidamente o modelo desenvolvido por Fernandez et al. (2003) que utiliza 5 níveis de avaliação, partindo da incerteza até a certeza.

Com relação as quatro categorias de medição propostas, percebe-se que no nível da incerteza as atitudes são reativas, com pouco ou nenhum controle e com foco basicamente na manutenção corretiva. Posteriormente, verifica-se que conforme o nível de maturidade cresce o sistema passa a ser preventivo, com nível de controle elevado e foco na prevenção.

O modelo faz uma análise do sistema, mas não apresenta recomendações específicas a serem aplicadas na gestão da manutenção.

Quadro 9 – Modelo de Avaliação de Maturidade de Fernandez et. al

Categorias de Medição	Estágio 1: Incerteza	Estágio 2: Despertar	Estágio 3: Esclarecimento	Estágio 4: Sabedoria	Estágio 5: Certeza
Compreensão e Atitude da Gestão	A Manutenção não é compreendida como uma ferramenta de gestão	Reconhecimento de que a gestão da manutenção pode ser valiosa.	Realiza programas de melhoria da manutenção, aprende mais sobre gestão da manutenção.	Participativo e reconhece o seu papel	Considera a gestão da manutenção uma parte essencial do sistema da empresa.
Resolução de problemas	Os problemas são combatidos à medida que ocorrem	Ainda reativa, mas com peças de reposição disponíveis.	Identifica e resolve problemas”.	Preditiva usando técnicas de monitorização	Problemas são prevenidos, aumento da disponibilidade e da produtividade
Postura da empresa relativamente à Manutenção	“Não sabemos porque temos problemas com a manutenção”	“É absolutamente necessário ter sempre problemas com a manutenção? ”	“Nós identificamos e resolvemos problemas”.	“Produtos de qualidade não podem ser feitos com equipamentos malconservados, portanto, a qualidade da manutenção é uma rotina”.	“Nós não esperamos avarias, pelo contrário, somos surpreendidos quando ocorrem”.
Computerized Maintenance Management System (CMMS)	Nenhum CMMS é utilizado	Sistema contém módulos de gestão de ativos e materiais.	Um módulo de monitorização da condição de eventos está integrado no sistema	Capaz de gerar programações de atividades de manutenção preventiva. É usado para apoiar o processo de tomada de decisão.	Totalmente automatizada, a partir da detecção de falha para a geração de ordens de serviço com base em informações significativas e confiáveis

FONTE: adaptado de Fernandez, et. al (2003).

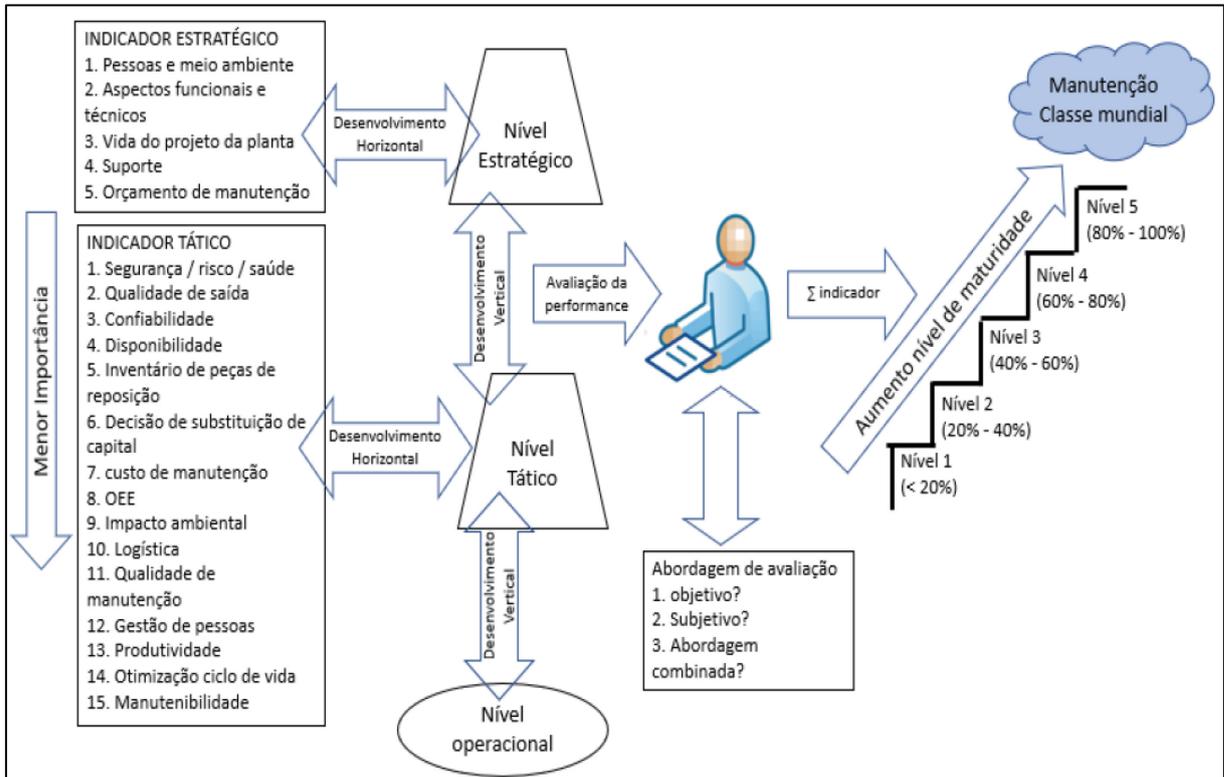
Finalmente, pode-se verificar que o modelo proposto por Fernandez et. al (2003) é focado na avaliação da maturidade do sistema informatizado, no gerenciamento da manutenção (CMMS) e na liderança para a sua implantação.

4.3.2 Asset Maintenance Maturity Model (AMMM)

O modelo denominado “*Asset Maintenance Maturity Model*” (AMMM) criado por Pintelon, Horenbeek e Chemweno (2013) é baseado em indicadores de performance avaliados por diversas metodologias de avaliação de risco. Em função disto é possível avaliar o processo de tomada de decisão nas organizações, de tal forma que possa ser determinada a maturidade

do sistema para manutenção de ativos (OLIVEIRA, 2017). A Figura 16 mostra como o modelo está estruturado.

Figura 16 – Modelo AMMM de Pintelon



Fonte: Pintelon, Horenbeek e Chemweno (2013)

Este modelo é focado em indicadores de processo, tanto estratégicos quanto táticos, e desconsidera fatores qualitativos e não mensuráveis (GRESSLER, 2020a). Tal método propõe como passos para atingir a denominada “Manutenção Classe Mundial” (OLIVEIRA, 2017):

1. Personalizar os fluxos de Medição de Desempenho de Manutenção em função dos níveis organizacionais;
2. Priorizar os objetivos de manutenção;
3. Estabelecer Indicadores de Performance da Manutenção;
4. Medir, monitorar e controlar o desempenho da manutenção tendo por base os indicadores pré-estabelecidos;
5. Melhorar continuamente a manutenção, de tal forma que esta esteja alinhada as metas do ambiente de negócios da empresa.

4.3.3 Modelo de Avaliação de Maturidade de Oliveira

Outro modelo é o de Oliveira (2017), que tem por objetivo “auxiliar a área de manutenção da empresa a identificar os potenciais de melhoria, a partir do reconhecimento de suas fraquezas, para que um plano de ação buscando alcançar níveis superiores sejam desenvolvidos”.

Este modelo está estruturado em cinco níveis e dez categorias de avaliação, a saber: Cultura Organizacional, Política de Manutenção, Gestão de Desempenho, Análise de Falhas, Planejamento e Programação das Atividades de Manutenção Preventiva, CMMS, Gestão de Estoques (Compras e Inventário), Normalização e Controle dos Documentos, Gestão de Recursos Humanos e Gestão de Resultados (Custos e Qualidade da Manutenção).

O Quadro 10 apresenta estas categorias e os resultados esperados em cada um dos níveis propostos por Oliveira.

Quadro 10 – Modelo de Avaliação de Maturidade de OLIVEIRA

Categorias	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
Cultura organizacional	Mudanças não são bem aceites	Mudanças são aceites com relutância	Mudanças são aceites e consideradas importantes	Mudanças são aceites e consideradas importantes	Compromisso com a mudança, adaptação.
	Não existe orientação para melhoria contínua e para o trabalho em equipe.	Identificação da necessidade melhoria contínua	Implementação da melhoria contínua.	Implementação da melhoria contínua com metodologias definidas.	Implementação da melhoria contínua com metodologias estabelecidas
		Trabalho em equipe limitado.	Trabalho em equipe.	Trabalho em equipe.	Trabalho em equipe.
		Falta espírito de equipe.	Falta espírito de equipe.	Espírito de equipe.	Espírito de equipe.
Política de Manutenção	Manutenção é considerada um mal necessário. Resolução de avarias no menor tempo possível.	Manutenção é considerada um mal necessário. Necessidade de atuar de forma preventiva.	Manutenção é considerada importante. Atuação de forma preventiva.	Manutenção é considerada importante. Atuação proativa.	Manutenção é considerada estratégica. Atuação proativa.
Gestão desempenho	Não existem indicadores definidos.	Indicadores de desempenho calculados esporadicamente.	Indicadores de desempenho calculados periodicamente.	Indicadores confiáveis e apoiando a tomada de decisão.	Indicadores confiáveis, alinhados com os objetivos estratégicos

Categorias	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
Análise de falhas	Análise de falhas sem método definido, realizada somente com falhas de impacto.	Análise de falhas sem método definido, realizada esporadicamente.	Análise de falhas periódica, baseada num método definido.	Identificação de equipamentos e falhas críticas. Baixa reincidência de falhas.	Informação atualizada de equipamentos e falhas críticas. Ausência de reincidência
Planejamento e Programação de atividades de Manutenção Preventiva	Atividades preventivas definidas depois da ocorrência de eventos críticos.	Planejamento abrangendo alguns equipamentos. Atrasos e ações programadas não concluídas.	Planejamento abrangendo todos os equipamentos. Atrasos e ações programadas não concluídas.	Planejamento das atividades revisto. Desvios pontuais no cumprimento dos planos.	Planejamento das atividades revisto. Programação definida em função da produção.
CMMS	Não há registo eletrônico de dados da manutenção.	Utilização de aplicações informáticas para a gestão da manutenção.	Sistema de Planejamento e Controle da manutenção não integrado com os demais sistemas.	CMMS onde nem todas as funções são adequadamente utilizadas, não integrado com os demais sistemas.	CMMS para apoio em todas as funções, com elevado grau de automatização e integração com demais sistemas.
Gestão de estoques	Não existe previsão de demanda futura de peças de reposição.	Demanda de peças e materiais previstas com base no histórico de consumo.	Compra de peças e materiais baseada no histórico de consumo.	Compra de peças e materiais baseada na taxa de falhas e custos.	Compra de peças e materiais baseada na taxa de falhas, custos e criticidade.
Normalização e Controle dos Documentos	Documentação indisponível ou desatualizada.	Documentação não organizada.	Documentação organizada.	Documentação organizada, e rapidamente acessível.	Documentação atualizada e rapidamente acessível.
	Processos e atividades não normalizados.	Alguns processos e atividades normalizados, mas não revistos.	A maioria dos processos e atividades normalizados, mas não revistos.	Processos e atividades normalizados e revistos	Processos e atividades normalizados e sistematicamente revistos.
Recursos Humanos	Formação pontual. Colaboradores com baixa competência	Plano de desenvolvimento não alinhado com as necessidades da área	Plano de desenvolvimento alinhado com as necessidades da área.	Plano de desenvolvimento alinhado com as necessidades da área. Colaboradores polivalentes.	Plano de desenvolvimento alinhado com os objetivos da área. Colaboradores polivalentes e envolvidos.
Resultados (Custos e Qualidade da Manutenção)	Percepção de desperdício de material elevado e de alta reincidência de falhas.	Quantificação de custos, identificação de perdas e falhas recorrentes.	Redução de custos, de perdas e de falhas recorrentes de forma esporádica.	Redução de custos, de perdas e de falhas recorrentes	Custos controlados, baixo nível de perdas e baixa reincidência de falhas

FONTE: adaptado de Oliveira (2017)

Portanto, ao analisar o Quadro 10, resumidamente percebe-se que o modelo de avaliação da maturidade apresentado por Oliveira (2017) considera como critérios de análise as pessoas, os procedimentos, as técnicas e métodos de manutenção e o uso de tecnologia da informação na gestão da manutenção.

4.3.4 Modelo de avaliação da maturidade de Gressler

A estrutura do modelo de diagnóstico do grau de maturidade de Gressler possui 5 níveis para classificação da maturidade em 6 critérios estabelecidos, sendo os seguintes elementos de avaliação: Metas e Gestão de Indicadores; Organização Funcional e da Equipe de Manutenção; Planejamento da Manutenção; Rotinas de PCM (Planejamento e controle da manutenção) e Execução da Manutenção; Avaliação e Tratamento de Falhas e Oficinas e Ferramentas. O Quadro 11 apresenta resumidamente estes critérios e os resultados esperados em cada um dos níveis propostos por Gressler.

Quadro 11 – Modelo de Avaliação de Maturidade de GRESSLER

Critério	Classificação	Características
Metas e Gestão de Indicadores	Inicial	Não existem indicadores e metas definidos. Controle informal.
	Estabelecido	Existem alguns indicadores. Metas de controle de custos. Desvios tratados sob demanda
	Gerenciado	Indicadores calculados e monitorados regularmente. Metas baseadas na eficiência da fábrica. Plano de ação para correção de desvios
	Otimizado	Indicadores confiáveis calculados e analisados periodicamente, Metas compartilhadas entre as áreas com planos de melhoria estabelecidos
	Digitalizado e Conectado	Indicadores monitorados e controlados em tempo real. Metas flexíveis Uso de ferramentas de maintenance analytics e big data
Organização Funcional e da Equipe de Manutenção	Inicial	Alta administração preocupada. Equipe de manutenção com baixo conhecimento e não existem ações de desenvolvimento das pessoas.
	Estabelecido	A alta manutenção reconhece a importância. Manutenção baseada na experiência e conhecimento das pessoas.
	Gerenciado	Alta administração fornece os recursos necessários. Habilidades são desenvolvidas. Funções das equipes conhecidas e seguidas.
	Otimizado	Liderança ativa. Ações de desenvolvimento das pessoas. Manutenção e produção atuam em conjunto.
	Digitalizado e Conectado	Necessidades de treinamento definidas e orientada para a melhoria dos processos. Uso de simulação e realidade aumentada nos treinamentos.
Planejamento da Manutenção	Inicial	Nenhum CMMS é utilizado. Não existem planos de manutenção definidos para os equipamentos.
	Estabelecido	Utilização CMMS não integrado. Equipamentos com criticidade definido. Não existe política de manutenção definida.

Critério	Classificação	Características
	Gerenciado	CMMS completo, porém não amplamente utilizado, contém os planos de manutenção e gera ordens de manutenção periodicamente.
	Otimizado	CMMS com todas as funções disponíveis e adequadamente utilizados. Análise e revisão sistêmica dos planos.
	Digitalizado e Conectado	CMMS apoia todas as funções da gestão da manutenção. Planejamento com uso de <i>maintenance analytics and big data</i> .
Rotinas de PCM e Execução da Manutenção	Inicial	Execução de manutenções corretivas é mais valorizada que ações preventivas. Não são geradas ordens de manutenção.
	Estabelecido	Atendimento imediato de manutenções corretivas é um mal necessário. Existe uma programação para execução da manutenção, porém, alterações são frequentes.
	Gerenciado	Manutenções preventivas são uma prioridade da manutenção Controle de execução baseada em qualidade, tempos, retrabalhos e custos.
	Otimizado	CMMS com todas as funções disponíveis e adequadamente utilizados. Análise e revisão sistêmica dos planos com foco nos desperdícios <i>Lean Maintenance</i> .
	Digitalizado e Conectado	Programação <i>on-line</i> de serviços obedecendo restrições de produção, materiais e mão de obra. Controle visual com atualização <i>on-line</i> .
Avaliação e Tratamento de Falhas	Inicial	Os problemas são combatidos à medida que ocorrem. Foco na remoção do sintoma.
	Estabelecido	Tratamento de falha reativa. Análise de falhas quando ocorrem falhas com impacto significativo.
	Gerenciado	Análise de falhas periódica, Planos de manutenção ajustados conforme análise de falhas.
	Otimizado	Problemas são prevenidos, aumento da disponibilidade e, portanto, da produtividade. Utilização de metodologias como análise de causa raiz e FMEA.
	Digitalizado e Conectado	Uso de <i>maintenance analytics</i> , <i>Machine Learning</i> e monitoramento <i>on-line</i> da performance para previsão de falhas.
Oficinas e Ferramentas	Inicial	Faltam ferramentas e dispositivos básicos para a execução dos serviços de manutenção. Oficinas inadequadas.
	Estabelecido	Ferramentas e dispositivos disponíveis e em bom estado. Princípios de 5s são conhecidos pela equipe de manutenção.
	Gerenciado	Ferramentas e dispositivos disponíveis e em bom estado. Princípios do 5S praticados com autodisciplina pela equipe de manutenção. Oficina adequada.
	Otimizado	Existência de equipamentos sofisticados e modernos. Infraestrutura de TI e conexão com todos os sistemas de gestão e monitoramento.
	Digitalizado e Conectado	Dispositivos de TI conectados à rede disponíveis. Dispositivos de mobilidade e equipamentos de manufatura aditiva disponíveis.

Fonte: adaptado de Gressler (2020a)

Gressler (2020) em seu modelo considera 3 elementos prioritários: pessoas e suas habilidades, processos ou rotinas de manutenção e a digitalização decorrente das tecnologias da indústria 4.0. Verifica-se que, em especial, o principal diferencial deste trabalho foi o de considerar no modelo de diagnóstico do grau de maturidade aspectos relativos as tecnologias da indústria 4.0 com foco na manutenção.

Como motivação para tal diferencial Gressler justifica, por meio de pesquisa exploratória, que empresas multinacionais já estão aplicando as tecnologias da indústria 4.0, além de uma tendência de utilização nos processos de manutenção nos próximos anos.

4.4 COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS DE ANÁLISE DA MATURIDADE DE SISTEMAS DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO

O modelo proposto por Fernandez et. al (2003) foca na avaliação da maturidade do sistema informatizado de gerenciamento da manutenção CMMS e da liderança para a sua implantação. Já o modelo baseado nas normas ISO 55000 (IAM, 2014) tem foco na aplicação e no atendimento dos requisitos da norma. O Asset Maintenance Maturity Model (AMMM) de Pintelon (2013) baseia-se em indicadores de nível estratégico e tático. Por outro lado, o modelo de avaliação da maturidade apresentado por Oliveira (2017) é mais abrangente que os anteriores e considera temas relevantes que são: as pessoas, os procedimentos, as técnicas e métodos de manutenção e, por fim, o uso de tecnologia da informação com a avaliação do sistema informatizado de gestão da manutenção CMMS. Finalmente Gressler (2020a) em seu modelo considera 3 elementos prioritários: Pessoas e suas habilidades, processos ou rotinas de manutenção e a digitalização (informatização). Este último fator é o diferencial deste método ao considerar as tecnologias da indústria 4.0.

A nomenclatura dada aos 5 níveis de maturidade difere entre os autores. Fernandez et. al (2003) usa as nomenclaturas: Incerteza; Despertar, Esclarecimento; Sabedoria e Certeza. Pintelon (2013) e Oliveira (2017) não nomeiam os níveis de avaliação, a ISO 55000 utiliza os termos: Inocente, Consciente, Desenvolvimento, Competente, Otimização e Excelente e finalmente Gressler (2020a) adotou os seguintes níveis: Inicial, Estabelecido, Gerenciado, Otimizado e Digitalizado e Conectado.

O Quadro 12 mostra os diversos métodos de análise da maturidade de sistemas de gestão da manutenção disponíveis na literatura estudada e sua comparação com os tópicos de análise do DARDO.

Quadro 12 – Comparativo entre os métodos de Análise da Maturidade x Dardo

DARDO ⁽¹⁾			MÉTODOS PARA ANÁLISE DA MATURIDADE					
Tópico	Item Formulário	Subitem Formulário	Fernandez et al. (2003)	Pintelon (2013)	ISO 55000 (2014) ⁽²⁾	Oliveira (2017)	Gresler (2020)	
Meio Ambiente	2 - Meio Ambiente	2.6 - Política / Procedimentos de Controle e Ambiental		Pessoas e meio ambiente		Política de Manutenção		
		2.9 - Procedimento para aquisição, armazenamento, uso e descarte de produtos químicos perigosos						
Gestão da Operação	3 - Gestão da Operação			Aspectos funcionais e técnicos	8.1 Planejamento operacional e controle			
Gestão da Manutenção	4.1 Recursos Humanos	4.1.1 Política de formação e treinamento de profissionais	Compreensão e Atitude da Gestão	Pessoas e meio ambiente	7.2 Competências	Recursos Humanos	Organização funcional e da equipe de manutenção	
		4.1.2 Dimensionamento dos profissionais de manutenção			7.2 Competências	Cultura organizacional	Organização funcional e da equipe de manutenção	
		4.1.3 Controle e análise de falhas humanas da manutenção	CMMS	Aspectos funcionais e técnicos	10.1. Não conformidade e ação corretiva	Análise de falhas	Avaliação Tratamento de Falhas	
		4.1.4 – Política de sobreaviso da manutenção					Avaliação Tratamento de Falhas	
	4.2 Processo de manutenção	4.2.1 – Política de manutenção	Compreensão e Atitude da Gestão				Política de Manutenção	Organização funcional e da equipe de manutenção
		4.2.2 – Certificação dos procedimentos de manutenção e instalação ISO 9001 ou outras	Postura da empresa relativamente à Manutenção				Normalização e Controle dos Documentos	Metas e gestão de indicadores
		4.2.3 – Sistema informatizado para gerenciamento da manutenção	CMMS	Suporte	7.5 Requisitos de informação	CMMS	Planejamento de manutenção	
		4.2.4 – Histórico de manutenção – banco de dados técnicos e informações das manutenções realizadas	CMMS	Suporte	7.6 Informação documentada	CMMS	Planejamento de manutenção	
		4.2.5 – Autonomia e agilidade nos atendimentos de manutenção	Resolução de problemas				Política de Manutenção	Organização funcional e da equipe de manutenção
	4.3 Procedimentos de Manutenção	4.3.1 – Instruções de manutenção	Postura da empresa relativamente à Manutenção	Aspectos funcionais e técnicos / Suporte		Normalização e Controle dos Documentos	Rotinas de PCM e execução da manutenção	
		4.3.2 – Manuais dos fabricantes das unidades geradoras e dos principais sistemas auxiliares				Normalização e Controle dos Documentos	Planejamento de manutenção	
		4.3.3 – Procedimento para análise e controle de defeitos e falhas				Planejamento e Programação de atividades de Manutenção Preventiva	Planejamento de manutenção	
		4.3.4 – Procedimento para emissão, programação e execução das ordens de serviço	CMMS			CMMS	Planejamento de manutenção	
	4.4 Política de sobressalentes, ferramentas especiais e dispositivos de montagem		Postura da empresa relativamente à Manutenção	Aspectos funcionais e técnicos	7.1 Recursos	Gestão de estoques	Rotinas de PCM e execução da manutenção / Oficinas e ferramentas	
	4.5 Política de gestão de ativos			Vida do projeto da Planta	5.2 Política		Organização funcional e da equipe de manutenção	

DARDO ⁽¹⁾			MÉTODOS PARA ANÁLISE DA MATURIDADE				
Tópico	Item Formulário	Subitem Formulário	Fernandez et al. (2003)	Pintelon (2013)	ISO 55000 (2014) ⁽²⁾	Oliveira (2017)	Gresler (2020)
Operação e manutenção dos principais sistemas e equipamentos	5.1 - Operação da Central	5.1.1 – Comando das unidades geradoras		Aspectos funcionais e técnicos / Suporte / Vida do projeto da Planta			
		5.1.2 – Monitoramento de alarmes					Rotinas de PCM e execução da manutenção
		5.1.3 – Banco de dados para armazenamento de eventos	CMMS			CMMS	Rotinas de PCM e execução da manutenção
		5.1.5 – Periodicidade de inspeção				Planejamento e Programação de atividades de Manutenção Preventiva	Rotinas de PCM e execução da manutenção
	5.2 - Gerador	5.2.2 - Manutenção Preditiva	Resolução de problemas	Aspectos funcionais e técnicos / Vida do projeto da Planta			Rotinas de PCM e execução da manutenção
		5.2.3 - Manutenção Preventiva	Resolução de problemas		10.2 Ação preventiva	Planejamento e Programação de atividades de Manutenção Preventiva	Rotinas de PCM e execução da manutenção
	5.3 - Turbina Hidráulica	5.3.2 - Manutenção Preditiva	Resolução de problemas	Aspectos funcionais e técnicos / Vida do projeto da Planta			Rotinas de PCM e execução da manutenção
		5.3.3 - Manutenção Preventiva	Resolução de problemas		10.2 Ação preventiva	Planejamento e Programação de atividades de Manutenção Preventiva	Rotinas de PCM e execução da manutenção
	Demais Equipamentos da Central (itens 5.4 a 5.21)	5.X.x ⁽⁴⁾ - Manutenção Preditiva ⁽³⁾	Resolução de problemas	Aspectos funcionais e técnicos / Vida do projeto da Planta			Rotinas de PCM e execução da manutenção
		5.X.y ⁽⁵⁾ - Manutenção Preventiva	Resolução de problemas		10.2 Ação preventiva	Planejamento e Programação de atividades de Manutenção Preventiva	Rotinas de PCM e execução da manutenção
Segurança da Central	6.1 - Segurança Humana			Pessoas e meio-ambiente		Política de Manutenção	Organização funcional e da equipe de manutenção
	6.2 - Segurança Patrimonial						
	6.3 - Segurança das Estruturas Cíveis						
Indicadores de Desempenho	7.1 - Indicadores de Resultados			Aspectos funcionais e técnicos	9.1 Monitoramento, medição, análise e avaliação	Resultados (Custos e Qualidade da Manutenção)	Metas e gestão de indicadores
	7.2 - Indicadores de Esforços, Gerais e Complementares				Gestão desempenho	Metas e gestão de indicadores	
Níveis de avaliação	5 NÍVEIS: • Conceito A: pontuação acima de 90% – Excelente; • Conceito B: pontuação de 70% a 90% – Bom; • Conceito C: pontuação de 50% a 70% – Regular; • Conceito D: pontuação de 30% a 50% - Insuficiente; e • Conceito E: pontuação abaixo de 30% - Péssimo		5 NÍVEIS: Incerteza, Despertar, Esclarecimento, Sabedoria, Certeza	5 níveis não nomeados	Inocente, Consciente, Desenvolvimento, Competente, Otimização, Excelente	5 NÍVEIS (de 1 a 5)	5 NÍVEIS (de 1 a 5)

Notas: (1) Foram inseridos na análise apenas os itens e subitens do dardo pertinentes a esta análise. (2) A ISO 55000 é focada apenas no atendimento aos critérios da norma. (3) Somente para os equipamentos que o dardo analisa a manutenção preditiva. (4) Refere-se aos itens 5.16.2, 5.17.2 e 5.18.2. (5) Refere-se aos itens de 5.4.3 até 5.21.6, exceto 5.16.2, 5.17.2 e 5.18.2.

Fonte: Autoria própria

Analisando o Quadro 12 pode-se verificar que os métodos de Gressler (2020a) e de Oliveira (2017) são os que mais possuem critérios alinhados com os tópicos considerados pelo DARDO, e, portanto, deverão ser considerados como referência quando da construção da proposta do método ajustado para avaliação da maturidade da gestão da manutenção em UHEs.

