

MANUTENÇÃO 4.0: DESAFIOS E OPORTUNIDADES DA ERA DIGITAL PARA A MANUTENÇÃO INDUSTRIAL NAS EMPRESAS

Edgard Gonçalves Cardoso

REALIZAÇÃO



ESPECIALIZAÇÃO EM
ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO
E CONFIABILIDADE



APOIO



PARQUE TECNOLÓGICO DE SOROCABA



APRESENTAÇÃO

Engenheiro de Produção Mecânica, Tecnólogo em Gestão Empresarial e Manutenção Industrial

Pós graduado em Gestão Empresarial, Gestão Pública, Gestão de Projetos, Automação Industrial, Engenharia da Manutenção e Eng. de Segurança do Trabalho Especialista e Mestre em Energia

Instrutor do SENAI-SP, Técnico da UFABC e Professor na Facens

Formação em cursos técnicos, de aprendizagem industrial e de formação inicial e continuada

Trabalhou em pequenas, médias e grandes empresas (Arno S.A, Crisflex Produtos Técnicos de Borracha, Scania Latin America, Fatec)

Coautor de 3 livros na área de Manutenção Industrial e 1 de Energia (RSU) .

Site: www.professoredgard.com

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3483119098229702>

LinkedIn: <https://www.linkedin.com/in/professoredgard/>

Youtube: @oprofessoredgard (Professor Edgard)



REALIZAÇÃO



ESPECIALIZAÇÃO EM
ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO
E CONFIABILIDADE



APOIO



PARQUE TECNOLÓGICO DE SOROCABA



EMENTA

Introdução

Evolução da manutenção

Manutenção Classe Mundial

Manutenção 4.0

Manutenção preditiva

Internet das coisas aplicada à manutenção

Big Data aplicada à manutenção

Cloud computing e edge computing aplicadas à manutenção

Inteligência artificial aplicada à manutenção

Manutenção prognóstica

Manutenção prescritiva e analítica

SWOT da Manutenção 4.0

Introdução

REALIZAÇÃO



ESPECIALIZAÇÃO EM
ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO
E CONFIABILIDADE



APOIO



PARQUE TECNOLÓGICO DE SOROCABA





Conceito

- A manutenção 4.0 é sustentada por alguns pilares tecnológicos, como a manutenção preditiva, a internet das coisas, Big Data Analytics, Edge Computing, inteligência artificial e as manutenções prognóstica e prescritiva.
-

Tipos de Manutenção



REALIZAÇÃO



ESPECIALIZAÇÃO EM
ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO
E CONFIABILIDADE



APOIO



PARQUE TECNOLÓGICO DE SOROCABA





Início



Meu cadastro



Meus pedidos



Meu carrinho



Perguntas Frequentes



Norma Técnica

Código

ABNT NBR 5462:1994

Código Secundário : ABNT/TB 116

Norma em Revisão : Norma em Revisão: [Clique Aqui](#) para participar da elaboração.

Data de Publicação : 30/11/1994

Válida a partir de : 30/12/1994

Título : Confiabilidade e manutenibilidade

Título Idioma Sec. : Reliability and main maintainability - Terminology

Nota de Título : Confirmada em 07.07.2020

Comitê : ABNT/CB-003 Eletricidade

Páginas : 37

Status : Em Vigor

Idioma : Português

Organismo : ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

Preço (R\$) : 186,40

Objetivo : Esta Norma define os termos relacionados com a **confiabilidade** e manutenibilidade.



COMPRAR



CONTINUAR PESQUISANDO



VISUALIZE ANTES DE COMPRAR

Apenas para associados ABNT

ABNTCOLEÇÃO, CONHEÇA!

Quer ter acesso

os

CURSOS (0 itens)



PUBLICAÇÕES (0 itens)



DEMONSTRAÇÃO GRATUITA CLIQUE AQUI!

Para mais informações:
colecacao@abnt.org.br
(11) 3017-3652



Tipos de Manutenção

Manutenção Preventiva;

Manutenção Corretiva;

Manutenção Controlada ou Preditiva;

Manutenção Programada;

Manutenção Não-Programada;

Manutenção no campo;

Manutenção fora do local de utilização;

Manutenção Remota;

Manutenção Automática; e

Manutenção Diferida.

Manutenção Classe Mundial



REALIZAÇÃO



ESPECIALIZAÇÃO EM
ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO
E CONFIABILIDADE



APOIO



PARQUE TECNOLÓGICO DE SOROCABA





Indicadores WCM (*World Class Maintenance*) medem o desempenho da manutenção em comparação com os níveis de "classe mundial".

- Os indicadores precisam ser mensuráveis, o significa que devem ser capazes de medir o estado atual dos processos existentes em uma organização (RAZA, IMAM e RATNAYAKE, 2013).



WORLD CLASS MAINTENANCE - WCM

Práticas de manutenção

Política de estoques de
sobressalentes

Gerenciamento da manutenção

Sinergia produção - manutenção

Capacitação e polivalência

Manutenção produtiva total - TPM

Técnicas de análise de falhas

Manutenção centrada em
confiabilidade - RCM

Terceirização

Melhoria contínua

World Class
Maintenance

Kaizen

RCM

Statistical
analyses

Autonomous
maintenance

Spare parts
optimization

LCC

Optimization
of PM

5S

Root cause
analysis

Condition
Based
maintenance

Cost
Follow-up

Spare parts
control

OEE

CMMS

KPIs
for
maintenance

Planning of
maintenance

Fault
reports

Resources
for PM
secured

Manutenção 4.0

REALIZAÇÃO



ESPECIALIZAÇÃO EM
ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO
E CONFIABILIDADE



APOIO



PARQUE TECNOLÓGICO DE SOROCABA



-
- A Manutenção 4.0 é composta pelas tecnologias que são pilares da Quarta Revolução Industrial, bem como aprimora características e boas práticas já implementadas com sucesso no decorrer do desenvolvimento da manutenção.

-
- A seguir, serão apresentados os conceitos sobre Manutenção Preditiva, Internet das Coisas, Big Data, Computação em Nuvem, Inteligência Artificial e Manutenção Prescritiva.

