

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

EMILIANA BORSANELLI SILVA

**DIAGNÓSTICO DE FALHAS, PELO CONTROLE DA VISCOSIDADE DO ÓLEO
LUBRIFICANTE, ATRAVÉS DE SISTEMA IMUNOLÓGICO ARTIFICIAL**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

EMILIANA BORSANELLI SILVA

DIAGNÓSTICO DE FALHAS, PELO CONTROLE DA VISCOSIDADE DO ÓLEO LUBRIFICANTE, ATRAVÉS DE SISTEMA IMUNOLÓGICO ARTIFICIAL

Dissertação de Mestrado apresentada à
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira –
Unesp como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em Engenharia
Mecânica.

Área de conhecimento: Mecânica dos
Sólidos.

Prof. Dr. Aparecido Carlos Gonçalves
Orientador.

Prof. Dr. Roberto Outa
Coorientador.

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S586d Silva, Emiliana Borsanelli.
Diagnóstico de falhas, pelo controle da viscosidade do óleo lubrificante, através de sistema imunológico artificial / Emiliana Borsanelli Silva. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2021
108 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Mecânica dos Sólidos, 2021

Orientador: Aparecido Carlos Gonçalves

Coorientador: Roberto Outa

Inclui bibliografia

1. Análise de vibrações. 2. Tribologia. 3. Manutenção preditiva. 4. Viscosidade. 5. Sistema imunológico artificial. 6. Rede neural, inteligência artificial.


Raiane da Silva Santos

Supervisora Técnica de Seção
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretora Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB/8 - 9999

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DIAGNÓSTICO DE FALHAS, PELO CONTROLE DA VISCOSIDADE DO ÓLEO LUBRIFICANTE, ATRAVÉS DE SISTEMA IMUNOLÓGICO ARTIFICIAL

AUTORA: EMILIANA BORSANELLI SILVA

ORIENTADOR: APARECIDO CARLOS GONCALVES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em ENGENHARIA MECÂNICA, área: Mecânica dos Sólidos pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. APARECIDO CARLOS GONCALVES (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. GILBERTO PECHOTO DE MELO (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. ADRIANO SILVA BORGES (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Mecânica / Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

Ilha Solteira, 07 de outubro de 2021

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho as minhas queridas avós Esmeralda Trevisan Silva (in memoriam) e Maria Joana Bertochi Borsanelli (in memoriam), ambas tiveram um papel importantíssimo na minha formação ética e profissional.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro momento, agradeço a Deus por me permitir a sabedoria necessária a execução deste trabalho.

Agradeço e dedico este trabalho a pessoas essenciais em minha vida, sem as quais a realização deste trabalho não seria possível:

Ao professor Dr. Aparecido Carlos Gonçalves, pela orientação com grande competência, seriedade e, principalmente, pelo forte apoio e incentivo ao longo do período de realização deste projeto, e também pela paciência, confiança e amizade.

Aos professores Chavarette e Outa por toda ajuda e empenho em buscar soluções para o projeto.

Ao professor Gilberto por toda orientação acadêmica desde a graduação.

Aos meus pais Mário Luiz da Silva e Vânia Marisa Borsanelli Silva pela amizade, amor e carinho que sempre dedicaram aos seus filhos.

Ao meu companheiro de vida, Fernando, que sempre me encorajou a continuar meus estudos.

Aos professores das disciplinas que cursei no mestrado e me permitiram crescer tecnicamente.

Aos colegas de laboratório Wilson, Gabriel, Guilherme, Thiago e Luiz por toda ajuda e dedicação.

A todos os técnicos dos departamentos, por toda ajuda e solidariedade prestada durante a realização do experimento.

Ao departamento de Engenharia Mecânica da FEIS-UNESP, pela disponibilidade de laboratórios, oficina e equipamentos.

E a todos que contribuíram para a minha evolução acadêmica, profissional e humana.

“A ciência mais útil é aquela cujo fruto é o mais comunicável.” Leonardo di Ser Piero da Vinci.

RESUMO

O aumento populacional expressivo nas últimas décadas requer o aumento da produtividade em todos os setores, e para conseguir atingir os níveis de produtividade requerido pelo consumo mundial, as máquinas, equipamentos, dispositivos entre outros componentes utilizados na produção em massa precisam estar disponíveis, sem a ocorrência de falhas, ou quantidade excessiva de manutenções desnecessárias. Um dos métodos utilizados para garantir a disponibilidade de equipamentos mecânicos é através do controle de lubrificação. A viscosidade de um lubrificante é um fator decisivo na vida útil de uma máquina ou equipamento, assim como um indicador da “saúde” do sistema onde este é aplicado. A coleta deste lubrificante para análise off-line torna o processo demorado e dispendioso. A medição de uma possível mudança de viscosidade, online, permite a aplicação da manutenção preditiva sem a necessidade de paradas de produção e a um custo bem menor. São raros os trabalhos que conseguem capturar uma pequena mudança de viscosidade em um sistema mecânico. Este trabalho propôs a confecção de um sistema mecânico composto por uma caixa de engrenagens, no qual foi acoplado um sistema de aquisição de dados de sinais de vibrações. Foram criadas 3 viscosidades diferentes através de misturas de lubrificantes semelhantes. Para cada viscosidade foram captados os dados de vibração do sistema, com a variação da frequência de 18 até 30 Hz, com intervalo de 2 em 2 Hz, e aquisição de pelo menos 5.000 dados por leitura. Os dados medidos formaram a base de um sistema imunológico artificial capaz de monitorar online a variação da viscosidade do óleo lubrificante durante o seu uso no sistema mecânico, de modo a diagnosticar o desgaste ou contaminação do óleo lubrificante e evitar a falha dos componentes mecânicos devido à variação da viscosidade no sistema. Os resultados mostraram que o sistema imunológico utilizado conseguiu captar a mudança de viscosidade no sistema de engrenagens construído. A solução desenvolvida pode ser expandida a qualquer outro sistema mecânico com êxito, desde que, sejam conhecidos os parâmetros e condições ideais de funcionamento do equipamento em avaliação.

Palavras-chave: análise de vibrações; tribologia; manutenção preditiva; viscosidade; sistema imunológico artificial; redes neurais; inteligência artificial.

ABSTRACT

The significant population increase in recent decades requires increased productivity in all sectors, and to achieve the levels of productivity required by world consumption, machines, equipment, devices and other components used in mass production need to be available, without the occurrence of failures, or excessive amount of unnecessary maintenance. One of the methods used to ensure the availability of mechanical equipment is through lubrication control. The viscosity of a lubricant can be a decisive factor in the life of a machine or equipment, as well as an indicator of the “health” of the system where it is applied. Collecting this lubricant for offline analysis makes the process time-consuming and costly. The measurement of a possible viscosity change, online, allows the application of predictive maintenance without the need for production stoppages and at a much lower cost. Works that manage to capture a small change in viscosity in a mechanical system are rare. This work proposed the construction of a mechanical system composed of a gearbox, to which a vibration signal data acquisition system was coupled. Three different viscosities were created by mixing similar lubricants. For each viscosity, the system vibration data were collected with the frequency variation from 18 to 30 Hz, with interval of 2 in 2 Hz, and acquisition of at least 5,000 data per reading. The measured data formed the basis of an artificial immune system capable of monitoring online the variation in the viscosity of the lubricating oil during its use in the mechanical system, in order to diagnose the wear or contamination of the lubricating oil and prevent the failure of mechanical components due to viscosity variation in the system. The results showed that the immune system used managed to capture the change in viscosity in the gear system built. The developed solution can be successfully expanded to any other mechanical system, as long as the parameters and ideal operating conditions of the equipment under evaluation are known.

Keywords: vibration analysis; tribology; predictive maintenance; viscosity; artificial immune system; neural networks; artificial intelligence.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gráfico de estimativa do crescimento da população mundial	18
Figura 2 - Evolução da Manutenção.....	22
Figura 3 - Patentes contendo as palavras “manutenção preditiva” no resumo	25
Figura 4 - Patentes contendo as palavras “manutenção preditiva” no resumo	26
Figura 5 - Patentes contendo as palavras manutenção preditiva.....	27
Figura 6 - Patentes contendo as palavras manutenção preditiva.....	27
Figura 7 - Dados da busca contendo as palavras manutenção preditiva	28
Figura 8 - Dados da busca contendo as palavras manutenção preditiva	28
Figura 9 - Manutenção preditiva com análise de vibração.	33
Figura 10 - Neurônio humano versus Rede Neural Artificial	41
Figura 11 - Patentes com as palavras manutenção preditiva sistema imunológico artificial	44
Figura 12 - Imagem do motor elétrico WEG W22.....	47
Figura 13 - Imagem do inversor de frequência CFW08.....	48
Figura 14 - Imagem do motor elétrico e do acionamento por polias e correia para movimentar as engrenagens	49
Figura 15 - Imagem das engrenagens montadas na caixa redutora	50
Figura 16 - Imagem dos eixos montados na caixa redutora.....	51
Figura 17 - Polia montada no eixo da engrenagem menor	52
Figura 18 - Polia montada no eixo do motor	52
Figura 19 - Mancais para a montagem do eixo da engrenagem menor e da polia....	54
Figura 20 - Bancada montada para a realização dos ensaios	55
Figura 21 - Placa de aquisição de dados modelo Mega 2560.....	56
Figura 22 - Cabo de alimentação de energia da placa de aquisição de dados	56
Figura 23 - Acelerômetro e giroscópio de 3 eixos modelo MPU-6050-GY-521	57
Figura 24 - Calibrador do acelerômetro e giroscópio modelo MPU-6050-GY-521	57
Figura 25 - Cabos usados entre a placa de aquisição de dados e o acelerômetro ...	58
Figura 26 - Estrutura da caixa de aço	59
Figura 27 - Viscosímetro Saybolt	60
Figura 28 - Tela do Matlab com a conversão das viscosidades	62
Figura 29 - Equação de conversão das viscosidades	62
Figura 30 - Aplicativo para o cálculo da viscosidade da mistura de dois óleos	64

Figura 31 - Tela do Matlab com a conversão das viscosidades	65
Figura 32 - Acelerômetro montado no mancal da engrenagem menor	66
Figura 33 - Acelerômetro montado no motor elétrico W22	67
Figura 34 - Média do sinal de vibração para o óleo de viscosidade "C" utilizado como referência	70
Figura 35 - Média do sinal de vibração para o óleo de viscosidade "B" utilizado como referência	71
Figura 36 - Média do sinal de vibração para o óleo de viscosidade "A" utilizado como referência	72
Figura 37 - Análise do sinal de falha do óleo "A"	74
Figura 38 - Análise do sinal de falha do óleo "B"	75
Figura 39 - Análise do sinal de falha do óleo "C"	76
Figura 40 - Patente com a palavra tribologia e depositada no Brasil	91
Figura 41 - Patentes com a palavra tribologia e depositadas no mundo	91
Figura 42 - Dados da busca contendo a palavra tribologia	92
Figura 43 - Dados da busca contendo a palavra tribologia	92
Figura 44 - Patentes com as palavras manutenção preditiva vibraç*	95
Figura 45 - Patentes com as palavras manutenção preditiva vibraç*	95
Figura 46 - Patentes com as palavras manutenção preditiva vibraç*	96
Figura 47 - Dados da busca com as palavras manutenção preditiva vibraç*	96
Figura 48 - Dados da busca com as palavras manutenção preditiva vibraç*	97
Figura 49 - Patentes com as palavras manutenção preditiva inteligência artificial..	100
Figura 50 - Patentes com as palavras manutenção preditiva inteligência artificial..	101
Figura 51 - Patentes com as palavras manutenção preditiva inteligência artificial..	101
Figura 52 - Dados da busca com manutenção preditiva inteligência artificial	102
Figura 53 - Dados da busca com manutenção preditiva inteligência artificial	102
Figura 54 - Patentes com as palavras manutenção preditiva redes neurais	105
Figura 55 - Patentes com as palavras manutenção preditiva redes neurais	105
Figura 56 - Patentes com as palavras manutenção preditiva redes neurais	106
Figura 57 - Dados da busca com as palavras manutenção preditiva redes neurais	106
Figura 58 - Dados da busca com as palavras manutenção preditiva redes neurais	107
Figura 59 - Patentes com as palavras manutenção preditiva sistema imunológico artificial	111

Figura 60 - Patentes com as palavras manutenção preditiva sistema imunológico artificial	111
Figura 61 - Dados da busca com as palavras manutenção preditiva sistema imunológico artificial	112
Figura 62 - Dados da busca com as palavras manutenção preditiva sistema imunológico artificial	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Amostras dos óleos lubrificantes usados	61
Tabela 2 - Conversão da viscosidade SSU em cSt.....	61
Tabela 3 - Ensaio das viscosidades das misturas “A”, “B” e “C”	64
Tabela 4 - Conversão da viscosidade SSU em cSt.....	65
Tabela 5 - Classificação IPC	93
Tabela 6 - Busca de patentes com tribology, F16H, C10M, C10N e G01H.....	94
Tabela 7 - Busca de patentes com manutenção preditiva vibraç* (continua).....	98
Tabela 8 - Busca de patentes com manutenção preditiva inteligência artificial.....	103
Tabela 9 - Busca de patentes com predictive maintenance artificial intelligence	104
Tabela 10 - Busca de patentes com manutenção preditiva rede* neura*(continua)	108

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASM	American Society for Metals
ASN	Algoritmo Seleção Negativa
CBTU	Companhia Brasileira de Trens Urbanos
IA	Inteligência Artificial
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
IOT	Internet Of Things
IPC	International Patent Classification
MEMS	Micro Electro Mechanical System
MTBF	Mean Time Between Failures
MTTR	Mean Time to Repair
ONU	Organização das Nações Unidas
PACVD	Plasma Assisted Chemical Vapor Deposition
PCT	Tratado de Cooperação em Patentes
PVD	Physical Vapor Deposition
RNA	Redes Neural Artificial
SHM	Structural Health Monitoring
SIA	Sistema Imunológico Artificial
TAN	Total Acid Number
TBN	Total Base Number
WIPO	World Intellectual Property Organization

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
1.1	OBJETIVO.....	20
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	21
2.1	REVISÃO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA	21
2.1.1	Publicações de manutenção preditiva	22
2.1.2	Revisão patentária de manutenção preditiva	24
2.2	REVISÃO DE TRIBOLOGIA.....	29
2.2.1	Publicações de tribologia.....	29
2.2.2	Revisão patentária de tribologia	30
2.3	REVISÃO DE ANÁLISE DE VIBRAÇÕES.....	31
2.3.1	Publicações de análise de vibrações	33
2.3.2	Revisão patentária de análise de vibrações	35
2.4	REVISÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	36
2.4.1	Publicações de inteligência artificial	37
2.4.2	Revisão patentária de inteligência artificial.....	38
2.5	REVISÃO DE REDE NEURAL ARTIFICIAL.....	40
2.5.1	Publicações de redes neurais	41
2.5.2	Revisão patentária de redes neurais.....	42
2.6	REVISÃO DE SISTEMA IMUNOLÓGICO ARTIFICIAL.....	43
2.6.1	Publicações de sistema imunológico artificial.....	43
2.6.2	Revisão patentária de sistema imunológico artificial	44
2.7	MOTIVAÇÕES	45
3	MATERIAIS	46
3.1	MATERIAIS UTILIZADOS PARA ELABORAÇÃO DO SISTEMA MECÂNICO ...	46
3.1.1	Motor elétrico.....	46