O método de Pintelon (2013) também possui muitos aspectos do DARDO que podem ser avaliados pelos seus critérios, mas como a sua abordagem é focada em indicadores de desempenho objetivos, notadamente numéricos, isto dificulta sua adoção para avaliação da gestão da manutenção, isto em função da necessidade de avaliar também aspectos qualitativos.

4.5 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Neste capítulo foi realizada uma revisão sobre métodos de análise da maturidade, contemplando definições, conceitos e modelos aplicáveis as mais diversas áreas. Na sequência, foram detalhados alguns modelos disponíveis na literatura aplicados a gestão de ativos e a gestão da manutenção, isto tendo em vista o alinhamento com a proposta do trabalho.

Modelos de avaliação da maturidade já vem sendo utilizados em várias áreas do conhecimento, inclusive para analisar sistemas de gestão de ativos e gestão da manutenção, sendo que suas conclusões contribuem significativamente para aprimorar os resultados nas organizações.

Partindo desta premissa, a partir dos modelos previamente estudados, e considerando os indicadores de desempenho acompanhados pela ANEEL, em especial o DARDO, será possível, através de um método de avaliação da maturidade ajustado a análise da gestão da manutenção em UHEs, avaliar as ações de manutenção realizadas na usina e as oportunidades de melhoria neste sistema.

Finalmente, no próximo capítulo será apresentada a proposta elaborada de método para análise de maturidade em sistemas de gestão da manutenção em usinas hidrelétricas.

5 MODELO PROPOSTO

Neste capítulo será apresentado o modelo de análise da maturidade proposto, que visa avaliar a maturidade do sistema de gestão da manutenção de usinas hidrelétricas, podendo ser utilizado como parâmetro de comparação interna e externa, e tendo sido construído mesclando as abordagens de Oliveira (2017) e Gressler (2020a) anteriormente apresentadas.

Por se tratar de uma análise da maturidade da gestão de manutenção de usinas hidrelétricas, empreendimento bastante regulamentado e fiscalizado pela ANEEL, optou-se pelo alinhamento ao DARDO, ferramenta já estabelecida para obtenção de informações detalhadas da operação e manutenção da UHE. O DARDO está vinculado a Superintendência de Fiscalização dos Serviços de Geração (SFG), que tem por competência a fiscalização da produção de energia elétrica e das obrigações contratuais dos prestadores de serviço.

O DARDO integra-se a um programa em desenvolvimento na Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), no âmbito da SFG, que visa o aprimoramento e estruturação dos procedimentos e instrumentos que compõem a metodologia de avaliação da prestação do serviço por empreendimentos de geração de energia elétrica, bem como de desenvolvimento de indicadores relacionados às ações de fiscalização, que propiciem uma avaliação qualitativa da prestação de serviço (ANEEL, 2020c).

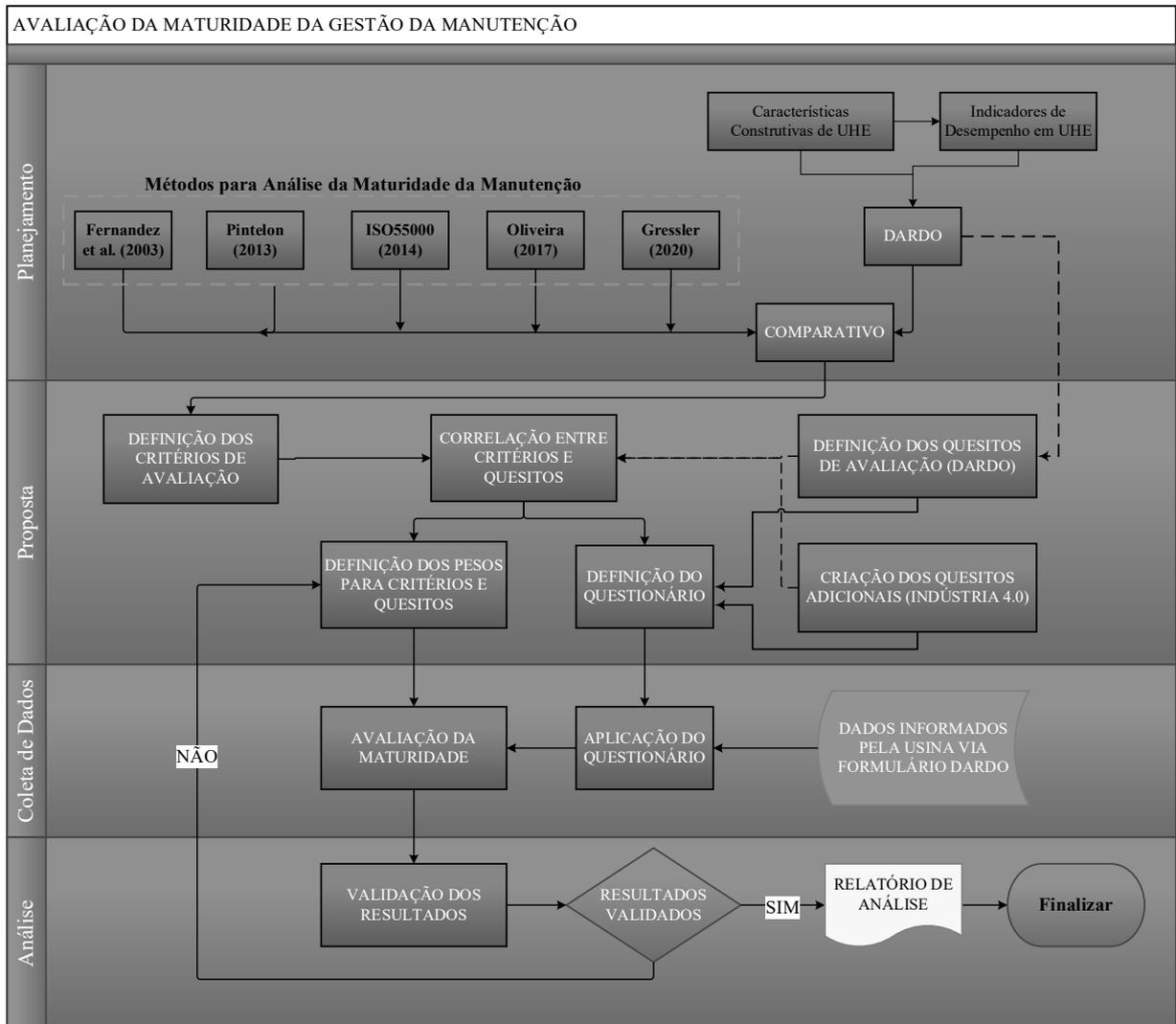
Um dos motivos para tal alinhamento é facilitar o processo de análise da maturidade pela empresa, pois otimiza-se o processo de coleta de dados, que já foi realizado para o preenchimento do DARDO, necessitando-se apenas transferir estas informações para o processo de análise da maturidade.

Nessa perspectiva, empresas, ou mais especificamente usinas, com uma boa maturidade em seus processos organizacionais são aquelas que alcançam melhor qualidade nos resultados de seus projetos, ou ainda são as que apresentam um grau menor de riscos e possuem uma maior facilidade para seguir melhorando.

5.1 CONSTRUÇÃO DO MODELO DE AVALIAÇÃO DA MATURIDADE

Conforme a metodologia de pesquisa para o desenvolvimento do trabalho (Figura 17) a partir dos diversos métodos disponíveis para análise da maturidade em sistemas de gestão da manutenção, e após realizada uma comparação destes com os itens avaliados pelo formulário DARDO, foi elaborada a proposta de um novo método e de um questionário associado, mesclando os Critérios apresentados por Oliveira (2017) e Gressler (2020a), e focado no problema de pesquisa, ou seja, para a situação específica de Usinas de Geração Hidrelétrica.

Figura 17 – Metodologia da pesquisa



Fonte: Autoria Própria

Com isso foi obtém-se uma correlação entre a maturidade do Sistema de Gestão da Manutenção e os Indicadores de desempenho já acompanhados pela ANEEL.

Além das questões atinentes ao DARDO, foram adicionadas 9 questões pertinentes aos aspectos da indústria 4.0. Este complemento, busca verificar se o nível de informatização (digitalização) do sistema de gestão da manutenção, está de acordo com as políticas e estruturas mais modernas aplicadas ao setor industrial, caracterizando uma excelência de atuação no cenário empresarial do século XXI. Importante destacar que nesta avaliação foi utilizado o termo “informatizado”, visto este ser o termo utilizado pelo DARDO, ao invés de “digitalizado” mais comum quando se fala em indústria 4.0.

A partir destas premissas definiu-se que os critérios observados para esta avaliação da maturidade serão sete:

1. Avaliação e Tratamento de Falhas;
2. Metas e Gestão de indicadores;
3. Oficinas e Ferramentas;
4. Organização Funcional e da Equipe de Manutenção;
5. Planejamento de Manutenção;
6. Política de Manutenção; e
7. Rotinas de PCM e Execução da Manutenção.

Destes Critérios, a nomenclatura Metas e Gestão de Indicadores; Organização Funcional e da Equipe de Manutenção; Planejamento da Manutenção; Rotinas de PCM e Execução da Manutenção; Avaliação e Tratamento de Falhas e Oficinas e Ferramentas são oriundos de Gressler. Por outro lado, o critério Política de Manutenção é oriundo de Oliveira.

De qualquer forma nenhum dos critérios propostos é integralmente oriundo dos autores citados, sendo realizada uma mescla entre as características citadas pelos dois autores em situações que possuíam objeto de avaliação similar apesar da nomenclatura diferenciada. Além disso foi realizada uma adaptação em todas as descrições visando adaptar os níveis de avaliação a realidade possível em usinas hidrelétricas.

Após aplicado o questionário proposto, cada critério e o sistema como um todo podem ser classificados em um dos cinco níveis definidos, a saber: Inocente, Consciente, Desenvolvido, Competente e Excelente. A escolha desta nomenclatura deu-se em função destes termos serem os mais utilizados quando se fala em avaliação da maturidade.

Tendo por base essa premissa foram definidos, conforme a Figura 17:

- a) Os itens do formulário DARDO pertinentes;
- b) A classificação de cada um destes itens de avaliação do DARDO em um dos critérios estabelecidos para avaliação da maturidade;
- c) A pontuação para cada uma das respostas em função do padrão de resposta já disponível no DARDO;
- d) Os pesos para cada critério e item de avaliação;
- e) Os itens adicionais necessários, com seu padrão de respostas, pontuação e pesos e;
- f) O questionário de avaliação.

Sendo assim o modelo consiste em um questionário de avaliação, os padrões de resposta, com pontuação e pesos e os critérios e níveis de classificação.

Posteriormente, para teste e validação, o método será aplicado em uma usina previamente selecionada. Como critério de seleção, deseja-se uma usina hidrelétrica (UHE) classificada como "Tipo I" pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (Módulo 26 dos

Procedimentos de Rede) e que possua um Sistema de Gestão da Manutenção já implementado, mas que possua oportunidades para melhoria e atualização.

O questionário pode ser respondido pelo gestor da área, utilizando como base o formulário DARDO já anteriormente respondido e entregue a ANEEL, para esta fase não existe necessidade de treinamento prévio.

Na análise deste questionário serão processados os dados informados pela usina no formulário DARDO acrescentadas das questões pertinente a indústria 4.0. Finalmente, por meio da consolidação das respostas obtidas, é realizada a avaliação da maturidade do processo de manutenção segundo os critérios definidos pela metodologia.

Da mesma forma que anteriormente, a aplicação da metodologia, com lançamento das pontuações e pesos pode ser realizado pelo próprio gestor da usina, pelo departamento de engenharia, ou por outra pessoa designada para esta tarefa. Nesta fase prevê-se um treinamento de curta duração visando explicar os critérios e procedimentos para alocação dos pontos e cálculo das pontuações que classificarão a usina em um dos níveis de maturidade elencados.

A aplicação do método pela própria equipe da usina, ou pelo departamento de engenharia da empresa, justifica-se tendo em vista tratar-se de um método de autoavaliação, ou seja, o objetivo final é a melhoria da gestão da manutenção, e a consequente melhora nos indicadores da usina avaliados pela agência reguladora.

A validação dos resultados é realizada pela conferência das respostas com aquelas já anteriormente informadas no formulário DARDO, e em um segundo momento comparando-se o conceito obtido pela metodologia proposta e a da autoavaliação do DARDO. Sendo Péssimo, Insuficiente, Regular, Bom e Excelente no DARDO e Inocente, Consciente, Desenvolvido, Competente e Excelente no método proposto.

Considera-se o resultado válido se a diferença entre os níveis for de no máximo um nível, pois os dois critérios de avaliação estão organizados em cinco níveis com qualidade crescente. Por outro lado, caso a diferença seja de dois níveis ou mais a avaliação não será considerada automaticamente inadequada, mas deverá ser feita uma análise apurada, por parte do aplicador da metodologia e do gestor da usina, de tal forma a levantar os motivos que levaram a tal diferença. Eventualmente o resultado também poderá ser validado nestas situações, caso entenda-se que a avaliação da maturidade realizada corresponde a realidade da usina, isto devido ao objetivo do DARDO ser a fiscalização da prestação de serviço de geração e o objetivo da análise da maturidade proposta ser viabilizar as possíveis melhorias dos sistemas e procedimentos internos.

O Quadro 13 apresentado a seguir mostra quais tópicos, itens e/ou subitens do DARDO serão considerados para fins da realização desta análise de nível de maturidade e os classifica em função dos critérios propostos na metodologia, em alguns casos determinados parâmetros do DARDO estão marcados como “NÃO APLICÁVEL”, isto tendo em vista o objeto do trabalho ser a análise da manutenção da usina, estando, portanto, excluídos itens referentes a sua operação.

Também a mesma tabela apresenta os padrões de resposta as questões do DARDO e a quantidade de perguntas envolvidas para cada item e que comporão o questionário.

Quadro 13 – Comparativo entre o DARDO e o método de Análise da Maturidade Proposto

DARDO							MÉTODO PROPOSTO
Tópico DARDO	Item Formulário DARDO ⁽¹⁾	Subitem Formulário DARDO ⁽¹⁾	Padrão de Respostas DARDO			Qtde. de Subitens envolvidos	CRITÉRIO de ANÁLISE
Meio Ambiente	2 - Meio Ambiente	2.6 - Política / Procedimentos de Controle e Ambiental	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1	Política de Manutenção
		2.9 - Procedimento para aquisição, armazenamento, uso e descarte de produtos químicos perigosos	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1	Rotinas de PCM e execução da manutenção / Oficinas e ferramentas
Gestão da Operação	3 - Gestão da Operação	<i>NÃO APLICÁVEL ⁽²⁾</i>					
Gestão da Manutenção	4.1 Recursos Humanos	4.1.1 Política de formação e treinamento de profissionais	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1	Organização funcional e da equipe de manutenção
		4.1.2 Dimensionamento dos profissionais de manutenção	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1	Organização funcional e da equipe de manutenção
		4.1.3 Controle e análise de falhas humanas da manutenção	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1	Avaliação Tratamento de Falhas
		4.1.4 – Política de sobreaviso da manutenção	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1	Avaliação Tratamento de Falhas
	4.2 Processo de manutenção	4.2.1 – Política de manutenção	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1	Organização funcional e da equipe de manutenção / Política de Manutenção
		4.2.2 – Certificação dos procedimentos de manutenção e instalação ISO 9001 ou outras	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1	Metas e gestão de indicadores
		4.2.3 – Sistema informatizado para gerenciamento da manutenção	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1	Planejamento de manutenção
		4.2.4 – Histórico de manutenção – banco de dados técnicos e informações das manutenções realizadas	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1	Planejamento de manutenção
		4.2.5 – Autonomia e agilidade nos atendimentos de manutenção	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1	Organização funcional e da equipe de manutenção / Política de Manutenção
	4.3 Procedimentos de Manutenção	4.3.1 – Instruções de manutenção	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1	Rotinas de PCM e execução da manutenção
		4.3.2 – Manuais dos fabricantes das unidades geradoras e dos principais sistemas auxiliares	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1	Planejamento de manutenção
		4.3.3 – Procedimento para análise e controle de defeitos e falhas	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1	Planejamento de manutenção
		4.3.4 – Procedimento para emissão, programação e execução das ordens de serviço	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1	Planejamento de manutenção
	4.4 Política de sobressalentes, ferramentas especiais e dispositivos de montagem		Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1	Rotinas de PCM e execução da manutenção / Oficinas e ferramentas
	4.5 Política de gestão de ativos		Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1	Organização funcional e da equipe de manutenção
Operação e manutenção dos principais sistemas e equipamentos	5.1 - Operação da Central	5.1.1 – Comando das unidades geradoras	<i>NÃO APLICÁVEL ⁽²⁾</i>				
		5.1.2 – Monitoramento de alarmes	Inexistente	Necessita de adequações	Atualizado e aplicado	1	Rotinas de PCM e execução da manutenção
		5.1.3 – Banco de dados para armazenamento de eventos	Inexistente	Necessita de adequações	Atualizado e aplicado	1	Rotinas de PCM e execução da manutenção
		5.1.5 – Periodicidade de inspeção da unidade geradora e sistemas auxiliares	Inexistente	Diária	Semanal	1	Rotinas de PCM e execução da manutenção

DARDO						MÉTODO PROPOSTO	
Tópico DARDO	Item Formulário DARDO ⁽¹⁾	Subitem Formulário DARDO ⁽¹⁾	Padrão de Respostas DARDO			Qtde. de Subitens envolvidos	CRITÉRIO de ANÁLISE
	5.2 - Gerador	5.2.1 Operação	<i>NÃO APLICÁVEL ⁽²⁾</i>				
		5.2.2 - Manutenção Preditiva	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto / Necessidade de adequações	Atualizado e aplicado	3	Rotinas de PCM e execução da manutenção
		5.2.3 - Manutenção Preventiva	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	11	Rotinas de PCM e execução da manutenção
	5.3 - Turbina Hidráulica	5.3.1 Operação	<i>NÃO APLICÁVEL ⁽²⁾</i>				
		5.3.2 - Manutenção Preditiva	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto / Necessidade de adequações	Atualizado e aplicado	2	Rotinas de PCM e execução da manutenção
		5.3.3 - Manutenção Preventiva	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	6	Rotinas de PCM e execução da manutenção
	Demais Equipamentos da Central (itens 5.4 a 5.21)	5.X.1 ⁽⁵⁾ Operação	<i>NÃO APLICÁVEL ⁽²⁾</i>				
		5.X.x ⁽⁵⁾ - Manutenção Preditiva ⁽³⁾	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto / Necessidade de adequações	Atualizado e aplicado	6	Rotinas de PCM e execução da manutenção
		5.X.y ⁽⁵⁾ - Manutenção Preventiva	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	54	Rotinas de PCM e execução da manutenção
Segurança da Central	6.1 - Segurança Humana		Inexistente / Regular	Desatualizado ou obsoleto / Bom	Atualizado e aplicado / Excelente	15	Organização funcional e da equipe de manutenção / Política de Manutenção
	6.2 - Segurança Patrimonial	<i>NÃO APLICÁVEL ⁽²⁾</i>					
	6.3 - Segurança das Estruturas Cíveis	<i>NÃO APLICÁVEL ⁽²⁾</i>					
Indicadores de Desempenho	7.1 - Indicadores de Resultados	DIVERSOS	<i>VARIA CONFORME O INDICADOR ⁽⁴⁾</i>			6	Metas e gestão de indicadores
	7.2 - Indicadores de Esforços, Gerais e Complementares	DIVERSOS	<i>VARIA CONFORME O INDICADOR ⁽⁴⁾</i>			10	Metas e gestão de indicadores
Níveis de avaliação	5 NÍVEIS: Conceito A: pontuação acima de 90% (Excelente); Conceito B: pontuação de 70% a 90% (Bom); Conceito C: pontuação de 50% a 70% (Regular); Conceito D: pontuação de 30% a 50% (Insuficiente); e Conceito E: pontuação abaixo de 30% (Péssimo)					5 NÍVEIS: Inocente, Consciente, Desenvolvido, Competente e Excelente.	

Notas: (1) Foram inseridos na análise apenas os itens e subitens do dardo pertinentes a esta análise. (2) Considera-se que o item é “NÃO APLICÁVEL” quando não está diretamente vinculado ao Sistema de Manutenção. A operação não é objeto da presente análise. (3) Somente para os equipamentos que o DARDO analisa a manutenção preditiva. (4) Os critérios de análise para os indicadores estão explicitados nas tabelas específicas para cada um deles. (5) A indicação X, x e y refere-se a números variáveis em função de diversos subitens do DARDO serem utilizados para esta análise.

Fonte: Autoria Própria

Através do Quadro 13 pode-se verificar todos os itens pertinentes existentes no método de avaliação do DARDO podem ser classificados em um dos critérios de avaliação da maturidade propostos.

E ainda, pode-se verificar também que todos os critérios propostos podem ser avaliados utilizando-se as perguntas previamente existentes no formulário DARDO.

Com isso demonstra-se a viabilidade de alinhamento entre os dois métodos de avaliação, permitindo um trabalho sinérgico ao invés da duplicação de esforços por parte da equipe da usina ao ter de responder dois questionários independentes.

Finalmente, verifica-se que falta para uma avaliação mais completa da maturidade desejada, utilizando o DARDO como referência, questões referentes a digitalização dos sistemas da usina, objeto das tecnologias da Indústria 4.0, e que tem sido adotadas em diversos setores industriais. Por este motivo, posteriormente, questões adicionais deverão ser inseridas no questionário e nos critérios de avaliação propostos.

5.2 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO PARA A ANÁLISE DE MATURIDADE

A seguir são apresentados os critérios de avaliação para definição do nível de Maturidade da Gestão de Manutenção de Usinas Hidrelétricas, os elementos que compõem estes critérios foram adaptados a partir de Oliveira (2017) e Gressler (2020a), e estão descritos a seguir:

- Avaliação e Tratamento de Falhas: pretende-se identificar a forma de atuação da organização com relação ao tratamento de falhas e ações preventivas;
- Metas e Gestão de Indicadores: tem por objetivo identificar o uso de indicadores de desempenho na gestão e na definição de metas para manutenção;
- Oficinas e Ferramentas: pretende-se identificar a organização física de oficinas e a disponibilidade de ferramentas e Equipamentos de segurança;
- Organização Funcional e da equipe de Manutenção: pretende avaliar o grau de organização, treinamento e capacitação da equipe de manutenção;
- Planejamento da Manutenção: tem por objetivo identificar o grau de organização do portfólio de equipamentos e das rotinas de manutenção na empresa;
- Política de Manutenção: pretende avaliar o comprometimento estratégico do sistema de manutenção com a gestão do empreendimento correlacionando, custos, desempenho, segurança e meio-ambiente;

- Rotinas de PCM e Execução da Manutenção: tem por objetivo identificar o grau de planejamento, programação e execução das rotinas de manutenção na empresa.

Além disso, para a proposta, considerou-se os termos reconhecidos na literatura para análise da maturidade, definindo-se os seguintes níveis: Inocente, Consciente, Desenvolvido, Competente e Excelente.

A seguir são apresentados nos Quadros de 12 a 18 as características previstas para cada um dos cinco níveis de classificação de cada um dos critérios propostos.

No Quadro 14, que trata do critério Avaliação e Tratamento de Falhas, pode-se verificar como características de cada nível da classificação são relacionados com as metodologias utilizadas para identificar as falhas, os sistemas, componentes e equipamentos críticos e a forma como a manutenção está organizada e tais falhas são tratadas.

Quadro 14 – Critério: Avaliação e Tratamento de Falhas

Classificação	Características
Inocente	Análise de falhas sem método definido, realizada quando ocorrem falhas com impacto significativo. Foco na remoção do sintoma.
Consciente	Tratamento de falha reativa, mas com peças de reposição disponíveis quando ocorrem falhas. Análise de falhas sem método definido, realizada esporadicamente e quando ocorrem falhas com impacto significativo.
Desenvolvido	Análise de falhas periódica, realizada em função de gatilhos estabelecidos e baseada num método definido. Planos de manutenção ajustados conforme análise de falhas.
Competente	Problemas são prevenidos, aumento da disponibilidade e da produtividade. Identificação de equipamentos críticos e falhas críticas. Utilização de metodologias de tratamento de falhas. Plano de ação formal e gerenciado das ações preventivas de bloqueio causas raiz das falhas. Revisão sistemática das ações pela engenharia.
Excelente	Informação atualizada de equipamentos críticos e falhas críticas, e implementação de medidas baseada na análise metódica de falhas, ausência de reincidência. Uso de <i>maintenance analytics</i> para gerenciamento e tomadas de ações corretivas e ações preventivas. <i>Machine Learning</i> e monitoramento <i>on-line</i> da performance para previsão de falhas.

Fonte: Autoria própria, adaptado de Oliveira (2017) e Gressler (2020a)

O Quadro 15, que trata do critério Metas e Gestão de Indicadores, mostra as características de cada nível da classificação e como estes estão relacionados a definição de metas e indicadores e a forma como estes são tratados. Valorizando-se e conseqüentemente aumentando o nível de maturidade em função dos procedimentos estarem formalizados e a existência de realimentação no processo.

Desta forma sistemas que possuam indicadores confiáveis, atualizados e analisados periodicamente, e que permitam o realinhamento das metas conseguem conceitos mais elevados na avaliação.

Quadro 15 – Critério: Metas e Gestão de Indicadores

Classificação	Características
Inocente	Não existem indicadores e metas definidos. Desperdícios e perdas geradas pela manutenção são controlados informalmente
Consciente	Existem alguns indicadores técnicos e de custos de manutenção. Indicadores de desempenho calculados esporadicamente. Metas são estabelecidas principalmente de controle de custos. Documentação de equipamentos e processos não organizada.
Desenvolvido	Indicadores técnicos e de custos calculados e monitorados regularmente. Metas baseadas na eficiência da fábrica, redução de custos e indicadores técnicos dos equipamentos e processos. Documentação de equipamentos e de processos organizada. Sistemática de check de indicadores formal, com responsabilidades definidas e plano de ação para correção de desvios
Competente	Indicadores técnicos, econômicos e organizacionais confiáveis calculados e analisados periodicamente, apoiando a tomada de decisão a projetos de melhoria contínua estabelecido. Documentação de equipamentos e de processos organizada, de fácil e rápido acesso. Metas compartilhadas entre as áreas com planos de melhoria estabelecidos
Excelente	Indicadores técnicos, econômicos e organizacionais confiáveis e alinhados com os objetivos estratégicos da organização, calculados e analisados periodicamente, apoiando a tomada de decisão e dando origem a projetos. Documentação de equipamentos e processos sistematicamente atualizada, de fácil e rápido acesso de forma informatizada. Indicadores monitorados e controlados em tempo real <i>Dashboard</i> . Metas flexíveis definida com auxílio da simulação de processos. Uso de ferramentas de <i>maintenance analytics e big data</i>

Fonte: Autoria própria, adaptado de Oliveira (2017) e Gressler (2020a)

O sucesso de um programa de manutenção depende da existência de um espaço adequado para realização das tarefas, de ferramental adequado e de um estoque de peças e materiais para o desenvolvimento das atividades de manutenção. Neste contexto, o Quadro 16 mostra como a correta previsão de materiais, ferramentas e infraestrutura impactam no nível de classificação do sistema para o critério Oficinas e Ferramentas.