Predictive Maintenance 4.0 Predict the unpredictable



mainnovation

<https://www.flexio.fr/wp-content/uploads/2019/09/maintenance-4.0-flexio-web.pdf?fcid=5d70b35b64ec4d1c4569c2f5>



<https://www.pwc.be/en/documents/20171016-predictive-maintenance-4-0.pdf>

Manutenção Preditiva

REALIZAÇÃO



ESPECIALIZAÇÃO EM
ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO
E CONFIABILIDADE



APOIO



PARQUE TECNOLÓGICO DE SOROCABA



-
- A manutenção preditiva, também denominada atualmente como *PdM 4.0*, é hoje uma das formas mais avançada de manutenção. É um método de prevenção de falha de ativo analisando dados de produção para identificar padrões e prever problemas antes que eles aconteçam (POOR, ŽENÍŠEK e BASL, 2019; CARDOSO, RIGOLON, et al., 2019; CARDOSO, RIGOLON, et al., 2017).

Algumas Técnicas Preditivas



Análise de vibrações;

Ultrassom;

Termografia;

Análise de óleo;

Monitoramento de ruídos;

Alinhamento a laser de eixos;

Endoscopia industrial.

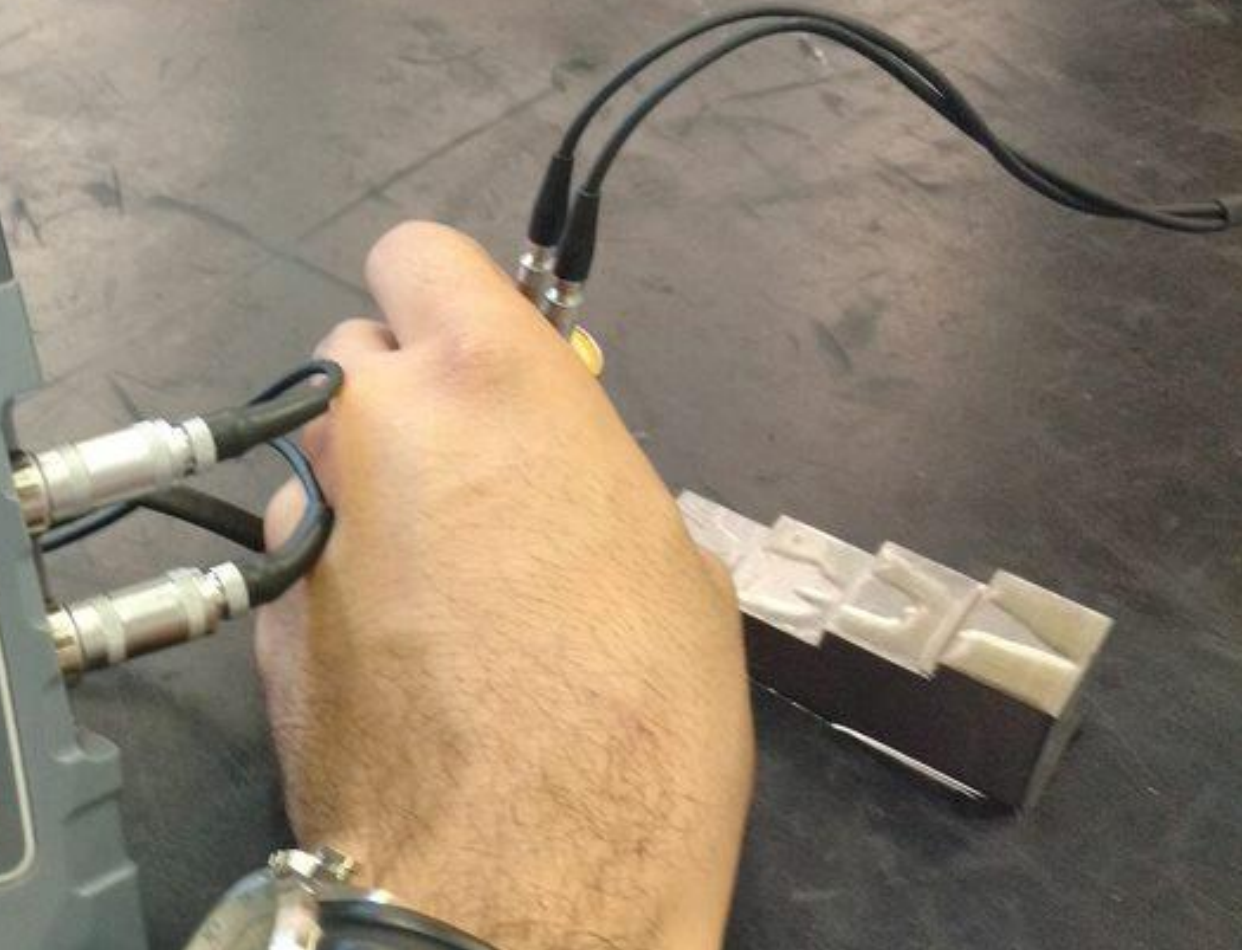


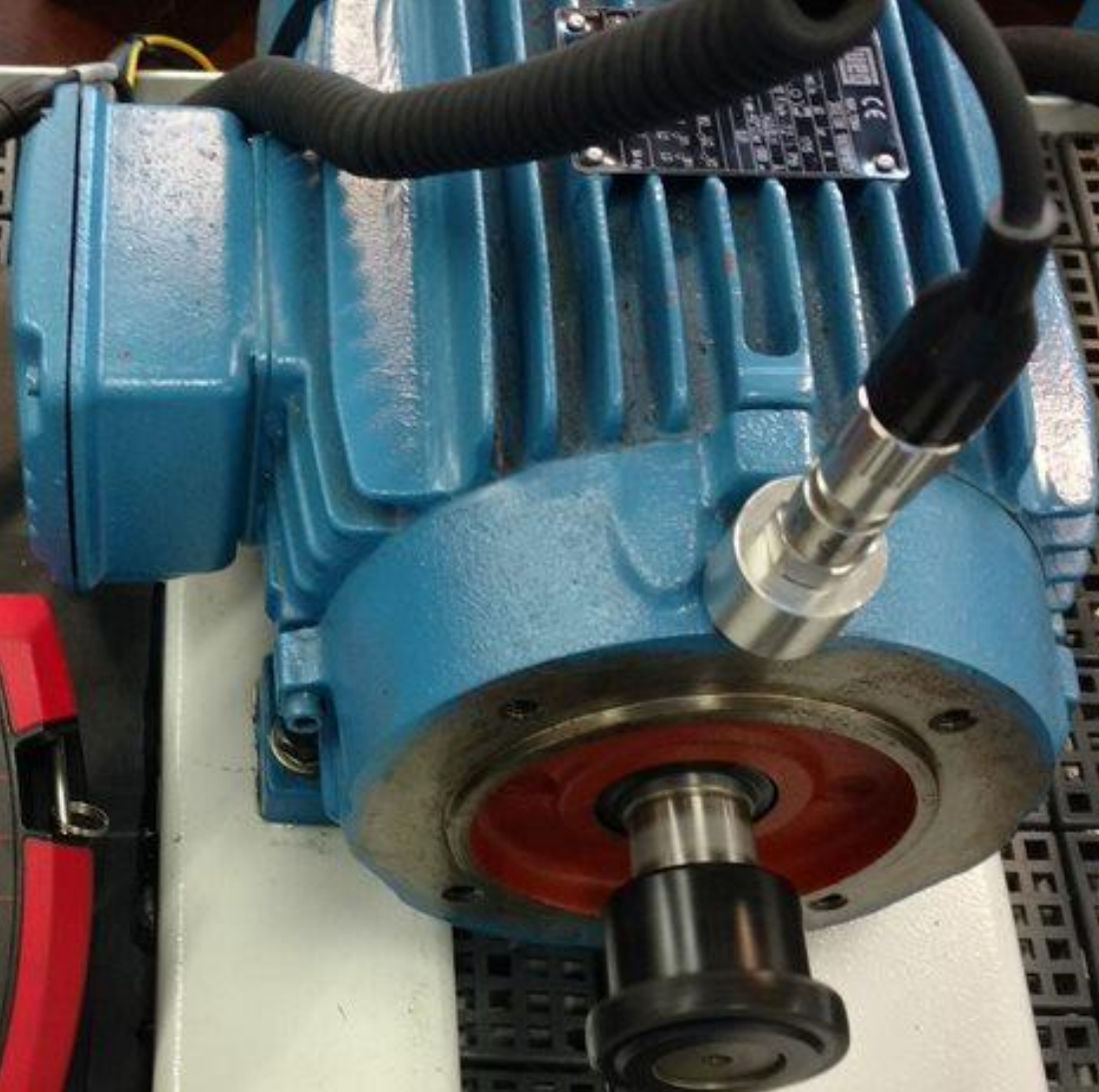
HYDAC



SIUI
CTS-9006

Basic AGC AVG Cal DAC Config Store





Contamination