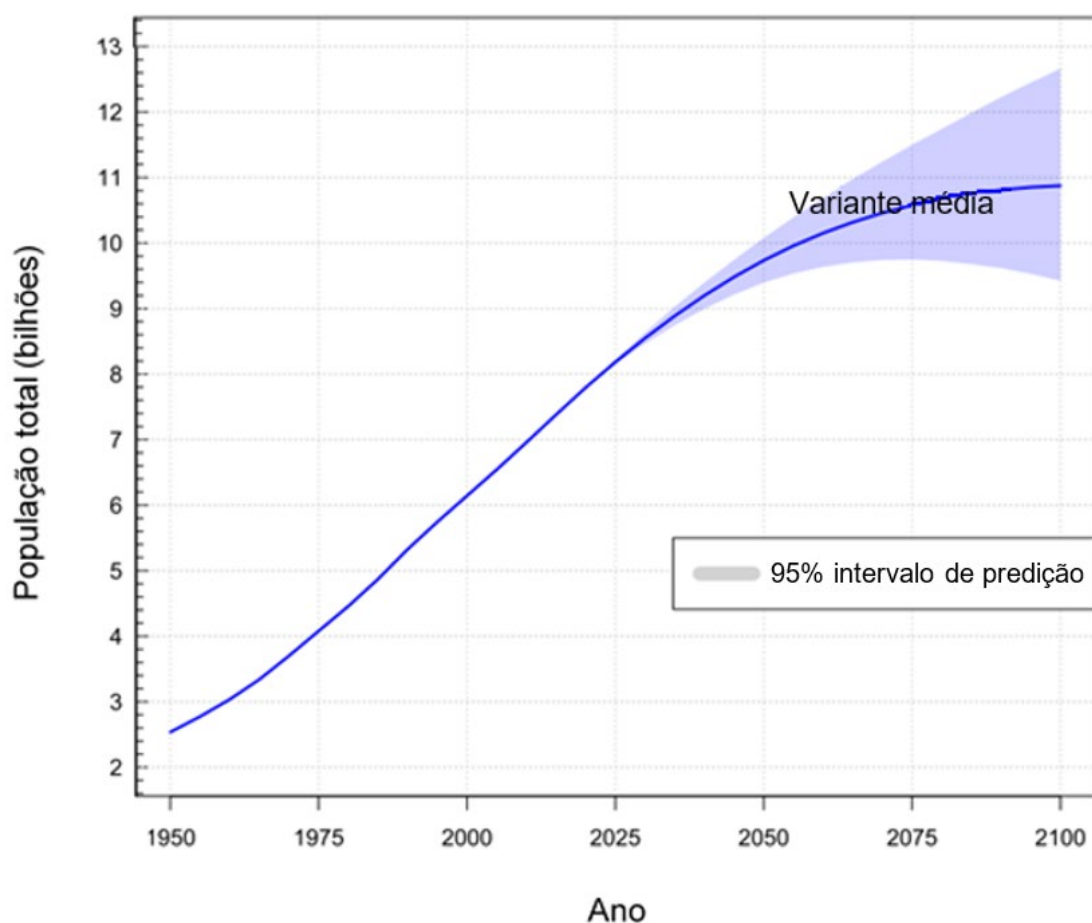
3.1.2 Inversor de frequência.....	47
3.1.3 Engrenagens	48
3.1.4 Eixos.....	50
3.1.5 Polias.....	51
3.1.6 Correia de borracha.....	53
3.1.7 Mancais	53
3.1.8 Montagem da bancada.....	54
 3.2 MATERIAIS UTILIZADOS PARA ELABORAÇÃO DO SISTEMA DE LEITURA DA VIBRAÇÃO	 55
3.2.1 Placa de aquisição de dados.....	55
3.2.2 Cabo de alimentação de energia na placa de aquisição de dados	56
3.2.3 Acelerômetro e giroscópio	56
3.2.4 Conectores de ligação da placa de aquisição de dados com o acelerômetro ..	58
3.2.5 Softwares	58
 4 METODOLOGIA.....	 59
4.1 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS DE ÓLEO.....	60
4.1.1 Mistura das amostras de óleo	63
4.2 ENSAIOS DE AQUISIÇÃO DE DADOS.....	66
 5 RESULTADOS	 69
 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	 77
6.1 CONCLUSÃO	77
6.2 TRABALHOS FUTUROS	78
 REFERÊNCIAS.....	 80
 APÊNDICE A – SOFTWARE DE LEITURA DO ACELERÔMETRO.....	 87
 APÊNDICE B – FUNÇÃO STRUCTURAL HEALTH MONITORING (SHM).....	 88

ANEXO A – BUSCA DE PATENTES91

1 INTRODUÇÃO

O aumento expressivo na população mundial, que segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) era de 7,7 bilhões de pessoas em 2019, e apresenta em seu estudo estatístico a expectativa de uma população mundial de aproximadamente 9,7 bilhões de pessoas em 2050, ou seja, um aumento de 2 bilhões de pessoas nos próximos 30 anos, conforme ilustra a Figura 1. (1)

Figura 1 - Gráfico de estimativa do crescimento da população mundial



Fonte: Adaptado de ONU. <https://population.un.org/wpp/Graphs/DemographicProfiles/Line/900>. (1)

Todo este crescimento populacional, cerca de 26%, movimenta as áreas mais diversas a buscar por novas tecnologias multidisciplinares que permitam aumentar a eficiência produtiva para conseguir atender a este aumento populacional.

Um simples exemplo desta demanda por alta tecnologia é: Como produzir alimento para toda esta população em expansão, com o uso da mesma área agrícola?

Uma forma de conseguir tal feito, é aumentar a produtividade em toda a cadeia, desde as lavouras, o que pode ser feito com o uso das melhores práticas em agricultura, a ponto de, até mesmo conseguir diminuir o período total da safra; assim como aumentar a disponibilidade dos maquinários e veículos agrícolas utilizados nas diversas atividades durante a safra, tais como plantio, pulverização, adubação e colheita.

Visando este aumento de produtividade dos equipamentos agrícolas, há décadas o surgimento da Manutenção Preditiva se tornou uma ferramenta essencial neste objetivo, mas com as demandas exponencialmente crescentes, apenas a prática da Manutenção Preditiva isolada já não atende mais a toda esta demanda. Para isto, novas ferramentas de acompanhamento online têm sido constantemente desenvolvidas.

Buscando prover tais soluções para o aumento da produtividade, novas áreas de estudos tem-se tornado multidisciplinar, de modo a permitir o aumento da capacidade e da produtividade das máquinas, dos equipamentos, dos dispositivos, entre outros elementos tradicionalmente utilizados na Engenharia Mecânica.

Para esta integração, áreas como Engenharia da Computação, Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica têm juntas desenvolvidas novas soluções, como foi o caso da criação da Inteligência Artificial, das Redes Neurais e do Sistema Imunológico Artificial, entre outras técnicas ainda em estudo, visando sempre a atender as novas demandas evolutivas requeridas para a evolução humana.

A análise de óleo tem papel fundamental na manutenção preditiva, por garantir o desempenho dos equipamentos, manter a produtividade planejada, evitar falhas e interrupções de produção não planejadas. O acompanhamento periódico das condições do óleo utilizado no equipamento é o responsável pela eficiência na execução da manutenção preditiva.

Atualmente, há a aplicação de diferentes tipos de óleos em equipamentos mecânicos, como: óleo lubrificante para motor, óleo hidráulico, óleo para diferencial, óleo para transmissão, óleo para engrenagens, graxas, entre outros.

Entretanto, identificar degradação ou contaminação em um óleo demanda tempo e interrupção do processo produtivo, uma vez que há a necessidade de realizar a coleta do óleo e ensaiá-lo em laboratório.

Um dos principais parâmetros utilizados na identificação da degradação ou contaminação do óleo é a análise da viscosidade.

1.1 OBJETIVO

O trabalho tem como objetivo captar a variação da viscosidade em uma caixa de engrenagens com o uso de um Sistema Imunológico Artificial (SIA). Para tanto, os sinais de vibrações, captados durante o funcionamento da caixa redutora, serão empregados para identificar a variação da viscosidade ao longo do tempo de uso do equipamento.

Através da mudança do valor da viscosidade é possível verificar se o lubrificante está se deteriorando, se está havendo algum tipo de contaminação, ou se está acontecendo qualquer outro fenômeno capaz de alterar a viscosidade do óleo durante sua vida útil.

É também objetivo desta pesquisa prever a ocorrência de possíveis falhas do sistema mecânico. Foram utilizados recursos de inteligência artificial, de redes neurais, assim como do uso de um sistema imunológico artificial para criar um banco de dados capaz de aprender o comportamento da viscosidade do óleo com relação aos sinais de vibrações coletados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A seguir são explanados os principais conceitos a serem utilizados ao longo deste trabalho, de modo a clarificar e exemplificar cada uma das técnicas que foram combinadas, a fim de buscar um resultado com maior precisão e ainda com baixo custo.

Na revisão bibliográfica desta dissertação foram utilizados documentos patentários e documentos não patentários, de modo a entender o que já foi estudado, no Brasil e no mundo, por outros pesquisadores e inventores e o que ainda poderia ser estudado e desenvolvido como inovação tecnológica na área de Manutenção Preditiva com uso de Sistema Imunológico Artificial (SIA), Rede Neural Artificial (RNA), Inteligência Artificial (IA) e Algoritmo de Seleção Negativa (ASN), visando à uma solução simples e de baixo custo.

A subdivisão de cada uma das áreas correlatas deste projeto foi realizada de modo a simplificar o estudo do estado da técnica e seu processo evolutivo em cada uma destas subáreas. Dessarte, as revisões acadêmicas e patentária foram divididas em tópicos específicos para cada uma destas subáreas.

2.1 REVISÃO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA

O conceito de manutenção preditiva surgiu como evolução aos processos de manutenção corretiva e de manutenção preventiva.

Na manutenção corretiva espera-se o equipamento vir a falhar para então realizar a intervenção de manutenção. Na manutenção preventiva os componentes são trocados em tempos fixos e pré-determinados sem análise ou monitoramento das condições reais do equipamento, o que causa um alto custo de manutenção, já que muitas vezes, os componentes com boa parte da vida útil ativa são trocados. (2)

Na metodologia de manutenção preditiva os equipamentos são monitorados rotineiramente, de modo a garantir que não ocorram falhas catastróficas, como acontece no processo de manutenção corretiva, ou trocas pré-maturas de componentes bons, como acontece no processo de manutenção preventiva.

A intervenção de manutenção preditiva acontece apenas quando realmente necessário, e esta necessidade pode ser determinada através do uso de diferentes técnicas, como: inspeção visual, através do uso de um boroscópio; análise tribológica,

através dos ensaios de ferrografia analítica, ferrografia quantitativa, contagens de partículas contidas no óleo, Total Base Number – Número Base Total (TBN), Total Acid Number – Número Total de Ácido (TAN), absorção atômica e viscosidade; análise acústica, através da medição dos sinais acústicos do equipamento; análise de vibrações, através da medição dos sinais de vibração do equipamento; entre outras técnicas específicas para os mais diferentes equipamentos.

O objetivo da Manutenção Preditiva é aumentar a vida útil do equipamento e de seus componentes, de modo a reduzir os custos totais com manutenção, conforme mostra a Figura 2 que correlaciona a disponibilidade, a confiabilidade, a segurança e o meio ambiente (eixo vertical à esquerda) com os custos de manutenção (eixo vertical à direita). (2)

Figura 2 - Evolução da Manutenção



Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Mudanca-de-paradigma-na-Manutencao-Fonte-Nascif-e-Kardec-2009_fig2_308632332. (2)

2.1.1 Publicações de manutenção preditiva

Na indústria 4.0 a disponibilidade dos equipamentos é essencial para atender efetivamente a produtividade planejada para a linha de produção. Nesta condição a manutenção torna-se uma ferramenta primordial para garantir o funcionamento

adequado dos maquinários, de modo a minimizar as paradas de linha, assim como prever falhas. Enfim, busca-se a maximização da disponibilidade de tempo em operação dos equipamentos. (3)

A norma NBR 5462: 1994, redigida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), estabelece e classifica a relação entre os conceitos de defeito, falha e pane. No entanto, esta norma foi redigida há quase 30 anos e por isto, não há o detalhamento de tempos de manutenção para o conceito de manutenção preditiva. Há apenas para manutenção preventiva e manutenção corretiva. (4)

A desatualização da norma brasileira descrita acima, reforça a importância de estudos na área de manutenção preditiva a fim de fornecer dados referenciais e confiáveis.

O conceito de manutenção preditiva pode ser aplicado nos mais diversos tipos de indústria, desde uma tradicional empresa metalmeccânica, até mesmo em indústrias de linha de produção alimentícia, ou ainda em uma empresa do ramo fumageiro. A aplicação do conceito de manutenção preditiva envolve o uso de uma ou mais técnicas, tais como: Análise de Vibração, Termografia, Ferrografia (Analítica ou Quantitativa), Inspeção Sensitiva, entre outras. Deve-se destacar a importância de mensurar os custos e os ganhos, preferencialmente com a implementação de indicadores de performance relacionados a aplicação da manutenção preditiva. (5)

Outra aplicação, mais específica, da manutenção preditiva com foco na indústria 4.0 foi o desenvolvimento de um sistema compreendido por um sensor inteligente, um aplicativo móvel e um acesso web. Este sistema permitiu o estudo da aplicação de sensor no motor de uma extrusora, de modo a identificar as vibrações mecânicas e as variações de temperatura no motor. (6)

A manutenção preditiva ganha força em sua implementação quando são considerados os ganhos e o impacto com gastos causados pela falta de manutenção das máquinas e equipamentos. (7)

A aplicação da manutenção preditiva com o foco no aumento da produtividade de uma indústria foi implementada através do uso de indicadores de manutenção como o Tempo Médio Entre Falhas, do inglês Mean Time Between Failures – (MTBF); o Tempo Médio para Reparar, do inglês Mean Time to Repair – (MTTR); Curva da Banheira e Ciclo de Vida, visando atingir alta disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos. (8)

Cada um dos diferentes ramos industriais apresenta peculiaridades do seu processo produtivo. Assim, estudar o processo industrial, em que se deseja aplicar a manutenção preditiva, é o primeiro passo para desenvolver um plano de manutenção eficaz. No caso de uma empresa de mineração, devido a severidade do processo, alguns equipamentos demandam atividades diárias. Neste caso, foi necessária a criação de uma relação de trocas de peças e serviços, além da análise de impacto da ocorrência de uma parada de operação em um determinado equipamento, a ponto de justificar o estoque de peças de manutenção. Esta análise de criticidade de cada equipamento foi entendida como crucial para o desenvolvimento do plano de manutenção em uma indústria de mineração. (9)

2.1.2 Revisão patentária de manutenção preditiva

No Brasil já foram depositadas 35 patentes no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), que continham as palavras “manutenção preditiva” em seu resumo. (10)

Estas 35 patentes foram depositadas entre os anos de 2000 a 2021, no entanto nenhuma dentre estas 35 patentes depositadas propõe a solução desenvolvida nesta dissertação, justificando assim a continuidade deste projeto como inovação tecnológica.