Quadro 16 – Critério: Oficinas e Ferramentas

Classificação	Características
Inocente	Faltam ferramentas e dispositivos básicos para a execução dos serviços de manutenção. Não previsão de demanda futura de peças de reposição. Oficinas com organização básica e layout sem observar tamanho adequado e proximidade do processo.
Consciente	Ferramentas e dispositivos disponíveis e em bom estado de conservação. Demanda de peças e materiais previstas com base no histórico de consumo. Layout de oficinas adequados e próximos do processo produtivo. Princípios de 5S são conhecidos pela equipe de manutenção.
Desenvolvido	Ferramentas e dispositivos disponíveis e em bom estado. Princípios do 5S praticados com autodisciplina pela equipe. Compra de peças e materiais para atividades preventivas realizada em função das ações planejadas e baseada no histórico de consumo. Oficinas próxima aos processos e com infraestrutura de comunicação de disponível.
Competente	Existência de equipamentos sofisticados e modernos para execução e controle das manutenções. Compra de peças e materiais para atividades preventivas realizada em função das ações planejadas

Classificação	Características
	e baseada na confiabilidade e custos. Infraestrutura de TI e conexão com todos os sistemas de gestão e monitoramento de processo da planta.
Excelente	Compra de peças e materiais para atividades preventivas realizada em função das ações planejadas e, para as atividades corretivas, baseada na confiabilidade, custos e criticidade. Infraestrutura de TI e conexão com internet de alta velocidade, Dispositivos de TI conectados à rede disponíveis para toda a equipe de manutenção. Uso de realidade aumentada para nas inspeções.

Fonte: Aatoria própria, adaptado de Oliveira (2017) e Gressler (2020a)

O comprometimento de todos os setores da empresa, em especial da alta administração é fundamental para a obtenção de resultados, além disso a formação dos colaboradores permite que um indivíduo com pouca formação atravesse estágios de conscientização para a compreensão, de maneira a permitir que tome decisões corretas. Através da adequada formação é possível atualizar as habilidades de uma pessoa para que esta adquira proficiência em um determinado trabalho ou tarefa (OLIVEIRA, 2017). Em função do exposto o Quadro 17 mostra como o comprometimento e o treinamento das equipes impactam nos possíveis níveis de maturidade para o critério Organização Funcional e da Equipe de Manutenção.

Quadro 17 – Critério: Organização Funcional e da Equipe de Manutenção

Classificação	Características
Inocente	Alta administração não demonstra preocupação com a manutenção. Equipe de manutenção com baixo conhecimento e não existem ações de desenvolvimento das pessoas. Mudanças não são bem aceitas.
Consciente	A alta manutenção reconhece a importância da manutenção. Sistema de manutenção baseado principalmente na experiência e conhecimento das pessoas. Nenhum envolvimento de outras áreas nas atividades de manutenção. Identificada a necessidade de ações para melhoria contínua, mas ainda não adotadas.
Desenvolvido	Alta administração considera a manutenção como uma função estratégica e fornece todos os recursos necessários para as equipes de manutenção. Organograma e funções da equipe bem definidas. Habilidades técnicas e comportamentais são desenvolvidas nas equipes. Funções das equipes conhecidas e seguidas no dia a dia. Implementação de ações para melhoria contínua.
Competente	Liderança ativa e focada em ações de desenvolvimento das pessoas. Equipes participativas, polivalentes e conhecedoras das rotinas do trabalho e da manutenção dos equipamentos. Manutenção e produção atuam em conjunto para manter a performance dos processos. Ações para melhoria contínua com metodologias definidas.
Excelente	Necessidades de treinamento definidas por ferramentas analíticas. Plano de treinamento das equipes orientado para a melhoria dos processos. Existe comprometimento com a mudança, adaptando-se às novas prioridades estratégicas. Uso de simulação e realidade aumentada na realização dos treinamentos.

Fonte: Aatoria própria, adaptado de Oliveira (2017) e Gressler (2020a)

Os gestores da manutenção, por meio do adequado planejamento, definem o processo, o conjunto de tarefas mais adequadas a cada tipo de equipamento, compatibilizando os programas de manutenção e produção, as ordens de trabalho e os recursos disponíveis e sua

disponibilidade. Além disso, a adoção de um sistema informatizado de controle da manutenção permite ao setor planejar e organizar suas atividades, definir recursos, manter registros confiáveis e integrar as informações. Neste contexto o Quadro 18 mostra como a adoção integral de um CMMS consegue levar a manutenção aos níveis mais elevados de avaliação para o critério Planejamento da Manutenção.

Quadro 18 – Critério: Planejamento da Manutenção

Classificação	Características
Inocente	Nenhum CMMS é utilizado. Portfólio de equipamentos desconhecido e documentação técnica incompleta. Não existe definição da criticidade de equipamentos. Nenhum planejamento de custos para a manutenção. Planos de manutenção informais. Não existem planos de manutenção definidos para os equipamentos.
Consciente	Utilização CMMS não integradas com os demais sistemas. Portfólio de equipamentos conhecido e documentos técnicos disponíveis. Manutenção atua corretivamente, mas reconhece-se a necessidade em atuar de forma preventiva. Planejamento não é rotina, existem atrasos e ações programadas não concluídas. Equipamentos com criticidade (ABC) definido, porém, não existe política de manutenção definida. Orçamento definido com base em gastos históricos. Existem planos de lubrificação e preventivas baseados em tempo.
Desenvolvido	CMMS completo com todas as necessidades da manutenção, porém não amplamente utilizado. Portfólio de equipamento completo com lista de peças e documentação técnica disponível. Manutenção planejada é considerada importante para atingir os objetivos da organização. Todos os equipamentos avaliados criticamente, existe uma política de manutenção definida orientando a criação de planos de manutenção. Planejamento realizado com base na experiência da equipe e recomendações do fabricante dos equipamentos. Orçamento da manutenção definido com base em drives por tipo de processo e atividade. O CMMS contém os planos de manutenção e gera ordens de manutenção periodicamente.
Competente	CMMS com todas as funções disponíveis e adequadamente utilizados. Documentação técnica disponível "on-line". Manutenção é considerada importante para atingir os objetivos da organização. Planejamento da manutenção atua de forma proativa, planejamento, melhoria nos equipamentos com vistas ao aumento da produtividade, redução de custos e melhoria da qualidade. Planejamento das atividades revisto em função da taxa de falhas e da monitorização do equipamento. Orçamento definido e gerenciado exclusivamente em drives por tipo de processo e atividade. Planos de manutenção de equipamentos críticos elaborados com auxílio de metodologias como RCM e FMEA de acordo com a política de manutenção. Funções requeridas e parâmetros de operação do equipamento conhecido e monitorado com técnicas de manutenção preditiva. CMMS gera programações de atividades de manutenção planejada e é usado para apoiar o processo de tomada de decisão. Análise e revisão sistêmica dos planos com foco nos desperdícios Lean Maintenance.
Excelente	CMMS apoia todas as funções da gestão da manutenção, é totalmente integrado e permite o acesso remoto pela internet. Monitoramento on-line para detecção de falha. Acesso à documentação técnica disponível em nuvem e com uso da realidade aumentada. Planejamento da manutenção é apoiado por <i>maintenance analytics e big data</i> .

Fonte: Autoria própria, adaptado de Oliveira (2017) e Gressler (2020a)

A Política de Manutenção como similar a política da qualidade, que deve atender ao propósito da organização, onde a alta direção estabelece um compromisso. Em função disso a falta de ligação entre a política de manutenção e a estratégia global da empresa pode resultar em um desempenho insatisfatório da área de manutenção (OLIVEIRA, 2017).

Face o exposto, o Quadro 19 mostra como a classificação para o critério Política de Manutenção valoriza aquelas organizações onde esta política está integrada a estratégia da empresa como um todo, contemplando desde a produção até as questões que abrangem segurança do trabalho e meio-ambiente. Em contraposição empresas que entendem que a manutenção é “um mal necessário” tendem a ser classificadas nos níveis mais baixos de maturidade.

Quadro 19 – Critério: Política de Manutenção

Classificação	Características
Inocente	Manutenção é considerada um mal necessário, estando voltada para a resolução de avarias no menor tempo possível. Não existe preocupação com a melhoria da qualidade e redução de acidentes e impacto ambiental.
Consciente	Manutenção é considerada um mal necessário, mas reconhece-se a necessidade em atuar de forma preventiva. Existe preocupação com redução de custos.
Desenvolvido	Manutenção é considerada importante para atingir os objetivos da organização. Atuação da manutenção de forma preventiva com vistas ao aumento de produtividade e redução de custos.
Competente	Manutenção é considerada importante para atingir os objetivos da organização. Atuação da manutenção de forma proativa (incluindo melhoria do equipamento) com vistas ao aumento da produtividade, redução de custos e melhoria da qualidade. Não é analisado o impacto da redução de acidentes e impacto ambiental.
Excelente	Manutenção é considerada uma função estratégica. Atuação da manutenção de forma proativa (incluindo melhoria do equipamento) e eficiente com vista ao aumento de produtividade, redução de custos, melhoria da qualidade e redução de acidentes e impacto ambiental.

Fonte: Autoria própria, adaptado de Oliveira (2017) e Gressler (2020a)

Como já visto no critério Planejamento da Manutenção a adequada adoção de um sistema informatizado de controle permite ao setor de manutenção organizar e planejar suas atividades de forma adequada. Neste contexto, o Quadro 20 mostra que para o critério Rotinas de PCM e Execução da Manutenção a classificação superior está vinculada a adoção de um CMMS integrado, e pela priorização das atividades previamente planejadas e integradas ao sistema informatizado em todas as suas fases, com manutenções corretivas sendo uma exceção.

Quadro 20 – Critério: Rotinas de PCM e Execução da Manutenção

Classificação	Características
Inocente	Execução de manutenções corretivas é mais valorizada que ações preventivas. Atividades de manutenção preventiva são executadas de forma voluntária pela equipe de manutenção. Não são geradas ordens de manutenção. Materiais necessários são providenciados pelos próprios mantenedores pouco antes ou até mesmo durante a manutenção.
Consciente	Atendimento imediato de manutenções corretivas é visto como um mal necessário. Existe documentação técnica e procedimentos operacionais somente para a execução de tarefas críticas. Geração de ordem planejadas impressas pelo CMMS de acordo com planos de manutenção.

Classificação	Características
	Principais materiais utilizados para a manutenção são planejados antecipadamente. Existe uma programação de data para execução da manutenção, porém, alterações são frequentes.
Desenvolvido	Manutenções preventivas são uma prioridade da manutenção. Equipes treinadas nas Instruções de Trabalho, análise crítica e revisão sistêmica dos padrões de execução. A geração de ordens é monitorada, analisada e existe tratamento dos erros na geração de ordens. Compra de peças e materiais para atividades preventivas realizada em função das ações planejadas e, para as atividades corretivas, baseada no histórico de consumo. Programação de datas e materiais com validade e gerenciada pela manutenção e produção com gestão a vistas das programações. Plano dos trabalhos com avaliação analítica de capacidade da equipe feita pelo PCM com utilização integral da mão de obra. Controle de execução baseada em qualidade, tempos, retrabalhos e custos. Controles visuais para gerenciamento das execuções.
Competente	CMMS com todas as funções disponíveis e adequadamente utilizados. Documentação técnica disponível "on-line". Manutenção é considerada importante para atingir os objetivos da organização. Planejamento da manutenção atua de forma proativa, planejamento, melhoria nos equipamentos com vistas ao aumento da produtividade, redução de custos e melhoria da qualidade. Planejamento das atividades revisto em função da taxa de falhas e da monitorização do equipamento. Orçamento definido e gerenciado exclusivamente em drives por tipo de processo e atividade. Planos de manutenção de equipamentos críticos elaborados com auxílio de metodologias como RCM e FMEA de acordo com a política de manutenção. Funções requeridas e parâmetros de operação do equipamento conhecido e monitorado com técnicas de manutenção preditiva. CMMS gera programações de atividades de manutenção planejada e é usado para apoiar o processo de tomada de decisão. Análise e revisão sistêmica dos planos com foco nos desperdícios <i>Lean Maintenance</i> .
Excelente	Manutenção predominantemente planejadas. A ocorrência de manutenção corretivas praticamente inexistente. Registro <i>on-line</i> das paradas imprevistas de manutenção interligado com programa de eficiência de operacional e controles operacionais de <i>smart factory</i> . A equipe de manutenção tem acesso <i>on-line</i> à documentação técnica e vídeos com instruções técnicas. Sistema de geração de ordens automático pelo CMMS com alerta <i>on-line</i> de novas ordens. Compra de peças e materiais para atividades preventivas realizada em função das ações planejadas e, para as atividades corretivas, baseada na confiabilidade e custos. Programação <i>on-line</i> de serviços obedecendo a restrições de produção, materiais e mão de obra. Controle visual com atualização <i>on-line</i> .

Fonte: Autoria própria, adaptado de Oliveira (2017) e Gressler (2020a)

Finalmente, importante destacar que o último nível de cada critério (Excelente) pretende avaliar a “Manutenção na indústria 4.0” através da aplicabilidade das tecnologias da indústria 4.0 nos processos de manutenção.

5.3 PESOS PROPOSTOS

No Quadro 21 são apresentados, de forma estruturada, os critérios para análise da maturidade da Gestão de Manutenção de usinas hidrelétricas, os pesos de cada um deles e dos subcritérios (vinculados ao DARDO).

Aplicando-se estes pesos propostos será possível avaliar o nível da maturidade do sistema de gestão da manutenção da usina para cada um dos critérios e para o sistema como um todo.

Quadro 21 – Método de Análise da Maturidade Proposto, itens do DARDO, pesos e quantidade de perguntas

MÉTODO PROPOSTO			DARDO						
CRITÉRIO de ANÁLISE	PESO TOTAL DO CRITÉRIO	PESO Subcritério	Tópico de análise	Item Formulário DARDO*	Subitem Formulário DARDO*	Padrão de Respostas DARDO			Qtde. de Perguntas envolvidas
Avaliação Tratamento de Falhas	5	2	Gestão da Manutenção	4.1 Recursos Humanos	4.1.3 Controle e análise de falhas humanas da manutenção	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1
		2	Gestão da Manutenção	4.1 Recursos Humanos	4.1.4 – Política de sobreaviso da manutenção	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1
		1	Comunicação e Digitalização**	Não previsto	Não previsto	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1
Metas e gestão de indicadores	20	1	Gestão da Manutenção	4.2 Processo de manutenção	4.2.2 – Certificação dos procedimentos de manutenção e instalação ISO 9001 ou outras	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1
		6	Indicadores de Desempenho	7.1 - Indicadores de Resultados	DIVERSOS	VARIA CONFORME O INDICADOR			6
		9	Indicadores de Desempenho	7.2 - Indicadores de Esforços, Gerais e Complementares	DIVERSOS	VARIA CONFORME O INDICADOR			9
		4	Comunicação e Digitalização**	Não previsto	Não previsto	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	2
Oficinas e ferramentas	5	2	Meio Ambiente	2 - Meio Ambiente	2.9 - Procedimento para aquisição, armazenamento, uso e descarte de produtos químicos perigosos*	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1
		2	Gestão da Manutenção	4.4 Política de sobressalentes, ferramentas especiais e dispositivos de montagem*		Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1
		1	Comunicação e Digitalização**	Não previsto	Não previsto	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1
Organização funcional e da equipe de manutenção	10	1	Gestão da Manutenção	4.1 Recursos Humanos	4.1.1 Política de formação e treinamento de profissionais	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1
		1	Gestão da Manutenção	4.1 Recursos Humanos	4.1.2 Dimensionamento dos profissionais de manutenção	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1
		2	Gestão da Manutenção	4.2 Processo de manutenção	4.2.1 – Política de manutenção*	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1
		2	Gestão da Manutenção	4.2 Processo de manutenção	4.2.5 – Autonomia e agilidade nos atendimentos de manutenção*	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1
		1	Gestão da Manutenção	4.5 Política de gestão de ativos		Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1
		2	Segurança da Central	6.1 - Segurança Humana*	DIVERSOS	Inexistente / Regular	Desatualizado ou obsoleto / Bom	Atualizado e aplicado / Excelente	13
		1	Comunicação e Digitalização**	Não previsto	Não previsto	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1
Planejamento de manutenção	10	2	Gestão da Manutenção	4.2 Processo de manutenção	4.2.3 – Sistema informatizado para gerenciamento da manutenção	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1
		2	Gestão da Manutenção	4.2 Processo de manutenção	4.2.4 – Histórico de manutenção – banco de dados técnicos e informações das manutenções realizadas	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1

MÉTODO PROPOSTO			DARDO						
CRITÉRIO de ANÁLISE	PESO TOTAL DO CRITÉRIO	PESO Subcritério	Tópico de análise	Item Formulário DARDO*	Subitem Formulário DARDO*	Padrão de Respostas DARDO			Qtde. de Perguntas envolvidas
		1	Gestão da Manutenção	4.3 Procedimentos de Manutenção	4.3.2 – Manuais dos fabricantes das unidades geradoras e dos principais sistemas auxiliares	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1
		2	Gestão da Manutenção	4.3 Procedimentos de Manutenção	4.3.3 – Procedimento para análise e controle de defeitos e falhas	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1
		1	Gestão da Manutenção	4.3 Procedimentos de Manutenção	4.3.4 – Procedimento para emissão, programação e execução das ordens de serviço	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1
		2	Comunicação e Digitalização**	Não previsto	Não previsto	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1
Política de Manutenção	10	2	Meio Ambiente	2 - Meio Ambiente	2.6 - Política / Procedimentos de Controle e Ambiental	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1
		2	Gestão da Manutenção	4.2 Processo de manutenção	4.2.1 – Política de manutenção*	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1
		2	Gestão da Manutenção	4.2 Processo de manutenção	4.2.5 – Autonomia e agilidade nos atendimentos de manutenção*	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1
		2	Segurança da Central	6.1 - Segurança Humana*	DIVERSOS	Inexistente / Regular	Desatualizado ou obsoleto / Bom	Atualizado e aplicado / Excelente	13
		2	Comunicação e Digitalização**	Não previsto	Não previsto	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1
Rotinas de PCM e execução da manutenção	50	2	Gestão da Manutenção	4.3 Procedimentos de Manutenção	4.3.1 – Instruções de manutenção	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1
		2	Operação e manutenção dos principais sistemas e equipamentos	5.1 - Operação da Central	5.1.2 – Monitoramento de alarmes	Inexistente	Necessita de adequações	Atualizado e aplicado	1
		2	Operação e manutenção dos principais sistemas e equipamentos	5.1 - Operação da Central	5.1.3 – Banco de dados para armazenamento de eventos	Inexistente	Necessita de adequações	Atualizado e aplicado	1
		2	Operação e manutenção dos principais sistemas e equipamentos	5.1 - Operação da Central	5.1.5 – Periodicidade de inspeção da unidade geradora e sistemas auxiliares	Inexistente	Diária	Semanal	1
		2	Operação e manutenção dos principais sistemas e equipamentos	5.2 -Gerador	5.2.2 - Manutenção Preditiva	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto / Necessidade de adequações	Atualizado e aplicado	3
		8	Operação e manutenção dos principais sistemas e equipamentos	5.2 -Gerador	5.2.3 - Manutenção Preventiva	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	11
		2	Operação e manutenção dos principais sistemas e equipamentos	5.3 - Turbina Hidráulica	5.3.2 - Manutenção Preditiva	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto / Necessidade de adequações	Atualizado e aplicado	2
		4	Operação e manutenção dos principais sistemas e equipamentos	5.3 - Turbina Hidráulica	5.3.3 - Manutenção Preventiva	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	6
		2	Operação e manutenção dos principais sistemas e equipamentos	Demais Equipamentos da Central (itens 5.4 a 5.21)	5.X.x - Manutenção Preditiva**	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto / Necessidade de adequações	Atualizado e aplicado	5

MÉTODO PROPOSTO			DARDO						
CRITÉRIO de ANÁLISE	PESO TOTAL DO CRITÉRIO	PESO Subcritério	Tópico de análise	Item Formulário DARDO*	Subitem Formulário DARDO*	Padrão de Respostas DARDO			Qtde. de Perguntas envolvidas
		10	Operação e manutenção dos principais sistemas e equipamentos	Demais Equipamentos da Central (itens 5.4 a 5.21)	5.X.y - Manutenção Preventiva	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	57
		2	Meio Ambiente	2 - Meio Ambiente	2.9 - Procedimento para aquisição, armazenamento, uso e descarte de produtos químicos perigosos*	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1
		2	Gestão da Manutenção	4.4 Política de sobressalentes, ferramentas especiais e dispositivos de montagem*		Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	1
		10	Comunicação e Digitalização**	Não previsto	Não previsto	Inexistente	Desatualizado ou obsoleto	Atualizado e aplicado	2

*COMPUTA-SE NOS DOIS CRITÉRIOS

** no somatório levou-se em conta apenas uma vez o valor que conta em dois critérios

Fonte: Autoria própria

Os critérios deverão ser verificados a partir do questionário, que possui em sua grande maioria questões retiradas do formulário DARDO e algumas questões adicionais para se avaliar o atendimento dos parâmetros da chamada Indústria 4.0.

Os pesos apresentados no Quadro 21 foram determinados de tal forma que o conceito geral atinja no máximo 100 pontos, permitindo a classificação do nível de maturidade a ser atingido conforme será explicado posteriormente. Vale destacar que, caso sejam somados os pesos apresentados na tabela teremos um total de 110 pontos, mas isto ocorre em função de algumas perguntas serem utilizadas para definição da maturidade em mais de um critério. Neste caso as perguntas são utilizadas de forma individual, permitindo levantar o grau de maturidade independente para cada critério, mas caso esteja sendo levantado o grau de maturidade geral do sistema estes quesitos do DARDO serão utilizados apenas uma vez na soma.

Também é importante ressaltar que os pesos foram definidos em função da quantidade de itens levantados pelo DARDO para cada quesito e o entendimento da importância relativa de cada critério para definição do conceito geral da maturidade do sistema de gestão da manutenção da UHE como um todo.

Finalmente, vale lembrar que nesta análise foram utilizados apenas itens do DARDO referentes a manutenção, sendo descartados aqueles que tem por função avaliar a operação da usina.

5.4 QUESTIONÁRIO E CRITÉRIOS PARA PONTUAÇÃO DAS RESPOSTAS

No Apêndice 1 são apresentadas detalhadamente todas as perguntas que fazem parte do questionário de avaliação dos Critérios propostos. A opção de colocar as questões como apêndice foi facilitar a leitura do trabalho, tendo em vista a grande quantidade de questões envolvidas.

Além disso, para cada pergunta também são apresentados:

- a descrição do item, conforme definição estabelecida no DARDO ou definido para avaliação adicional das tecnologias da Indústria 4.0;
- O padrão de respostas disponível (esperado);
- A pontuação a ser considerada para cada padrão de resposta.

No Quadro 22 pode ser verificado para cada um dos Critérios propostos no método quantas questões do DARDO são utilizadas, além de quantas questões adicionais foram

acrescentadas para definição do Nível de Maturidade do Sistema de Gestão da Manutenção em UHE's.

Quadro 22 – Critérios Avaliados pelo Método Proposto

Critério	Nº questões DARDO	Nº questões adicionais
Avaliação Tratamento de Falhas	2	1
Metas e gestão de indicadores	16	2
Oficinas e ferramentas	2	1
Organização funcional e da equipe de manutenção	18	1
Planejamento de manutenção	5	1
Política de Manutenção	16	1
Rotinas de PCM e execução da manutenção	90	2
Total	149	9

Fonte: Autoria própria

A seguir, para exemplificar, são apresentadas algumas perguntas que fazem parte do questionário a ser aplicado, com os respectivos padrões de respostas e o critério de pontuação usado para avaliação de maturidade.

Exemplo 1 - Critério: Avaliação e Tratamento de Falhas

Exemplo 1a - Subitem DARDO: 4.1.3 - Controle e análise de falhas humanas da manutenção

Definição do Item: Controle e análise de falhas humanas: Avaliação, tratamento, divulgação e controle das perturbações, com ou sem repercussão no sistema, provocadas direta ou indiretamente pelo homem (Quadro 23).

Quadro 23 – Pontuação do critério avaliado exemplo 1ª

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Fonte: Autoria própria

Exemplo 1b - Item adicional ao DARDO: *Machine Learning* e monitoramento on-line da performance

Definição do Item: Uso de *maintenance analytics* para gerenciamento e tomadas de ações corretivas e ações preventivas. *Machine Learning* e monitoramento on-line da performance para previsão de falhas (Quadro 24).

Quadro 24 – Pontuação do critério avaliado exemplo 1b

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Fonte: Autoria própria

Exemplo 2 - Critério: Metas e Gestão de Indicadores - Subitem DARDO: 7.1.1 - Disponibilidade Total da Central - DISP (anual)

Definição do Item: Disponibilidade da Central - DISP (%): Disponibilidade total da central é o percentual entre o tempo total (em horas) disponível pelas unidades geradoras para operação da central e o tempo total (em horas) do ano. Conforme Procedimento de Rede - Item 5.1 do Submódulo 25.8 do ONS a disponibilidade revela anualmente o percentual de tempo em que um dado equipamento ou instalação se manteve a disposição para o desempenho de sua função nominal. Valor de Referência Aneel: $DISP \geq 85\%$ (Quadro 25).

Quadro 25 – Pontuação do critério avaliado exemplo 2

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
$DISP < 50\%$	-5
$50\% \leq DISP < 75\%$	-3
$75\% \leq DISP < 85\%$	-1
$85\% \leq DISP < 95\%$	+3
$DISP \geq 95\%$	+5

Fonte: Autoria própria

Sempre serão apresentados a numeração do Item (ou subitem) conforme consta no formulário do DARDO, com a sua definição. Adicionalmente consta na tabela o padrão de respostas e pontuação a ser adotada para fins desta análise. Ou seja, para cada resposta dada, conforme o padrão definido no DARDO deverá ser computada a pontuação correspondente, a ser utilizada posteriormente no somatório que dará origem ao nível de maturidade do sistema.

Além destas, quando indicado, existem questões adicionais que visam complementar a análise abordando questões relacionadas a indústria 4.0. Da mesma forma para cada pergunta existe um padrão de resposta esperado e sua correspondente pontuação a ser considerada.

5.5 PROCEDIMENTOS PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO

A Classificação de Maturidade pode ser estabelecida para todo o conjunto de Critérios ou de forma independente para cada um dos critérios definidos conforme apresentado no Quadro 26.

Quadro 26 – Critérios Avaliados pelo Método Proposto

Critério
Avaliação Tratamento de Falhas
Metas e gestão de indicadores
Oficinas e ferramentas
Organização funcional e da equipe de manutenção
Planejamento de manutenção
Política de Manutenção
Rotinas de PCM e Execução da manutenção

Fonte: Autoria própria

O seguinte procedimento deverá ser adotado para definição do Nível de Maturidade da Gestão de Manutenção de usinas hidrelétricas:

1. As Respostas as questões do questionário DARDO serão aproveitadas para a realização da avaliação da Maturidade proposto.
 - a. Deve-se apenas transcrever as respostas já dadas no último formulário DARDO preenchido para a Usina.
 - b. Para verificar quais questões pertinentes a cada Critério deverá ser consultado o Questionário (disponível no Apêndice 1).
2. O questionário é aplicado por meio de um formulário eletrônico on-line. A Figura 18 mostra um exemplo deste formulário, ilustrando o critério em avaliação e os seus níveis de avaliação e uma das perguntas a serem respondidas com a instrução de preenchimento.

Figura 18 – Exemplo do Formulário utilizado - Item do DARDO

Quadro 1 – Critério: Avaliação e Tratamento de Falhas¶

Classificação¶	Características¶
Inocente ¶	Análise de falhas sem método definido, realizada quando ocorrem falhas com impacto significativo. Foco na remoção do sintoma.¶
Consciente ¶	Tratamento de falha reativa, mas com peças de reposição disponíveis quando ocorrem falhas. Análise de falhas sem método definido, realizada esporadicamente e quando ocorrem falhas com impacto significativo.¶
Desenvolvido ¶	Análise de falhas periódica, realizada em função de gatilhos estabelecidos e baseada num método definido. Planos de manutenção ajustados conforme análise de falhas.¶
Competente ¶	Problemas são prevenidos, aumento da disponibilidade e da produtividade. Identificação de equipamentos críticos e falhas críticas. Utilização de metodologias de tratamento de falhas. Plano de ação formal e gerenciado das ações preventivas de bloqueio causas raiz das falhas. Revisão sistemática das ações pela engenharia.¶
Excelente ¶	Informação atualizada de equipamentos críticos e falhas críticas, e implementação de medidas baseada na análise metódica de falhas, ausência de reincidência. Uso de <i>maintenance analytics</i> para gerenciamento e tomadas de ações corretivas e ações preventivas. <i>Machine Learning</i> e monitoramento <i>on-line</i> da performance para previsão de falhas.¶

Fonte: Autoria própria, adaptado de Oliveira (2017) e Gressler (2020a)¶

Transcrição do formulário DARDO

Nestes itens deverá ser transcrito o que foi informado no último formulário entregue a ANEEL.