13 12 7

ISO SAE/AS Flow Out Drive Temp

SP 1 SP 2

Esc Status O.K.

Water Saturation

27.5

%S

Temperature

30.2

°F °C

HYDAC | SensorMonitoring Unit SMU

CS 1000 IN AS 1000 IN CS 1000 OUT AS 1000 OUT DC IN / HSI 12V, 24V

HSI / ETH



Internet das coisas aplicada à manutenção



REALIZAÇÃO



ESPECIALIZAÇÃO EM
ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO
E CONFIABILIDADE



APOIO



PARQUE TECNOLÓGICO DE SOROCABA



-
- A internet possibilitou que as tecnologias máquina a máquina (M2M – Machine to Machine) atingissem um nível de comunicação avançada, envolvendo serviços, pessoas, máquinas ou qualquer objeto físico com sistemas embutidos (FIRJAN, 2016).





Big Data aplicada à manutenção

REALIZAÇÃO



ESPECIALIZAÇÃO EM
ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO
E CONFIABILIDADE



APOIO



PARQUE TECNOLÓGICO DE SOROCABA

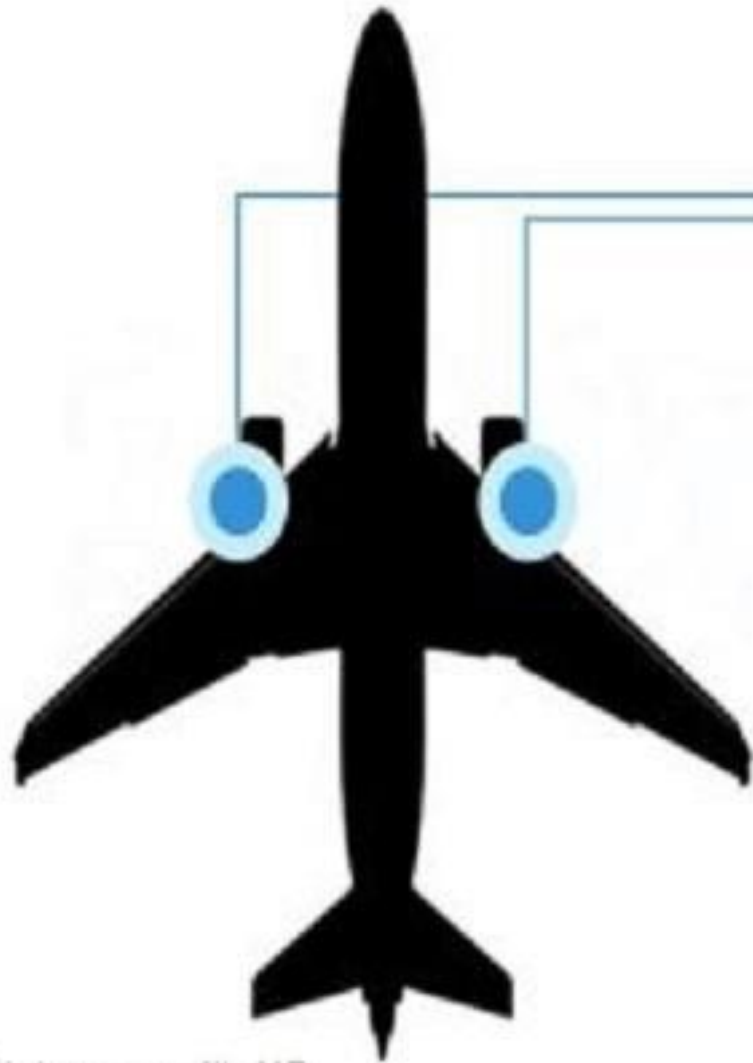


Big Data aplicada à manutenção

- O Big Data é um novo paradigma de mineração de dados, que combina técnicas de análise e modelagem que exigem grande capacidade de armazenamento e poder de processamento (COSTA, 2017).