A Figura 3 e a Figura 4 mostram a busca de patentes, citada acima. Na primeira coluna, da esquerda para direita, está o código que a patente recebe imediatamente ao ser depositada no INPI. Na segunda coluna é apresentada a data em que a patente foi depositada no INPI. Na terceira coluna é apresentado o título da patente, o qual tem por fundamentos legais a obrigação de explicar de forma clara e suficiente o assunto a ser protegido pela patente. E por fim, na quarta coluna é apresentada a classificação internacional de patentes (IPC). (11)

Esta classificação foi elaborada durante o acordo de Estrasburgo em 1971, de modo a facilitar a identificação das áreas tecnológicas que são divididas nas classes de A à H, com subdivisões em subclasses, grupos principais e grupos, organizados de modo hierárquico a totalizar 70.000 grupos.

Figura 3 - Patentes contendo as palavras “manutenção preditiva” no resumo

	BRASIL	Acesso à informação	Participe	Serviços	Legislação	Canais
Instituto Nacional da Propriedade Industrial Ministério da Economia						
Consulta à Base de Dados do INPI						
[Início Ajuda?]						
» Consultar por: Base Patentes Finalizar Sessão						
RESULTADO DA PESQUISA (30/05/2021 às 11:50:43) Pesquisa por: Todas as palavras: "MANUTENÇÃO PREDITIVA" no Resumo \ Foram encontrados 35 processos que satisfazem à pesquisa. Mostrando página 1 de 2 .						
☐	Pedido	Depósito	Título	IPC		
☐	BR 10 2020 018291 9	08/09/2020	SISTEMA, EQUIPAMENTO E PROCEDIMENTO DE MONITORAMENTO, MANUTENÇÃO PREDITIVA E OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL DE PENEIRAS VIBRATÓRIAS	B65G 27/32		
☐	BR 10 2019 023989 1	14/11/2019	MÉTODO E SISTEMA PARA AVALIAÇÃO DA SAÚDE DE UM CIRCUITO DE VIA E/OU DE UM TRECHO DE VIA	E01B 35/06		
☐	BR 10 2019 020427 3	30/09/2019	COLETOR E ANALISADOR DE VIBRAÇÕES DE BAIXO CUSTO PARA MONITORAMENTO CONTÍNUO DE MÁQUINAS ROTATIVAS	G01M 13/028		
☐	BR 10 2019 018521 0	06/09/2019	PROCESSO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA E PRESCRITIVA PARA EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS	G05B 19/05		
☐	BR 10 2019 010492 9	22/05/2019	DISPOSITIVO IOT PARA MONITORAMENTO DE VIBRAÇÃO E TEMPERATURA DE EQUIPAMENTOS ELETROMECÂNICOS, INTEGRADO A UMA PLATAFORMA DE MONITORAMENTO ONLINE INTELIGENTE CAPAZ DE PREDIZER FALHAS VIA APRENDIZADO DE MÁQUINA	H02P 29/00		
☐	BR 10 2019 005107 8	15/03/2019	SENSOR DE CORRENTE PARA ANÁLISE ESPECTRAL COM AMPLIFICAÇÃO DE COMPONENTES ESPECTRAIS	G01R 19/00		
☐	BR 10 2019 003135 2	15/02/2019	APERFEIÇOAMENTOS EM MEDIDOR PORTÁTIL DE VIBRAÇÃO	G01H 11/06		
☐	BR 11 2020 010627 5	30/11/2018	SISTEMA SENSOR SEM FIO HABILITADO COM INTERNET DAS COISAS (IOT) QUE PERMITE CONTROLE DE PROCESSO, MÉTODOS PARA PERMITIR O CONTROLE DE PROCESSO E A MANUTENÇÃO PREDITIVA, DE FABRICAÇÃO DE UMA CÁPSULA DO SENSOR ELETROMAGNÉTICO PASSIVO E DE FABRICAÇÃO DE COMPONENTES DE HARDWARE DE DISTRIBUIÇÃO EQUIPADOS COM SENSOR ELETROMAGNÉTICO PASSIVO	G01R 31/02		
☐	BR 10 2018 010513 2	23/05/2018	SISTEMA COMPOSTO PELA ASSOCIAÇÃO DE ELEMENTOS PARA CONFIGURAR UMA SOLUÇÃO TECNOLÓGICA PARA MANUTENÇÃO PREVENTIVA/PREDITIVA DE PEÇAS E COMPONENTES DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS AGRÍCOLAS DE USINAS DE AÇÚCAR E ALCOOL.	G06Q 10/06		
☐	BR 20 2017 021295 0	04/10/2017	APARATO PARA MONITORAMENTO CONTÍNUO DE ARRANJOS FOTOVOLTAICOS	H02J 1/00		
☐	BR 11 2019 005320 4	19/09/2017	MÉTODO E SISTEMA DE MANUTENÇÃO PREDITIVA DE UMA MÁQUINA TÊXTIL	D01H 13/32		
☐	BR 10 2017 013980 8	28/06/2017	SENSOR DE VIBRAÇÃO E SISTEMA IMPLEMENTADO PARA MANUTENÇÃO PREDITIVA EM MAQUINÁRIOS	G01H 1/12		
☐	BR 11 2019 017984 4	03/03/2017	SISTEMA DE MANUTENÇÃO PREDITIVA DE VAGÕES	G06Q 10/00		
☐	BR 20 2017 001336 2	23/01/2017	POLIA AUTO-TENSIONADORA COM SENSOR DE ESCOAMENTO PARA CORREIAS SINCRONIZADORAS	F16H 7/12		
☐	BR 20 2016 026081 2	08/11/2016	DISPOSIÇÃO CONSTRUTIVA INTRODUTIDA EM EQUIPAMENTO DE EVAPORAÇÃO DE CLORO GÁS APLICADO EM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA	C02F 9/04		
☐	BR 20 2015 030133 8	01/12/2015	DISPOSIÇÃO INTRODUTIDA EM ROLETES DE CORREIAS TRANSPORTADORAS PARA MONITORAMENTO	B65G 39/09		
☐	BR 10 2014 011971 0	19/05/2014	PROCESSO AUTOMÁTICO DE DIAGNÓSTICO DE BARRAS QUEBRADAS EM MOTORES ELÉTRICOS DE INDUÇÃO TRIFÁSICO	G01R 31/34		
☐	BR 10 2013 022815 0	06/09/2013	SISTEMA MODULAR AUTOMATIZADO DE ELEVAÇÃO VERTICAL	E04G 3/28		
☐	BR 11 2015 004446 8	23/08/2013	DISPOSITIVO DE COLETA DE DADOS PARA MONITORAR O HISTÓRICO DE USO DE UM DISPOSITIVO MÉDICO, SISTEMA PARA MONITORAR O HISTÓRICO DE USO DE UM DISPOSITIVO MÉDICO, E MÉTODO PARA MONITORAR O HISTÓRICO DE USO DE UM DISPOSITIVO MÉDICO	A61N 1/39		
☐	BR 10 2012 028423 5	06/11/2012	UNIDADE DE MANUTENÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES DE GRANDE PORTE	B60S 5/00		

Páginas de Resultados:

1 | 2-Próxima»

Figura 4 - Patentes contendo as palavras “manutenção preditiva” no resumo


BRASIL

Acesso à informação

Participe

Serviços

Legislação

Canais

Instituto Nacional da

Propriedade Industrial

Ministério da Economia

Consulta à Base de Dados do INPI

[Início | Ajuda?]

» Consultar por: Base Patentes | Finalizar Sessão

RESULTADO DA PESQUISA (30/05/2021 às 11:41:03)

Pesquisa por:

Todas as palavras: "MANUTENÇÃO PREDITIVA" no Resumo \

Foram encontrados 35 processos que satisfazem à pesquisa. Mostrando página 2 de 2.

☐	Pedido	Depósito	Título	IPC
☐	BR 20 2012 024601 0	27/09/2012	APERFEIÇOAMENTO EM EQUIPAMENTO IMPLEMENTO AGRÍCOLA DO TIPO RECOLHEDORA DE GRÃOS CAFÉ	A01D 46/06
☐	BR 10 2012 001754 7	26/01/2012	SISTEMA PARA ACESSO E MANUTENÇÃO EM SOLO DE DISPOSITIVOS INSTALADOS EM UNIDADES ESTRUTURAIS DE REDE AEREA COMO NO TOPO DE POSTES OU CORRELATOS	E04H 12/00
☐	PI 1104105-6	09/08/2011	EQUIPAMENTO REDUTOR DE VELOCIDADE PLANETÁRIO INDUSTRIAL MODULARIZADO	F16H 3/44
☐	MU 9002281-5	16/11/2010	DISPOSIÇÃO CONSTRUTIVA INTRODUTIDA EM EQUIPAMENTO DE EVAPORAÇÃO DE CLORO DE GÁS APLICADO EM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA	B01B 1/02
☐	PI 1004593-7	05/11/2010	PROCESSO DE PRODUÇÃO DE FILMES FINOS DE ÓXIDO DE VANÁDIO	C23C 14/08
☐	PI 0902235-0	10/06/2009	SISTEMA REMOTO PARA MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO PREDITIVA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	G01M 13/00
☐	MU 8802577-2	17/11/2008	SONDA DE IMERSÃO RETRÁTIL	G01N 1/12
☐	PI 0705451-3	10/12/2007	SISTEMA REMOTO DE MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO APLICADO EM EQUIPAMENTOS TERMINAIS DE AUTO-ATENDIMENTO - ATM	G06F 9/02
☐	MU 8702269-9	03/05/2007	DISPOSIÇÃO CONSTRUTIVA INTRODUTIDA EM SAPATA DE FREIO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES, COM RANHURAS DE ESCOAMENTO APLICADAS EM MASSA DE ATRITO	F16D 65/04
☐	PI 0601301-5	19/04/2006	MÉTODO E ARRANJO PARA A ESTIMAÇÃO DO ESTADO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO PELA ANÁLISE DO ESPECTRO HARMÔNICO DA CORRENTE DE FUGA	G01R 31/02
☐	PI 0302726-0	07/07/2003	SISTEMA DE PREDIÇÃO DE FALHAS PARA MANUTENÇÃO PREDITIVA DE MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS	G01R 31/34
☐	PI 0206129-5	10/09/2002	MÉTODO E APARELHO PARA MONITORAR E GERENCIAR O CARREGAMENTO E A PERDA DE VIDA DE TRANSFORMADORES ELÉTRICOS DE DISTRIBUIÇÃO E DE POTÊNCIA	G06N 3/02
☐	PI 0203292-9	14/08/2002	DETECTOR DE DEFEITOS DAS MÁQUINAS ROTATIVAS	G01M 13/04
☐	MU 8201684-4	18/07/2002	EQUIPAMENTO PARA CONTROLE E/OU MONITORAMENTO REMOTO DE PROCESSOS, VIA REDE CELULAR GSM OU GPRS	H04M 11/04
☐	PI 0002425-2	17/05/2000	SUPORTE PARA SENSOR DE IMPACTO PARA SUSPENSÃO AUTOMOTIVA	B61F 5/50

Páginas de Resultados:

«Anterior- 1 | 2

Mayrink Veiga, 9 - Centro - RJ - CEP: 20090-910



Páginas de Resultados:
 «Anterior- 1 | 2

Rua Mayrink Veiga, 9 - Centro - RJ - CEP: 20090-910



Fonte: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp>. (10)

No mundo já foram depositadas 310 patentes contendo as palavras “manutenção preditiva” ou a combinação destas palavras. Estas patentes foram depositadas desde 1999 até 2021. (12)

A Figura 5 traz as primeiras patentes publicadas em 1999, da lista das 310 patentes. A Figura 6 traz as últimas patentes publicadas em 2021. A Figura 7 ilustra a compilação de dados, e a Figura 8 ilustra as principais IPCs.

Para entender quantas patentes, dentre estas 310 listadas na busca internacional, realmente tem relação direta com o assunto pesquisado, esta busca foi refinada nos tópicos seguintes com a inclusão de outras palavras chaves e IPCs.

Figura 5 - Patentes contendo as palavras manutenção preditiva

The screenshot shows the WIPO Patentscope search results for the query "ALLTXT:(manutenção preditiva)". The interface includes a search bar, navigation links (Feedback, Search, Browse, Tools, Settings), and a results summary (310 results). The results are sorted by "Pub Date Asc" and displayed in a table format. The first two results are highlighted.

Patent No.	Title	Pub Date	Int. Class	Appl. No	Applicant	Inventor
1. PI9708864	COMPOSTO COMPOSIÇÃO FARMACÊUTICA E PROCESSO PARA O TRATAMENTO OU A PREVENÇÃO DE UMA INFECÇÃO BACTERIANA EM UM PACIENTE MAMÍFERO	BR - 03.08.1999	C07D 477/00		MERCK & CO INC	WILKENING ROBERT R
2. PI9800122	DISPOSITIVO DE REPARO DO SISTEMA DE REFRIGERA-ÆO DE GASES PARA CONVERTEDOR LD DE ACIARIA	BR - 17.08.1999	F27D 9/00		ACO MINAS GERAIS S A	SILVEIRA JOSE RUI LAGE DA

Fonte: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KPBA3R-61362. (12)

Figura 6 - Patentes contendo as palavras manutenção preditiva

The screenshot shows the WIPO Patentscope search results for the query "ALLTXT:(manutenção preditiva)". The interface includes a search bar, navigation links (Feedback, Search, Browse, Tools, Settings), and a results summary (310 results). The results are sorted by "Pub Date Desc" and displayed in a table format. The first three results are highlighted.