Subitem DARDO: 4.1.3 - Controle e análise de falhas humanas da manutenção *

Definição do Item: Controle e análise de falhas humanas: Avaliação, tratamento, divulgação e controle das perturbações, com ou sem repercussão no sistema, provocadas direta ou indiretamente pelo homem.

Inexistente
 Desatualizado ou Obsoleto
 Atualizado e aplicado

Fonte: Autoria própria

3. Responder para cada Critério as questões adicionais referentes a indústria 4.0 conforme constam no Apêndice 1. A Figura 19 mostra um exemplo com uma das perguntas a serem respondidas e a instrução de preenchimento.

Figura 19 – Exemplo do Formulário utilizado - Item adicional

Item adicional ao DARDO
Aqui deverão ser respondidas em função da situação atual.

Item adicional ao DARDO: Machine Learning e monitoramento on-line da performance *

Definição do Item: Uso de maintenance analytics para gerenciamento e tomadas de ações corretivas e ações preventivas. Machine Learning e monitoramento on-line da performance para previsão de falhas.

Inexistente
 Desatualizado ou Obsoleto
 Atualizado e aplicado

Fonte: Autoria própria

4. Para cada resposta do Questionário DARDO será dada uma pontuação referente aquele item conforme tabelas disponíveis no Apêndice 1.
5. Para os pontos referentes aos itens 7.1 - Indicadores de Resultados e 7.2 - Indicadores de Esforços, Gerais e Complementares deverá ser feita a média aritmética entre os pontos obtidos em todos os subitens existentes. Tal média é que será multiplicada pelo peso.
6. Para os itens a seguir também deve-se realizar a média aritmética entre os pontos obtidos nos subitens indicados, tanto para manutenção preventiva quanto para medição preditiva (quando aplicável).
 - a. 5.2 - Gerador
 - b. 5.3 - Turbina Hidráulica
 - c. 5.4 até 5.21 - Demais Equipamentos da Central
7. A pontuação obtida em cada um dos itens que constam do Quadro 21 deverá ser multiplicada pelo peso constante deste mesmo quadro.
8. O somatório dos PONTOS OBTIDOS x PESOS deverá ser dividido pelo total de PONTOS TOTAIS x PESO para o critério em análise ou para o total (conforme o caso), aplicando-se a equação 15, chegando-se ao resultado percentual:

$$PONTUAÇÃO \% = \frac{\sum(PONTOS_{OBTIDOS} \times PESO)}{\sum(PONTOS_{TOTAIIS} \times PESO)} \times 100 \quad (15)$$

9. Atenção, caso esteja sendo levantado o nível de maturidade geral do sistema alguns itens que são utilizados em mais de um critério deverão ser considerados apenas uma vez.

10. O nível de maturidade será dado pelo valor percentual atingido conforme o Quadro 27.

Quadro 27 – Níveis de Maturidade Possíveis pelo Método Proposto

NÍVEL	PONTUAÇÃO (%)
EXCELENTE	Pontuação > 90%
COMPETENTE	70% > Pontuação ≥ 90%
DESENVOLVIDO	50% > Pontuação ≥ 70%
CONSCIENTE	30% > Pontuação ≥ 50%
INOCENTE	Pontuação < 30%

Fonte: Autoria própria

Os resultados obtidos por meio desta pontuação podem ser expressos de forma gráfica facilitando sua visualização e compreensão.

5.6 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Neste capítulo foi apresentado o método para análise da maturidade da gestão da manutenção em usinas hidrelétricas, com os seus critérios, níveis de maturidade e a sua descrição associada. Também foi apresentado o questionário a ser aplicado, com seus padrões de resposta e pontos e pesos a serem considerados. A partir destas definições será possível estabelecer o nível de maturidade geral para o sistema ou de forma independente para cada um dos critérios estabelecidos.

No ambiente operacional de usinas hidrelétricas, a manutenção é estratégica, pois está diretamente relacionada a disponibilidade operacional do ativo, e conseqüentemente, ao fornecimento de energia elétrica aos consumidores. A indisponibilidade do sistema exige altos custos de manutenção para o restabelecimento, além de poder ocasionar multas impostas por órgãos reguladores. Nesse contexto, o método para análise da maturidade dos processos de

manutenção aplicado a sistemas de geração de energia elétrica contribui para atingir a excelência na padronização de procedimentos de manutenção.

Na construção deste método buscou-se alinhar ao máximo o levantamento de dados com as questões apresentadas na Declaração de Autoavaliação Regulatória e de Desempenho Operacional (DARDO), pois assim consegue-se alinhar esta avaliação ora proposta aos critérios estabelecidos pela ANEEL.

No próximo capítulo será feita a aplicação do método em uma usina previamente selecionada, permitindo uma análise da sua aplicabilidade e a consequente validação.

6 APLICAÇÃO DO MODELO DE MATURIDADE PROPOSTO

Neste capítulo será apresentado o estudo de caso com a aplicação do modelo de análise da maturidade do sistema de gestão da manutenção em usinas hidrelétricas proposto. Para a realização do estudo de caso, uma planilha eletrônica foi criada contemplando as categorias de avaliação e níveis de maturidade do modelo.

Tal estudo de caso foi realizado, para teste e validação do método, em uma usina hidrelétrica previamente selecionada, isto em função de tal usina ser o objeto de estudo do projeto de P&D como um todo.

Tal usina hidrelétrica (UHE) é classificada como "Tipo I" pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (Módulo 7.2 dos Procedimentos de Rede) e possui um Sistema de Gestão da Manutenção já implementado, inclusive com utilização de um CMMS, mas esta ainda possui oportunidades para melhoria e atualização da gestão da manutenção com o auxílio do método proposto.

6.1 QUESTIONÁRIO RESPONDIDO

Definidos os itens a serem avaliados no questionário, este foi aplicado e respondido pelo especialista da Usina objeto de estudo, tendo por base o formulário DARDO entregue a ANEEL no ano de 2020 e a análise da situação da usina no que se refere as tecnologias classificadas como pertinentes a manutenção no contexto da Indústria 4.0.

A Tabela 1 apresenta as respostas e as respectivas pontuações obtidas para cada item, sendo que tal pontuação foi obtida em função da definição prévia para cada um dos padrões de resposta possíveis para o item de análise conforme consta no Apêndice 1.

Para facilitar a leitura da tabela cada critério de análise previsto na metodologia foi destacado em uma cor diferente.

Tabela 1 – Respostas ao Questionário e Pontos Obtidos

Item de Análise	Resposta	Pontos	Critério
Subitem DARDO: 4.1.3 - Controle e análise de falhas humanas da manutenção	Atualizado e aplicado	5	Avaliação Tratamento de Falhas
Subitem DARDO: 4.1.4 - Política de sobreaviso da manutenção	Atualizado e aplicado	5	
Item adicional ao DARDO: Machine Learning e monitoramento on-line da performance	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 4.2.2 - Certificação dos procedimentos de manutenção da instalação (ISO 9001 ou outras)	Atualizado e aplicado	5	

Item de Análise	Resposta	Pontos	Critério
Subitem DARDO: 7.1.1 - Disponibilidade Total da Central - DISP (anual)	$DISP \geq 95\%$	5	Metas e gestão de indicadores
Subitem DARDO: 7.1.2 - Disponibilidade Total da Central - DISP (5 anos)	$DISP \geq 95\%$	5	
Subitem DARDO: 7.1.3 - Fator de Disponibilidade - FID	$FID \geq 1$	5	
Subitem DARDO: 7.1.4 - Indisponibilidade para manutenção programada – INDISPMP	$INDISPMP \leq 2\%$	5	
Subitem DARDO: 7.1.5 - Indisponibilidade para manutenção forçada - INDISPMF	$INDISPMF \leq 1,0\%$	5	
Subitem DARDO: 7.1.6 - Taxa de desligamento forçado – TDF	$TDF < 5$	5	
Subitem DARDO: 7.2.1 - Tempo médio de reparo - TMR	$5 \leq DISP < 40$	3	
Subitem DARDO: 7.2.2 - Tempo médio entre falhas - TMEF	$TMEF > 4320$	5	
Subitem DARDO: 7.2.3 - Índice de treinamento das equipes de manutenção - ITM	$ITM > 3\%$	5	
Subitem DARDO: 7.2.5 - Índice de execução de manutenção - IEM	$IEM > 90\%$	5	
Subitem DARDO: 7.2.6 - Índice de custo médio de manutenção - ICM	$10\% < ICM \leq 30\%$	-3	
Subitem DARDO: 7.2.7 - Índice de geração da central - IGer	$IGer > 90\%$	5	
Subitem DARDO: 7.2.8 - Consumo interno de energia da central - CINT	$0,5\% < CINT \leq 1\%$	1	
Subitem DARDO: 7.2.9 - Número de pontos supervisionados da central por unidade geradora - SUPERUG	$SUPERUG > 500$	5	
Subitem DARDO: 7.2.10 - Regularização das Não Conformidades dos Relatórios de Fiscalização ANEEL/SFG – RNCRF	$120 \leq RNCRF < 364$	-3	
Item adicional ao DARDO: Indicadores monitorados e controlados em tempo real.	Atualizado e aplicado	5	
Item adicional ao DARDO: Maintenance analytics e big data	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 2.9 - Procedimento para aquisição, armazenamento, uso e descarte de produtos químicos perigosos	Atualizado e aplicado	5	Oficinas e ferramentas
Subitem DARDO: 4.4 - Política de sobressalentes, ferramentas especiais e dispositivos de montagem	Atualizado e aplicado	5	
Item adicional ao DARDO: Equipamentos, infraestrutura de TI e conexão com internet de alta velocidade	Desatualizado ou Obsoleto	-1	
Subitem DARDO 4.1.1 - Política de formação e treinamento de profissionais	Atualizado e aplicado	5	Organização funcional e da equipe de manutenção
Subitem DARDO: 4.1.2 - Dimensionamento dos Profissionais de Manutenção	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 4.2.1 - Política de manutenção	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 4.2.5 - Autonomia e agilidade nos atendimentos de manutenção	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 4.5 - Política de gestão de ativos	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 6.1.1 - Aplicação da Norma Regulamentadora NR 06/MTE - Equipamento de Proteção Individual	Atualizado e aplicado	5	

Item de Análise	Resposta	Pontos	Critério
Subitem DARDO: 6.1.2 - Aplicação da Norma Regulamentadora NR 09/MTE - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 6.1.3 - Aplicação da Norma Regulamentadora NR 10/MTE – Segurança em instalações e serviços em eletricidade	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 6.1.4 - Aplicação da Norma Regulamentadora NR 13/MTE - Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 6.1.6 - Aplicação da Norma Regulamentadora NR 26/MTE - Sinalização de Segurança	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 6.1.7 - Aplicação da Norma Regulamentadora NR 33/MTE - Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 6.1.8 - Certificado de Vistoria do Corpo de Bombeiros	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 6.1.9 - Plano de Ações Emergenciais da Central (PAEC)	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 6.1.10 - Simulados de situações emergenciais	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 6.1.11 - Procedimento de acionamento de equipes de segurança: bombeiros, serviços médicos e defesa civil	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 6.1.12 - Certificação da Instalação pela Norma do Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional OSHAS 18001 ou por outras	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 6.1.13 - Iluminação de emergência	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 6.1.14 - Controle da Iluminação dos ambientes de trabalho	Atualizado e aplicado	5	
Item adicional ao DARDO: Treinamentos da equipe de manutenção com simulação e realidade aumentada	Inexistente	-5	
Subitem DARDO: 4.2.3 - Sistema informatizado para gerenciamento da manutenção	Atualizado e aplicado	5	Política de Manutenção
Subitem DARDO: 4.2.4 - Histórico de Manutenção - banco de dados técnicos e informações das manutenções realizadas.	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 4.3.2 - Manuais dos fabricantes das unidades geradoras e dos principais sistemas auxiliares	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 4.3.3 - Procedimento para análise e controle de defeitos e falhas	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 4.3.4 - Procedimento para emissão, programação e execução das Ordens de Serviços	Atualizado e aplicado	5	
Item adicional ao DARDO: Documentação técnica acessível e disponível em nuvem, com o planejamento da manutenção apoiado por maintenance analytics e Big data	Inexistente	-5	
Subitem DARDO: 2.6 - Política/Procedimentos de controle ambiental	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 4.2.1 - Política de manutenção	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 4.2.5 - Autonomia e agilidade nos atendimentos de manutenção	Atualizado e aplicado	5	
Item adicional ao DARDO: Melhoria da qualidade do serviço, a redução de acidentes e do impacto ambiental	Atualizado e aplicado	5	

Item de Análise	Resposta	Pontos	Critério
Subitem DARDO: 4.3.1 - Instruções de manutenção	Atualizado e aplicado	5	Rotinas de PCM e execução da manutenção
Subitem DARDO: 5.1.2 - Monitoramento de Alarmes	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.1.3 - Banco de dados para armazenamento de eventos	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.1.5 - Periodicidade de inspeção da unidade geradora e sistemas auxiliares	Diária	5	
Subitem DARDO: 5.2.2.1 - Análise de óleo dos mancais	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.2.2.2 - Monitoramento de vibração e da temperatura do estator	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.2.2.3 - Monitoramento de vibração e da temperatura dos mancais	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.2.3.1 - Manutenções em atraso das unidades geradoras	Existente	-5	
Subitem DARDO: 5.2.3.2 - Ensaios dielétricos nos enrolamentos dos estator e do campo	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.2.3.3 - Medição da resistência de isolamento, inspeção, limpeza e reaperto nos componentes do barramento blindado de saída do gerador	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.2.3.4 - Medição da resistência ôhmica e de isolamento do transformador e do resistor de aterramento, bem como inspeção, limpeza e reaperto de todos os componentes e conexões do cubículo de neutro	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.2.3.5 - Inspeção, limpeza e reaperto nas conexões dos transformadores de potencial, barramentos, para-raios, capacitores e isoladores do cubículo de surto	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.2.3.6 - Verificação da pressão das molas e comprimento das escovas dos anéis coletores do gerador.	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.2.3.7 - Limpeza interna dos tubos dos trocadores de calor do estator	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.2.3.8 - Calibração da instrumentação utilizada na operação e na proteção do gerador	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.2.3.9 - Ensaios de verificação dos ajustes do sistema de proteção do gerador	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.2.3.10 - Reaperto dos tirantes do núcleo (laminado) do estator	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.2.3.11 - Inspeccionar/reajustar as folgas dos segmentos do mancal guia	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.3.2.1 - Análise do óleo lubrificante dos mancais e do óleo do sistema hidráulico do regulador de velocidade	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.3.2.2 - Monitoramento de vibração e temperatura dos mancais	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.3.3.1 - Verificação de trincas do pré-distribuidor e rotor	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.3.3.2 - Ensaios de pressão diferencial e sobrecarga dos servomotores	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.3.3.3 - Medição do tempo de abertura/fechamento do distribuidor	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.3.3.4 - Calibração da instrumentação utilizada na operação e na proteção da turbina	Atualizado e aplicado	5	

Item de Análise	Resposta	Pontos	Critério
Subitem DARDO: 5.3.3.5 - Levantamento de erosão por cavitação no rotor da turbina	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.3.3.6 - Controle de desgaste dos componentes da vedação do eixo	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.16.2.1 - Monitoramento de pontos quentes nos barramentos, painéis, chaves seccionadoras, disjuntores, reatores e reguladores de tensão	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.17.2.1 - Monitoramento de pontos quentes (termovisão) nos barramentos, painéis, disjuntores e retificadores	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.17.2.2 - Teste de capacidade dos bancos de bateria	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.18.2.1 - Análise do óleo isolante (físico-química e cromatografia)	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.18.2.2 - Verificação de pontos quentes através de termovisão	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.4.2.1 - Teste funcional do sistema	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.4.2.2 - Limpeza e teste dos detectores de nível	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.4.2.3 - Desmontagem completa do conjunto moto bomba (inspeção/medição dos mancais, eixos e carcaça)	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.4.2.4 - Lubrificação do conjunto moto bomba	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.5.2.1 - Teste funcional do sistema	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.5.2.2 - Limpeza e teste dos detectores de nível	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.5.2.3 - Desmontagem completa do conjunto moto bomba (inspeção/medição dos mancais, eixos e carcaça)	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.5.2.4 - Lubrificação do conjunto moto bomba	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.6.2.1 - Inspeção e/ou lubrificação dos mancais, cabos de aço, redutores, acoplamentos e sistemas de freios	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.6.2.2 - Inspeção e reaperto nos painéis de comando e controle, resistências, barramento, contadores e conexões dos motores	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.7.2.1 - Lubrificação dos componentes dos motores/compressores e substituição/limpeza de filtros	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.7.2.2 - Inspeção, reaperto, limpeza e ajustes, nos painéis, contadores, conexões dos motores, acoplamentos, correias, válvulas e tubulações	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.7.2.3 - Calibração de manômetros/pressostatos	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.8.2.1 - Teste funcional e inspeção dos componentes do filtro autolimpante	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.8.2.2 - Calibração de pressostatos e manômetros	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.8.2.3 - Inspeção, limpeza e reaperto nos painéis de comando e controle	Atualizado e aplicado	5	

Item de Análise	Resposta	Pontos	Critério
Subitem DARDO: 5.9.2.1 - Inspeção, limpeza e reaperto nos componentes do grupo motor/gerador	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.9.2.2 - Verificação dos ajustes dos reguladores de tensão e velocidade	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.9.2.3 - Medição da resistência de isolamento do rotor/estator do gerador	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.10.2.1 - Inspeção das estruturas metálicas, guias laterais, soleira, borrachas de vedação, mancais, sistema de acionamento e sistema de freios.	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.10.2.2 - Lubrificação dos componentes do sistema de acionamento (acionamento eletromecânico)	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.10.2.3 - Inspeção, limpeza e verificação de ajustes dos componentes do circuito de comando, controle e supervisão, e medição de resistência de isolamento dos motores.	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.10.2.4 - Calibração dos pressostatos e manômetros (acionamento eletrohidráulico)	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.10.2.5 - Verificação de ajustes das válvulas de segurança e alívio (acionamento eletrohidráulico)	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.10.2.6 - Análise do óleo da central hidráulica (acionamento eletrohidráulico)	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.11.2.1 - Lubrificação dos mancais, cabos de aço e redutores	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.11.2.2 - Inspeção e reaperto nos painéis de comando e controle, contadores, motores, acoplamentos, redutores, freios	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.13.2.1 - Medição de tempo de abertura e de fechamento	Inexistente	-5	
Subitem DARDO: 5.13.2.2 - Inspeção das estruturas metálicas, guias laterais, soleira, borrachas de vedação, mancais, sistema de acionamento e sistemas de freios.	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.13.2.3 - Lubrificação dos componentes do sistema de acionamento (acionamento eletromecânico)	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.13.2.4 - Inspeção, limpeza e verificação de ajustes dos componentes do circuito de comando, controle e supervisão, e medição de resistência de isolamento dos motores.	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.13.2.5 - Calibração dos pressostatos e manômetros (acionamento eletrohidráulico)	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.13.2.6 - Verificação de ajustes das válvulas de segurança e alívio (acionamento eletrohidráulico)	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.13.2.7 - Testar a atuação do fechamento de emergência	Inexistente	-5	
Subitem DARDO: 5.13.2.8 - Análise do óleo da central hidráulica (acionamento eletrohidráulico)	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.14.2.1 - Lubrificação dos mancais, cabos de aço e redutores	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.14.2.2 - Inspeção e reaperto nos painéis de comando e controle, contadores, motores, acoplamentos, redutores, freios	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.15.2.1 - Lubrificação dos mancais, cabos de aço e redutores	Atualizado e aplicado	5	

Item de Análise	Resposta	Pontos	Critério
Subitem DARDO: 5.15.2.2 - Inspeção e reaperto nos painéis de comando e controle, contadores, motores, acoplamentos, redutores, freios	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.16.3.1 - Inspeção, limpeza, reaperto e lubrificação dos disjuntores, seccionadoras, transformadores, reatores e painéis do sistema de média tensão	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.16.3.2 - Medição de resistência de isolamento dos enrolamentos e da rigidez dielétrica do óleo dos transformadores de serviço auxiliar	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.16.3.3 - Verificação dos ajustes dos relés de sobrecorrente/sobretensão e dos funcionais do circuito de proteção no sistema de média tensão	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.16.3.4 - Teste de comutação das fontes de Corrente Alternada	Inexistente	-5	
Subitem DARDO: 5.16.3.5 - Calibração da instrumentação dos sistemas de média tensão	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.17.3.1 - Calibração da instrumentação	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.17.3.2 - Inspeção, limpeza e reaperto nos barramentos, disjuntores, quadro de distribuição, painéis e bancos de baterias	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.18.3.1 - Calibração da instrumentação	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.18.3.2 - Ensaio de rigidez dielétrica, teor de água, contagem de partículas, tensão interfacial e fator de dissipação do óleo isolante	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.18.3.3 - Inspeção, reaperto e limpeza dos componentes do circuito de comando e controle das bombas e ventiladores, e teste funcional dos mesmos	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.18.3.4 - Verificação dos ajustes das funções de proteção (sobrecorrente/diferencial)	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.20.2.1 - Plano anual de manutenção preventiva do SMF	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.20.2.2 - Calibração dos Medidores	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.21.1 - Limpeza do reservatório para retirada de plantas aquáticas, troncos, etc.	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.21.2 - Régua limnimétrica	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.21.4 - Procedimento de Controle de Assoreamento	Atualizado e aplicado	5	
Subitem DARDO: 5.21.5 - Procedimento de Controle de Descarga de Fundo	Não se aplica		
Subitem DARDO: 5.21.6 - Procedimento de Controle de Vazão Sanitária ou Ecológica	Atualizado e aplicado	5	
Item adicional ao DARDO: Programação on-line de serviços obedecendo a restrições de produção, materiais e mão de obra	Atualizado e aplicado	5	
Item adicional ao DARDO: Controle visual dos equipamentos com atualização on-line	Atualizado e aplicado	5	

Fonte: Autoria própria

A partir desta pontuação apresentada na Tabela 1 foi realizada a multiplicação pelos pesos de cada item conforme constante do Quadro 21. Posteriormente foi realizada a totalização

dos pontos multiplicados pelos pesos em cada critério, chegando-se ao total de pontos obtidos para o critério de análise.

Finalmente, o somatório dos PONTOS OBTIDOS x PESOS foi dividido pelo total de PONTOS TOTAIS x PESO possíveis para o critério em análise chegando-se ao resultado percentual.

O mesmo procedimento foi realizado para classificação do nível de maturidade do sistema como um todo, ressaltando-se a necessidade de observar as orientações para cálculo anteriormente apresentadas, isto tendo em vista que algumas questões impactam em mais de um critério individual, mas para obtenção do conceito geral estes deverão ser somados apenas uma vez.

Finalmente, tendo em mãos os resultados percentuais calculados foi possível classificar o critério de análise, ou o sistema como um todo, em um dos níveis de maturidade propostos, a saber: Inocente, Consciente, Desenvolvido, Competente ou Excelente. A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 2 – Pontuações e Conceitos Obtidos

CRITÉRIO	DARDO				PONTUAÇÃO				CONCEITO			
	Tópico de análise	Item Formulário	Subitem Formulário	Qtde. de Perguntas	PESO	PONTOS DO QUESTIONÁRIO	QUESTIONÁRIO x PESO	SOMATÓRIO	NOTA % DO CRITÉRIO	CONCEITO DO CRITÉRIO	NOTA % FINAL	CONCEITO FINAL
Avaliação tratamento de falhas	Gestão da Manutenção	4.1 Recursos Humanos	4.1.3 Controle e análise de falhas humanas da manutenção	1	2	5	10	25	100%	EXCELENTE	87,6%	COMPETENTE
	Gestão da Manutenção	4.1 Recursos Humanos	4.1.4 – Política de sobreaviso da manutenção	1	2	5	10					
	Comunicação e Digitalização**	Não previsto	Não previsto	1	1	5	5					
Metas e gestão de indicadores	Gestão da Manutenção	4.2 Processo de manutenção	4.2.2 – Certificação dos procedimentos de manutenção e instalação ISO 9001 ou outras	1	1	5	5	68	68%	DESENVOLVIDO		
	Indicadores de Desempenho	7.1 - Indicadores de Resultados	DIVERSOS	6	6	5	30					
	Indicadores de Desempenho	7.2 - Indicadores de Esforços, Gerais e Complementares	DIVERSOS	9	9	2,6	23					
	Comunicação e Digitalização**	Não previsto	Não previsto	2	4	2,5	10					
Oficinas e ferramentas	Meio Ambiente	2 - Meio Ambiente	2.9 - Procedimento para aquisição, armazenamento, uso e descarte de produtos químicos perigosos*	1	2	5	10	19	76%	COMPETENTE		
	Gestão da Manutenção	4.4 Política de sobressalentes, ferramentas especiais e dispositivos de montagem*	NÃO EXISTE	1	2	5	10					
	Comunicação e Digitalização**	Não previsto	Não previsto	1	1	-1	-1					
Organização funcional e da equipe de manutenção	Gestão da Manutenção	4.1 Recursos Humanos	4.1.1 Política de formação e treinamento de profissionais	1	1	5	5	40	80%	COMPETENTE		
	Gestão da Manutenção	4.1 Recursos Humanos	4.1.2 Dimensionamento dos profissionais de manutenção	1	1	5	5					
	Gestão da Manutenção	4.2 Processo de manutenção	4.2.1 – Política de manutenção*	1	2	5	10					
	Gestão da Manutenção	4.2 Processo de manutenção	4.2.5 – Autonomia e agilidade nos atendimentos de manutenção*	1	2	5	10					
	Gestão da Manutenção	4.5 Política de gestão de ativos	NÃO EXISTE	1	1	5	5					
	Segurança da Central	6.1 - Segurança Humana*	DIVERSOS	13	2	5	10					
	Comunicação e Digitalização**	Não previsto	Não previsto	1	1	-5	-5					
Planejamento de manutenção	Gestão da Manutenção	4.2 Processo de manutenção	4.2.3 – Sistema informatizado para gerenciamento da manutenção	1	2	5	10	30	60%	DESENVOLVIDO		
	Gestão da Manutenção	4.2 Processo de manutenção	4.2.4 – Histórico de manutenção – banco de dados técnicos e informações das manutenções realizadas	1	2	5	10					
	Gestão da Manutenção	4.3 Procedimentos de Manutenção	4.3.2 – Manuais dos fabricantes das unidades geradoras e dos principais sistemas auxiliares	1	1	5	5					
	Gestão da Manutenção	4.3 Procedimentos de Manutenção	4.3.3 – Procedimento para análise e controle de defeitos e falhas	1	2	5	10					

CRITÉRIO	DARDO				PONTUAÇÃO				CONCEITO			
	Tópico de análise	Item Formulário	Subitem Formulário	Qtde. de Perguntas	PESO	PONTOS DO QUESTIONÁRIO	QUESTIONÁRIO x PESO	SOMATÓRIO	NOTA % DO CRITÉRIO	CONCEITO DO CRITÉRIO	NOTA % FINAL	CONCEITO FINAL
	Gestão da Manutenção	4.3 Procedimentos de Manutenção	4.3.4 – Procedimento para emissão, programação e execução das ordens de serviço	1	1	5	5					
	Comunicação e Digitalização**	Não previsto	Não previsto	1	2	-5	-10					
Política de manutenção	Meio Ambiente	2 - Meio Ambiente	2.6 - Política / Procedimentos de Controle e Ambiental	1	2	5	10	50	100%	EXCELENTE		
	Gestão da Manutenção	4.2 Processo de manutenção	4.2.1 – Política de manutenção*	1	2	5	10					
	Gestão da Manutenção	4.2 Processo de manutenção	4.2.5 – Autonomia e agilidade nos atendimentos de manutenção*	1	2	5	10					
	Segurança da Central	6.1 - Segurança Humana*	DIVERSOS	13	2	5	10					
	Comunicação e Digitalização**	Não previsto	Não previsto	1	2	5	10					
Rotinas de PCM e execução da manutenção	Gestão da Manutenção	4.3 Procedimentos de Manutenção	4.3.1 – Instruções de manutenção	1	2	5	10	237,37	95%	EXCELENTE		
	Operação e manutenção dos principais sistemas e equipamentos	5.1 - Operação da Central	5.1.2 – Monitoramento de alarmes	1	2	5	10					
	Operação e manutenção dos principais sistemas e equipamentos	5.1 - Operação da Central	5.1.3 – Banco de dados para armazenamento de eventos	1	2	5	10					
	Operação e manutenção dos principais sistemas e equipamentos	5.1 - Operação da Central	5.1.5 – Periodicidade de inspeção da unidade geradora e sistemas auxiliares	1	2	5	10					
	Operação e manutenção dos principais sistemas e equipamentos	5.2 -Gerador	5.2.2 - Manutenção Preditiva	3	2	5	10					
	Operação e manutenção dos principais sistemas e equipamentos	5.2 -Gerador	5.2.3 - Manutenção Preventiva	11	8	4,1	32,7					
	Operação e manutenção dos principais sistemas e equipamentos	5.3 - Turbina Hidráulica	5.3.2 - Manutenção Preditiva	2	2	5	10					
	Operação e manutenção dos principais sistemas e equipamentos	5.3 - Turbina Hidráulica	5.3.3 - Manutenção Preventiva	6	4	5	20					
	Operação e manutenção dos principais sistemas e equipamentos	Demais Equipamentos da Central (itens 5.4 a 5.21)	5.X.x - Manutenção Preditiva**	5	2	5	10					
	Operação e manutenção dos principais sistemas e equipamentos	Demais Equipamentos da Central (itens 5.4 a 5.21)	5.X.y - Manutenção Preventiva	57	10	4,5	44,6					
	Meio Ambiente	2 - Meio Ambiente	2.9 - Procedimento para aquisição, armazenamento, uso e descarte de produtos químicos perigosos*	1	2	5	10					
	Gestão da Manutenção	4.4 Política de sobressalentes, ferramentas especiais e dispositivos de montagem*	NÃO EXISTE	1	2	5	10					
	Comunicação e Digitalização**	Não previsto	Não previsto	2	10	5	50					

Fonte: Autoria própria

Tendo em vista tais resultados, na próxima seção será realizada uma análise sobre o seu significado e as possibilidades de melhoria vislumbradas a partir dos conceitos obtidos, em especial para aqueles critérios que não obtiveram a classificação Excelente.