- Os dados coletados por sensores em uma aeronave cobrem mais de 300.000 parâmetros, sendo os dados do motor um dos pontos de dados mais importantes capturados. A aeronave comercial média - como o Boeing 737 - cria 20 terabytes de informações do motor por hora.

Sensor data from a cross-country flight



20 TB × 2 × 6 × 28,537 × 365

20 terabytes of
information per
engine every hour

twin-engine
Boeing 737

six-hour, cross-
country flight from
New York to Los
Angeles

of commercial
flights in the sky in
the United States on
any given day.

days in a year

= **2,499,841,200 TB**

Cloud computing e edge computing aplicadas à manutenção



REALIZAÇÃO



ESPECIALIZAÇÃO EM
ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO
E CONFIABILIDADE



APOIO



PARQUE TECNOLÓGICO DE SOROCABA

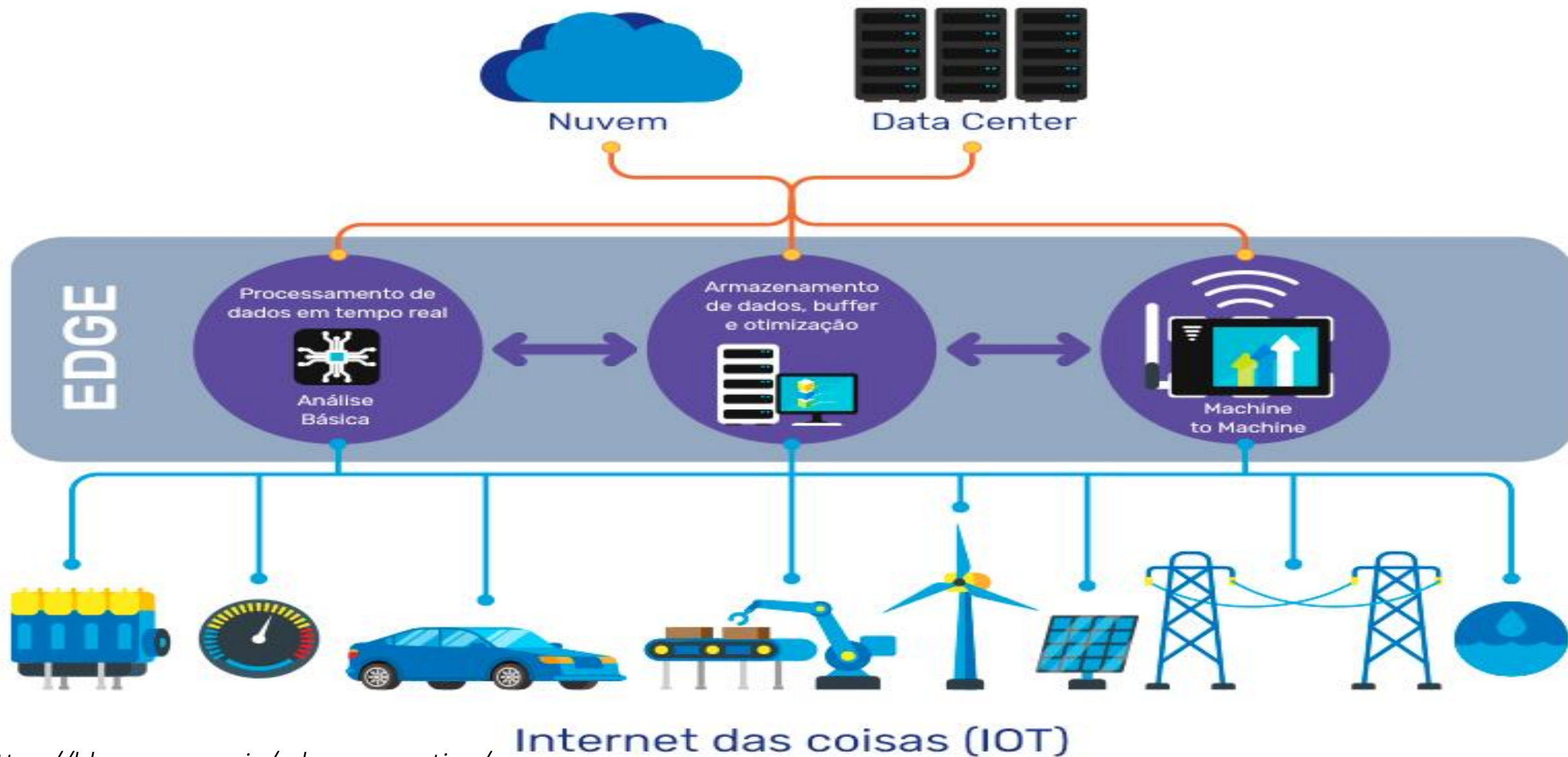


Cloud computing e edge computing aplicadas à manutenção

- Antes do surgimento do paradigma Edge Computing, Cloud Computing tinha uma estrutura centralizada onde a computação e o armazenamento eram implantados apenas em um servidor centralizado ou distribuído na nuvem remota.

- No paradigma Edge Computing uma parte importante das tarefas de computação e até mesmo de armazenamento não acontecem mais na nuvem, mas no “Edge”, disponibilizando os processos de computação mais próximos dos locais onde os dispositivos IoT funcionam (SITTÓN-CANDANEDO, ALONSO, et al., 2020).