Patent No.	Title	Pub Date	Int. Class	Appl. No	Applicant	Inventor
1. 3592742	JAK INHIBITORS CONTAINING A 4-MEMBERED HETEROCYCLIC AMIDE	PT - 30.07.2021	C07D 471/04	187117965	THERAVANCE BIOPHARMA R&D IP, LLC	
2. 3301696	SWITCH UNIT	PT - 14.07.2021	H01H 13/52	171917487	SCHAEFER GMBH	
3. 3580567	IN VITRO METHOD FOR THE DIAGNOSIS OF LUNG CANCER	PT - 14.07.2021	G01N 33/574	187037841	FUNDACION PARA LA INVESTIGACION MEDICA APLICADA	

Fonte: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KPBA3R-61362. (12)

Figura 7 - Dados da busca contendo as palavras manutenção preditiva

WIPO
IP PORTAL

MENU

PATENTSCOPE

HELP

EMILIANA BORSANELLI SILVA

WIPO

Feedback

Search

Browse

Tools

Settings

ALLTXT:(manutenção preditiva)

310 results

Offices all

Languages en

Stemming true

Single Family Member false

Include NPL false

ANALYSIS

Close

Filters

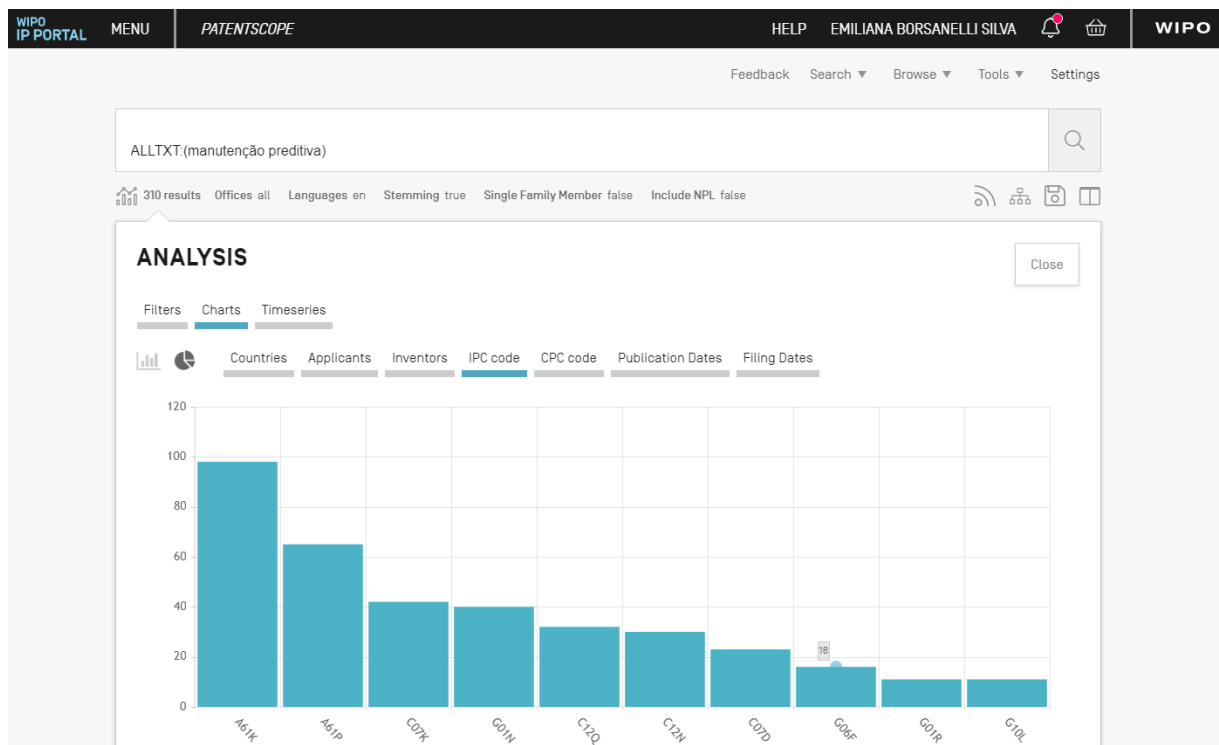
Charts

Timeseries

Countries		Applicants		Inventors		IPC code		CPC code		Publication Dates		Filing Dates	
Portugal	157	NOVARTIS AG	7	IPPOLITO MASSIMO	5	A61K	98	a61p 43/00	66	2012	22	2012	25
Brazil	139	WYETH	8	TADDEI FRANCO	5	A61P	85	a61p 35/00	82	2013	22	2013	18
PCT	14	FRAUNHOFER GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG EV	5	CAYLA XAVIER	3	C07K	42	a61p 25/00	36	2014	18	2014	17
				FRANK STAPPENBECK	3	G01N	40	a61p 25/28	28	2015	16	2015	13
				GARCIA ALPHONSE	3	C12Q	32	a61p 29/00	28	2016	21	2016	10
		KITE GEN RES SRL	5	C12N	30	a61k 45/06	25	2017	22	2017		2017	13
		QUALCOMM INC	5	C07D	23	a61p 9/00	21	2018	23	2018		2018	7
		AMGEN INC	3	AMBROSE CHRISTINE M	2	G06F	16	a61k 38/00	19	2019	24	2019	9
		BIOGEN IDEC INC	3	ANDREI W. KONRADI	2	G01R	11	a61p 19/02	18	2020	28	2020	2
		ELAN PHARMACEUTICALS INC	3	CHRISTIAN SCHULZE	2	G10L	11	a61p 9/10	18	2021		2021	19
		IMMATICUS BIOTECH GMBH	3	CHRISTOPHER MICHAEL SEMKO	2								
		MACROGENICS INC	3										

Fonte: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KPBA3R-61362. (12)

Figura 8 - Dados da busca contendo as palavras manutenção preditiva



Fonte: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KPBA3R-61362. (12)

2.2 REVISÃO DE TRIBOLOGIA

A palavra tribologia deriva das palavras gregas “τρίβω (tribo)” que significa friccionar, atritar e “λόγος (logos)” que significa estudo. Esta área de estudo engloba os campos da mecânica, física, química, e mais especificamente as subáreas com os estudos de materiais, lubrificação, atrito e desgaste. (13)

A Tribologia começou a ser estudada em outubro de 1964 após a “Conference on Iron and Steel Works Lubrication”. Em 9 de março de 1966, o governo inglês publicou o relatório de pesquisa relacionando o estudo tribológico e a eficiência industrial. Neste relatório a tribologia foi definida por “a ciência e tecnologia da interação de superfícies em movimento relativo e assuntos e práticas relacionados (the science and technology of interacting surfaces in relative motion and of related subjects and practices)”. (14)

A American Society for Metals (ASM) traz no prefácio do seu Handbook, volume 18 - “Friction, Lubrication and Wear Technology”, a definição do campo multidisciplinar conhecido por Tribologia, que é a ciência e tecnologia da “Friction, Lubrication and Wear (FL&W)”, ou em português, “Fricção, Lubrificação e Desgaste”. (15)

Ao longo dos oito capítulos do Handbook são detalhadas todas as áreas da ciência relacionadas a fricção; lubrificação; desgaste; caracterização técnica em laboratório; sistemas de diagnósticos de fricção e dados de testes de desgaste; componentes de fricção e desgaste; materiais para fricção e aplicação de desgaste; tratamentos superficiais e camadas para fricção e controle de desgaste. Além de toda informação descrita nos oito capítulos, o Handbook ainda traz uma última seção com informações suplementares que explica cada um dos termos técnicos utilizados ao longo dos oito capítulos. (15)

2.2.1 Publicações de tribologia

Granizo defendeu em seu estudo a importância da tribologia para o desenvolvimento industrial. Propôs a criação de um centro tribológico equatoriano, com linhas de pesquisa em tribologia, revestimentos metálicos, entre outras linhas de pesquisa com base nos reparos de componentes de máquinas. (16)

Verdi estudou a análise de desgaste da liga alumínio-silício AA305 na presença de diesel comercial (B5) e biodiesel (B100). Os ensaios foram realizados com um tribômetro modelo pino-disco. (17)

Castro estudou em sua dissertação a resistência ao desgaste de dois materiais diferentes, com e sem lubrificação, incluindo a lubrificação com diesel comercial e com biodiesel (B100). Segundo sua pesquisa, através de ensaios tribológicos, os componentes lubrificados com biodiesel (B100) apresentaram menor desgaste durante os ensaios. (18)

Galvão através da análise tribológica desenvolveu um tribômetro de baixo custo capaz de controlar, de forma automática, parâmetros chave para o teste de vida útil de diferentes materiais, tal como carga, velocidade de deslizamento, distância e tempo de ensaio. (19)

Rojas *et al* estudaram o desempenho tribológico de aços com filmes de carbono produzidos por feixe de elétrons através do uso de gás argônio. Segundo os autores, o aumento da dureza obtido com os filmes de carbono resultou em um menor coeficiente de atrito. (20)

O estudo tribológico já foi proposto, por Ramos, como ferramenta para a análise do desempenho do tratamento criogênico, em aço inoxidável martensítico, com a finalidade de melhorar a resistência à corrosão. (21)

2.2.2 Revisão patentária de tribologia

No Brasil foi depositada apenas uma patente, no INPI, que continha a palavra “tribologia” em seu resumo. Esta patente, BR 10 2014 014174-0, apresentou como inovação um sistema para medir tração e frenagem de um veículo e para isto utilizou um método que calculava as características tribológicas do sistema. Esta busca de patentes está ilustrada na Figura 40 do Anexo A. (22)

No mundo foram depositadas apenas seis patentes contendo a palavra “tribologia” na folha de rosto. Estas patentes foram depositadas desde 1999 até 2014 (23) e estão listadas a seguir. A patente citada acima é a última da lista abaixo:

- PI 9904512-5 “Máquinas geradoras de esferas cerâmicas para próteses ortopédicas;

- PI 0812341-1 “Métodos para avaliar atributos de paladar dos alimentos usando um dispositivo de tribologia”;
- PI 0812143-5 “Dispositivo de tribologia para aliviar atributos de paladar dos alimentos, reômetro e uso do dito dispositivo”;
- MX 2009 013180 “Método para a avaliação dos atributos de paladar de alimentos usando um dispositivo de tribologia”;
- BR 11 2012 002820-0 “Tribologia combinada com resistência à corrosão: uma nova família de revestimentos de PVD e PACVD”;
- BR 10 2014 014174-0 “Método para determinar uma condição de uma rota, sistema de veículo e sistema para determinar uma condição de rota”.

Analizando as seis patentes encontradas, apenas a primeira, a quinta e a sexta tem aplicação correlata a área de Engenharia Mecânica, mas nenhuma das três patentes aproximam-se do estudo de pesquisa desta dissertação.

A busca das seis patentes listadas acima está ilustrada na Figura 41. A Figura 42 ilustra a compilação de dados desta busca e a Figura 43 ilustra as principais classificações. Estas três figuras estão no Anexo A.

Como a maioria das patentes são depositadas na língua universal, inglês, foi realizada uma nova busca com a palavra “Tribology”. O resultado foram 469 patentes. (24)

Para refinar o número de patentes, de modo a selecionar apenas aquelas que são realmente úteis para esta pesquisa, a busca acima foi refeita com as IPCs: C10M, C10N, F16H e G01H. As descrições de cada uma dessas IPCs foram detalhadas na Tabela 5 do Anexo A. (25)

A nova busca, com a consulta “EN_ALL:(ALLTXT:("tribology") AND IC:(f16h and (c10m or c10n or g01h)))” gerou 18 patentes, listadas na Tabela 6 do Anexo A. (26)

2.3 REVISÃO DE ANÁLISE DE VIBRAÇÕES

O estudo de Vibrações é uma das disciplinas dentro da área de Mecânica dos Sólidos estudada na Engenharia Mecânica. Em um sistema mecânico podem haver

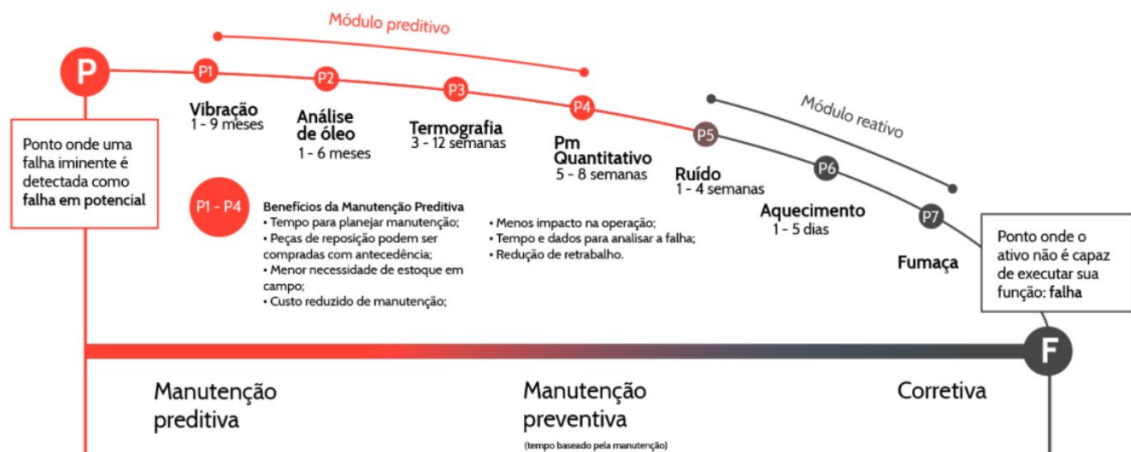
três elementos básicos: a massa (energia cinética), a mola (energia potencial) e o amortecedor (dissipação da energia). Estes três elementos podem ser combinados de diferentes formas, de modo a apresentar um sistema com um grau de liberdade ou sistemas com múltiplos graus de liberdade.

A vibração é um movimento que se repete, regular ou irregularmente em um intervalo de tempo específico, denominado por frequência. Na engenharia este movimento pode ser medido em elementos de máquinas ou estruturas constituídas por elementos móveis, e pode ser classificado em: vibrações livres, vibrações forçadas, vibrações amortecidas e vibrações não amortecidas. (27)

Após identificar o sinal de referência padrão para a vibração do sistema mecânico, os sinais de vibração do mecanismo podem ser continuamente medidos, de modo a monitorar o desempenho do equipamento e garantir sua condição estrutural, ou seja, permitir através da leitura dos sinais de vibração do sistema mecânico, a identificação de alguma alteração física no sistema ou até mesmo prever uma condição de possível falha.

A Figura 9 mostra a capacidade em prever falhas através dos diferentes tipos de manutenção: manutenção preditiva, manutenção preventiva e manutenção corretiva. A manutenção preditiva tem uma previsibilidade que pode chegar em até 9 meses de antecedência da ocorrência da falha, no seu uso associado com a aplicação da análise de vibração. Esta previsibilidade da falha é reduzida para apenas 4 ou 5 semanas para o caso em que é utilizada apenas a manutenção preventiva. E na manutenção corretiva ocorre o pior cenário, no qual o tempo de resposta é de apenas alguns dias. (28)

Figura 9 - Manutenção preditiva com análise de vibração.



Fonte: <https://ilk.com.br/conheca-as-vantagens-da-manutencao-preditiva-no-monitoramento-e-inspecao-de-equipamentos-instrumentos-e-processos/>. (28)

2.3.1 Publicações de análise de vibrações

Na área acadêmica o número de pesquisas relacionadas à Manutenção Preditiva combinada com Vibrações é bastante expressivo se comparado ao número de patentes depositadas.