6.2 RESULTADOS OBTIDOS

A Tabela 3 mostra resumidamente o resultado obtido para cada um dos critérios estabelecidos na metodologia, com sua nota percentual e o conceito.

Tabela 3 – Resultados obtidos

Critério	Nota %	Conceito
Avaliação e tratamento de falhas	100%	EXCELENTE
Metas e gestão de indicadores	68%	DESENVOLVIDO
Oficinas e ferramentas	76%	COMPETENTE
Organização funcional e da equipe de manutenção	80%	COMPETENTE
Planejamento de manutenção	60%	DESENVOLVIDO
Política de manutenção	100%	EXCELENTE
Rotinas de PCM e execução da manutenção	95%	EXCELENTE
GERAL	86%	COMPETENTE

Fonte: Autoria própria

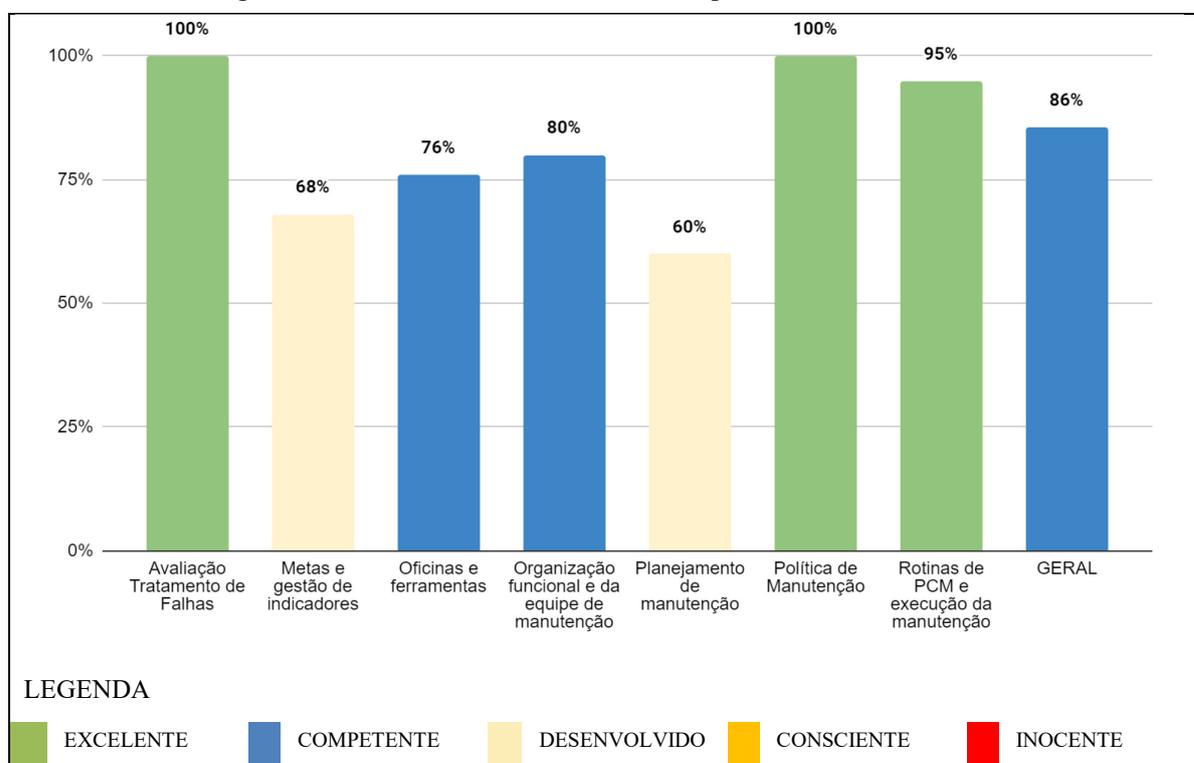
Pode-se observar que o conceito geral da usina foi competente, puxado pelos critérios Política de manutenção e Avaliação e tratamento de falhas, e ainda, principalmente pelo índice referente ao critério Rotinas de PCM e execução da manutenção, que possui o maior peso em toda a análise. Estes dois critérios foram classificados com nível de maturidade Excelente.

Os conceitos para os Critérios Oficina e ferramentas e Organização funcional e da equipe de manutenção, classificados como Competente, apesar de terem obtidos conceitos já bastante expressivos, por volta de 80%, demonstram ainda possibilidade de melhoria.

Por outro lado, os critérios Metas e Gestão de indicadores e Planejamento de Manutenção obtiveram a classificação mais baixa para esta usina, tendo recebido o conceito “Desenvolvido”. Sendo este um conceito intermediário pelo método proposto, pode ser inferido que a usina já possui um sistema de gestão da manutenção bastante evoluído, mas que ainda possui potencial de melhoria para que consiga atingir o nível de excelência de acordo com os critérios propostos nesta dissertação.

Para melhorar a visualização dos resultados é apresentado o gráfico de barras da Figura 20.

Figura 20 – Resultados obtidos – Conceitos por Critério de Avaliação



Fonte: Autoria própria

Finalmente no Quadro 28 pode-se observar as características previstas para cada um dos critérios conforme os resultados obtidos se estes forem analisados de forma individual.

Quadro 28 – Características dos Conceitos obtidos na Análise

Critério	Conceito	Características
Avaliação tratamento de falhas	EXCELENTE	Informação atualizada de equipamentos críticos e falhas críticas, e implementação de medidas baseada na análise metódica de falhas, ausência de reincidência. Uso de <i>maintenance analytics</i> para gerenciamento e tomadas de ações corretivas e ações preventivas. <i>Machine Learning</i> e monitoramento <i>on-line</i> da performance para previsão de falhas.
Metas e gestão de indicadores	DESENVOLVIDO	Indicadores técnicos e de custos calculados e monitorados regularmente. Metas baseadas na eficiência da fábrica, redução de custos e indicadores técnicos dos equipamentos e processos. Documentação de equipamentos e de processos organizada. Sistemática de check de indicadores formal, com responsabilidades definidas e plano de ação para correção de desvios
Oficinas e ferramentas	COMPETENTE	Existência de equipamentos sofisticados e modernos para execução e controle das manutenções. Compra de peças e materiais para atividades preventivas realizada em função das ações planejadas e, para as atividades

Critério	Conceito	Características
		corretivas, baseada na fiabilidade e custos. Infraestrutura de TI e conexão com todos os sistemas de gestão e monitoramento de processo da planta.
Organização funcional e da equipe de manutenção	COMPETENTE	Liderança ativa e focada em ações de desenvolvimento das pessoas. Equipes participativas, polivalentes e conhecedoras das rotinas do trabalho e da manutenção dos equipamentos. Manutenção e produção atuam em conjunto para manter a performance dos processos. Ações para melhoria contínua com metodologias definidas.
Planejamento de manutenção	DESENVOLVIDO	CMMS completo com todas as necessidades da manutenção, porém não amplamente utilizado. Portfólio de equipamento completo com lista de peças e documentação técnica disponível. Manutenção planejada é considerada importante para atingir os objetivos da organização. Todos os equipamentos avaliados criticamente, existe uma política de manutenção definida orientando a criação de planos de manutenção. Planejamento realizado com base na experiência da equipe e recomendações do fabricante dos equipamentos. Orçamento da manutenção definido com base em drives por tipo de processo e atividade. O CMMS contém os planos de manutenção e gera ordens de manutenção periodicamente.
Política de manutenção	EXCELENTE	Manutenção é considerada uma função estratégica. Atuação da manutenção de forma proativa (incluindo melhoria do equipamento) e eficiente com vista ao aumento de produtividade, redução de custos, melhoria da qualidade e redução de acidentes e impacto ambiental.
Rotinas de PCM e execução da manutenção	EXCELENTE	Manutenção predominantemente planejadas. A ocorrência de manutenção corretivas praticamente inexistente. Registro on-line das paradas imprevistas de manutenção interligado com programa de eficiência de operacional e controles operacionais de <i>smart factory</i> . A equipe de manutenção tem acesso on-line à documentação técnica e vídeos com instruções técnicas. Sistema de geração de ordens automático pelo CMMS com alerta on-line de novas ordens. Compra de peças e materiais para atividades preventivas realizada em função das ações planejadas e, para as atividades corretivas, baseada na confiabilidade e custos. Programação <i>on-line</i> de serviços obedecendo a restrições de produção, materiais e mão de obra. Controle visual com atualização <i>on-line</i> .

Fonte: Autoria própria

Conforme análise do Quadro 28 pode-se verificar diversas características existentes na usina objeto de estudo, o que reforça o entendimento pela validação dos resultados.

6.2.1 Influência das Aplicações da Indústria 4.0 no resultado obtido

Fazendo-se uma análise mais aprofundada nas respostas ao questionário pode-se verificar que o principal motivo para não ter sido atingido o critério “Excelente” na avaliação como um todo, este é principalmente oriundo da falta de atendimento de alguns dos critérios propostos para análise das aplicações da Indústria 4.0.

Isto apesar de terem sido implementadas ações para os itens referentes a Avaliação e tratamento de falhas, Metas e gestão de indicadores, Política de Manutenção e Rotinas PCM e Execução da Manutenção.

O Quadro 29 mostra quais são as aplicações da Indústria 4.0 para cada um dos critérios de análise da maturidade proposto, estando destacados em negrito aquelas aplicações já implementadas para a usina.

Quadro 29 – Critérios de avaliação x Aplicações da Indústria 4.0

Critério	Aplicações da Indústria 4.0
Avaliação e tratamento de falhas	<i>Machine Learning</i> e monitoramento <i>on-line</i> da performance
Metas e gestão de indicadores	Indicadores monitorados e controlados em tempo real.
	<i>Maintenance analytics e big data</i>
Oficinas e ferramentas	Equipamentos, infraestrutura de TI e conexão com internet de alta velocidade
Organização funcional e da equipe de manutenção	Treinamentos da equipe de manutenção é utilizada simulação e realidade aumentada
Planejamento da manutenção	Documentação técnica acessível e disponível em nuvem, com o planejamento da manutenção apoiado por <i>maintenance analytics e Big data</i>
Política de manutenção	Melhoria da qualidade do serviço, a redução de acidentes e do impacto ambiental
Rotinas PCM e execução da manutenção	Programação <i>on-line</i> de serviços obedecendo a restrições de produção, materiais e mão de obra
	Controle visual dos equipamentos com atualização <i>on-line</i>

Fonte: Autoria própria

Portanto, pode-se verificar que as ações referentes a *machine Learning* e monitoramento *on-line* da performance, indicadores monitorados e controlados em tempo real, melhoria da qualidade do serviço, a redução de acidentes e do impacto ambiental, programação *on-line* de serviços obedecendo a restrições de produção, materiais e mão de obra e controle visual dos equipamentos com atualização *on-line*, que se referem as aplicações da Indústria 4.0 foram implementadas até o momento na Usina objeto deste estudo.

Com isto, quando observados apenas os quesitos relacionados a Indústria 4.0, obtém-se o conceito geral da avaliação da maturidade para a usina como desenvolvido, conforme pode-se observar na Tabela 4. Isto apesar da excelência obtida nos critérios Avaliação e tratamento de falhas, Política de manutenção e Rotinas de manutenção de PCM e execução da manutenção.

Tabela 4 – Análise das aplicações da Indústria 4.0

Critério	Questões Indústria 4.0	Peso	Nota (pontos)	Nota %	Conceito
Avaliação e tratamento de falhas	1	1	5	100%	EXCELENTE
Metas e gestão de indicadores	2	4	10	50%	CONSCIENTE
Oficinas e ferramentas	1	1	-1	0,00%	INOCENTE
Organização funcional e da equipe de manutenção	1	1	-5	0,00%	INOCENTE
Planejamento de manutenção	1	2	-10	0,00%	INOCENTE
Política de manutenção	1	2	10	100,00%	EXCELENTE
Rotinas de PCM e execução da manutenção	2	10	50	100,00%	EXCELENTE
GERAL	9	21	59	56,19%	DESENVOLVIDO

Fonte: Autoria própria

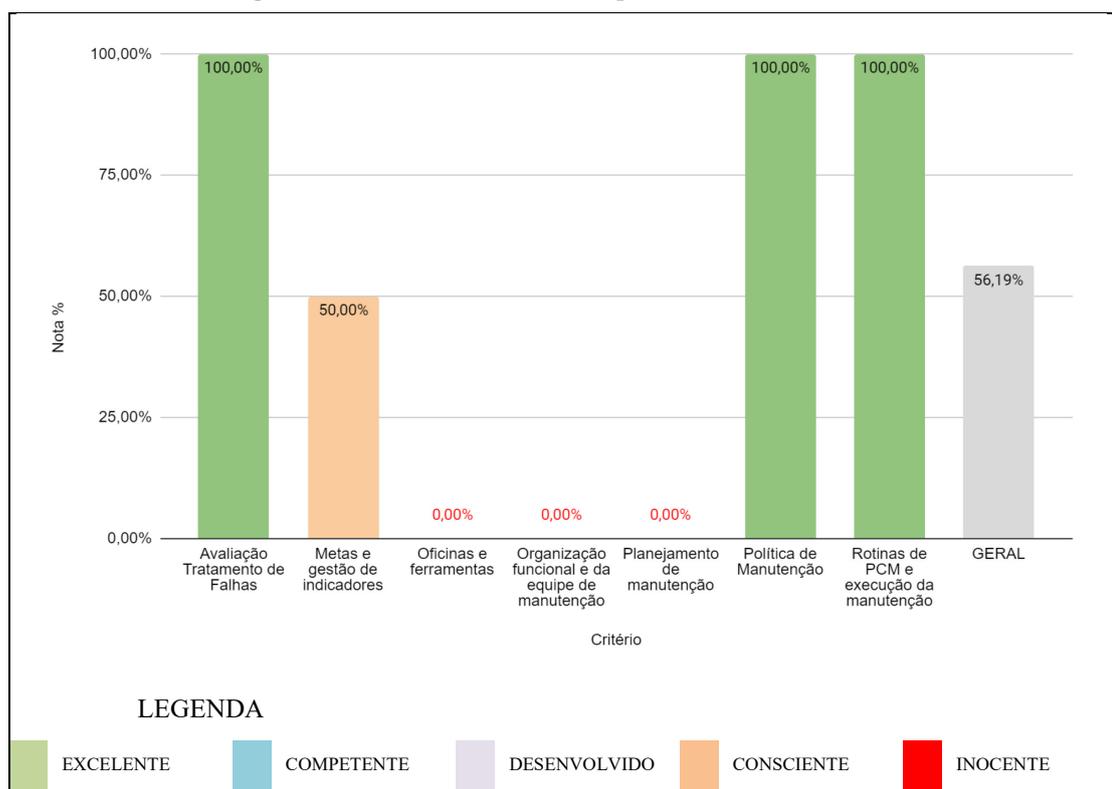
Da mesma forma que já realizado anteriormente, para melhorar a visualização, é apresentado o gráfico de barras da Figura 21, onde pode-se observar que, no que se refere as Aplicações da Indústria 4.0, o conceito geral da usina foi “Desenvolvido”, com uma nota de 56,19%. Este resultado se deve principalmente aos índices referentes aos critérios Avaliação e tratamento de falhas (Nota 100%), Políticas de Manutenção (Nota 100%) e ao critério Rotinas de PCM e Execução da Manutenção (Nota 100%), que da mesma forma que no índice geral possui o maior peso em toda a análise.

O critério Metas e gestão de indicadores obteve o conceito “Consciente” com nota de 50% o que demonstra estar em um nível intermediário com relação a aplicações da indústria 4.0.

Finalmente, por outro lado, os critérios Oficinas e ferramentas, Organização funcional da equipe de manutenção e Planejamento de manutenção obtiveram a classificação “Inocente”, com nota zero, sendo este o conceito mais baixo na análise.

Tal análise denota, portanto, uma grande oportunidade de melhoria no sistema de gestão da manutenção com a possibilidade de implantação das tecnologias referentes a indústria 4.0.

Figura 21 – Resultados obtidos - aplicações da Indústria 4.0



Fonte: Autoria própria

Cabe destacar que a análise realizada permite vislumbrar caminhos e oportunidades de crescimento no sistema global de manutenção. Pois apesar dos critérios Avaliação e tratamento de falhas, política de manutenção e Rotinas de PCM e execução da manutenção, mostrar na análise global e apenas no que se refere a indústria 4.0, que a usina já atingiu um nível de excelência, em outros critérios de análise existe potencial de melhoria.

De posse de tais resultados a equipe responsável pela Gestão do Sistema de Manutenção pode direcionar seus esforços na modernização e incorporação de novas tecnologias aplicadas em sua área. Esta ação irá garantir que no futuro, a execução da manutenção permaneça no nível de excelência com relação ao grau de maturidade de capacidade de manutenção de usinas hidrelétricas avaliada pelo modelo do método desenvolvido.

6.3 VALIDAÇÃO

Conforme a ANEEL (2020) a Classificação Geral do DARDO, também denominada de ranqueamento, das instalações por faixa de desempenho, é obtida pela média aritmética ponderada das pontuações em cada tópico, onde cada instalação recebe um conceito geral da

seguinte forma: Conceito A: pontuação acima de 90% - Excelente; Conceito B: pontuação de 70% a 90% - Bom; Conceito C: pontuação de 50% a 70% - Regular; Conceito D: pontuação de 30% a 50% - Insuficiente; e Conceito E: pontuação abaixo de 30% - Péssimo.

Na Tabela 5 pode-se observar que a Usina Hidrelétrica objeto desta análise, conforme após a aplicação dos critérios estabelecidos pelo DARDO está classificada com o conceito excelente.

Tabela 5 – Resultados do monitoramento referentes ao DARDO – 2020

Nome	Meio Ambiente	Gestão da Operação	Gestão da Manutenção	O&M	Segurança	Indicadores	Geral
Usina 6	100,00	100,00	100,00	96,27	94,21	94,44	96,16

Fonte: Autoria própria, adaptado de ANEEL, 2020

Importante destacar que, apesar do DARDO avaliar a Gestão da Manutenção com nota 100, superior portanto a nota obtida pelo método de análise da maturidade proposto, este fato ocorre em função dos objetivos diferenciados de cada uma das avaliações.

O DARDO pretende uma avaliação completa da UHE, sendo a gestão da manutenção apenas um dos aspectos desta metodologia, por outro lado a avaliação da maturidade proposta, sendo focada apenas na gestão da manutenção, faz uma análise mais detalhada e tem por objetivo também mapear as possibilidades de melhoria futura, de tal forma que a usina permaneça bem ranqueada nos critérios estabelecidos pela ANEEL.

E pelo Quadro 30 pode ser observada a equivalência entre o nível obtido junto a ANEEL pela aplicação direta do DARDO e o nível de maturidade pelo modelo do método proposto.

Quadro 30 – Níveis de Maturidade possíveis e equivalência com os Níveis do DARDO

NÍVEIS - DARDO	CONCEITOS POSSÍVEIS PARA O MÉTODO PROPOSTO	
	NÍVEL DE MATURIDADE	% PONTOS
Conceito A – Excelente	EXCELENTE	Pontuação > 90%
Conceito B – Bom	COMPETENTE	70% < Pontuação ≤ 90%
Conceito C – Regular	DESENVOLVIDO	50% < Pontuação ≤ 70%
Conceito D - Insuficiente	CONSCIENTE	30% < Pontuação ≤ 50%
Conceito E - Péssimo	INOCENTE	Pontuação ≤ 30%

Fonte: Autoria própria

Portanto, pelo DARDO a UHE objeto do estudo é classificada como excelente e pelo modelo de maturidade de manutenção de usinas hidrelétricas proposto está classificada como

competente. E, conforme critério de validação anteriormente definido, entende-se que a aplicação possa ser validada pois a diferença entre as duas análises ficou limitada a um nível. Esta pequena variação se deve principalmente ao viés dado em relação as novas tecnologias incorporadas pela indústria 4.0 no método proposto. Além disso, sempre é importante destacar que o DARDO pretende avaliar e fiscalizar a prestação do serviço geração pela usina, por outro lado o método proposto pretende colaborar no desenvolvimento de um sistema de manutenção que chegue à excelência.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para contextualizar o ambiente de estudo inicialmente foram apresentados os componentes de uma usina hidrelétrica, e posteriormente os indicadores utilizados para avaliar o desempenho da usina como um todo, isto considerando as normas e parâmetros das agências reguladoras (ANEEL e ONS).

Tais indicadores podem ser classificados como indicadores de manutenção e operação, e ainda subdivididos em indicadores de frequência, duração e probabilidade. Também merecem consideração importante os indicadores que refletem a garantia física da usina, visto que o não cumprimento dos parâmetros contratados pode acarretar em penalidades para a empresa possuidora da concessão da usina.

Visando monitorar estes parâmetros, e ainda outras questões referentes ao meio-ambiente, segurança, a manutenção e operação da usina a ANEEL instituiu o formulário DARDO (Declaração de Autoavaliação Regulatória e de Desempenho Operacional), que através de diversas classes de indicadores consegue classificar as usinas por faixa de desempenho.

Dentre todos os indicadores que compõe o DARDO merecem destaque os Indicadores de Desempenho, subdivididos em Indicadores de Esforços, Gerais e Complementares e Indicadores de Resultados, onde constam dados exigidos pela Resolução Normativa Nº 614 da ANEEL e os Procedimentos de Rede da ONS.

Por este motivo optou-se pela utilização do DARDO como origem dos dados para criação do método de avaliação da maturidade, tendo em vista serem dados que monitoram o desempenho da usina em função das exigências das agências reguladoras, trazendo muito mais informações além das mínimas exigidas pelas regulações supracitadas no parágrafo anterior.

Neste contexto, conforme apresentado, a partir de métodos de avaliação da maturidade da gestão da manutenção disponíveis na literatura foi realizada uma comparação com o sistema de avaliação proposto pelo formulário DARDO.

Focando-se no problema de pesquisa, a partir dos dados referentes apenas a manutenção já levantados naquele formulário, e tomando por embasamento principal os métodos de Oliveira (2017) e Gressler (2020a), foi elaborado um novo modelo adaptado a situação específica de Usinas de Geração Hidrelétrica.

Tal método tem por Critérios: Metas e Gestão de Indicadores; Organização Funcional e da Equipe de Manutenção; Planejamento da Manutenção; Rotinas de PCM e Execução da Manutenção; Avaliação e Tratamento de Falhas, Oficinas e Ferramentas e Política de

Manutenção. Destaque-se que os critérios propostos, mesmo utilizando a nomenclatura definida pelos autores supracitados, não é uma simples cópia do método desenvolvido por estes, mas sim uma mescla entre as características citadas pelos dois autores em situações que possuíam objeto de avaliação similar, acrescido de uma adaptação em todas as descrições visando se adequar a realidade das usinas hidrelétricas. Além disso, outra questão importante adicionada prevista aos critérios é a possibilidade de avaliação das ferramentas da indústria 4.0 aplicadas a manutenção de usinas hidrelétricas, item não previsto ou contemplado pelo DARDO. Com estes fatores em mente, foi possível fazer uma correlação entre a maturidade do Sistema de Gestão da Manutenção e os Indicadores de desempenho já acompanhados pela ANEEL.

Conforme a ANEEL (2020) todas as 148 Usinas Hidrelétricas com Despacho Centralizado pelo ONS foram avaliadas pelo DARDO no ano de 2020, possibilitando a realização do monitoramento da situação do desempenho operacional dessas usinas.

Como a usina objeto de estudo encontra-se com um dos mais altos desempenhos na avaliação do DARDO no que tange a operação e manutenção, espera-se que, com o auxílio da metodologia aqui proposta, a usina possa manter, ou até mesmo melhorar, sua posição nesta classificação. Esta melhora é esperada em função do ganho de desempenho do Sistema de Gestão da Manutenção, isto devido a possibilidade de identificação dos fatores que necessitam de melhoria no sistema, inclusive otimizando o investimento necessário.

Ou seja, espera-se que ao final de um período de aplicação do modelo de avaliação de maturidade, um aprimoramento ainda maior no Sistema de Gestão da Manutenção da usina conforme os critérios propostos nesta dissertação. Saliente-se que este modelo de análise de maturidade deve ser reaplicado periodicamente, de tal forma que possa ser verificada a evolução do sistema em função dos investimentos realizados no período.

Mas, sempre é importante destacar que o DARDO pretende avaliar e fiscalizar a prestação do serviço de geração de energia pela usina, por outro lado o método proposto pretende colaborar no desenvolvimento de um sistema de manutenção que chegue à excelência conforme os critérios propostos nesta dissertação.

Outra forma de aplicação da metodologia é com a avaliação de diversas usinas simultaneamente, de forma a poder ranqueá-las, de tal forma a ser possível auxiliar no estabelecimento de estratégias de ação pertinentes ao sistema de gestão de manutenção de tal forma a trazer todas as usinas para o nível de excelência, inclusive podendo usar a mais bem ranqueada como referência.