Edge Computing



Inteligência artificial aplicada à manutenção



REALIZAÇÃO



ESPECIALIZAÇÃO EM
ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO
E CONFIABILIDADE



APOIO



PARQUE TECNOLÓGICO DE SOROCABA

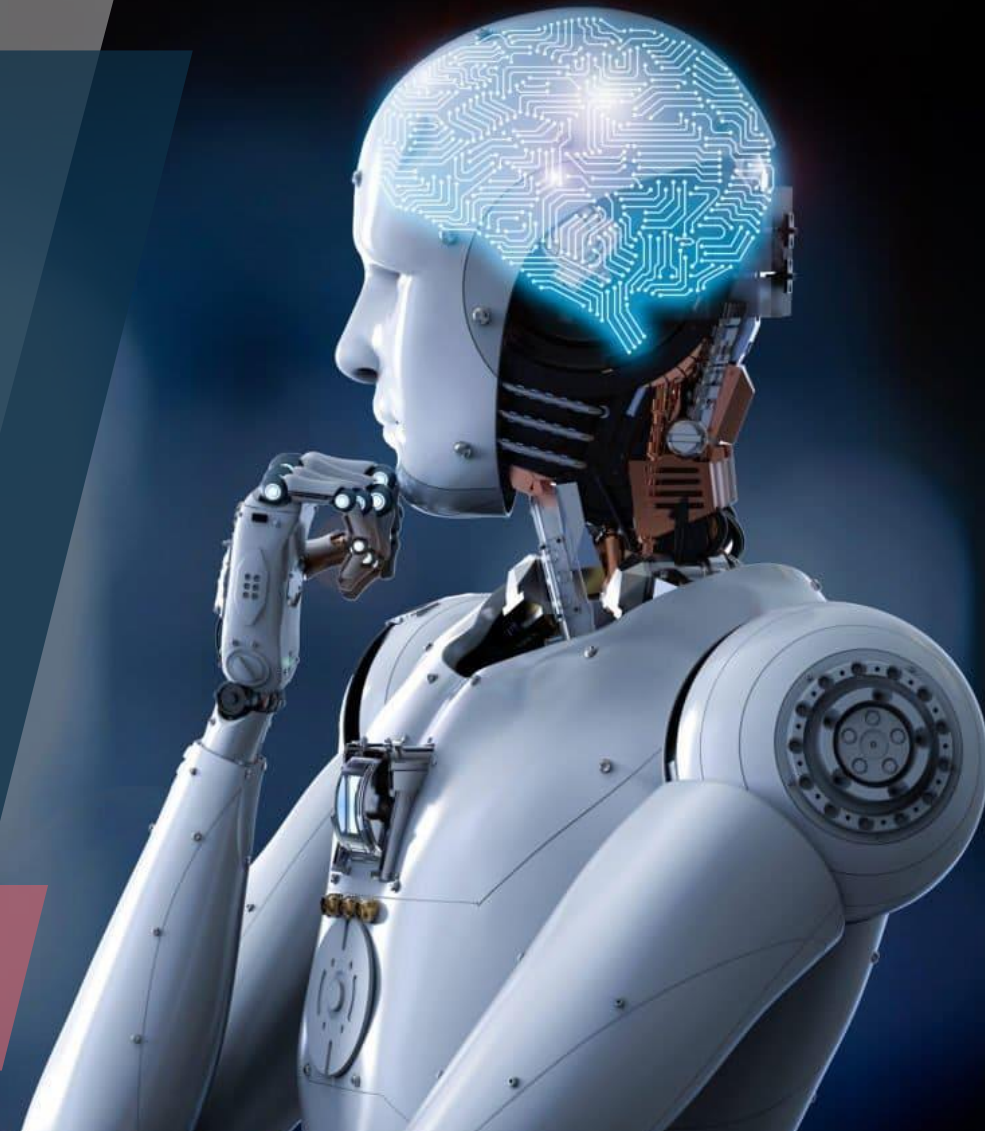


Inteligência artificial aplicada à manutenção

- Através desses sistemas é possível monitorar as condições físicas, tomar decisões, efetuar ações de manutenção e fornecer diagnósticos precisos de falhas (GONÇALVES, 2011).



Manutenção prognóstica



REALIZAÇÃO



ESPECIALIZAÇÃO EM
ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO
E CONFIABILIDADE



APOIO



PARQUE TECNOLÓGICO DE SOROCABA



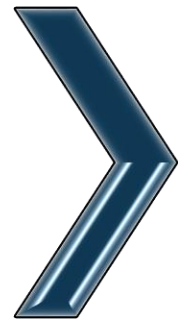
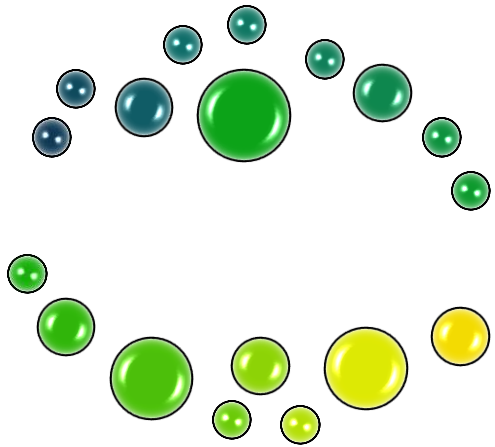
Manutenção prognóstica

- Identificados os padrões que configuram um determinado modo de falha incipiente, procede-se uma análise da tendência de evolução destes padrões estabelecendo-se o prognóstico da falha (SOUZA, 2008).