Em 2005, Cunha estudou o estado de conservação de um redutor de velocidade utilizando a manutenção preditiva e as técnicas de análise de partículas de desgaste contidas no óleo lubrificante do redutor auxiliada pela análise de vibrações. (29)

Lago (2007) estudou técnicas de manutenção preditiva em redutores de velocidade, com o intuito de determinar a severidade, o modo e o tipo de desgaste. Utilizou para isto, a integração das técnicas de análises de vibrações e análise de óleo lubrificante, através da aplicação tanto da ferrografia analítica quanto da ferrografia quantitativa. A combinação da análise dos sinais de vibração com a análise das partículas de desgaste objetivou uma economia financeira para a aplicação da técnica em indústrias. (30)

Em 2011, Jesus e Cavalcante pesquisaram os sinais de vibração de máquinas rotativas através da aquisição de dados em uma bancada de testes da Petrobras. O escopo do trabalho visava entender o comportamento dos fenômenos de desalinhamento e desbalanceamento neste tipo de equipamento. (31)

Ramalho *et al* (2014) alvitram o monitoramento dos sinais vibratórios de um motor elétrico trifásico com o uso de acelerômetros Micro Electro Mechanical System (MEMS) e com o uso da transformada de Haar. Treinaram uma rede neural através da linguagem de programação ELM, de modo a identificar falhas mecânicas e elétricas. (32)

Em 2016, Reis *et al* estudaram o uso da Transformada de Wavelet na identificação da previsão de falhas em rolamentos, através da análise dos sinais vibratórios dos defeitos destes componentes. O uso da transformada foi necessário devido ao comportamento transiente característico dos sinais de vibração deste tipo de defeito. (33)

Ainda em 2016, Holanda defendeu a dissertação “Aplicação da manutenção preditiva por análise de vibrações em equipamentos de trens urbanos com plano de manutenção proposto” na qual foi estudada a análise de vibrações com um indicador de condição de máquina, ou mais especificamente uma forma de identificar anormalidades, e deste modo aplicar a análise de vibrações com uma ferramenta eficaz de diagnóstico e prevenção de falhas. O estudo foi desenvolvido na Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU) com a elaboração de um plano de manutenção que garantisse a disponibilidade, a confiabilidade e ainda permitisse a redução dos custos com manutenção. (34)

É importante lembrar que há normas específicas que regulamentam os ensaios, testes e até o funcionamento dos equipamentos. Para o assunto de vibração, temos a norma ISO 20816:2016 “Mechanical vibration - Measurement and evaluation of machine vibration” elaborada pelo comitê ISO/TC 108 Mechanical vibration, shock and condition monitoring. (35)

A norma ISO 7919-3:2009 “Mechanical vibration - Evaluation of machine vibration by measurements on rotating shafts - Part 3: Coupled industrial machines ” elaborada pelo comitê ISO/TC 108 Mechanical vibration, shock and condition monitoring. (36)

A norma ABNT NBR 10082:2011 “Ensaio não destrutivo - Análise de vibrações - Avaliação da vibração mecânica de máquinas com velocidades de operação de 600 rpm a 15 000 rpm” elaborada pelo comitê ABNT/ONS-058 Ensaios Não Destrutivos, entre outras normas que devem ser estudadas e utilizadas como referência nos assuntos específicos de vibração. (37)

2.3.2 Revisão patentária de análise de vibrações

Com a busca no site do INPI foram encontradas apenas sete patentes, depositadas no Brasil, que continham em seu resumo as palavras “manutenção preditiva” e o radical “vibraç*”. (38)

O uso do caractere asterisco “*” na realização da busca traz por resultado todas as palavras que contenham este radical, tal como vibração, vibrações, etc. Abaixo segue a lista das patentes encontradas, com seus respectivos títulos:

- BR 10 2020 018291-9 “Sistema, equipamento e procedimento de monitoramento, manutenção preditiva e otimização operacional de peneiras vibratórias”;
- BR 10 2019 020427-3 “Sistema, equipamento e procedimento de monitoramento, manutenção preditiva e otimização operacional de peneiras vibratórias”;
- BR 10 2019 010492-9 “Dispositivo IOT para monitoramento de vibração e temperatura de equipamentos eletromecânicos, integrado a uma plataforma de monitoramento online inteligente capaz de prever falhas via aprendizado de máquina”;
- BR 10 2019 003135-2 “Aperfeiçoamentos em medidor portátil de vibração”;
- BR 10 2017 013980-8 “Sensor de vibração e sistema implementado para manutenção preditiva em maquinários”;
- BR 20 2015 030133-8 “Disposição introduzida em roletes de correias transportadoras para monitoramento”;
- PI 0902235-0 “Sistema remoto para monitoramento e manutenção preditiva de máquinas e equipamentos”.

A busca de patentes detalhada acima está ilustrada na Figura 44 do Anexo A.

O pedido de patente BR 10 2019 010492-9, terceiro item da lista acima, alvitrou como solução o uso de “Internet das Coisas” (IOT) combinado com o uso de diversos sensores para identificar os parâmetros de controle de um equipamento eletromecânico. Este projeto visa a conseguir uma solução ainda mais simples, com

o uso de apenas um sensor, mais especificamente um acelerômetro, e com a aplicação de um Sistema Imunológico Artificial para realizar o monitoramento da variação da viscosidade no sistema mecânico.

O pedido de patente BR 10 2017 013980-8, quinto item da lista acima, propôs como solução o uso de sensores para medir a vibração, a aceleração e a velocidade e opcionalmente a temperatura. Estes parâmetros medidos são processados por um software dedicado para as devidas análise. O projeto desta dissertação visa a conseguir uma solução ainda mais simples e de baixo custo.

O pedido de patente PI 0902235-0, sétimo item da lista acima, desenvolveu um sistema remoto de monitoramento e diagnóstico para a manutenção preditiva de máquinas. A solução utilizou medições de vibração, ruído sonoro, tensão e corrente elétrica. Para realizar as medições foram utilizados sensores, placas eletrônicas, placas de processamento e sistema de interface com o usuário. Para o diagnóstico de falhas foi utilizado um algoritmo de análise de bandas de energia, lógica determinística e análise de padrões por redes neurais artificiais.

Ao expandir a busca de patentes a nível mundial, contendo as palavras: manutenção, preditiva e vibraç*, foram encontradas 38 patentes, as quais foram depositadas desde 1998 até 2021. (39)

A Figura 45 traz as primeiras patentes publicadas entre 1999 e 2007, da lista das 38 patentes. A Figura 46 traz as últimas patentes publicadas em 2021. A Figura 47 ilustra a compilação de dados. A Figura 48 ilustra as principais classificações. Estas quatro figuras estão ilustradas no Anexo A. A lista completa das patentes está reproduzida na Tabela 7 do Anexo A.

Para compreender as linhas de estudo desenvolvidas e que realmente poderiam ter relação direta com o assunto pesquisado, as buscas ainda foram refinadas nos próximos tópicos com a inclusão de outras palavras chaves.

2.4 REVISÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A Inteligência Artificial (IA) é definida por uma inteligência similar à humana, mas proveniente de mecanismos ou software. O objetivo dos sistemas de IA é utilizar as características básicas do sistema, de modo a permitir reconhecer padrões pré-estabelecidos em base de dados, e então conseguir identificar condições fora dos padrões conhecidos.

John McCarthy criou o termo Inteligência Artificial (IA) em 1956 e o definiu como “a ciência e engenharia de produzir sistemas inteligentes”. McCarthy também foi o desenvolvedor da linguagem de programação LISP em 1958. (40)

Andreas Kaplan e Michael Haenlein definiram a inteligência artificial como: “uma capacidade do sistema para interpretar corretamente dados externos, aprender a partir desses dados e utilizar essas aprendizagens para atingir objetivos e tarefas específicos através de adaptação flexível”. (41)

A Inteligência Artificial (IA) visa solucionar as condições em que o ser humano não apresenta boa capacidade resolutiva. Por exemplo, enquanto a inteligência humana se sobressai em condições de ambiguidade, a inteligência artificial supera a inteligência humana em volume de processamento. Enquanto a inteligência humana tem autonomia para decidir, a inteligência artificial permite a automação dos processos, soluções, etc. Enquanto a inteligência humana tem sua base na emoção a inteligência artificial é programada com base na razão.

2.4.1 Publicações de inteligência artificial

Na área acadêmica a combinação dos assuntos manutenção preditiva e inteligência artificial (IA) ainda está caminhando para o desenvolvimento de novos estudos que sirvam como base referencial para a evolução desta possível tecnologia.

A Revista Ferramental traz em seu artigo a proposta de quatro equipamentos que integram a inteligência artificial com a manutenção preditiva, são eles:

- scanner 3d portátil: que permite a modelagem 3d de forma rápida e fácil podendo até ser associado com a impressão de peças em 3d para o uso na manutenção dos equipamentos;
- óculos de realidade mista: que oferece a possibilidade de ilustrar um manual virtual aos olhos do operador durante a execução da manutenção;
- smartphone com câmera térmica: que permite a visualização de um mapa de calor direto na tela do celular; e
- sistemas IA de monitoramento de máquinas: que visam coletar e transmitir os sinais de vibração de um equipamento ao sistema de

monitoramento IA, de modo que, seja possível prever falhas ainda no estágio inicial. (42)

A Revista Manutenção, em 2019, publicou o estudo relacionando a inteligência artificial com a manutenção industrial. Neste trabalho são comparados os primeiros sistemas de manutenção com os sistemas atuais que utilizam internet das coisas (IOT). Nos sistemas antigos os dados eram compilados manualmente. Com a possibilidade do uso da IOT é possível controlar o tempo médio entre falhas (TMEF), a causa raiz, o número de ocorrências de falhas, quais falhas apresentam o mesmo modo, entre outros parâmetros que garantem o controle efetivo da manutenção, além da agilidade em executá-la com alta performance de gestão. (43)

Lima *et al* pesquisaram a aplicação da manutenção preditiva com uso de inteligência artificial em equipamentos críticos que precisam estar energizados constantemente. Um exemplo deste tipo de equipamento são os servidores de bases de dados, entre outros equipamentos da supercomputação. (44)

2.4.2 Revisão patentária de inteligência artificial

Através da busca no site do INPI foi encontrada apenas uma patente depositada no Brasil, que continha em seu resumo todas as palavras “manutenção preditiva inteligência artificial”. (45)

O pedido de patente BR 10 2019 018521-0, cujo o título é “Processo de manutenção preditiva e prescritiva para equipamentos industriais” apresentou com inovação um processo de manutenção preditiva que incluiu as seguintes etapas: plano de monitoramento; coleta com equipamento específico; armazenamento de dados em banco único; estrutura lógica conectada ao webservice; tratamento dos dados coletados e resultados produzidos por algoritmo e analistas. Tal solução considerou o uso de sensores para obter os dados e o uso de algoritmo e inteligência artificial para interpretá-los e compará-los com os laudos anteriores. Enfim, uma solução que leva subjetividade ao resultado, uma vez que depende de laudos anteriores como base da análise.

Esta busca de patentes está ilustrada na Figura 49 do Anexo A.

Ao expandir a busca de patentes a nível mundial, contendo todas as palavras: manutenção, preditiva, inteligência e artificial foram encontradas apenas nove patentes, as quais foram depositadas entre 1999 e 2021. (46)

A Figura 50 traz as primeiras patentes publicadas em 2011, da lista das nove patentes. A Figura 51 traz as últimas patentes publicadas em 2021. A Figura 52 ilustra a compilação de dados. A Figura 53 ilustra as principais classificações. Estas quatro figuras estão disponíveis no Anexo. A

A lista das nove patentes foi reproduzida na Tabela 8 do Anexo A, sendo que a segunda, a sexta e a oitava patente já haviam sido analisadas na busca anterior com as palavras manutenção preditiva e vibraç* e a nona patente é a patente que apareceu na busca no INPI.

A patente PT 1503264 cujo o título traduzido para o português é “Sistema de controle baseado em desempenho” alvitrou como inovação monitorar e controlar um sistema aquoso através de um parâmetro de desempenho que é utilizado como base de referência para a análise.

O pedido de patente WO 2018 112588 “Smart control system and method based on machine learning for modulating end-tidal concentration levels by means of adjustments to the volume and concentration of an incoming respiratory gas flow in real time” é o depósito realizado via Tratado Cooperação em Patentes (PCT) da patente brasileira BR 10 2016 029897-0 “Sistema e método de controle inteligente, baseado em aprendizado de máquina, para modular níveis de concentração end-tidal através de ajustes no volume e na concentração de um fluxo de gases respiratórios de entrada em tempo real”. Esta patente propôs como inovação um sistema e método para controlar a respiração artificial através do aprendizado de máquina.

Como o número de patentes encontradas para este assunto foi muito baixo a busca foi refeita com as palavras chaves traduzidas para o inglês. A nova busca, com a consulta “ALLTXT:("predictive maintenance" and "artificial intelligence") gerou 1330 patentes. (47)

A busca com as palavras em inglês foi refinada com o uso das IPCs: F, C10M, C10N, G01, G05 e G06. A lógica de busca foi: “ALLTXT:("predictive maintenance" and "artificial intelligence") AND IC:((F) AND (C10M OR C10N OR G01 OR G05 OR G06))”. O resultado foi de 24 patentes, as quais foram listadas na Tabela 9 do Anexo A. (48)

2.5 REVISÃO DE REDE NEURAL ARTIFICIAL

A Neurocomputação é datada do ano de 1943 quando foi publicado o artigo “A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity” no Bulletin of Mathematical Biophysics, pelos autores Warren McCulloch (49) e Walter Pitts. (50)

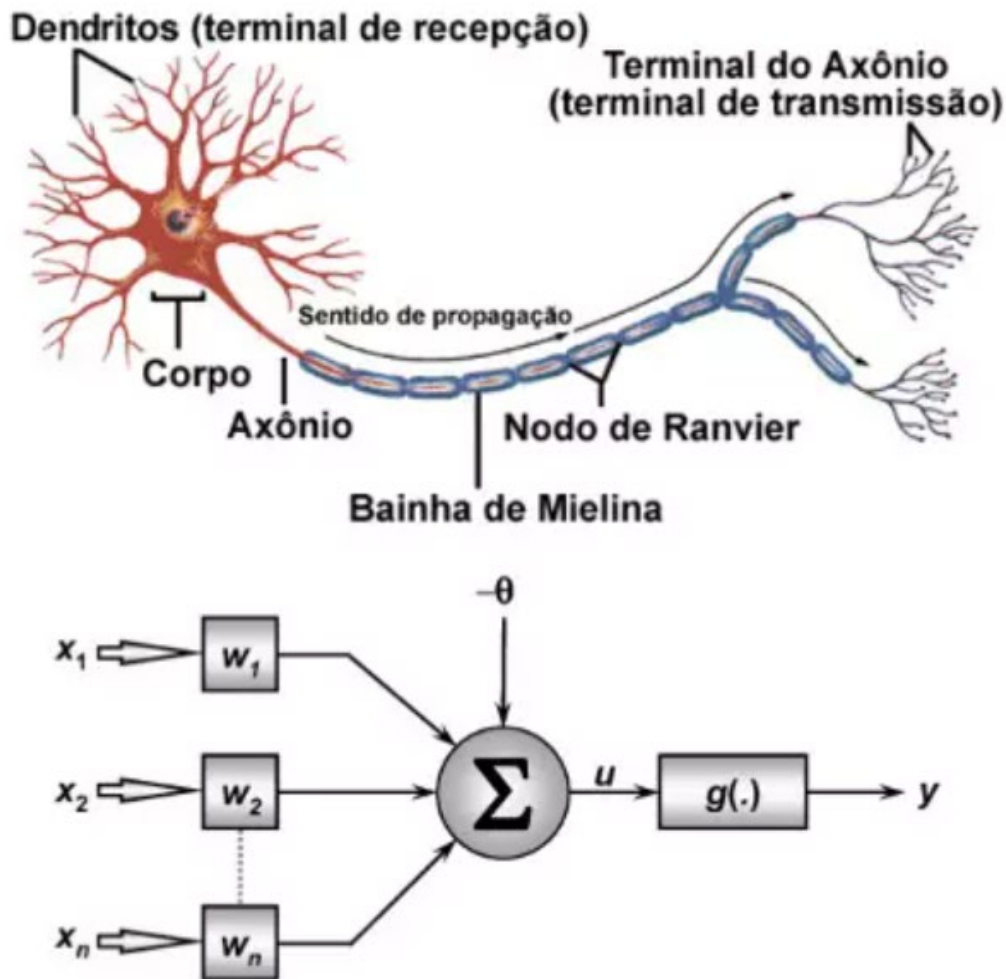
As Redes Neurais Artificiais (RNAs) foram desenvolvidas pela área da Ciência da Computação. São modelos computacionais inspirados no sistema nervoso central, ou mais especificamente, no cérebro humano, de modo a atuar assim como as redes neurais biológicas atuam no corpo humano. (51)

A Rede Neural Artificial (RNA) é aplicada a um sistema, de modo que, a partir de uma base de dados seja possível prover soluções específicas, as quais não seriam possíveis com o uso de apenas uma programação básica com regras comuns. (51)

A RNA utiliza dados de entrada que são transformados com o uso de uma função específica. Este procedimento é repetido até que um dado de saída seja ativado. (51)

A Figura 10 ilustra a comparação entre uma rede neural humana (neurônio) e uma rede neural artificial. (52)

Figura 10 - Neurônio humano versus Rede Neural Artificial



Fonte: <https://www.monolitonimbus.com.br/perceptron-redes-neurais/>. (52)

2.5.1 Publicações de redes neurais

Em 2006, Torres *et al* desenvolveram dois modelos de previsão de falhas para a manutenção industrial com uso de redes neurais. Sendo um modelo com base no histórico de cinco anos de manutenções de uma determinada empresa. Segundo o autor, a solução proposta conseguiu realizar a previsão, mesmo em um conjunto de dados com forte componente de não-linearidade. (53)

Almeida em sua tese propôs o uso de uma RNA para o desenvolvimento da análise de vibrações com capacidade de realizar a análise de partículas de desgaste. O autor afirma que a rede proposta teve como resultado uma assertividade acima de 90% na identificação dos defeitos. (54)

Gonçalves em sua tese comparou diferentes soluções de processamentos de sinais com uso de inteligência artificial, a fim de determinar qual a melhor ferramenta para a aplicação de uma manutenção efetiva. Seus estudos consideraram a análise de mapas auto organizáveis e filtros adaptativos. (55)

2.5.2 Revisão patentária de redes neurais

Refinando a busca no site do INPI encontramos apenas duas patentes, depositada no Brasil, que continham em seu resumo as palavras “manutenção preditiva redes neurais”. (56)

A busca de patentes está ilustrada na Figura 54 do Anexo A. Estas patentes já haviam sido analisadas em uma busca anterior com o uso das palavras chaves “manutenção preditiva”. Ambas patentes não têm relação com o assunto objeto desta pesquisa.