Outra questão que merece ser analisada é a possibilidade da ANEEL, em uma alteração futura do DARDO, passar a considerar os quesitos referentes a Indústria 4.0 na sua avaliação,

isto em função das ações visando a digitalização, o monitoramento e o controle de forma autônoma e remota ser uma tendência na indústria. Portanto, pode ser necessário em breve incorporar tais ferramentas a realidade das usinas hidrelétricas, e a aplicação da metodologia permite se adiantar nesta demanda ao identificar os pontos a serem incorporados.

Além disso, a aplicação dos critérios propostos na metodologia pode ser também pensada para instrumentar o planejamento dos leilões por parte da ANEEL e do concessionário.

Outra questão pertinente que merece ser ressaltada é que, tanto o DARDO, quanto a metodologia proposta, pode penalizar a usina ao considerar manutenções que podem estar em atraso por imposição da ONS, este é um item que merece ser mais bem avaliado.

Finalmente, ressaltando a importância das aplicações correlacionadas a Indústria 4.0, a empresa está adquirindo estrutura para o sistema de Big Data, a qual deverá estar incorporado para utilização em conjunto com o Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados - SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) até dezembro/2021. Além disso também utiliza inteligência artificial (IA) em alguns sistemas, tais como nas falhas em linhas de transmissão e atuação de relés, e Automação Robótica de Processos (RPA) em alguns processos internos, como por exemplo nos recursos humanos.

7.1 Trabalhos Futuros

Trabalhos futuros podem ampliar os indicadores a serem monitorados pelo sistema de avaliação da maturidade, incluindo outros daqueles constantes da Resolução Normativa N° 614 da ANEEL e os previstos nos Procedimentos de Rede da ONS e que não fazem parte do DARDO.

Outra possibilidade é adaptar e aplicar a presente metodologia em outros tipos de usinas, tais como Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), ou ainda oriundas de outras fontes geradoras de energia, tais como usinas termelétricas, eólicas ou fotovoltaicas.

REFERÊNCIAS

- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR ISO 55000: Gestão de Ativos – Visão geral, princípios e terminologia**. Rio de Janeiro, 2014.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 6445: Turbinas hidráulicas, turbinas-bombas e bombas de acumulação**. Rio de Janeiro, 2016.
- ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 2ª Edição. 2005. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/2005_AtlasEnergiaEletricaBrasil2ed/06b7ec52-e2de-48e7-f8be-1a39c785fc8b. Acesso em: 06 de abr. de 2020.
- ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). **Portaria Nº 614, de 03 de junho de 2014: Consolida as normas referentes à apuração de indisponibilidade de unidade geradora ou empreendimento de importação de energia conectados ao Sistema Interligado Nacional – SIN, estabelece novos critérios de apuração e de verificação de lastro e dá outras providências**. 2014a. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2013/058/resultado/ren_614_2014.pdf. Acesso em: 15 de fev. de 2021.
- ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). **Nota Técnica Nº 075/2014-SFG/ANEEL, de 10/11/2014**. 2014b. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/consulta_publica/documentos/Nota%20Tecnica%20075%20-%20Consulta%20P%C3%ABlica.pdf. Acesso em: 03 de out. de 2021.
- ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). **Declaração de Autoavaliação Regulatória e de Desempenho Operacional - DARDO**. 2016. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/para-agentes/-/asset_publisher/52R396fPE6f6/content/declaracao-de-autoavaliacao-regulatoria-e-de-desempenho-operacional-dardo/655816?inheritRedirect=false. Acesso em 20 de jul. de 2021.
- ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). **Resolução Nº 846, de 11 de junho de 2019: Aprova procedimentos, parâmetros e critérios para a imposição de penalidades aos agentes do setor de energia elétrica e dispõe sobre diretrizes gerais da fiscalização da Agência**. 2019. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=378638>. Acesso em: 3 de out. de 2021.
- ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). **Sistema de Informações de Geração da ANEEL - SIGA**. 2020a. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/siga>. Acesso em: 12 de ago. de 2021.
- ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). **Taxas de indisponibilidade forçada e programada estão em consulta pública**. 2020b. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/taxas-de-indisponibilidade-forcada-e-programada-estao-em-consulta-publica/656877#:~:text=A%20garantia%20f%C3%ADsica%20corresponde%20ao,de%20risco%20de%20d

%C3%A9ficit%20preestabelecido.&text=Manter%20o%20entendimento%20de%20que,c%C3%A1culo%20da%20garantia%20f%C3%ADsica%20apurada. Acesso em: 23 de fev. de 2021.

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). **Nota Técnica N° 143/2020-SFG/ANEEL, de 13/05/2020**. 2020c. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/documents/655816/16521516/NOTA+TE%CC%81CNICA+N%C2%BA+143_2020-SFGANEEL+DARDO2020.pdf/5493527b-3da9-35f9-4fa4-327178a41198. Acesso em: 12 de ago. de 2021.

ARGYRIS, Chris. *Personality and Organization Theory Revisited*. *Administrative Science Quarterly* Vol. 18, No. 2 (Jun., 1973), pp. 141-167 (27 pages) Published By: Sage Publications, Inc.

BACKLUND, F.; CHRONÉER, D.; SUNDQVIST, E. *Project Management Maturity Models – A Critical Review*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 119, p. 837–846, 2014.

BESSANT, J.; CAFFYN, S.; GALLAGHER, M. *An evolutionary model of continuous improvement behavior*. *Technovation*, v. 21, p. 1-12, 2001

BCG - Boston Consulting Group. (2021). **Industry 4.0**. Disponível em: <https://www.bcg.com/capabilities/manufacturing/industry-4.0>. Acesso em: 4 de out. 2021.

CAPOVILLLA et al. *Advances in Scientific and Applied Accounting*. ISSN 1983-8611 São Paulo v.11, n.2 p. 267 - 289 Maio / Ago. de 2018.

COPEL (Companhia Paranaense de Energia). **Metodologia para Gestão de Ativos Aplicada a Hidrogeradores Baseada em Modelos Matemáticos de Confiabilidade e Manutenibilidade**. Projeto de P&D ANEEL PD-06491-0341/2014. 2019.

CROSBY, P. B. *Quality is free: The art of making quality certain*. New York: McGraw-Hill, 1979.

DE BRUIN, T. et al. *Understanding the Main Phases of Developing a Maturity Assessment Model*. Australasian Conference on Information Systems (ACIS). Anais. Sydney, AUS: 2005.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2027–PDE**. 2018a. Disponível em http://antigo.mme.gov.br/web/guest/secretarias/planejamento-e-desenvolvimento-energetico/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia/-/document_library_display/D4vwZfLTpgWb/view_file/1039601?_110_INSTANCE_D4vwZfLTpgWb_redirect=http%3A%2F%2Fantigo.mme.gov.br%2Fweb%2Fguest%2Fsecretarias%2Fplanejamento-e-desenvolvimento-energetico%2Fpublicacoes%2Fplano-decenal-de-expansao-de-energia%3Fp_p_id%3D110_INSTANCE_D4vwZfLTpgWb%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-1%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D2. Acesso em: 17 de ago. de 2020.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). **Considerações sobre a Expansão Hidrelétrica nos Estudos de Planejamento Energético de Longo Prazo. Documento de Apoio ao PNE**

2050. 2018b. Dez. de 2018. Disponível em:

<http://www.mme.gov.br/documents/36208/478430/13.+Considera%C3%A7%C3%B5es+sobre+a+Expans%C3%A3o+Hidrel%C3%A9trica+nos+Estudos+de+Planejamento+Energ%C3%A9tico+de+Longo+Prazo.pdf/2ab59c8b-dcc2-9886-568f-e6ab21a37f1f?version=1.0>. Acesso em: 17 de ago. de 2020.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). **Balço Energético Nacional 2020: ano base 2019. 2020.** Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-528/BEN2020_sp.pdf. Acesso em: 12 de ago. de 2021.

FERNANDEZ, O., LABIB, A. W., WALMISLEY, R. & PETTY, D. J. *A decision support maintenance management system: Development and Implementation*. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol.20, No 8, pp. 965-979. 2003.

GRESSLER, F. **Modelo De Diagnóstico Do Grau De Maturidade Do Sistema De Gestão Da Manutenção Orientado Para A Manutenção 4.0.** Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2020a.

GRESSLER, F., SELEME, R., SILVA, W.A., MARQUES, M.A.M **Diagnóstico do grau de maturidade do sistema de gestão orientado para a manutenção 4.0.** *Braz. J. of Develop.*, Curitiba, v. 6, n 3, p 14951-14978. 2020b.

HAMEL, S. *The Web analytics maturity model: A strategic approach based on business maturity and critical success factors*. Québec, CAN: Laval University, 2009

IAM (*Institute of Asset Management*). (2008). *Asset Management – PAS 55-1:2008*. Disponível em <https://theiam.org/knowledge/bsi-pas-55/>. Acesso em 28 mar. 2021.

IAM (*Institute of Asset Management*) (2013). *ISO 55000 and AM Landscape A framework for embedding asset management excellence*. Disponível em https://uic.org/IMG/pdf/d1_s1_navil_shettyl_iam.pdf. Acesso em 28 mar. 2021.

IAM (*Institute of Asset Management*) (2014). *Asset Management – an anatomy version 3*. Disponível em: https://theiam.org/media/1781/iam_anatomy_ver3_web.pdf. Acesso em: 28 mar. 2021. Acesso em 28 mar. 2021.

IAM (*Institute of Asset Management*) (2016). *Asset Management Maturity Scale and Guidance Version 1.1*. Disponível em: <https://theiam.org/knowledge/asset-management-maturity-scale-and-guidance/>. Acesso em: 28 mar. 2021.

ITAIPU BINACIONAL (2010a). **Tomada D'água**. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/energia/tomada-d%E2%80%99agua>. Acesso em: 10 ago. 2021.

ITAIPU BINACIONAL (2010b). **Unidades Geradoras**. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/energia/unidades-geradoras>. Acesso em: 10 ago. 2021.

ITAIPU BINACIONAL (2012). **BÊ-Á-BÁ de Itaipu: Mantenha sempre a mão**. Disponível em: https://www.itaipu.gov.br/sites/default/files/BX_beaba_OK.pdf. Acesso em: 10 ago. 2021.

KARDEC, A. **Manutenção Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Quality mark, 2013.

KOHLEGGER, M.; MAIER, R.; THALMANN, S. *Understanding maturity models results of a structured content analysis*. Proceedings of IKNOW '09 and ISEMANTICS '09, p. 51–61, 2009.

LEITE, S. R. (2019). *Prediction Analysis of Forced Shutdowns in Brazilian Type I Hydropower Plants*. 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), Coimbra, Portugal, pp. 1-7.

MACHADO, A. N. **Metodologia de Avaliação da Confiabilidade de Plantas de Geração de Energia**. Tese (doutorado). Universidade de São Paulo. São Paulo. 2013.

MACIEL, E. S. CORAIOLA, J. A. **Máquinas Elétricas**. 1ª Edição. Base Editorial. Curitiba. 2010.

MARTINS, C.I. **Vertedouro – Itaipu – Foz do Iguaçu – Brasil**. Disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vertedouro_-_Itaipu-Foz_do_Iguacu-Brasil_\(23650938123\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vertedouro_-_Itaipu-Foz_do_Iguacu-Brasil_(23650938123).jpg). Acesso em: 10 ago. 2021. Licença CC: <https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/legalcode>, inclusão de texto por Walenia, P.S.

McCORMACK, K. et al. *A global investigation of key turning points in business process maturity*. Business Process Management Journal, v. 15, n. 5, p. 792–815, 2009.

OLIVEIRA, M. A. **Sistema de gestão da manutenção baseada no grau de maturidade da organização no âmbito da manuteção**. 2017. 275f. Tese (Doutorado em Engenharia Industrial e Sistemas) - Universidade de Minho, Braga, 2017.

ONS (Operador Nacional Do Sistema Elétrico). 2020. **“Procedimentos de operação de rede: Submódulo 9.2 - Indicadores de desempenho de equipamentos e linhas de transmissão e das funções transmissão e geração”**. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-ons/procedimentos-de-rede/vigentes>. Acesso em: 12 de ago de 2021.

PAULK, M. C. *A History of the Capability Maturity Model for Software*. The Software Quality Profile, v. 12, n. 1, p. 15, 2009.

PARMENTER, D. *Key Performance Indicators: Developing, Implementing and Using Winning KPIs*. 3rd ed. USA, New Jersey: Wiley & Sons, 2015.

PINTO, M. O. **Energia Elétrica: Geração, Transmissão e Sistemas Interligados**. 1ª. Edição. Rio de Janeiro. LTC, 2018..

PINTELON, L.; HORENBEEK, A. V.; CHEMWENO, P. *Asset maintenance maturity model as a structured guide to maintenance process maturity*. liras kuleuven, 28 mar. 2013. Consultado em 28/03/2021. Disponível em: https://liras.kuleuven.be/bitstream/123456789/415635/1/MPMM_2013_conference_paper.pdf.

RÖGLINGER, M.; PÖPPELBUSS, J.; BECKER, J. *Maturity Models in Business Process Management*. Process Management, v. 18, p. 1–18, 2012.

SAKURADA, E. Y. **Metodologia para análise de confiabilidade dinâmica**. 2013. 259 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, 2013 Disponível em: <http://www.bu.ufsc.br/teses/PEMC1442-T.pdf>.

SILVA, E. V. **Sensoriamento óptico quase-redistribuído aplicado ao monitoramento de trocadores de calor de usinas hidrelétricas**. Dissertação (mestrado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Pato Branco. 2015.

SILVEIRA, V. N. S. (2009). **Os Modelos Multiestágios de Maturidade: Um breve relato de sua história, sua difusão e sua aplicação na gestão de pessoas por meio do People Capability Maturity Model (P-CMM)**. Disponível em: <http://www.anpad.org.br/rac>. Consultado em 28 de mar. 2021.

SOUZA, Z. FUCHS, R. D. SANTOS, A. H. M. **Centrais Hidro e Termelétricas**. São Paulo. Editora Edgard Blucher; Itajubá, MG. Escola Federal de Engenharia. 1983.

SOUZA, Z. SANTOS, A. H. M. BORTONI, E. C. **Centrais Hidrelétricas – Implantação e Comissionamento**. 3ª. Edição. Rio de Janeiro. Editora Interciência. 2018.

XAVIER, José Eduardo Mendonça. **Influência da Maturidade de Business Intelligence & Analytics sobre Usos dos Sistemas de Medição de Desempenho: Estudos de Caso - São Carlos**, 2018 - Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, 2018.

WILLIAMS, D., **Usina Hidroelétrica Itaipu Binacional – Itaipu Dam**. Disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Usina_Hidroelétrica_Itaipu_Binacional-Itaipu_Dam_\(17174796329\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Usina_Hidroelétrica_Itaipu_Binacional-Itaipu_Dam_(17174796329).jpg)). Acesso em: 10 ago. 2021. Licença CC: <https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/legalcode>. Inclusão de texto descritivo por Walenia,P.S.

APÊNDICE A - Questionário, Padrão de Respostas e Pontuações

QUESTIONÁRIO, PADRÃO DE RESPOSTAS E PONTUAÇÕES

Critério: Avaliação e Tratamento de Falhas

Subitem DARDO: 4.1.3 - Controle e análise de falhas humanas da manutenção

Definição do Item: Controle e análise de falhas humanas. Avaliação, tratamento, divulgação e controle das perturbações, com ou sem repercussão no sistema, provocadas direta ou indiretamente pelo homem.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 4.1.4 - Política de sobreaviso da manutenção

Definição do Item: Política de sobreaviso da manutenção. Política formalizada contemplando os critérios de sobreaviso das equipes de manutenção da central, indicando a composição das equipes, os períodos de sobreaviso: fora do horário de expediente, finais de semana, feriados, etc. e critérios de convocação.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Item adicional ao DARDO: *Machine Learning* e monitoramento *on-line* da performance

Definição do Item: Uso de *maintenance analytics* para gerenciamento e tomadas de ações corretivas e ações preventivas. *Machine Learning* e monitoramento *on-line* da performance para previsão de falhas.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Critério: Metas e Gestão de Indicadores

Subitem DARDO: 4.2.2 - Certificação dos procedimentos de manutenção da instalação (ISO 9001 ou outras)

Definição do Item: Certificação da Manutenção da Instalação pela Norma do Sistema de Gestão da Qualidade (ISO 9001 ou outras). Certificado emitido por órgão credenciado, com prazo de validade válido, comprovando a certificação da manutenção da central pela Norma do Sistema de Gestão da Qualidade (ISO 9001 ou outras).

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 7 - INDICADORES DE DESEMPENHO

Para todos os subitens constantes destas famílias 7.1 e 7.2 deverá ser realizada a média entre todos os pontos considerados. O valor médio é que deverá ser multiplicado pelo peso e utilizado para definição da nota do Critério.

Subitem DARDO: 7.1 - Indicadores de Resultados

Subitem DARDO: 7.1.1 - Disponibilidade Total da Central - DISP (anual)

Definição do Item: Disponibilidade da Central - DISP (%). Disponibilidade total da central é o percentual entre o tempo total (em horas) disponível pelas unidades geradoras para operação da central e o tempo total (em horas) do ano. Conforme Procedimento de Rede - Item 5.1 do Submódulo 25.8 do ONS a disponibilidade revela anualmente o percentual de tempo em que um dado equipamento ou instalação se manteve a disposição para o desempenho de sua função nominal. Valor de Referência Aneel: $DISP \geq 85\%$.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
$DISP < 50\%$	-5
$50\% \leq DISP < 75\%$	-3
$75\% \leq DISP < 85\%$	-1
$85\% \leq DISP < 95\%$	+3
$DISP \geq 95\%$	+5

Subitem DARDO: 7.1.2 - Disponibilidade Total da Central - DISP (5 anos)

Definição do Item: Disponibilidade da Central - DISP (%). Disponibilidade total da central é o percentual entre o tempo total (em horas) disponível pelas unidades geradoras para operação da central e o tempo total (em horas) do ano. Conforme Procedimento de Rede - Item 5.1 do Submódulo 25.8 do ONS a disponibilidade revela anualmente o percentual de tempo em que um dado equipamento ou instalação se manteve a disposição para o desempenho de sua função nominal. Valor de Referência Aneel: $DISP \geq 85\%$. Obs: Selecionar o resultado da disponibilidade total da central acumulada nos últimos 5 anos em base anual.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
DISP < 50%	-5
$50\% \leq DISP < 75\%$	-3
$75\% \leq DISP < 85\%$	-1
$85\% \leq DISP < 95\%$	+3
$DISP \geq 95\%$	+5

Subitem DARDO: 7.1.3 - Fator de Disponibilidade - FID

Definição do Item: FID - Fator de Disponibilidade. O Fator de Disponibilidade é a relação entre a disponibilidade total, verificada nos últimos 60 meses ou a partir de sua entrada em operação, e a disponibilidade de referência da central. O Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS apura mensalmente os índices para cálculo da disponibilidade verificada dessas centrais: Taxa Equivalente de Indisponibilidade Forçada Apurada – TEIFa e Taxa Equivalente de Indisponibilidade Programada– TEIP, conforme Resolução 614 de 3 de junho de 2014 da ANEEL.

a) centrais participantes do Mecanismo de Realocação de Energia - MRE. Valor de Referência Aneel: $FID \geq 1$. Esse Fator é utilizado para as centrais participantes do Mecanismo de Realocação de Energia - MRE, para aplicação do MRA - Mecanismo de Redução da Energia Assegurada.

b) centrais de geração termelétricas ou de importação de energia, despachadas centralizadamente e não participantes do MRE. Esse fator deverá ser considerado para essas centrais, para fins de verificação do lastro dos respectivos contratos de venda de energia, no período de 1o de janeiro a 31 de dezembro do ano subsequente.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
FID < 1	-5
não se aplica	0

FID \geq 1	+5
--------------	----

Subitem DARDO: 7.1.4 - Indisponibilidade para manutenção programada – INDISPMP

Definição do Item: Indisponibilidade para manutenção programada – INDISPMP. É o percentual entre o tempo (em horas) de indisponibilidade para manutenção programada das unidades geradoras da central e o tempo total do ano, (em horas), calculado conforme Procedimento de Rede - item 5.8 do Submódulo 25.8 do ONS.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
INDISPMP > 12%	-5
9% < INDISPMP \leq 12%	-3
6% < INDISPMP \leq 9%	-1
2% < INDISPMP \leq 6%	+3
INDISPMP \leq 2%	+5

Subitem DARDO: 7.1.5 - Indisponibilidade para manutenção forçada - INDISPMF

Definição do Item: Indisponibilidade para manutenção forçada – INDISPMF. É o percentual entre o tempo (em horas) de indisponibilidade para manutenção forçada das unidades geradoras da central e o tempo total do ano (em horas), calculado conforme Procedimento de Rede - item 5.12 do Submódulo 25.8 do ONS.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
INDISPMF > 3%	-5
2,4% < INDISPMF \leq 3%	-3
1,8% < INDISPMF \leq 2,4%	-1
1,0% < INDISPMF \leq 1,8%	+3
INDISPMF \leq 1,0%	+5

Subitem DARDO: 7.1.6 - Taxa de desligamento forçado – TDF

Definição do Item: Taxa de desligamento forçado - TDF: É a relação entre o número de desligamentos forçados das unidades geradoras da central pelo número total de horas de serviço das unidades geradoras, no ano, calculado conforme Procedimento de Rede - item 5.15 do Submódulo 25.8 do ONS.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
TDF > 30	-5

$13 \leq \text{TDF} < 30$	-1
$5 \leq \text{TDF} < 13$	+1
$\text{TDF} < 5$	+5

Subitem DARDO: 7.2 - Indicadores de Esforços, Gerais e Complementares

Subitem DARDO: 7.2.1 - Tempo médio de reparo - TMR

Definição do Item: Tempo médio de reparo - TMR. É a relação entre o tempo total (horas) para manutenção forçada pelo número de desligamentos forçados da central, no mesmo período, calculado conforme Procedimento de Rede - item 5.25 do Submódulo 25.8 do ONS.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
$\text{TMR} \geq 100$	-5
$65 \leq \text{DISP} < 100$	-3
$40 \leq \text{DISP} < 65$	-1
$5 \leq \text{DISP} < 40$	+3
$\text{TMR} < 5$	+5

Subitem DARDO: 7.2.2 - Tempo médio entre falhas - TMEF

Definição do Item: Tempo médio entre falhas – TMEF. É definido como sendo o tempo acumulado entre duas falhas consecutivas de um item reparado conforme item 2.11.3 da norma ABNT 5462/1994 - Confiabilidade e Manutenibilidade.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
$\text{TMEF} < 720$	-5
$720 \leq \text{TMEF} < 1440$	-3
$1440 \leq \text{TMEF} < 2160$	-1
$2160 \leq \text{TMEF} < 4320$	+3
$\text{TMEF} > 4320$	+5

Subitem DARDO: 7.2.3 - Índice de treinamento das equipes de manutenção - ITM

Definição do Item: Índice de treinamento das equipes de manutenção – ITM. É o percentual entre o total de HH de treinamento técnico e gerencial específicos de manutenção e o total de HH da equipe de manutenção da central, no período considerado. Não devem ser considerados os treinamentos para atendimento de aspectos legais, como por exemplo CIPA, NR, Procedimentos de Rede do ONS, Simulados de Segurança, PAE, etc.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
---------------------------------	---------------

ITM \leq 1%	-5
1% < ITM \leq 3%	+1
ITM > 3%	+5

Subitem DARDO: 7.2.5 - Índice de execução de manutenção - IEM

Definição do Item: Índice de execução de manutenção – IEM. É o percentual do número de ordens de serviços executadas, em relação ao total de ordens de serviço emitidas para execução naquele ano, englobando todos os tipos de manutenção: preditiva, preventiva e corretiva, e equipes: mecânica, elétrica, eletrônica, instrumentação, etc, no período

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
IEM \leq 50%	-5
50% < IEM \leq 65%	-3
65% < IEM \leq 75%	-1
75% < IEM \leq 90%	+3
IEM > 90%	+5

Subitem DARDO: 7.2.6 - Índice de custo médio de manutenção - ICM

Definição do Item: Índice de custo médio de manutenção – ICM. É o percentual de custo da manutenção em relação ao custo operacional total da central, no ano anterior. Nesses valores devem incluir os custos gerenciáveis: pessoal, materiais e serviços e não devem incluir os valores de investimentos, tributos, impostos, taxas e depreciação.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
ICM \leq 10%	-5
10% < ICM \leq 30%	-3
30% < ICM \leq 50%	-1
ICM > 50%	+5

Subitem DARDO: 7.2.7 - Índice de geração da central - IGer

Definição do Item: Índice de geração da central – Iger. É percentual entre o valor da Geração Média dos últimos 5 anos (MWmed) e a Garantia Física da central (MWmed). Para os índices com valores menores que 75% deverão ser apresentadas as principais causas do baixo valor gerado, tais como: falta de combustível, baixo nível do reservatório, parada prolongada de unidade geradora para manutenção, central não despachada pelo ONS, etc.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
--------------------------	--------

$IGer \leq 50\%$	-5
$50\% < IGer \leq 65\%$	-3
$65\% < IGer \leq 75\%$	-1
$75\% < IGer \leq 90\%$	+1
$IGer > 90\%$	+5

Subitem DARDO: 7.2.8 - Consumo interno de energia da central - CINT

Definição do Item: Consumo interno de energia da central – CINT. É o percentual entre a diferença da potência Média Bruta Gerada (MW) e a Potência Média Líquida Gerada (MW) em relação à Potência Média Bruta Gerada (MW), no ano anterior.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
$CINT > 4\%$	-5
$2\% < CINT \leq 4\%$	-3
$1\% < CINT \leq 2\%$	-1
$0,5\% < CINT \leq 1\%$	+1
$CINT \leq 0,5\%$	+5

Subitem DARDO: 7.2.9 - Número de pontos supervisionados da central por unidade geradora - SUPERUG

Definição do Item: Número de pontos supervisionados da central por unidade geradora – SUPERUG. É a quantidade de Grandezas disponibilizadas pelo sistema de supervisão (SDSC) na sala de comando principal: Grandezas elétricas, mecânicas, térmicas e hidráulicas disponibilizadas na sala de comando principal, para supervisão em tempo real dos sistemas componentes da unidade geradora.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
$1 < SUPERUG \leq 100$	-3
$100 < SUPERUG \leq 500$	+3
$SUPERUG > 500$	+5

Subitem DARDO: 7.2.10 - Regularização das Não Conformidades dos Relatórios de Fiscalização ANEEL/SFG – RNCRF

Definição do Item: Regularização das Não Conformidades dos Relatórios de Fiscalização ANEEL/SFG – RNCRF. É o tempo médio (dias) de regularização de cada uma das não conformidades constantes dos Relatórios de Fiscalização emitidos pela SFG/ANEEL. Deverão

ser considerados tanto Relatórios resultados de fiscalização a distância quanto Relatórios referentes a fiscalização presencial.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
RNCRF > 364	-5
$120 \leq \text{RNCRF} < 364$	-3
$90 \leq \text{RNCRF} < 120$	+3
RNCRF < 90	+5

Item adicional ao DARDO: Indicadores monitorados e controlados em tempo real.