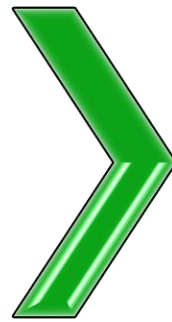
Dados

Informações

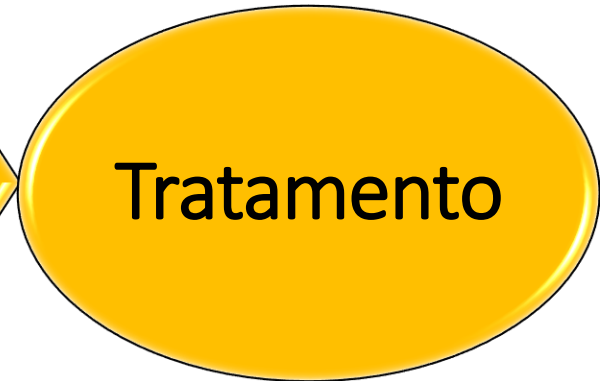
Comparações



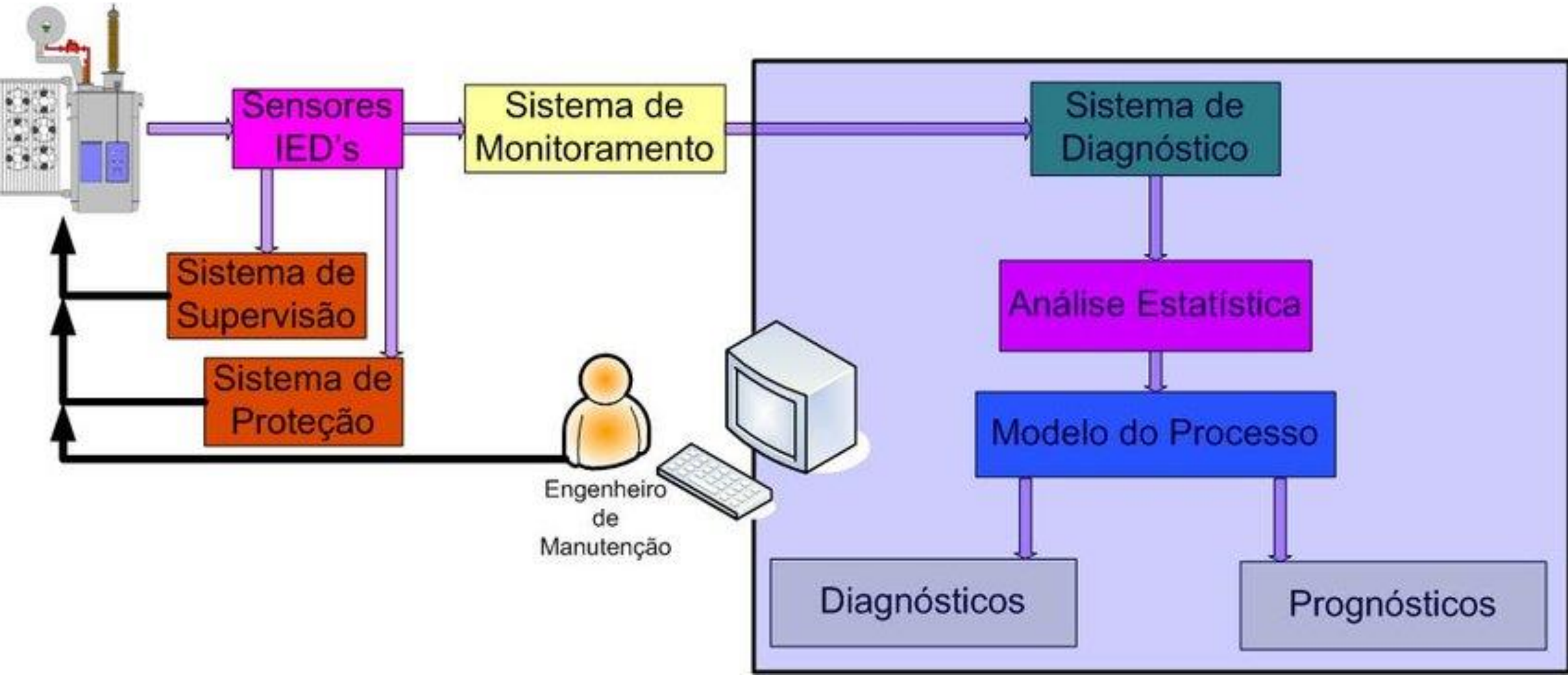
Diagnóstico



Prognóstico



Tratamento



Manutenção prescritiva e analítica



REALIZAÇÃO



ESPECIALIZAÇÃO EM
ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO
E CONFIABILIDADE



APOIO



PARQUE TECNOLÓGICO DE SOROCABA



Manutenção prescritiva e analítica

- Os ativos tornam-se cientes de sua função de falha a tempo e, assim, podem estimar suas necessidades de manutenção, o que é denominado de manutenção prescritiva (Prescriptive Maintenance - PcrM) (MARTÍN, ÁLVAREZ, et al., 2020).

- *Prescriptive Maintenance - PcrM* é o conceito mais avançado em manutenção industrial, tendo sua estrutura sustentada por *Big Data*, análise gráfica, simulações, processamento de eventos complexos, redes neurais (*neural networks*) e aprendizado de máquina (*machine learning*).

THE EVOLUTION OF MAINTENANCE STRATEGIES

REACTIVE



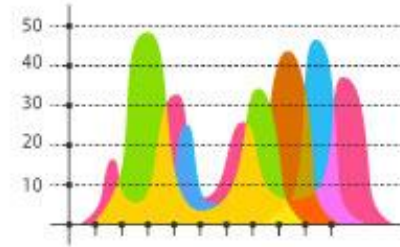
PREVENTIVE



CONDITION-BASED



PREDICTIVE



PRESCRIPTIVE





SWOT

Manutenção 4.0

REALIZAÇÃO



ESPECIALIZAÇÃO EM
ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO
E CONFIABILIDADE



APOIO



PARQUE TECNOLÓGICO DE SOROCABA



FORÇAS

- Melhora a eficiência econômica
- Maximiza os lucros da produção e minimiza todos os custos e perdas, incluindo ativos
- Reduz o tempo de manutenção e o estoque
- Maior vida útil do equipamento
- Melhoria na disponibilidade
- Ajusta os dados em tempo real do status da máquina e prevê falhas futuras, além de permitir a tomada de decisão baseada em dados
- Facilita a gestão do conhecimento das atividades de manutenção e eventos passados
- Diminui o uso de peças sobressalentes e lubrificantes
- Melhora a segurança ambiental e do trabalhador
- Fornece melhorias para mitigação de acidentes
- Permite a experimentabilidade, ou seja, pode ser testado sem implementação completa