Ao expandir a busca de patentes a nível mundial, contendo as palavras: manutenção, preditiva, rede*, neura*, foram encontradas 29 patentes. Estas patentes foram depositadas entre 2002 e 2017. (57)

A Figura 55 traz as primeiras patentes publicadas em 2004, da lista das 29 patentes. A Figura 56 traz as últimas patentes publicadas em 2020. A Figura 57 ilustra a compilação de dados. A Figura 58 ilustra as principais classificações. Estas quatro figuras estão ilustradas no Anexo A.

A patente PI 0415352-9 propôs como inovação o uso de redes neurais na realização da manutenção preditiva para substituição de equipamentos baseado na vida útil teórica e com o uso de sensores, de modo a administrar a manutenção do equipamento com relação aos componentes substituíveis. Apesar de também ser uma inovação focada em manutenção preditiva, a inovação desta patente distingue-se da pesquisa desta dissertação, uma vez que a pesquisa não é baseada em uma vida útil teórica, entre outras variantes no escopo.

Em suma, das 29 patentes encontradas na busca internacional nenhuma tem relação direta com o assunto pesquisado nesta dissertação.

A busca acima foi reproduzida na Tabela 10 do Anexo A.

2.6 REVISÃO DE SISTEMA IMUNOLÓGICO ARTIFICIAL

O conceito Sistema Imunológico Artificial, assim como o termo Rede Neural Artificial, ambos têm base evolutiva no processo de funcionamento do corpo humano. Visando ao desenvolvimento de novas tecnologias muito mais robustas e com a capacidade de operar sob pouca ou quase nenhuma interferência do ser humano.

O Sistema Imunológico Natural automaticamente controla o sistema de defesa do organismo humano, ou seja, quando acontece a invasão de corpos estranhos ao organismo, este sistema reage de modo a eliminar tal organismo. Durante esta reação é produzido como resultado a imunidade a aquele determinado organismo invasor.

O objetivo do Sistema Imunológico Artificial espelha-se em seu predecessor, ou seja, desenvolver um sistema capaz de identificar as suas condições de operação e emitir alertas ou até mesmo ser programado para realizar correções no processo em caso de identificação de falhas ou elementos “invasores”.

Um Sistema Imunológico Artificial pode ter aplicação em diversas áreas dentro da Engenharia Mecânica, tal como monitorar a vida útil de um sistema mecânico, monitorar os parâmetros de um processo de fabricação, monitorar o processo de desgaste em um circuito hidráulico, entre outras aplicações nas quais seja necessário realizar operações de monitoramento, controle e intervenção.

2.6.1 Publicações de sistema imunológico artificial

Com relação a busca em documentos acadêmicos, o número de documentos relacionadas à Manutenção Preditiva e Sistema Imunológico Artificial é bem menor do que as buscas anteriores, mas ainda assim, é bastante expressivo. Ao realizar uma busca com a ferramenta Google Acadêmico, sem incluir patentes ou citações, o resultado foi de 1.100 publicações. (58)

Assim foi realizada uma busca mais refinada, ainda com a ferramenta Google Acadêmico, de modo a encontrar pesquisas, estudos científicos ou mesmo projetos industriais que tivessem correlação direta ou indireta com o assunto pesquisado nesta dissertação. Ao realizar a nova busca com as palavras chaves Manutenção Preditiva, Sistema Imunológico Artificial e Controle de Viscosidade, sem incluir patentes ou citações, o resultado foi de apenas 111 publicações. (59)

Refinando ainda mais a busca com a ferramenta Google Acadêmico, em uma nova busca com as palavras chaves Manutenção Preditiva, Sistema Imunológico Artificial, Controle de Viscosidade e Redutor, sem incluir patentes ou citações. O resultado foi de apenas 33 publicações (60) sendo a maioria destas publicações voltadas para as áreas de biológicas e agrícolas.

Apenas 2 arquivos específicos eram da área de Engenharia Mecânica. Uma dissertação do colega de laboratório Slavec (61), intitulada “Validação tribológica de biograxas sintetizadas comparadas com graxas minerais comerciais”. E o livro “Impactos das Tecnologias na Engenharia Mecânica”, mais especificamente o capítulo 20 escrito pelo grupo de pesquisa do Professor Chavarette (62) intitulado “ANÁLISE DE COMPORTAMENTO DE FALHAS DE UM ROTOR DINÂMICO UTILIZANDO SISTEMA IMUNOLÓGICO ARTIFICIAL”.

2.6.2 Revisão patentária de sistema imunológico artificial

Ao realizar a busca no site do INPI não foi encontrada nenhuma patente depositada no Brasil, que continha em seu resumo as palavras “manutenção preditiva sistema imunológico artificial”. (63)

Esta busca de patentes está ilustrada na Figura 11 abaixo.

Figura 11 - Patentes com as palavras manutenção preditiva sistema imunológico artificial

BRASIL Acesso à informação Participe Serviços Legislação Canais

Instituto Nacional da
Propriedade Industrial
Ministério da Economia

Consulta à Base de Dados do INPI [Início | Ajuda?]

RESULTADO DA PESQUISA(06/06/2021 às 20:27:26)

Pesquisa por:
Todas as palavras: 'MANUTENÇÃO PREDITIVA SISTEMA IMUNOLÓGICO ARTIFICIAL no Resumo' \

- Nenhum resultado foi encontrado para a sua pesquisa. Para efetuar outra pesquisa, pressione o botão de VOLTAR.

AVISO: Depois de fazer uma busca no banco de dados do INPI, ainda que os resultados possam parecer satisfatórios, não se deve concluir que a Patente poderá ser concedida. O INPI no momento do exame do pedido de Patente realizará nova busca que será submetida ao exame técnico que decidirá a respeito da concessão da Patente.

Dados atualizados até 01/06/2021 - Nº da Revista: 2630

Rua Mayrink Veiga, 9 - Centro - RJ - CEP: 20090-910

Fale Conosco

Fonte: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp>. (63)

Ao expandir a busca de patentes a nível mundial, contendo as palavras: manutenção, preditiva, sistema, imunológico, artificial, foram encontradas apenas 11 patentes, as quais foram depositadas entre 2007 e 2021. (64)

A Figura 59 traz as primeiras patentes publicadas em 2011, da lista das 11 patentes. A Figura 60 traz as últimas patentes publicadas em 2021. A Figura 61 ilustra a compilação de dados. A Figura 62 ilustra as principais classificações. Estas quatro figuras foram reproduzidas no Anexo A.

Os 11 pedidos de patente encontrados na busca acima são referentes a área médica e, portanto, não apresentam relação com a pesquisa desta dissertação. Esta conclusão pode ser reforçada pela análise das IPCs destas patentes.

2.7 MOTIVAÇÕES

Em suma, após toda a revisão bibliográfica realizada, em base de dados patentárias, nacionais e internacionais e em base de dados não patentárias, nenhum resultado encontrado teve conflito ou margeou o escopo desta pesquisa.

Os resultados encontrados aumentaram, ainda mais, a motivação em seguir em frente com a parte prática-experimental deste estudo e desenvolver uma solução inovadora para o monitoramento online da variação da viscosidade do fluido lubrificante em um sistema mecânico.

3 MATERIAIS

Para realização deste trabalho, a primeira etapa foi a construção do sistema mecânico, no qual foram realizados todos os testes de aquisição de dados e de condições de falhas.

Para realizar a leitura dos sinais de vibração da caixa redutora foi desenvolvido um sistema de aquisição de dados, que também foi utilizado na coleta dos sinais do motor elétrico.

3.1 MATERIAIS UTILIZADOS PARA ELABORAÇÃO DO SISTEMA MECÂNICO

A montagem do sistema mecânico foi realizada com a fabricação de uma bancada composta por:

- motor elétrico;
- inversor de frequência;
- duas engrenagens;
- três eixos;
- duas polias;
- correia de borracha e lona;
- oito mancais;
- quatro rolamentos;
- dois tampões de nylon;
- estrutura metálica em aço 1080;
- base de madeira;
- e chapas de proteção em alumínio, rebites e outros elementos de fixação.

3.1.1 Motor elétrico

O motor elétrico utilizado para fornecer potência ao sistema mecânico foi o motor trifásico da marca WEG modelo W22 com potência nominal de 0,37 kW, frequência de 60 Hz, rotação nominal de 3340 rpm, tensão 220V, corrente 1,86 A,

modelo de carcaça 63 e número de série 1013754064. Conforme ilustra a Figura 12 abaixo.

Figura 12 - Imagem do motor elétrico WEG W22



Fonte: Elaboração do próprio autor.

3.1.2 Inversor de frequência

O inversor de frequência utilizado no controle da velocidade do motor elétrico W22 também foi da marca WEG, modelo CFW 08, e está ilustrado na Figura 13 abaixo.

A ligação entre o motor elétrico W22 e o inversor foi realizada através da barra de bornes de potência, de modo a permitir a partida local do inversor, ou seja, a partida através da interface de comunicação do inversor. Para isto, o botão circular no canto inferior direito deverá estar com a luz de seleção acesa na parte superior “loc”. Nesta condição foi possível ligar o motor com o botão verde, desligar o motor com o botão vermelho e controlar a velocidade do motor com as setas para cima e para baixo.

Foram utilizados os parâmetros de leitura padrão do inversor, no qual o parâmetro três “P003” indica a corrente de saída medida em Ampere (A); o parâmetro quatro “P004” indica a tensão do barramento DC medida em Volt (V) e o parâmetro cinco “P005” indica a frequência de saída medida em Hertz (Hz).

Figura 13 - Imagem do inversor de frequência CFW08



Fonte: https://www.weg.net/catalog/weg/US/pt/Drives/Inversores-de-Frequ%C3%Aancia/Micro-e-Mini-Drives/Inversor-de-Frequ%C3%Aancia-CFW08/Inversor-de-Frequ%C3%Aancia-CFW08/p/MKT_WDC_GLOBAL_VARIABLE_SPEED_DRIVE_CFW08. (65)

3.1.3 Engrenagens

A potência elétrica do motor foi transmitida ao eixo de saída no qual estava acoplado uma polia com o alojamento para uma das extremidades da correia de lona. A outra extremidade da correia estava alojada em uma segunda polia, que por sua vez, foi montada no mesmo eixo da engrenagem menor que transmitia o movimento para a engrenagem maior. Um terceiro eixo foi utilizado para montar a engrenagem maior, com o uso de dois mancais e dois rolamentos na parede da estrutura metálica.

A Figura 14 ilustra uma vista superior da montagem do sistema mecânico detalhado no parágrafo anterior.

Na Figura 15 estão ilustradas as duas engrenagens em uma vista frontal, sendo a menor tracionada pela polia com a correia, e assim, responsável por tracionar a engrenagem maior.

A engrenagem maior era do tipo cilíndrica de dentes retos, possuía um diâmetro externo de 100 mm, diâmetro do furo de 20 mm, diâmetro do cubo de 40 mm e 48 dentes, essa era a engrenagem movida e foi usinada em aço SAE 1020.

A engrenagem menor era do tipo cilíndrica de dentes retos, possuía um diâmetro externo de 52 mm, espessura de 17 mm, 24 dentes, foi usinada no extremo oposto do eixo acoplado com a polia. Essa era a engrenagem motriz e foi usinada em aço SAE 1020.

Figura 14 - Imagem do motor elétrico e do acionamento por polias e correia para movimentar as engrenagens



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 15 - Imagem das engrenagens montadas na caixa redutora



Fonte: Elaboração do próprio autor.

3.1.4 Eixos

Os eixos e as engrenagens foram fabricados em aço SAE 1020 por processo de usinagem.

No extremo do eixo motriz foi usinada a engrenagem menor, este eixo possuía 92 mm de comprimento e diâmetro de 17 mm. E foi montado na estrutura da caixa com o uso de 2 mancais e 2 rolamentos.

O eixo movido sustentava a engrenagem maior, possuía um comprimento de 70 mm e o diâmetro de 17 mm. E foi montado na estrutura da caixa com o uso de 2 mancais e 2 rolamentos.

A Figura 16 ilustra uma vista superior da montagem dos eixos na estrutura da caixa redutora.

Figura 16 - Imagem dos eixos montados na caixa redutora



Fonte: Elaboração do próprio autor.

3.1.5 Polias

Foram utilizadas 2 polias de alumínio em “V” da marca Mademil, de diâmetro externo de 60 mm, perfil “A” de acordo com a norma ISO 4183, a polia acoplada ao motor elétrico apresentava apenas um canal, e seu modelo foi o PAL60A1. Enquanto a polia acoplada ao eixo da engrenagem menor apresentava dois canais e seu modelo foi o PAL60A2.

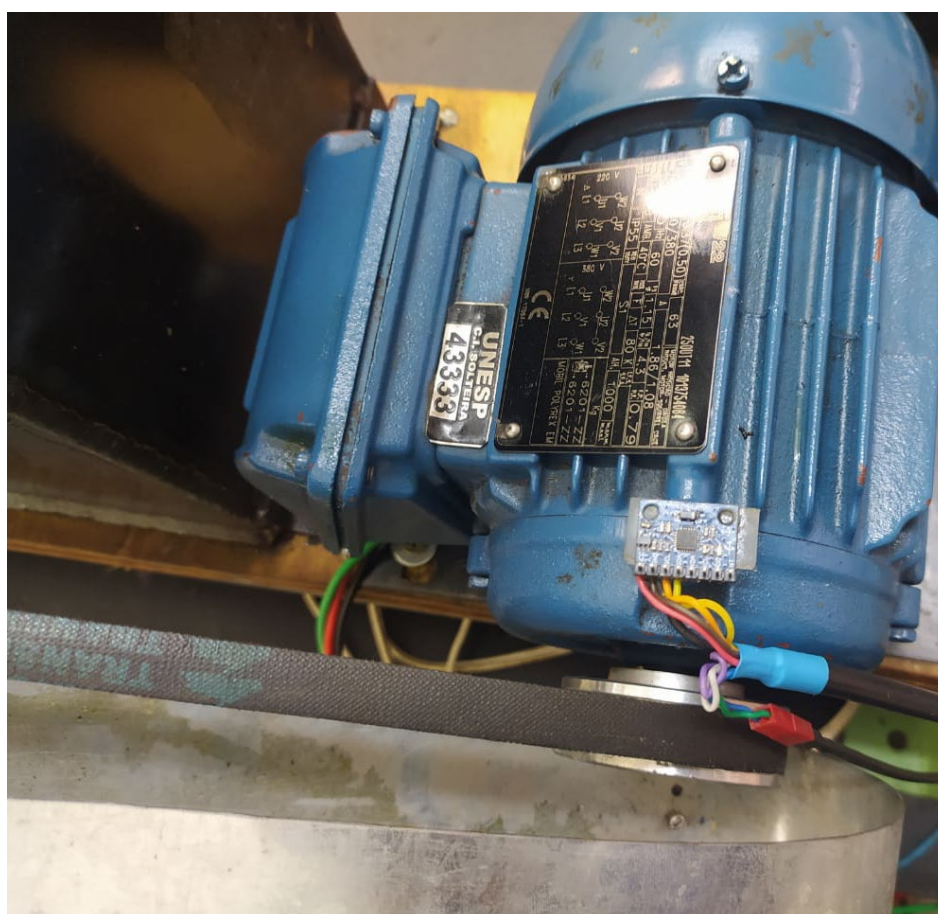
A polia montada no eixo da engrenagem menor está ilustrada na Figura 17 e a polia montada no eixo de saída do motor elétrico está ilustrada na Figura 18.