Definição do Item: Indicadores monitorados e controlados em tempo real. Metas flexíveis definida com auxílio da simulação de processos.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Item adicional ao DARDO: *Maintenance analytics e big data*

Definição do Item: Uso de *maintenance analytics* para gerenciamento e tomadas de ações corretivas e ações preventivas. *Machine Learning* e monitoramento *on-line* da performance para previsão de falhas.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Critério: Oficinas e Ferramentas

Subitem DARDO: 2.9 - Procedimento para aquisição, armazenamento, uso e descarte de produtos químicos perigosos

Definição do Item: Procedimento para aquisição, armazenamento, uso e descarte de produtos químicos perigosos. Procedimento contemplando os critérios de aquisição, uso e descarte de produtos químicos perigosos, tais como baterias, lâmpadas, sucatas, óleos, graxas de lubrificação dos componentes do sistema de regulação da turbina, pastilhas do freio do gerador

que contenham amianto e equipamentos que contenham PCB (Bifenilas Policloradas) - Askarel, entre outros.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 4.4 - Política de sobressalentes, ferramentas especiais e dispositivos de montagem

Definição do Item: Política de sobressalentes, ferramentas especiais e dispositivos de montagem. Política com os critérios para dimensionamento, aquisição, armazenamento, identificação, controle, conservação e disponibilização dos sobressalentes, ferramentas especiais e dispositivos de montagem. A avaliação será considerada "utilizado e aplicado" se os sobressalentes, ferramentas especiais e dispositivos de montagem forem adequados às necessidades e estejam disponíveis.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Item adicional ao DARDO: Equipamentos, infraestrutura de TI e conexão com internet de alta velocidade

Definição do Item: Equipamentos, infraestrutura de TI e conexão com internet de alta velocidade disponível em toda a planta que permita a equipe de manutenção registrar as atividades e consultar a documentação de forma on line.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Critério: Organização Funcional e da equipe de Manutenção

Subitem DARDO 4.1.1 - Política de formação e treinamento de profissionais

Definição do Item: Política de formação e treinamento de profissionais. Política contemplando os critérios de adequação da formação e treinamentos necessários para as funções de manutenção, reciclagens periódicas, capacitação em novas tecnologias, etc.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 4.1.2 - Dimensionamento dos Profissionais de Manutenção

Definição do Item: Profissionais de Manutenção. organograma da área de manutenção, contendo a quantidade de profissionais, sua localização (na Central ou Regional), se a equipe é própria ou terceirizada, formação, função e tempo de experiência na atividade.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 4.2.1 - Política de manutenção

Definição do Item: Política de manutenção. Política com os critérios adotados na manutenção das unidades geradoras e seus equipamentos agregados e serviços auxiliares da central – preditiva, preventiva ou corretiva - por todas as equipes e indicando os critérios para definição dos prazos para realização: tempo de operação, frequência fixa, estado de operação, etc., os recursos necessários – financeiros, humanos e materiais.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 4.2.5 - Autonomia e agilidade nos atendimentos de manutenção

Definição do Item: Autonomia e agilidade nos atendimentos de manutenção. Política com as responsabilidades no atendimento de manutenção, envolvendo as gerências local, regional e central, comprovando o grau de autonomia decisória para atuação da manutenção e o grau de celeridade para sua execução.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 4.5 - Política de gestão de ativos

Definição do Item: Sistema de gestão de ativos. É a gestão dos bens da instalação com objetivo de monitorar, analisar e avaliar continuamente a inter-relação e interação entre riscos, custos de oportunidade, disponibilidade, reparação e substituição. O controle efetivo e a gestão dos ativos das instalações permitem a tomada das decisões mais acertadas de quando e como intervir ou substituir equipamentos de forma a equilibrar desempenho, riscos e custos.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 6.1 - Segurança Humana

Para todos os subitens constantes desta família 6.1 deverá ser realizada a média entre todos os pontos considerados. O valor médio é que deverá ser multiplicado pelo peso e utilizado para definição da nota do Critério.

Subitem DARDO: 6.1.1 - Aplicação da Norma Regulamentadora NR 06/MTE - Equipamento de Proteção Individual

Definição do Item: Aplicação da Norma Regulamentadora NR 06/MTE - Equipamento de Proteção Individual. Procedimento para cumprimento da NR 06 do MTE que estabelece os critérios de disponibilização e utilização de EPI aos empregados ou terceiros envolvidos diretamente com a central, conforme estabelecido pela NR 06 do MTE. Considera-se Equipamento de Proteção Individual - EPI, todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 6.1.2 - Aplicação da Norma Regulamentadora NR 09/MTE - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA

Definição do Item: Aplicação da Norma Regulamentadora NR 09/MTE - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA. Procedimento para cumprimento da NR 09 do MTE que estabelece os critérios para elaboração e implementação do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA, conforme estabelecido pela NR 09 do MTE, visando à preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e consequente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, tendo em consideração a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 6.1.3 - Aplicação da Norma Regulamentadora NR 10/MTE – Segurança em instalações e serviços em eletricidade

Definição do Item: Aplicação da Norma Regulamentadora NR 10/MTE – Segurança em instalações e serviços em eletricidade. Procedimento para cumprimento da NR 10 do MTE que contempla os aspectos de prevenção de acidentes do trabalho pela antecipação dos riscos envolvidos, no atendimento do ANEXO II e do item 10.8.8.2 desta NR.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 6.1.4 - Aplicação da Norma Regulamentadora NR 13/MTE - Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações

Definição do Item: Aplicação da Norma Regulamentadora NR 13/MTE - Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações. Procedimento para cumprimento da NR 13 do MTE que define como "Profissional Habilitado" aquele que tem competência legal para o exercício da profissão de engenheiro nas atividades referentes a projeto de construção, acompanhamento operação e

manutenção, inspeção e supervisão de inspeção de caldeiras e vasos de pressão, em conformidade com a regulamentação profissional vigente no País.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 6.1.6 - Aplicação da Norma Regulamentadora NR 26/MTE - Sinalização de Segurança

Definição do Item: Aplicação da Norma Regulamentadora NR 26/MTE - Sinalização de Segurança. Procedimento que define as cores e rotulagem na segurança em estabelecimentos ou locais de trabalho, a fim de indicar e advertir acerca dos riscos existentes, conforme estabelecido pela NR 26 do MTE. As cores utilizadas nos locais de trabalho para identificar os equipamentos de segurança, delimitar áreas, identificar tubulações empregadas para a condução de líquidos e gases e advertir contra riscos, devem atender ao disposto nas normas técnicas oficiais.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 6.1.7 - Aplicação da Norma Regulamentadora NR 33/MTE - Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados

Definição do Item: Aplicação da Norma Regulamentadora NR 33/MTE - Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados. Procedimento que estabelece os requisitos para identificação de espaços confinados e o reconhecimento, avaliação, monitoramento e controle dos riscos existentes, de forma a garantir permanentemente a segurança e saúde dos trabalhadores que interagem direta ou indiretamente nestes espaços, conforme estabelecido pela NR 33 do MTE.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1

Atualizado e aplicado	+5
-----------------------	----

Subitem DARDO: 6.1.8 - Certificado de Vistoria do Corpo de Bombeiros

Definição do Item: Certificado de Vistoria do Corpo de Bombeiros. Certificado emitido pelo Corpo de Bombeiros responsável pela central, ou outro órgão com essa responsabilidade e abrangência, que confirma a adequação da central e seus equipamentos de segurança dentro da legislação, contendo condicionantes, prazo de emissão e validade.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 6.1.9 - Plano de Ações Emergenciais da Central (PAEC)

Definição do Item: Plano de Ações Emergenciais da Central (PAEC). Plano estruturado com o objetivo de apoiar a tomada de decisão e orientar as ações em situações intempestivas e severas de emergência, associadas ao comprometimento da segurança da central e às contingências excepcionais, com datas de emissão e validades. Esse plano deve contemplar também o treinamento e simulados para cenários como: incêndio, explosão, invasão, greves, distúrbios, assaltos, etc.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 6.1.10 - Simulados de situações emergenciais

Definição do Item: Simulados de situações emergenciais. Eventos periódico com simulações de emergência envolvendo todas as pessoas lotadas na central (equipes próprias ou terceirizadas) para avaliar a eficácia e atualidade dos equipamentos e procedimentos definidos para situações como: incêndio, explosão, invasão, greves, distúrbios, assaltos, etc.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 6.1.11 - Procedimento de acionamento de equipes de segurança: bombeiros, serviços médicos e defesa civil

Definição do Item: Procedimento de acionamento de equipes de segurança. Procedimento para acionamento das equipes do corpo de bombeiros, serviços médicos, defesa civil, etc., contemplando responsabilidades, meios de comunicação, linguagem a ser utilizada, oficialização e registro da comunicação, etc., para situações de emergência da central.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 6.1.12 - Certificação da Instalação pela Norma do Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional OSHAS 18001 ou por outras

Definição do Item: Certificação da Instalação pela Norma do Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional OSHAS 18001 ou por outras. Certificado emitido por órgão credenciado, com prazo de validade válido, comprovando a certificação da central no sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional (OSHAS 18001 ou outras).

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 6.1.13 - Iluminação de emergência

Definição do Item: Iluminação de emergência. Sistema de iluminação para situações de emergência da central, de acordo com a NBR 10898 da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas e outros procedimentos e normas de segurança.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 6.1.14 - Controle da Iluminação dos ambientes de trabalho

Definição do Item: Controle da Iluminação dos ambientes de trabalho. Procedimento específico para avaliação da iluminação dos diversos ambientes da central, que devem estar sempre em boas condições para execução dos trabalhos de rotina e de acordo com a NR 17.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Item adicional ao DARDO: Treinamentos da equipe de manutenção com simulação e realidade aumentada

Definição do Item: Necessidades de treinamento definidas por ferramentas analíticas. Plano de treinamento das equipes orientado para a melhoria dos processos. Existe comprometimento com a mudança, adaptando-se às novas prioridades estratégicas. Uso de simulação e realidade aumentada na realização dos treinamentos.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Critério: Planejamento da Manutenção

Subitem DARDO: 4.2.3 - Sistema informatizado para gerenciamento da manutenção

Definição do Item: Sistema informatizado para gerenciamento da manutenção. Sistema informatizado utilizado para o controle da função manutenção das unidades geradoras e seus equipamentos agregados e serviços auxiliares.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 4.2.4 - Histórico de Manutenção - banco de dados técnicos e informações das manutenções realizadas.

Definição do Item: Histórico de Manutenção - banco de dados técnicos e informações das manutenções realizadas. Sistemática contemplando o armazenamento digital dos dados e

demais informações técnicas das manutenções realizadas nas unidades geradoras e seus equipamentos agregados e serviços auxiliares, contendo as responsabilidades pela aprovação, inclusão e acesso a essas informações. Essa informação deverá contemplar também o arquivo técnico de outros documentos necessários à manutenção.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 4.3.2 - Manuais dos fabricantes das unidades geradoras e dos principais sistemas auxiliares

Definição do Item: Manuais dos fabricantes das unidades geradoras e dos principais sistemas auxiliares. Manuais fornecidos pelos fabricantes com o detalhamento técnico e funcional dos equipamentos e com as instruções básicas de operação e manutenção. A avaliação será considerada "atualizado e aplicado" se os manuais estiverem disponíveis em meio digital, físico e em língua portuguesa. Devem estar arquivados de maneira adequada para fácil acesso da manutenção.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 4.3.3 - Procedimento para análise e controle de defeitos e falhas

Definição do Item: Procedimento para análise e controle de defeitos e falhas. Procedimento para análise e controle de defeitos e falhas dos principais equipamentos da central, contemplando o banco de dados com o registro dos principais defeitos e falhas verificados, os resultados obtidos e providências adotadas.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 4.3.4 - Procedimento para emissão, programação e execução das Ordens de Serviços

Definição do Item: Procedimento para emissão, programação e execução das Ordens de Serviços. Procedimento contendo os critérios para emissão, programação e execução das Ordens de Serviços das unidades geradoras e seus equipamentos agregados e serviços auxiliares e indicando todos os responsáveis envolvidos, prioridade para atendimento, etc.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Item adicional ao DARDO: Documentação técnica acessível e disponível em nuvem, com o planejamento da manutenção apoiado por *maintenance analytics e Big data*

Definição do Item: CMMS apoia todas as funções da gestão da manutenção, é totalmente integrado e ligado à nuvem. Monitoramento on-line para detecção de falha. Acesso à documentação técnica disponível em nuvem e com uso da realidade aumentada. Planejamento da manutenção é apoiado por *maintenance analytics e Big data*.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Critério: Política de Manutenção

Subitem DARDO: 2.6 - Política/Procedimentos de controle ambiental

Definição do Item: Política de controle ambiental. Política que contempla as práticas de controle ambiental nas atividades de manutenção e operação das unidades geradoras e seus equipamentos agregados e serviços auxiliares, indicando os critérios de prevenção e correção das falhas e que contenha os critérios legais, normatizados ou certificados.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 4.2.1 - Política de manutenção

Definição do Item: Política de manutenção. Política com os critérios adotados na manutenção das unidades geradoras e seus equipamentos agregados e serviços auxiliares da central – preditiva, preventiva ou corretiva - por todas as equipes e indicando os critérios para definição dos prazos para realização: tempo de operação, frequência fixa, estado de operação, etc., os recursos necessários – financeiros, humanos e materiais.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 4.2.5 - Autonomia e agilidade nos atendimentos de manutenção

Definição do Item: Autonomia e agilidade nos atendimentos de manutenção. Política com as responsabilidades no atendimento de manutenção, envolvendo as gerências local, regional e central, comprovando o grau de autonomia decisória para atuação da manutenção e o grau de celeridade para sua execução.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 6.1 - Segurança Humana

Para todos os subitens constantes desta família 6.1 deverá ser realizada a média entre todos os pontos considerados. O valor médio é que deverá ser multiplicado pelo peso e utilizado para definição da nota do Critério.

Subitem DARDO: 6.1.1 - Aplicação da Norma Regulamentadora NR 06/MTE - Equipamento de Proteção Individual

Definição do Item: Aplicação da Norma Regulamentadora NR 06/MTE - Equipamento de Proteção Individual. Procedimento para cumprimento da NR 06 do MTE que estabelece os critérios de disponibilização e utilização de EPI aos empregados ou terceiros envolvidos diretamente com a central, conforme estabelecido pela NR 06 do MTE. Considera-se Equipamento de Proteção Individual - EPI, todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 6.1.2 - Aplicação da Norma Regulamentadora NR 09/MTE - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA

Definição do Item: Aplicação da Norma Regulamentadora NR 09/MTE - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA. Procedimento para cumprimento da NR 09 do MTE que estabelece os critérios para elaboração e implementação do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA, conforme estabelecido pela NR 09 do MTE, visando à preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e consequente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, tendo em consideração a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 6.1.3 - Aplicação da Norma Regulamentadora NR 10/MTE – Segurança em instalações e serviços em eletricidade

Definição do Item: Aplicação da Norma Regulamentadora NR 10/MTE – Segurança em instalações e serviços em eletricidade. Procedimento para cumprimento da NR 10 do MTE que contempla os aspectos de prevenção de acidentes do trabalho pela antecipação dos riscos envolvidos, no atendimento do ANEXO II e do item 10.8.8.2 desta NR.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 6.1.4 - Aplicação da Norma Regulamentadora NR 13/MTE - Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações

Definição do Item: Aplicação da Norma Regulamentadora NR 13/MTE - Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações. Procedimento para cumprimento da NR 13 do MTE que define como "Profissional Habilitado" aquele que tem competência legal para o exercício da profissão de engenheiro nas atividades referentes a projeto de construção, acompanhamento operação e manutenção, inspeção e supervisão de inspeção de caldeiras e vasos de pressão, em conformidade com a regulamentação profissional vigente no País.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 6.1.6 - Aplicação da Norma Regulamentadora NR 26/MTE - Sinalização de Segurança

Definição do Item: Aplicação da Norma Regulamentadora NR 26/MTE - Sinalização de Segurança. Procedimento que define as cores e rotulagem na segurança em estabelecimentos ou locais de trabalho, a fim de indicar e advertir acerca dos riscos existentes, conforme estabelecido pela NR 26 do MTE. As cores utilizadas nos locais de trabalho para identificar os equipamentos de segurança, delimitar áreas, identificar tubulações empregadas para a condução de líquidos e gases e advertir contra riscos, devem atender ao disposto nas normas técnicas oficiais.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 6.1.7 - Aplicação da Norma Regulamentadora NR 33/MTE - Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados

Definição do Item: Aplicação da Norma Regulamentadora NR 33/MTE - Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados. Procedimento que estabelece os requisitos para identificação de espaços confinados e o reconhecimento, avaliação, monitoramento e controle dos riscos existentes, de forma a garantir permanentemente a segurança e saúde dos trabalhadores que interagem direta ou indiretamente nestes espaços, conforme estabelecido pela NR 33 do MTE.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 6.1.8 - Certificado de Vistoria do Corpo de Bombeiros

Definição do Item: Certificado de Vistoria do Corpo de Bombeiros. Certificado emitido pelo Corpo de Bombeiros responsável pela central, ou outro órgão com essa responsabilidade e abrangência, que confirma a adequação da central e seus equipamentos de segurança dentro da legislação, contendo condicionantes, prazo de emissão e validade.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 6.1.9 - Plano de Ações Emergenciais da Central (PAEC)

Definição do Item: Plano de Ações Emergenciais da Central (PAEC). Plano estruturado com o objetivo de apoiar a tomada de decisão e orientar as ações em situações intempestivas e severas de emergência, associadas ao comprometimento da segurança da central e às contingências excepcionais, com datas de emissão e validades. Esse plano deve contemplar também o treinamento e simulados para cenários como: incêndio, explosão, invasão, greves, distúrbios, assaltos, etc.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 6.1.10 - Simulados de situações emergenciais

Definição do Item: Simulados de situações emergenciais. Eventos periódico com simulações de emergência envolvendo todas as pessoas lotadas na central (equipes próprias ou terceirizadas) para avaliar a eficácia e atualidade dos equipamentos e procedimentos definidos para situações como: incêndio, explosão, invasão, greves, distúrbios, assaltos, etc.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
---------------------------------	---------------

Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 6.1.11 - Procedimento de acionamento de equipes de segurança: bombeiros, serviços médicos e defesa civil

Definição do Item: Procedimento de acionamento de equipes de segurança. Procedimento para acionamento das equipes do corpo de bombeiros, serviços médicos, defesa civil, etc., contemplando responsabilidades, meios de comunicação, linguagem a ser utilizada, oficialização e registro da comunicação, etc., para situações de emergência da central.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 6.1.12 - Certificação da Instalação pela Norma do Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional OSHAS 18001 ou por outras

Definição do Item: Certificação da Instalação pela Norma do Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional OSHAS 18001 ou por outras. Certificado emitido por órgão credenciado, com prazo de validade válido, comprovando a certificação da central no sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional (OSHAS 18001 ou outras).

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 6.1.13 - Iluminação de emergência

Definição do Item: Iluminação de emergência. Sistema de iluminação para situações de emergência da central, de acordo com a NBR 10898 da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas e outros procedimentos e normas de segurança.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 6.1.14 - Controle da Iluminação dos ambientes de trabalho

Definição do Item: Controle da Iluminação dos ambientes de trabalho. Procedimento específico para avaliação da iluminação dos diversos ambientes da central, que devem estar sempre em boas condições para execução dos trabalhos de rotina e de acordo com a NR 17.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Item adicional ao DARDO: Melhoria da qualidade do serviço, a redução de acidentes e do impacto ambiental

Definição do Item: Manutenção é considerada uma função estratégica. Atuação da manutenção de forma proativa (incluindo melhoria do equipamento) e eficiente com vista ao aumento de produtividade, redução de custos, melhoria da qualidade e redução de acidentes e impacto ambiental.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Critério: Rotinas de PCM e Execução da Manutenção

Subitem DARDO: 4.3.1 - Instruções de manutenção

Definição do Item: Instruções de manutenção. Documentos técnicos contemplando o roteiro e os detalhes para realização das manutenções, nos diversos níveis e por todas as equipes, periodicidade, das unidades geradoras e seus equipamentos agregados e serviços auxiliares, contendo as datas de emissão e validade. A avaliação será considerada "atualizado e aplicado" se as instruções estiverem atualizadas, disponíveis em meio digital, em língua portuguesa e o treinamento para aplicá-las considerar a aplicação teórica, prática e simulação.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.1.2 - Monitoramento de Alarmes

Definição do Item: Monitoramento de alarmes. grandezas (elétricas, mecânicas, térmicas, status dos relés, etc.) supervisionadas de uma unidade geradora e reportadas para o centro de operação.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Necessita Adequações	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.1.3 - Banco de dados para armazenamento de eventos

Definição do Item: Banco de dados para armazenamento de registros. Sistema ou equipamento com capacidade para armazenar os dados coletados no sistema de supervisão por período de tempo prolongado.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Necessita Adequações	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.1.5 - Periodicidade de inspeção da unidade geradora e sistemas auxiliares

Definição do Item: Periodicidade de inspeção da unidade geradora e sistemas auxiliares. Periodicidade de inspeção visual realizada pelos operadores/mantenedores, para detectar anormalidades na unidade geradora e seus equipamentos auxiliares.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Semanal	+1
Diária	+5

Subitem DARDO: 5.2.2 - Manutenção Preditiva - Gerador

Para todos os subitens constantes desta família 5.2.2 deverá ser realizada a média entre todos os pontos considerados. O valor médio é que deverá ser multiplicado pelo peso e utilizado para definição da nota do Critério.

Subitem DARDO: 5.2.2.1 - Análise de óleo dos mancais

Definição do Item: Análise de óleo dos mancais. Ensaio físico-químico através dos quais se verifica a perda das características de lubrificação do óleo, bem como defeitos internos nos componentes do mancal.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.2.2.2 - Monitoramento de vibração e da temperatura do estator

Definição do Item: Monitoramento de vibração e da temperatura do estator. Técnica utilizada através de medições "on line" de vibração na carcaça/núcleo e/ou de temperatura dos enrolamentos do estator que possibilitam, através de um software especialista, a análise e diagnóstico de defeitos no gerador.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.2.2.3 - Monitoramento de vibração e da temperatura dos mancais

Definição do Item: Monitoramento de vibração e da temperatura dos mancais. Técnica utilizada através de medições "on line" de vibração nos mancais e/ou de temperatura do óleo/metal que possibilitam, através de um software especialista, a análise e diagnóstico de defeitos nos mancais, rotor e estator do gerador.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.2.3 - Manutenção Preventiva - Gerador

Para todos os subitens constantes desta família 5.2.3 deverá ser realizada a média entre todos os pontos considerados. O valor médio é que deverá ser multiplicado pelo peso e utilizado para definição da nota do Critério.

Subitem DARDO: 5.2.3.1 - Manutenções em atraso das unidades geradoras

Definição do Item: Manutenções em atraso das unidades geradoras. manutenções preventivas dos equipamentos do circuito de geração programadas e não executadas, com atraso superior a seis meses.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Existente	-5
Inexistente	+5

Subitem DARDO: 5.2.3.2 - Ensaio dielétricos nos enrolamentos dos estator e do campo

Definição do Item: Ensaio dielétricos nos enrolamentos dos estator e do campo. Conjunto de ensaios elétricos aplicados no estator e rotor do gerador, tais como tensão aplicada, medição de resistência de isolamento, fator de potência e capacitância, para avaliação da condição do isolamento dos respectivos enrolamentos.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.2.3.3 - Medição da resistência de isolamento, inspeção, limpeza e reaperto nos componentes do barramento blindado de saída do gerador

Definição do Item: Medição da resistência de isolamento, inspeção, limpeza e reaperto nos componentes do barramento blindado de saída do gerador. Determinação da resistência de isolamento entre o condutor e a blindagem e prevenção de aquecimento e de baixa isolamento.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.2.3.4 - Medição da resistência ôhmica e de isolamento do transformador e do resistor de aterramento, bem como inspeção, limpeza e reaperto de todos os componentes e conexões do cubículo de neutro

Definição do Item: Medição da resistência ôhmica e de isolamento do transformador e do resistor de aterramento, bem como inspeção, limpeza e reaperto de todos os componentes e

conexões do cubículo de neutro. Ensaios periódicos para verificação de resistência de contato e a condição do isolamento destes equipamentos.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5
Não se aplica	0

Subitem DARDO: 5.2.3.5 - Inspeção, limpeza e reaperto nas conexões dos transformadores de potencial, barramentos, para-raios, capacitores e isoladores do cubículo de surto

Definição do Item: Inspeção, limpeza e reaperto nas conexões dos transformadores de potencial, barramentos, para-raios, capacitores e isoladores do cubículo de surto. Atividades periódicas necessárias para prevenção de pontos quentes e baixa isolação nos componentes do referido cubículo.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.2.3.6 - Verificação da pressão das molas e comprimento das escovas dos anéis coletores do gerador.

Definição do Item: Verificação da pressão das molas e comprimento das escovas dos anéis coletores do gerador. Atividades periódicas necessárias para o controle do desgaste das escovas e da resistência de contato entre escovas/anéis coletores, com o objetivo de prevenir centelhamento, aquecimento e minimizar queda de tensão.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.2.3.7 - Limpeza interna dos tubos dos trocadores de calor do estator

Definição do Item: Limpeza interna dos tubos dos trocadores de calor do estator. Atividade necessária para manter em boas condições, a capacidade de troca térmica do sistema de resfriamento do gerador.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5
Não se aplica	0

Subitem DARDO: 5.2.3.8 - Calibração da instrumentação utilizada na operação e na proteção do gerador

Definição do Item: Calibração da instrumentação utilizada na operação e na proteção do gerador. A calibração desta instrumentação (medidores analógicos e digitais, multimedidores, pressostatos, manômetros, indicadores de temperatura, etc.), é comparação da medida com a de um padrão rastreado ao Sistema Internacional (SI), visa assegurar a confiabilidade dos processos de medição utilizados na operação e proteção do gerador.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.2.3.9 - Ensaios de verificação dos ajustes do sistema de proteção do gerador

Definição do Item: Ensaios de verificação dos ajustes do sistema de proteção do gerador. Aplicar tensão e corrente no relé através de uma caixa de teste, verificando o ponto/característica de operação, comparando com o ajuste implantado.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.2.3.10 - Reaperto dos tirantes do núcleo (laminado) do estator

Definição do Item: Reaperto dos tirantes do núcleo (laminado) do estator. Atividades periódicas necessárias para prevenção de afrouxamento dos laminados e consequentes vibrações, pontos quentes e deformações.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
---------------------------------	---------------

Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5
Não se aplica	0

Subitem DARDO: 5.2.3.11 - Inspeccionar/reajustar as folgas dos segmentos do mancal guia

Definição do Item: Inspeccionar/reajustar as folgas dos segmentos do mancal guia. Atividades periódicas necessárias para verificação de sinais de aquecimento, arrastamento/trincas no metal patente e prevenção de folgas excessivas nos segmentos de guia e consequente aumento da oscilação do eixo da unidade geradora.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.3.2 - Manutenção Preditiva - Turbina

Para todos os subitens constantes desta família 5.3.2 deverá ser realizada a média entre todos os pontos considerados. O valor médio é que deverá ser multiplicado pelo peso e utilizado para definição da nota do Critério.

Subitem DARDO: 5.3.2.1 - Análise do óleo lubrificante dos mancais e do óleo do sistema hidráulico do regulador de velocidade

Definição do Item: Análise do óleo lubrificante dos mancais e do óleo do sistema hidráulico do regulador de velocidade. Ensaios físico-químicos através dos quais se verifica a perda das características de lubrificação do óleo e defeitos internos nos componentes do mancal, e bem como deterioração e contaminação do óleo do sistema hidráulico do regulador de velocidade.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.3.2.2 - Monitoramento de vibração e temperatura dos mancais

Definição do Item: Monitoramento de vibração e temperatura dos mancais. Técnica utilizada através de medições "on line" de vibração dos mancais e de temperatura do óleo/metal que

possibilita, através de um software especialista, a análise e diagnóstico de defeitos nos mancais, rotor e estator do gerador, rotor da turbina, pré-distribuidor e outros.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Necessita de adequações	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.3.3 - Manutenção Preventiva - Turbina

Para todos os subitens constantes desta família 5.3.3 deverá ser realizada a média entre todos os pontos considerados. O valor médio é que deverá ser multiplicado pelo peso e utilizado para definição da nota do Critério.