FRAQUEZAS

- Complexidade de inovação
- Complexidade e grandes desafios para entender e aplicar tecnologias
- Dificuldades em demonstrar benefícios financeiros
- Necessidade de encontrar e até capacitar profissionais de manutenção especializados
- Dificuldade no estabelecimento de indicadores de estado de dos ativos para estabelecer planos de manutenção
- Manutenção corretiva/reativa, preventiva e baseada na condição insuficientes para o desenvolvimento de M4.0
- Necessidade de pesquisas para ter um impacto amplo
- Alto investimento de capital na adoção de novas TICs
- Curta vida das TICs e tecnologias relacionadas, tornando-se obsoletas e sendo necessário substituí-las por sistemas de geração mais recente
- Dificuldades em avaliar a qualidade dos dados em um período razoável devido às quantidades de dados e pouca informação relevante
- Tecnologia necessária pode ser proibitiva para pequenas e médias empresas

FORÇAS

- Mudanças das políticas de manutenção e do papel dos trabalhadores no suporte às inovações tecnológicas
- Desenvolvimento de novas tecnologias que afetam a engenharia de manutenção
- Possibilidade única para fazer uma evolução disruptiva com M4.0
- Contribuição para uma economia circular e sustentável
- Desenvolvimento de novas capacidades organizacionais
- Aumento do envolvimento dos funcionários, permitindo uma combinação de abordagens de cima para baixo e de baixo para cima
- Criação de novos modelos integrados de custo-benefício que incluam impacto positivo na gestão de ativos
- Rastreabilidade dos fluxos de dados dos ativos de produção

AMEAÇAS

- Organizações com setores de manutenção incapazes de se adaptar podem causar grandes problemas aos ativos e a produção
- Implantações não planejadas adequadamente podem resultar em altos custos para a organização
- Mesmo com programações de manutenções preventivas e periódicas, as falhas das máquinas não são totalmente controladas
- Falhas de segurança cibernética, confiabilidade e análise de falhas
- Questões de regulamentação e responsabilidade por normas, propriedade de dados, propriedade intelectual e segurança



Reflexão

think.

REALIZAÇÃO



ESPECIALIZAÇÃO EM
ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO
E CONFIABILIDADE



APOIO



PARQUE TECNOLÓGICO DE SOROCABA



Reflexão...

- Qual o grau de maturidade da tua empresa?
- Como tua empresa gerencia os ativos?
- Tua empresa tem implementadas as ferramentas básicas da qualidade?
- Tua empresa tem implementadas as ferramentas avançadas da qualidade?
- Tua empresa tem forte atuação em engenharia de manutenção/confiabilidade?

Reflexão...

Grande parcela das organizações empresariais:

- Não tem controle sobre seus ativos;
- Não tem programa de controle da manutenção;
- Não possui indicadores claros sobre seus processo;
- Vê a manutenção como gasto e área dispensável;
- Não investe na formação dos profissionais.

Premier Reference Source

Applications and Challenges of Maintenance and Safety Engineering in Industry 4.0



Alberto Martinetti, Micaela DeMichela, and Sarbjeet Singh

IGIGlobal
PUBLISHER of TIMELY KNOWLEDGE

MAINTENANCE 4.0 IMPLEMENTATION HANDBOOK

David Almagor, Deddy Lavid,
Avi Nowitz and Eitan Vesely

IoT

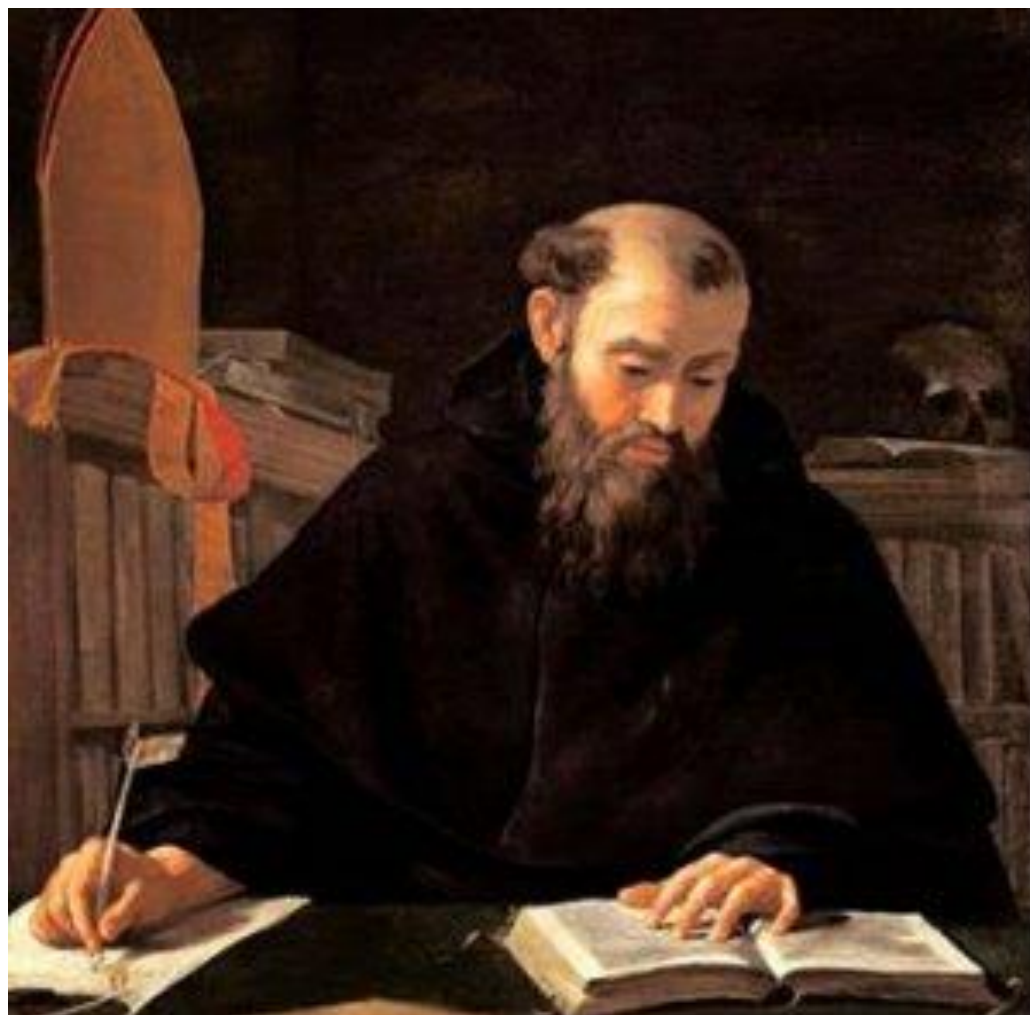
A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Klaus Schwab

WORLD
ECONOMIC
FORUM

COMMITTED TO
IMPROVING THE STATE
OF THE WORLD

edipro



"As pessoas costumam amar a verdade quando esta as ilumina, porém tendem a odiá-la quando as confronta."