Figura 17 - Polia montada no eixo da engrenagem menor



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 18 - Polia montada no eixo do motor



Fonte: Elaboração do próprio autor.

3.1.6 Correia de borracha

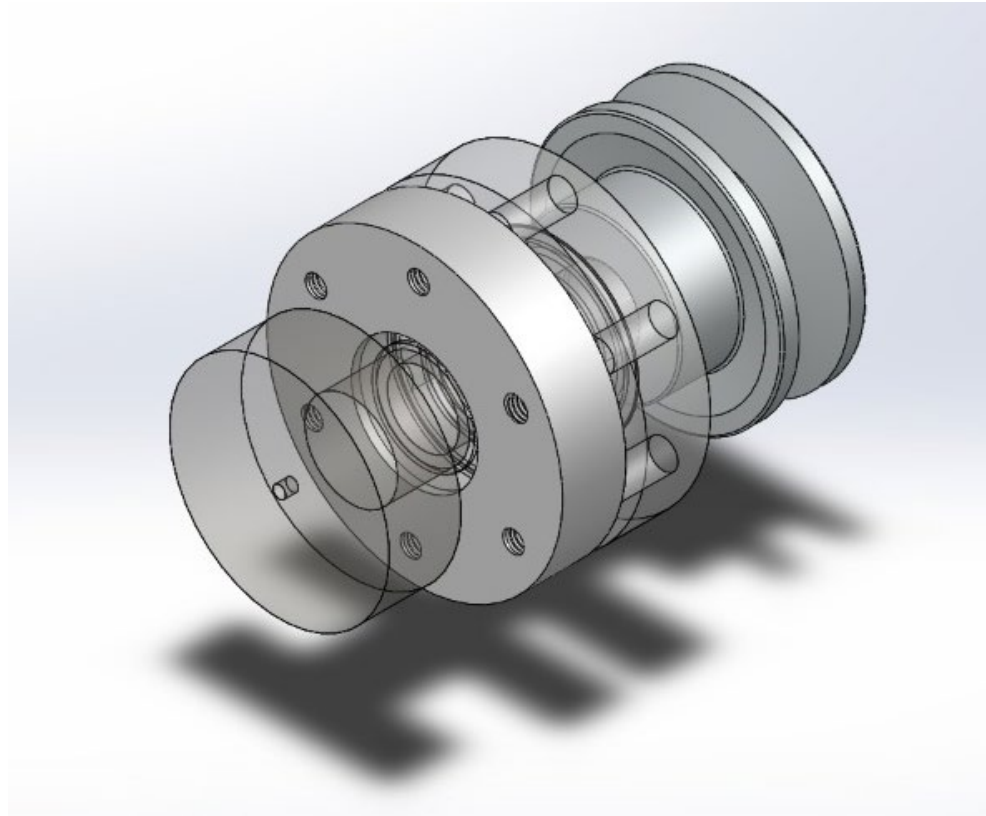
A correia que transmitia o movimento da polia do motor para a polia da engrenagem menor foi uma correia industrial da Marca Suprir, modelo Transpower XT DU10-145.

3.1.7 Mancais

Foram usinados mancais em acrílico para a montagem dos eixos das engrenagens maior e menor na estrutura da caixa de aço. Para montar cada um dos eixos foram utilizados dois mancais, ou seja, foram usados quatro mancais na montagem dos dois eixos. Foram utilizados mais quatro mancais na montagem dos dois tampões dos furos. Portanto, foram necessários oito mancais na montagem completa da caixa redutora.

O modelo 3D ilustrado na Figura 19 foi composto pela polia à direita, os dois mancais no meio, uma representação esquemática cilíndrica da engrenagem menor à esquerda e o eixo passando no centro de todos os componentes.

Figura 19 - Mancais para a montagem do eixo da engrenagem menor e da polia



Fonte: Elaboração do próprio autor.

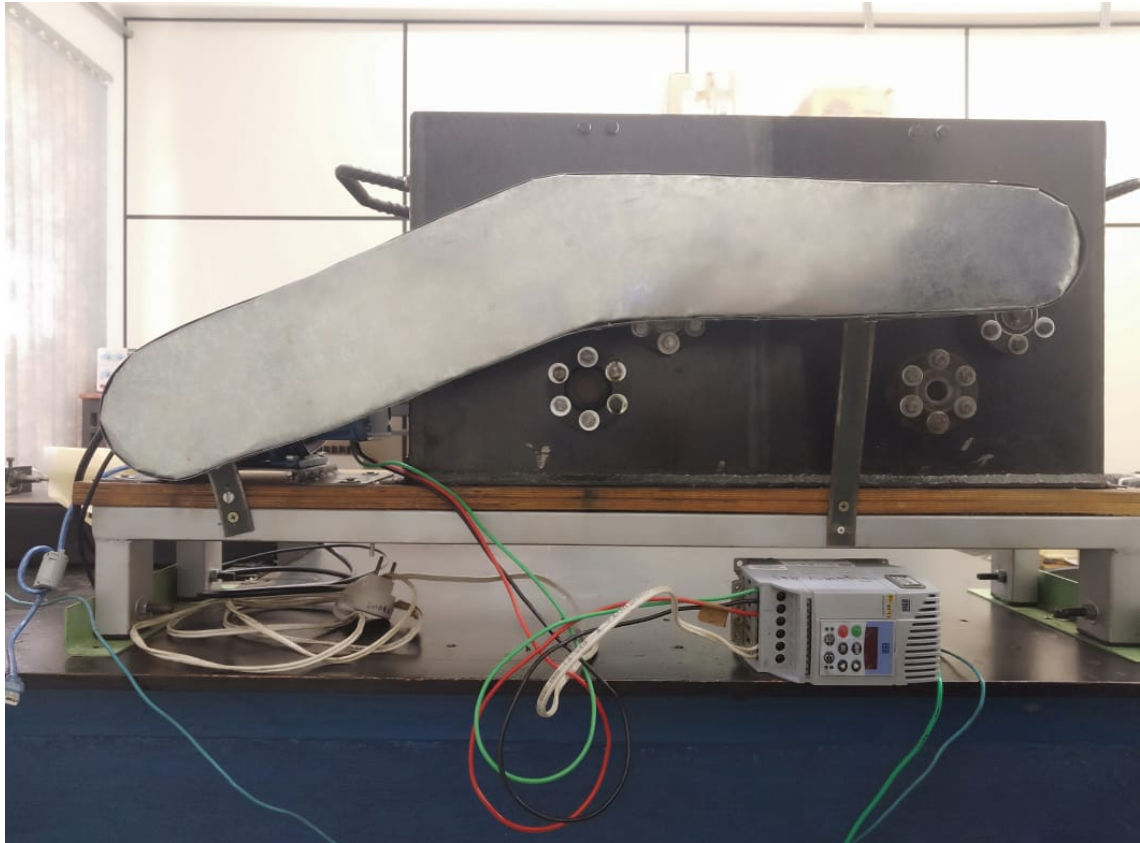
3.1.8 Montagem da bancada

A bancada foi montada com uma estrutura metálica de chapas de aço 1080. As faces laterais da estrutura foram unidas entre si e unidas ao fundo da estrutura por soldagem. Nesta estrutura foram montados os mancais que suportavam os eixos das engrenagens, em uma das faces laterais, mais especificamente na face que apresentava o maior comprimento.

Para garantir a segurança na operação da bancada foi instalada uma capa de proteção na correia que transmitia o movimento da polia do motor elétrico para a polia de acionamento das engrenagens. A capa foi fabricada em alumínio e montada com rebites.

A bancada pronta para a realização dos testes está ilustrada na Figura 20 a seguir.

Figura 20 - Bancada montada para a realização dos ensaios



Fonte: Elaboração do próprio autor.

3.2 MATERIAIS UTILIZADOS PARA ELABORAÇÃO DO SISTEMA DE LEITURA DA VIBRAÇÃO

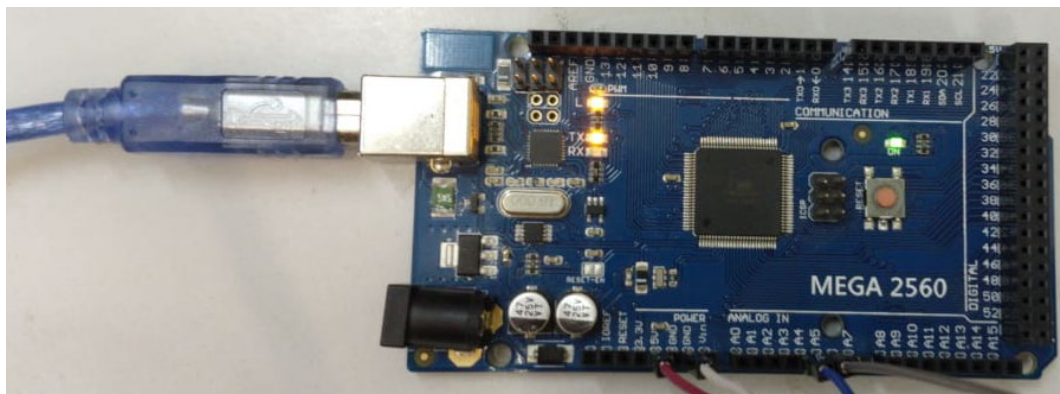
A montagem do sistema de aquisição dos sinais de vibração do sistema mecânico foi composta por:

- uma placa de aquisição de dados;
- um acelerômetro;
- cabos;
- e softwares.

3.2.1 Placa de aquisição de dados

A placa de aquisição de dados utilizada no experimento foi a placa da marca Arduino modelo Mega 2560, conforme ilustrado na Figura 21 abaixo.

Figura 21 - Placa de aquisição de dados modelo Mega 2560



Fonte: Elaboração do próprio autor.

3.2.2 Cabo de alimentação de energia na placa de aquisição de dados

A placa de aquisição de dados foi alimentada com tensão através do cabo ilustrado na Figura 22 abaixo.

Este cabo apresentava uma ponta USB tipo A que foi conectada em uma entrada USB tipo A disponível no notebook utilizado, e na outra ponta uma entrada USB tipo B que foi conectada em uma entrada USB tipo B da placa de aquisição de dados.

Figura 22 - Cabo de alimentação de energia da placa de aquisição de dados



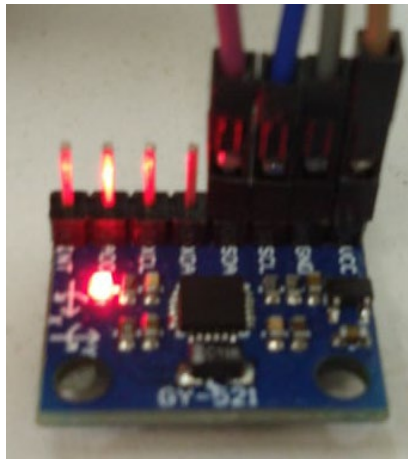
Fonte: <https://www.eletrogate.com/kit-arduino-start>. (66)

3.2.3 Acelerômetro e giroscópio

O acelerômetro utilizado no experimento foi o acelerômetro e giroscópio de três eixos cada e seis graus de liberdade (GDL) modelo MPU-6050 – GY-521, conforme ilustrado na Figura 23 abaixo.

Este dispositivo contém em uma mesma placa o acelerômetro com três eixos e o giroscópio com três eixos, a fim de compor seis graus de liberdade. O chip MPU-6050 pode ser alimentado com uma tensão de 3-5 V e apresenta um conversor AD 16 bits. A comunicação foi realizada através do protocolo padrão I2C, as faixas do giroscópio eram de ± 250 , 500, 1000, 2000°/s, e as faixas do acelerômetro eram de +2, +4, +8, +16g e suas dimensões eram de aproximadamente 20 x 16 x 1 mm.

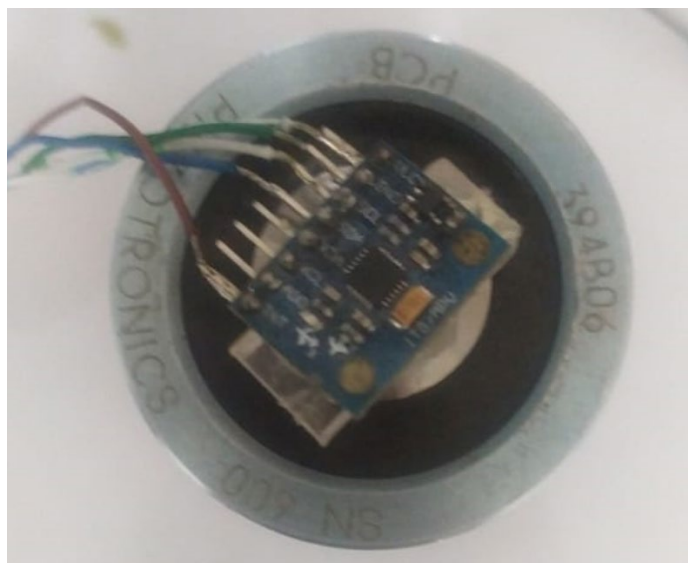
Figura 23 - Acelerômetro e giroscópio de 3 eixos modelo MPU-6050-GY-521



Fonte: Elaboração do próprio autor.

O acelerômetro foi calibrado através do uso do calibrador da marca Piezotronics modelo PCB 394B06, ilustrado na Figura 24.

Figura 24 - Calibrador do acelerômetro e giroscópio modelo MPU-6050-GY-521



Fonte: Elaboração do próprio autor.

3.2.4 Conectores de ligação da placa de aquisição de dados com o acelerômetro

Para realizar as ligações entre o acelerômetro e a placa de aquisição de dados foram utilizados os conectores ilustrados na Figura 25.

Figura 25 - Cabos usados entre a placa de aquisição de dados e o acelerômetro



Fonte: <https://www.eletrogate.com/kit-arduino-start>. (66)

3.2.5 Softwares

O software utilizado para receber os sinais de vibração do acelerômetro está descrito no Apêndice A.

Este software utilizou a biblioteca “Wire” para o protocolo I2C e a biblioteca “MPU6050_tockn”. Na sequência a placa MPU-6050 foi instanciada, no set up foi iniciada a porta serial, e no loop foram impressas as acelerações em x, y e z respectivamente.