Subitem DARDO: 5.3.3.1 - Verificação de trincas do pré-distribuidor e rotor

Definição do Item: Verificação de trincas do pré-distribuidor e rotor. Atividade periódica executada para detecção de trincas nas soldas das junções das travessas do pré-distribuidor e das pás do rotor, através de inspeção visual, ensaios de líquido penetrante e por ultrassom.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.3.3.2 - Ensaio de pressão diferencial e sobrecurso dos servomotores

Definição do Item: Ensaio de pressão diferencial e sobrecurso dos servomotores. Ensaio efetuado através de medições das pressões nas câmaras de abertura e fechamento dos servomotores, cujo diferencial das mesmas nos indica as condições de atrito existente no sistema. O ensaio de sobrecurso é efetuado através da medida do deslocamento de recuo dos servomotores, após o esmagamento das palhetas diretrizes, tendo a finalidade de garantir o correto fechamento das palhetas diretrizes.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.3.3.3 - Medição do tempo de abertura/fechamento do distribuidor

Definição do Item: Medição do tempo de abertura/fechamento do distribuidor. Ensaio efetuado através do registro de deslocamento versus tempo do distribuidor, durante as operações de abertura e fechamento, comparando com os ajustes efetuados pelo fabricante.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.3.3.4 - Calibração da instrumentação utilizada na operação e na proteção da turbina

Definição do Item: Calibração da instrumentação utilizada na operação e na proteção da turbina. A calibração desta instrumentação (Pressostatos, manômetros, termômetros, RTD's, medidores de velocidade, etc.), é a comparação da medida com a de um padrão rastreado ao Sistema Internacional (SI), visa assegurar a confiabilidade dos processos de medição utilizados na operação e proteção da turbina.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.3.3.5 - Levantamento de erosão por cavitação no rotor da turbina

Definição do Item: Levantamento de erosão por cavitação no rotor da turbina. Inspeção dimensional da erosão por cavitação no rotor da turbina, com o objetivo de determinar a quantidade de material retirado por cavitação.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.3.3.6 - Controle de desgaste dos componentes da vedação do eixo

Definição do Item: Controle de desgaste dos componentes da vedação do eixo. Medições periódicas dos desgastes dos elementos de vedação, para evitar infiltração excessiva através da vedação do eixo.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5
Não se aplica	0

Subitens DARDO: 5.16.2 / 5.17.2 / 5.18.2 - Manutenção Preditiva – Equipamentos Auxiliares e Complementares a Usina

Para todos os subitens constantes das famílias 5.16.2 / 5.17.2 / 5.18.2 deverá ser realizada a média entre todos os pontos considerados. O valor médio é que deverá ser multiplicado pelo peso e utilizado para definição da nota do Critério.

Subitem DARDO: 5.16.2.1 - Monitoramento de pontos quentes nos barramentos, painéis, chaves seccionadoras, disjuntores, reatores e reguladores de tensão

Definição do Item: Monitoramento de pontos quentes nos barramentos, painéis, chaves seccionadoras, disjuntores, reatores e reguladores de tensão. Técnica utilizada através de medições periódicas de temperatura, através de termovisores, que possibilita a identificação de defeitos nos componentes dos referidos equipamentos.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.17.2.1 - Monitoramento de pontos quentes (termovisão) nos barramentos, painéis, disjuntores e retificadores

Definição do Item: Monitoramento de pontos quentes (termovisão) nos barramentos, painéis, disjuntores e retificadores. Técnica utilizada através de medições periódicas de temperatura, através de termovisores, que possibilita a identificação de defeitos nos componentes dos referidos equipamentos.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.17.2.2 - Teste de capacidade dos bancos de bateria

Definição do Item: Teste de capacidade dos bancos de bateria. Ensaio efetuado para verificar a capacidade e carga das baterias.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5
Não se aplica	0

Subitem DARDO: 5.18.2.1 - Análise do óleo isolante (físico-química e cromatografia)

Definição do Item: Análise do óleo isolante (físico-química e cromatografia). Ensaio físico-químico através dos quais se verifica a perda das características isolantes do óleo, bem como a presença de gases dissolvidos.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.18.2.2 - Verificação de pontos quentes através de termovisão

Definição do Item: Verificação de pontos quentes através de termovisão. Técnica utilizada através de medições periódicas de temperatura, através de termovisores, que possibilita a identificação de defeitos internos nos transformadores.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitens DARDO: 5.4.2 até 5.21.6 - Manutenção Preventiva – Equipamentos Auxiliares e Complementares a Usina

Para todos os subitens constantes destas famílias 5.4.2 até 5.21.6 referentes a manutenção preventiva deverá ser realizada a média entre todos os pontos considerados. O valor médio é que deverá ser multiplicado pelo peso e utilizado para definição da nota do Critério.

Subitem DARDO: 5.4.2.1 - Teste funcional do sistema

Definição do Item: Teste funcional do sistema. Ligar periodicamente os conjuntos moto bombas e verificar o funcionamento dos sistemas de partida manual e automática.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.4.2.2 - Limpeza e teste dos detectores de nível

Definição do Item: Limpeza e teste dos detectores de nível. Atividade periódica necessária para garantir a confiabilidade do funcionamento dos sistemas de partida e parada dos conjuntos moto bombas.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.4.2.3 - Desmontagem completa do conjunto moto bomba (inspeção/medição dos mancais, eixos e carcaça)

Definição do Item: Desmontagem completa do conjunto moto bomba. É a atividade periódica de inspeção, medição dos mancais, eixos e carcaça da moto bomba.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.4.2.4 - Lubrificação do conjunto moto bomba

Definição do Item: Lubrificação do conjunto moto bomba. Atividade periódica necessária para minimizar o aquecimento e desgaste dos componentes dos mancais dos conjuntos moto bombas.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.5.2.1 - Teste funcional do sistema

Definição do Item: Teste funcional do sistema. Ligar periodicamente os conjuntos moto bombas e verificar o funcionamento dos sistemas de partida manual e automática.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.5.2.2 - Limpeza e teste dos detectores de nível

Definição do Item: Limpeza e teste dos detectores de nível. Atividade periódica necessária para garantir a confiabilidade do funcionamento dos sistemas de partida e parada dos conjuntos moto bombas.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.5.2.3 - Desmontagem completa do conjunto moto bomba (inspeção/medição dos mancais, eixos e carcaça)

Definição do Item: Desmontagem completa do conjunto moto bomba (inspeção/medição dos mancais, eixos e carcaça). É a atividade periódica de inspeção, medição dos mancais, eixos e carcaça da moto bomba.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.5.2.4 - Lubrificação do conjunto moto bomba

Definição do Item: Lubrificação do conjunto moto bomba. Atividade periódica necessária para minimizar o aquecimento e desgaste dos componentes dos mancais dos conjuntos moto bombas.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.6.2.1 - Inspeção e/ou lubrificação dos mancais, cabos de aço, redutores, acoplamentos e sistemas de freios

Definição do Item: Inspeção e/ou lubrificação dos mancais, cabos de aço, redutores, acoplamentos e sistemas de freios. Atividade periódica necessária para minimizar o aquecimento e desgaste dos componentes dos mancais e redutores, bem como proteger os cabos de aço contra desgaste e oxidação.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5
Não se aplica	0

Subitem DARDO: 5.6.2.2 - Inspeção e reaperto nos painéis de comando e controle, resistências, barramento, contadores e conexões dos motores

Definição do Item: Inspeção e reaperto nos painéis de comando e controle, resistências, barramento, contadores e conexões dos motores. Atividades periódicas necessárias para prevenção de pontos quentes, baixa isolamento, umidade nos referidos componentes.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5
Não se aplica	0

Subitem DARDO: 5.7.2.1 - Lubrificação dos componentes dos motores/compressores e substituição/limpeza de filtros

Definição do Item: Lubrificação dos componentes dos motores/compressores e substituição/limpeza de filtros. Atividade periódica necessária para minimizar o aquecimento e desgaste dos componentes dos motores/compressores e evitar a saturação dos filtros do sistema.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.7.2.2 - Inspeção, reaperto, limpeza e ajustes, nos painéis, contadores, conexões dos motores, acoplamentos, correias, válvulas e tubulações

Definição do Item: Inspeção, reaperto, limpeza e ajustes, nos painéis, contadores, conexões dos motores, acoplamentos, correias, válvulas e tubulações. Atividades periódicas necessárias para prevenção de pontos quentes, baixa isolamento, umidade, afrouxamento e desgaste, e corrigir possíveis desajustes nos referidos componentes.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.7.2.3 - Calibração de manômetros/pressostatos

Definição do Item: Calibração de manômetros/pressostatos. A calibração destes instrumentos, comparação da medida com a de um padrão rastreado ao Sistema Internacional (SI), visa assegurar a confiabilidade dos processos de medição utilizados na operação e proteção dos sistemas de ar comprimido.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.8.2.1 - Teste funcional e inspeção dos componentes do filtro autolimpante

Definição do Item: Teste funcional e inspeção dos componentes do filtro autolimpante. Verificação do funcionamento do filtro e seus acessórios, e da integridade de seus componentes internos.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1

Atualizado e aplicado	+5
Não se aplica	0

Subitem DARDO: 5.8.2.2 - Calibração de pressostatos e manômetros

Definição do Item: Calibração de pressostatos e manômetros. A calibração destes instrumentos, comparação da medida com a de um padrão rastreado ao Sistema Internacional (SI), visa assegurar a confiabilidade dos processos de medição utilizados na operação e proteção do sistema de água de resfriamento das unidades geradoras.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.8.2.3 - Inspeção, limpeza e reaperto nos painéis de comando e controle

Definição do Item: Inspeção, limpeza e reaperto nos painéis de comando e controle. Atividades periódicas necessárias para prevenção de pontos quentes e baixa isolamento nos componentes dos referidos painéis.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5
Não se aplica	0

Subitem DARDO: 5.9.2.1 - Inspeção, limpeza e reaperto nos componentes do grupo motor/gerador

Definição do Item: Inspeção, limpeza e reaperto nos componentes do grupo motor/gerador. Atividade periódica necessária para prevenção de corrosão, remoção de sedimentos, verificações das fixações, níveis de óleo combustível e lubrificante, bomba de combustível, tubulações e mangueiras, limpeza de filtros (ar e combustível) e tanque de combustível.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.9.2.2 - Verificação dos ajustes dos reguladores de tensão e velocidade

Definição do Item: Verificação dos ajustes dos reguladores de tensão e velocidade. Garantir os parâmetros nominais de ajuste dos reguladores e conseqüentemente o desempenho de resposta dos mesmos.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.9.2.3 - Medição da resistência de isolamento do rotor/estator do gerador

Definição do Item: Medição da resistência de isolamento do rotor/estator do gerador. Determinação da resistência de isolamento entre os enrolamentos e enrolamento/carcaça com o objetivo de avaliar as condições de isolação e umidade, prevenindo contra curto circuitos.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.10.2.1 - Inspeção das estruturas metálicas, guias laterais, soleira, borrachas de vedação, mancais, sistema de acionamento e sistema de freios.

Definição do Item: Inspeção das estruturas metálicas, guias laterais, soleira, borrachas de vedação, mancais, sistema de acionamento e sistema de freios. Atividades periódicas necessárias para verificação de defeitos, tais como corrosão, afrouxamento nas fixações, desgaste e deterioração nos referidos componentes.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.10.2.2 - Lubrificação dos componentes do sistema de acionamento (acionamento eletromecânico)

Definição do Item: Lubrificação dos componentes do sistema de acionamento (acionamento eletromecânico). Atividade periódica necessária para minimizar o aquecimento e desgaste dos mancais e redutores, bem como proteger os cabos de aço contra desgaste e oxidação.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5
Não se aplica	0

Subitem DARDO: 5.10.2.3 - Inspeção, limpeza e verificação de ajustes dos componentes do circuito de comando, controle e supervisão, e medição de resistência de isolamento dos motores.

Definição do Item: Inspeção, limpeza e verificação de ajustes dos componentes do circuito de comando, controle e supervisão, e medição de resistência de isolamento dos motores. Atividades periódicas necessárias para prevenção de pontos quentes, baixa isolação, umidade, desgaste e desajustes nos referidos componentes.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.10.2.4 - Calibração dos pressostatos e manômetros (acionamento eletrohidráulico)

Definição do Item: Calibração dos pressostatos e manômetros (acionamento eletrohidráulico). A calibração destes instrumentos, comparação da medida com a de um padrão rastreado ao Sistema Internacional (SI), visa assegurar a confiabilidade dos processos de medição utilizados na operação e proteção deste sistema.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5
Não se aplica	0

Subitem DARDO: 5.10.2.5 - Verificação de ajustes das válvulas de segurança e alívio (acionamento eletrohidráulico)

Definição do Item: Verificação de ajustes das válvulas de segurança e alívio (acionamento eletrohidráulico). Ensaio efetuado através da pressurização do sistema até a atuação das respectivas válvulas e caso necessário, efetuar o ajuste e repetir o ensaio, até a atuação das válvulas ocorrerem com a pressão ajustada no comissionamento do sistema.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5
Não se aplica	0

Subitem DARDO: 5.10.2.6 - Análise do óleo da central hidráulica (acionamento eletrohidráulico)

Definição do Item: Verificação de ajustes das válvulas de segurança e alívio (acionamento eletrohidráulico). Análise do óleo da central hidráulica (acionamento eletrohidráulico): Ensaio físico-químico através dos quais se verifica a perda das características originais do óleo, bem como sua deterioração e contaminação.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5
Não se aplica	0

Subitem DARDO: 5.11.2.1 - Lubrificação dos mancais, cabos de aço e redutores

Definição do Item: Lubrificação dos mancais, cabos de aço e redutores. Atividade periódica necessária para minimizar o aquecimento e desgaste dos componentes dos mancais e redutores, bem como proteger os cabos de aço contra desgaste e oxidação.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5
Não se aplica	0

Subitem DARDO: 5.11.2.2 - Inspeção e reaperto nos painéis de comando e controle, contadores, motores, acoplamentos, redutores, freios

Definição do Item: Inspeção e reaperto nos painéis de comando e controle, contadores e conexões dos motores, acoplamentos e redutores. Atividades periódicas necessárias para prevenção de pontos quentes, baixa isolamento, umidade, afrouxamento e desgaste nos referidos componentes.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5
Não se aplica	0

Subitem DARDO: 5.13.2.1 - Medição de tempo de abertura e de fechamento

Definição do Item: Medição de tempo de abertura e de fechamento. Ensaio efetuado através do registro de deslocamento versus tempo, durante as operações de abertura e fechamento da comporta, comparando com os ajustes efetuados pelo fabricante.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.13.2.2 - Inspeção das estruturas metálicas, guias laterais, soleira, borrachas de vedação, mancais, sistema de acionamento e sistemas de freios.

Definição do Item: Inspeção das estruturas metálicas, guias laterais, soleira, borrachas de vedação, sistema de acionamento e sistemas de freios. Atividades periódicas necessárias para verificação de defeitos, tais como corrosão, afrouxamento nas fixações, desgaste e deterioração nos referidos componentes.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.13.2.3 - Lubrificação dos componentes do sistema de acionamento (acionamento eletromecânico)

Definição do Item: Lubrificação dos componentes do sistema de acionamento (acionamento eletromecânico). Atividade periódica necessária para minimizar o aquecimento e desgaste dos mancais e redutores, bem como proteger os cabos de aço contra desgaste e oxidação.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5
Não se aplica	0

Subitem DARDO: 5.13.2.4 - Inspeção, limpeza e verificação de ajustes dos componentes do circuito de comando, controle e supervisão, e medição de resistência de isolamento dos motores.

Definição do Item: Inspeção, limpeza e verificação de ajustes dos componentes do circuito de comando, controle e supervisão, e medição de resistência de isolamento dos motores. Atividades periódicas necessárias para prevenção de pontos quentes, baixa isolamento, umidade, desgaste e desajustes nos referidos componentes.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.13.2.5 - Calibração dos pressostatos e manômetros (acionamento eletrohidráulico)

Definição do Item: Calibração dos pressostatos e manômetros (acionamento eletrohidráulico). A calibração destes instrumentos, comparação da medida com a de um padrão rastreado ao Sistema Internacional (SI), visa assegurar a confiabilidade dos processos de medição utilizados na operação e proteção deste sistema.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5
Não se aplica	0

Subitem DARDO: 5.13.2.6 - Verificação de ajustes das válvulas de segurança e alívio (acionamento eletrohidráulico)

Definição do Item: Verificação de ajustes das válvulas de segurança e alívio (acionamento eletrohidráulico). Ensaio efetuado através da pressurização do sistema até a atuação das respectivas válvulas e caso necessário, efetuar o ajuste e repetir o ensaio, até a atuação das válvulas ocorrerem com a pressão ajustada no comissionamento do sistema.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5
Não se aplica	0

Subitem DARDO: 5.13.2.7 - Testar a atuação do fechamento de emergência

Definição do Item: Testar a atuação do fechamento de emergência. Atividade de verificação do sistema de fechamento de emergência.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.13.2.8 - Análise do óleo da central hidráulica (acionamento eletrohidráulico)

Definição do Item: Análise do óleo da central hidráulica (acionamento eletrohidráulico). Ensaio físico-químico através dos quais se verifica a perda das características originais do óleo, bem como sua deterioração e contaminação.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5
Não se aplica	0

Subitem DARDO: 5.14.2.1 - Lubrificação dos mancais, cabos de aço e redutores

Definição do Item: Lubrificação dos mancais, cabos de aço e redutores. Atividade periódica necessária para minimizar o aquecimento e desgaste dos componentes dos mancais e redutores, bem como proteger os cabos de aço contra desgaste e oxidação.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5
Não se aplica	0

Subitem DARDO: 5.14.2.2 - Inspeção e reaperto nos painéis de comando e controle, contadores, motores, acoplamentos, redutores, freios

Definição do Item: Inspeção e reaperto nos painéis de comando e controle, contadores, motores, acoplamentos, redutores, freios. Atividades periódicas necessárias para prevenção de pontos quentes, baixa isolamento, umidade, afrouxamento e desgaste nos referidos componentes.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5
Não se aplica	0

Subitem DARDO: 5.15.2.1 - Lubrificação dos mancais, cabos de aço e redutores

Definição do Item: Lubrificação dos mancais, cabos de aço e redutores. Atividade periódica necessária para minimizar o aquecimento e desgaste dos componentes dos mancais e redutores, bem como proteger os cabos de aço contra desgaste e oxidação.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5
Não se aplica	0

Subitem DARDO: 5.15.2.2 - Inspeção e reaperto nos painéis de comando e controle, contadores, motores, acoplamentos, redutores, freios

Definição do Item: Inspeção e reaperto nos painéis de comando e controle, contadores e conexões dos motores, acoplamentos e redutores. Atividades periódicas necessárias para prevenção de pontos quentes, baixa isolamento, umidade, afrouxamento e desgaste nos referidos componentes.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5
Não se aplica	0

Subitem DARDO: 5.16.3.1 - Inspeção, limpeza, reaperto e lubrificação dos disjuntores, seccionadoras, transformadores, reatores e painéis do sistema de média tensão

Definição do Item: Inspeção, limpeza, reaperto e lubrificação dos disjuntores, seccionadoras, transformadores, reatores e painéis do sistema de média tensão. Atividades periódicas necessárias para prevenção de pontos quentes, baixa isolamento, umidade, afrouxamento e desgaste nos referidos componentes.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.16.3.2 - Medição de resistência de isolamento dos enrolamentos e da rigidez dielétrica do óleo dos transformadores de serviço auxiliar

Definição do Item: Medição de resistência de isolamento dos enrolamentos e da rigidez dielétrica do óleo dos transformadores de média. Determinação da resistência de isolamento entre os enrolamentos e enrolamento/carcaça dos transformadores de serviço auxiliar, e avaliar as condições de isolamento do óleo isolante, prevenindo contra curto circuitos.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.16.3.3 - Verificação dos ajustes dos relés de sobrecorrente/sobretensão e dos funcionais do circuito de proteção no sistema de média tensão

Definição do Item: Verificação dos ajustes dos relés de sobrecorrente/sobretensão e dos funcionais do circuito de proteção no sistema de média tensão. Aplicar tensão e corrente nos relés através de uma caixa de teste, verificando seu ponto/característica de operação,

comparando com o ajuste implantado, bem como executar testes nos circuitos dos referidos relés.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.16.3.4 - Teste de comutação das fontes de Corrente Alternada

Definição do Item: Teste de comutação das fontes de Corrente Alternada. Verificação da comutação automática das fontes de Corrente Alternada dos serviços auxiliares através da simulação da lógica pré-estabelecida para seleção das fontes.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.16.3.5 - Calibração da instrumentação dos sistemas de média tensão

Definição do Item: Calibração da instrumentação dos sistemas de média tensão. A calibração desta instrumentação (medidores analógicos e digitais, multimedidores, etc.), comparação da medida com a de um padrão rastreado ao Sistema Internacional (SI), visa assegurar a confiabilidade dos processos de medição utilizados na operação e proteção dos referidos sistemas.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.17.3.1 - Calibração da instrumentação

Definição do Item: Calibração da instrumentação. A calibração desta instrumentação (medidores analógicos e digitais, multimedidores, etc.), comparação da medida com a de um padrão rastreado ao Sistema Internacional (SI), visa assegurar a confiabilidade dos processos de medição utilizados na operação e proteção dos referidos sistemas.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
---------------------------------	---------------

Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.17.3.2 - Inspeção, limpeza e reaperto nos barramentos, disjuntores, quadro de distribuição, painéis e bancos de baterias

Definição do Item: Inspeção, limpeza e reaperto nos barramentos, disjuntores, quadro de distribuição, painéis e bancos de baterias. Atividades periódicas necessárias para prevenção de pontos quentes, baixa isolamento, afrouxamento e oxidação dos terminais nos referidos componentes.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.18.3.1 - Calibração da instrumentação

Definição do Item: Calibração da instrumentação. A calibração desta instrumentação (indicadores de temperatura, termômetros, medidores analógicos e digitais, multimedidores, etc.), comparação da medida com a de um padrão rastreado ao Sistema Internacional (SI), visa assegurar a confiabilidade dos processos de medição utilizados na operação e proteção dos referidos sistemas.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.18.3.2 - Ensaio de rigidez dielétrica, teor de água, contagem de partículas, tensão interfacial e fator de dissipação do óleo isolante

Definição do Item: Ensaio de rigidez dielétrica, teor de água, contagem de partículas (se necessário), tensão interfacial e fator de dissipação do óleo isolante. Ensaios efetuados no óleo isolante, para verificar a capacidade de isolamento, a contaminação, o envelhecimento e a oxidação.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
--------------------------	--------

Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.18.3.3 - Inspeção, reaperto e limpeza dos componentes do circuito de comando e controle das bombas e ventiladores, e teste funcional dos mesmos

Definição do Item: Inspeção, reaperto e limpeza dos componentes do circuito de comando e controle das bombas e ventiladores, e teste funcional dos mesmos. Atividades periódicas necessárias para prevenção de pontos quentes e baixa isolamento nos componentes dos referidos circuitos.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.18.3.4 - Verificação dos ajustes das funções de proteção (sobrecorrente/diferencial)

Definição do Item: Verificação dos ajustes das funções de proteção (sobrecorrente/diferencial). Aplicar tensão e corrente nos relés através de uma caixa de teste, verificando seu ponto/característica de operação, comparando com o ajuste implantado.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.20.2.1 - Plano anual de manutenção preventiva do SMF

Definição do Item: Plano anual de manutenção preventiva do SMF. Elaboração de uma programação anual de atividades de manutenção preventiva do sistema de medição de faturamento, efetuado pelo agente conectante.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.20.2.2 - Calibração dos Medidores

Definição do Item: Calibração dos Medidores. A calibração destes instrumentos, comparação da medida com a de um padrão rastreado ao Sistema Internacional (SI), visa assegurar a confiabilidade dos processos de medição utilizados no sistema de medição de faturamento.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Necessita de adequações	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 5.21.1 - Limpeza do reservatório para retirada de plantas aquáticas, troncos, etc.

Definição do Item: Limpeza do reservatório para retirada de plantas aquáticas, troncos, etc. Procedimento empresarial ou específico da central contemplando os critérios para limpeza do reservatório para retirada elementos estranhos, como por exemplo, plantas aquáticas, madeiras, etc. e indicando as responsabilidades, os critérios para definição da necessidade da limpeza, a frequência, as instruções técnicas, etc.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5
Não se aplica	0

Subitem DARDO: 5.21.2 - Régua limnimétrica

Definição do Item: Régua limnimétrica. É uma escala graduada esmaltada, que é fixada verticalmente na maioria das vezes em colunas de madeira ou metálicas, ou mesmo pintada sobre uma superfície vertical, sendo utilizada para medir o nível d'água em lagos, rios e reservatórios. Inspeções da régua limnimétrica.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Necessita de adequações	-1
Atualizado e aplicado	+5
Não se aplica	0

Subitem DARDO: 5.21.4 - Procedimento de Controle de Assoreamento

Definição do Item: Procedimento de Controle de Assoreamento. Procedimento contendo os critérios e periodicidade de medição e acompanhamento da evolução do assoreamento do reservatório.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5
Não se aplica	0

Subitem DARDO: 5.21.5 - Procedimento de Controle de Descarga de Fundo

Definição do Item: Procedimento de Controle de Descarga de Fundo. Procedimento contendo os critérios e periodicidade de inspeções e manutenções dos equipamentos do sistema de descarga de fundo.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5
Não se aplica	0

Subitem DARDO: 5.21.6 - Procedimento de Controle de Vazão Sanitária ou Ecológica

Definição do Item: Procedimento de Controle de Vazão Sanitária ou Ecológica. Procedimento contendo os critérios e periodicidade de inspeções e manutenções dos equipamentos de controle de vazão sanitária ou ecológica.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5
Não se aplica	0

Subitem DARDO: 2.9 - Procedimento para aquisição, armazenamento, uso e descarte de produtos químicos perigosos

Definição do Item: Procedimento para aquisição, armazenamento, uso e descarte de produtos químicos perigosos. Procedimento contemplando os critérios de aquisição, uso e descarte de produtos químicos perigosos, tais como baterias, lâmpadas, sucatas, óleos, graxas de

lubrificação dos componentes do sistema de regulação da turbina, pastilhas do freio do gerador que contenham amianto e equipamentos que contenham PCB (Bifenilas Policloradas) - Askarel, entre outros.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Subitem DARDO: 4.4 - Política de sobressalentes, ferramentas especiais e dispositivos de montagem

Definição do Item: Política de sobressalentes, ferramentas especiais e dispositivos de montagem. Política com os critérios para dimensionamento, aquisição, armazenamento, identificação, controle, conservação e disponibilização dos sobressalentes, ferramentas especiais e dispositivos de montagem. A avaliação será considerada "utilizado e aplicado" se os sobressalentes, ferramentas especiais e dispositivos de montagem forem adequados às necessidades e estejam disponíveis.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5

Item adicional ao DARDO: Programação on-line de serviços obedecendo a restrições de produção, materiais e mão de obra

Definição do Item: Manutenção predominantemente planejadas. A ocorrência de manutenção corretivas praticamente inexistente. Registro on-line das paradas imprevistas de manutenção interligado com programa de eficiência de operacional e controles operacionais de smart factory. Sistema de geração de ordens automático pelo CMMS com alerta on-line de novas ordens. Compra de peças e materiais para atividades preventivas realizada em função das ações planejadas e, para as atividades corretivas, baseada na confiabilidade e custos. Programação on-line de serviços obedecendo a restrições de produção, materiais e mão de obra

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1

Atualizado e aplicado	+5
-----------------------	----

Item adicional ao DARDO: Controle visual dos equipamentos com atualização on-line

Definição do Item: Manutenção predominantemente planejadas. A equipe de manutenção tem acesso on-line à documentação técnica e vídeos com instruções técnicas. Controle visual com atualização on-line.

PADRÃO DE RESPOSTA DARDO	PONTOS
Inexistente	-5
Desatualizado ou obsoleto	-1
Atualizado e aplicado	+5