Santo Agostinho

Referências

- BROWN, P.; SONDALINI, M. Asset Maintenance Management - The Path toward Defect Elimination. [S.I.]: Lifetime Reliability - Solutions, 2010.
- CARDOSO, E. G. et al. Manutenção Eletromecânica. São Paulo: SENAI-SP, 2016. 632 p. ISBN ISBN 978-85-8393-424-0.
- CARDOSO, E. G. et al. Manutenção Mecânica Industrial - Técnicas Preditivas e de Análise de Falhas. 1ª. ed. São Paulo: SENAI-SP, 2017. 2016 p. ISBN ISBN 978-85-9363-853-8.
- CARDOSO, E. G. et al. Administração da Manutenção Industrial - Técnicas Aplicadas. São Paulo: SENAI-SP, 2019. 336 p. ISBN ISBN 978-85-8393-963-4.
- COSTA, C. I. D. A. Aplicação de Técnicas de Big Data à Previsão de Carga Elétrica. Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, p. 179. 2017.
- FIRJAN. Indústria 4.0: Internet das Coisas. Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 38. 2016.
- FLYNN, B. B.; SCHROEDER, G.; BATES, K. A. World class manufacturing in the United. Proceedings of the Decision Sciences Institute, New Orleans Institute, 1989.
- GONÇALVES, L. F. Desenvolvimento de um Sistema de Manutenção Inteligente Embarcado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 233. 2011.
- JASIULEWICZ - KACZMAREK, M.; GOLA, A. Maintenance 4.0 Technologies for Sustainable Manufacturing – an Overview. ScienceDirect IFAC-PapersOnLine, p. 91–96, 2019.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. Manutenção - Função Estratégica. 4ª. ed. Rio de Janeiro: QualityMark, 2012. ISBN ISBN-13: 978-8541400404.
- LABIB, A. World-class maintenance using a computerised maintenance management system. Journal of Quality in Maintenance Engineering, v. 4, p. 66-75, Março 1998.
- MARTÍN, M. G. et al. New Business Models from Prescriptive Maintenance Strategies Aligned with Sustainable Development Goals. MPDI Sustainability, Basel, n. 213, p. 26, 2020.
- MOURTZIS, D. et al. Integrated Production and Maintenance Scheduling Through Machine Monitoring and Augmented Reality: An Industry 4.0 Approach. HAL-Inria, p. 354-362, Setembro 2017. Disponível em: <<https://hal.inria.fr/hal-01666188>>.

MULDERS, M.; HAARMAN, M. Predictive Maintenance 4.0 - Predict the unpredictable. [S.l.]: [s.n.], 2017.

NIEBEL, B. W. Engineering Maintenance Management. New York: Marcel Dekke, 1994.

POOR, P.; ŽENÍŠEK, D.; BASL, J. Historical Overview of Maintenance Management Strategies: Development from Breakdown Maintenance to Predictive Maintenance in Accordance with Four Industrial Revolutions. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Pilsen, p. 495-504, Julho 2019.

RAZA, J.; IMAM, S. F.; RATNAYAKE, R. M. C. World Class Maintenance (WCM): Measurable indicators creating Opportunities for the Norwegian Oil and Gas industry. IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM). Bangkok: [s.n.]. 2013.

RIBEIRO, D.R.S., MENDES, L.G., FORCELLINI, F.A., FRAZZON, E.M. (2022). Maintenance 4.0: A Literature Review and SWOT Analysis. In: Freitag, M., Kinra, A., Kotzab, H., Megow, N. (eds) Dynamics in Logistics. LDIC 2022. Lecture Notes in Logistics. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-05359-7_33

SAES, F. A. M. D.; SAES, A. M. História Econômica Geral. São Paulo: Saraiva, v. I, 2013. 664 p. ISBN ISBN-13: 978-8502212541.

SILVA, D. D. S. D.; LIMA, E. V. O Planejamento e Controle da Manutenção na Indústria 4.0. IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa: [s.n.]. 2019. p. 12.

SITTÓN-CANDANEDO, I. et al. Edge Computing Architectures in Industry 4.0: A General Survey and Comparison. IoT Digital Innovation HUB,. Salamanca: University of Salamanca. 2020. p. 121-131.

SOUZA, R. D. Q. Metodologia e Desenvolvimento de um Sistema de Manutenção Preditiva visando à melhoria da confiabilidade de ativos de uma usina hidrelétrica. Universidade de Brasília. Brasília, p. 226. 2008.

TAVARES, L.; SILVA, F. Índices Brasileiros de Manutenção. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2021. ISBN ISBN-13: 978-8541403627.

TZVETKOVA, S.; KLAASSENS, B. Preventive Maintenance for Industrial Application. IFAC Proceedings Volumes, v. 34, n. 29, p. 3-8, 2001. ISSN ISSN 1474-6670.

VILAÇA, M. L. C.; ARAUJO , E. V. F. D. Tecnologia, Sociedade e Educação na Era Digital. ISBN:978-85-88943-69-8. ed. Duque de Caxias: UNIGRANRIO, 2006.

WANG, J. et al. A new paradigm of cloud-based predictive maintenance for intelligent manufacturing. Journal of Intelligent Manufacturing, v. 28, p. 1125-1137, Junho 2017.

Obrigado

Edgard Gonçalves Cardoso
edgardmaua@hotmail.com
www.professoredgard.com

REALIZAÇÃO



ESPECIALIZAÇÃO EM
ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO
E CONFIABILIDADE



APOIO



PARQUE TECNOLÓGICO DE SOROCABA