4 METODOLOGIA

A primeira etapa do projeto, após toda a fase de estudo e revisão bibliográfica, foi a construção da bancada. Na construção foi reaproveitada uma estrutura metálica de caixa em aço SAE 1080 já existente, a fim de reduzir os custos de fabricação da bancada. Dois furos que não tinham função para o projeto foram tampados com o uso de cilindros de nylon usinados em dimensões suficientes para tampar os furos. Cada um destes cilindros de nylon foi fixado com dois mancais de acrílico na parede da caixa com o uso de parafusos. Os mancais de acrílico utilizados são iguais aos mancais que fixavam os eixos das engrenagens. Estes furos tampados estão indicados com as setas vermelhas na Figura 26 abaixo.

Figura 26 - Estrutura da caixa de aço



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Após finalizar a estrutura da caixa foram usinadas as engrenagens em aço SAE 1020, conforme já ilustrado na Figura 15. As engrenagens menor e maior foram montadas na parede lateral da caixa com o uso de mancais de acrílico que sustentam os eixos também usinados em aço SAE 1020.

No eixo de saída do motor elétrico foi montada uma polia da marca Mademil modelo 60 A. No eixo da engrenagem menor também foi montada uma polia Mademil modelo 60 A. Para unir as duas polias foi utilizada uma correia industrial modelo Transpower XT DU10-145. Para proteger a bancada contra acidentes foi montada uma capa em alumínio com uso de rebites e parafusos de modo a prevenir o contato do operador com o movimento da correia.

A estrutura da caixa em aço 1080 e o motor elétrico W22 foram parafusos em uma base de madeira, e assim foi concluído a montagem da bancada de testes, a qual já foi ilustrada anteriormente na Figura 14.

4.1 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS DE ÓLEO

Após a montagem completa da bancada era necessário ter amostras de óleos com diferentes viscosidades, para então iniciar os testes de aquisição de dados. Foram então coletados alguns óleos lubrificantes para a realização dos ensaios.

Os volumes de cada uma das seis amostras foram medidos com o uso de um béquer. A viscosidade de cada amostra foi medida, na temperatura de 100°C, com o uso de um viscosímetro da marca Laborana modelo Saybolt, ilustrado na Figura 27.

Os dados do volume, da viscosidade medida em Seconds Saybolt Universal (SSU) e da viscosidade convertida para a unidade centistoke (cSt) de cada amostra foram listados na Tabela 1 a seguir.

Figura 27 - Viscosímetro Saybolt



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 1 - Amostras dos óleos lubrificantes usados

Amostra	Viscosidade (SSU)	Viscosidade (cSt)	Volume (l)
1	102,1	20,4	5,0
2	136,7	28,5	5,0
3	65,8	12,0	2,5
4	129,4	26,8	5,0
5	220,0	47,8	1,3
6	56,8	9,9	1,3

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Para realizar a conversão da viscosidade em Seconds Saybolt Universal (SSU) para centistoke (cSt) foi utilizada uma base de dados de conversão, a qual correlacionava as viscosidades SSU e cSt, e permitiu então o desenvolvimento de uma curva característica de conversão entre estas viscosidades.

A base de dados utilizada está reproduzida na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 - Conversão da viscosidade SSU em cSt

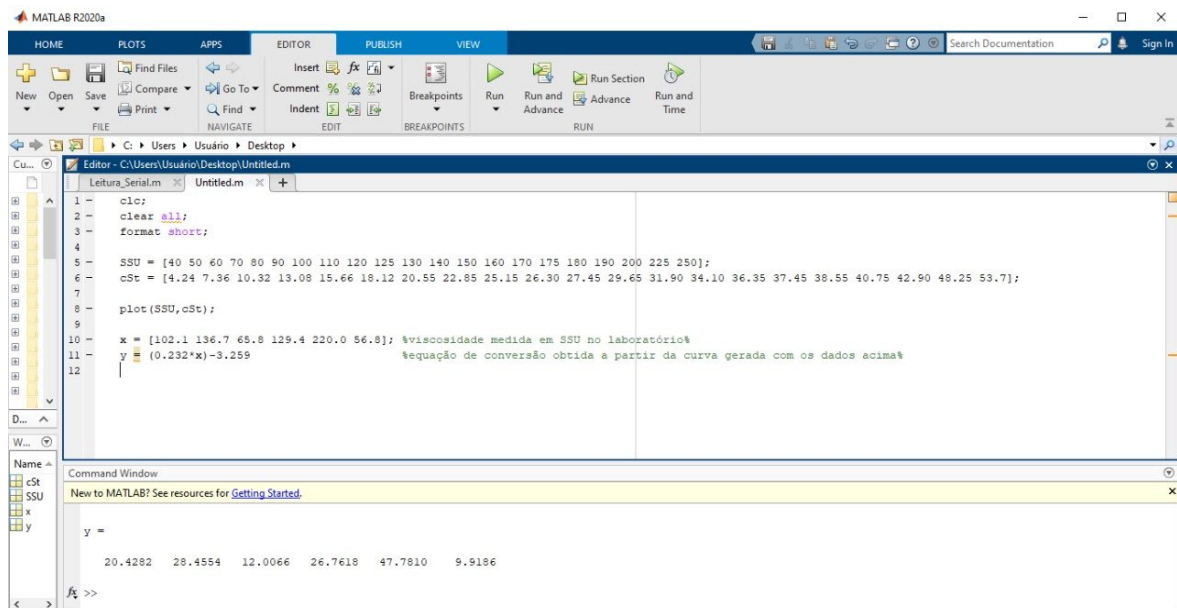
SSU	cSt	SSU	cSt	SSU	cSt
40,0	4,2	110,0	22,9	170,0	36,4
50,0	7,4	120,0	25,2	175,0	37,5
60,0	10,3	125,0	26,3	180,0	38,6
70,0	13,1	130,0	27,5	190,0	40,8
80,0	15,7	140,0	29,7	200,0	42,9
90,0	18,1	150,0	31,9	225,0	48,3
100,0	20,6	160,0	34,1	250,0	53,7

Fonte: <http://www.viscosimetro.com.br/> (67)

Para o desenvolvimento da curva característica de conversão das viscosidades foi utilizado o software Matlab com a aproximação por uma curva linear.

A Figura 28 mostra a tela do software com os dados de entrada no quadro superior, e com os dados convertidos no quadro inferior.

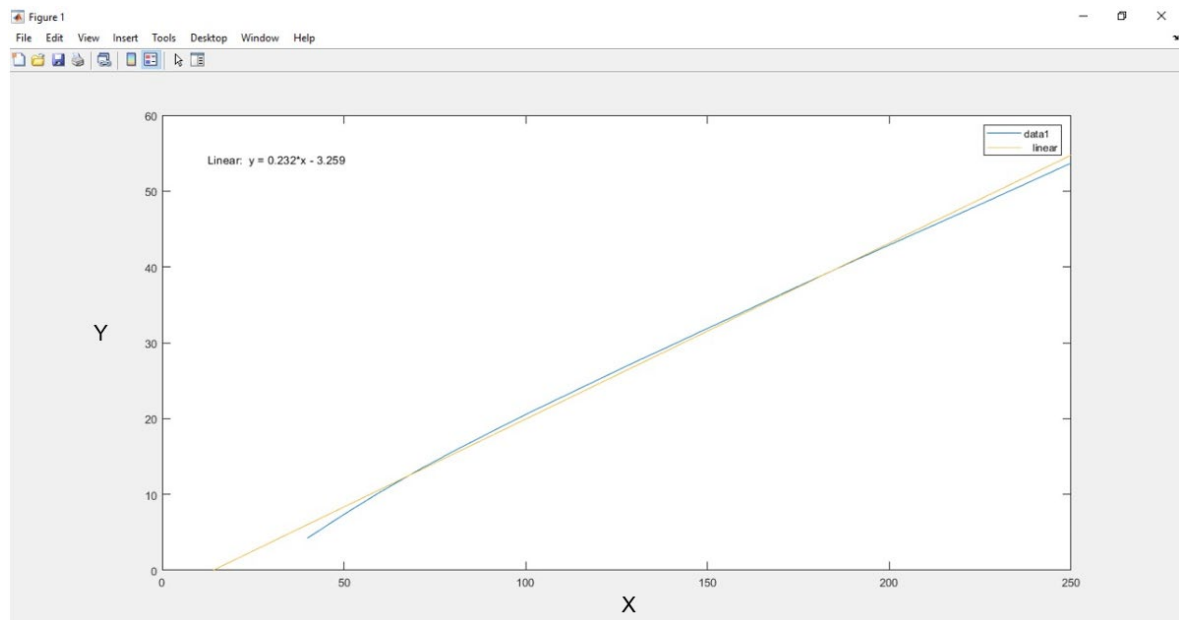
Figura 28 - Tela do Matlab com a conversão das viscosidades



Fonte: Elaboração do próprio autor.

A equação de conversão obtida para valores de viscosidade entre (40 SSU e 250 SSU) está ilustrada na tela do software reproduzida na Figura 29 a seguir.

Figura 29 - Equação de conversão das viscosidades



Fonte: Elaboração do próprio autor.

A equação de conversão apresentada na Figura 29 está descrita na Equação 1 abaixo, na qual o eixo “Y” representa a viscosidade em centistoke (cSt) e o eixo “X”

representa a viscosidade em Segundos Saybolt Universal (SSU). A Equação 1 foi reescrita na Equação 2, com a substituição dos parâmetros “X” e “Y” pelas suas respectivas viscosidades.

$$Y = 0.232 * X - 3.259 \quad (1)$$

$$V (cSt) = 0.232 * V(SSU) - 3.259 \quad (2)$$

4.1.1 Mistura das amostras de óleo

Com as viscosidades de cada amostra conhecida, foram então realizadas as misturas para conseguir obter três viscosidades distintas. Sendo que, para cada uma destas viscosidades era necessário o volume de 5 litros para preencher o reservatório, no qual estavam montadas as engrenagens.

Assim foi preparada a primeira mistura de óleo com viscosidade “A” através da mistura de 2,5 l de óleo 3 (65,8 SSU; 12,0 cSt) com 1,25 l de óleo 6 (56,8 SSU; 9,9 cSt), essa primeira etapa resultou em 3,75 l (11,3 cSt) que foi então misturada com 1,25 l óleo 1 (102,1 SSU; 20,4 cSt) resultando em 5 l (13,0 cSt).

A segunda mistura preparada foi a de viscosidade “B”, na qual foram misturados 2 l de óleo 4 (129,4 SSU; 26,8 cSt) com 3 l de óleo 1 (102,2 SSU; 20,4 cSt), resultando em 5 l (22,7 cSt).

A terceira mistura preparada foi a de viscosidade “C”, na qual foram misturados 1,25 l de óleo 5 (220,0 SSU; 47,8 cSt) com 3,75 l de óleo 2 (136,7 SSU; 28,5 cSt), resultando em 5 l (32,3 cSt).

Todas as misturas descritas acima foram calculadas com o uso do aplicativo da Lubrimaq (68), ilustrado na Figura 30 abaixo.

Figura 30 - Aplicativo para o cálculo da viscosidade da mistura de dois óleos

Blend de Viscosidade

Preencha as viscosidades dos dois óleos e a porcentagem que você deseja usar do primeiro, em seguida, clique no botão "Calcular"

Para começar de novo, clique no botão "Limpar"

Calcular a viscosidade final da mistura de dois óleos conhecidos.

Primeiro óleo		cSt
Segundo óleo		cSt
Porcentagem primeiro óleo		%
Temperatura	100	°C
Resultado: Viscosidade da mistura		cSt

Calculate Clear

Fonte: <https://www.lubrimaq.com.br/blend-de-viscosidade.php> (61)

As três misturas dos óleos, com viscosidade "A", "B" e "C" foram ensaiadas, de modo a confirmar os valores teóricos calculados. Os resultados obtidos foram registrados na Tabela 3.

Em suma, as viscosidades foram medidas três vezes à 40°C e à 100°C em SSU com o viscosímetro da marca Laborana modelo Saybolt.

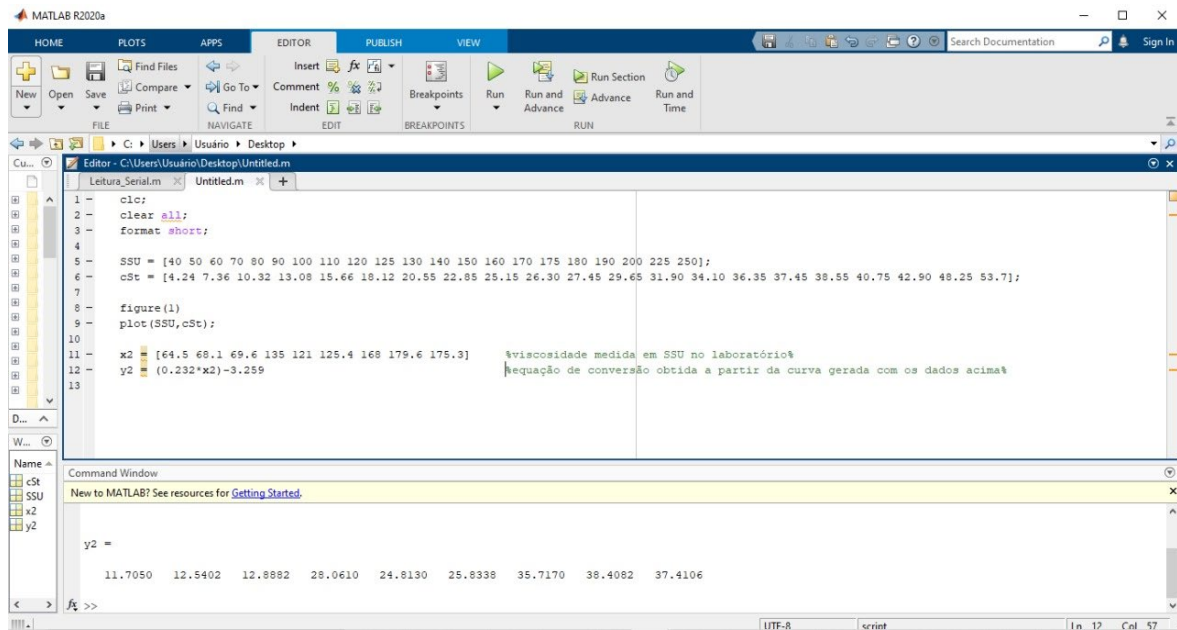
Tabela 3 - Ensaio das viscosidades das misturas "A", "B" e "C"

Amostra	Temperatura (°C)	Viscosidade	Viscosidade	Viscosidade
		(SSU) 1ª medida	(SSU) 2ª medida	(SSU) 3ª medida
A	40	522,0	581,0	490,0
A	100	64,5	68,1	69,6
B	40	1779,0	1600,0	1685,0
B	100	135,0	121,0	125,4
C	40	2231,8	2267,5	2418,8
C	100	168,0	179,6	175,3

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Com o uso da Equação (1), já descrita acima, no software Matlab as viscosidades SSU, medidas à 100°C, foram convertidas em viscosidade cSt. Conforme ilustrado na Figura 31.

Figura 31 - Tela do Matlab com a conversão das viscosidades



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Os resultados das viscosidades medidas em SSU e os valores da conversão das viscosidades para cSt foram registrados na Tabela 4.

Tabela 4 - Conversão da viscosidade SSU em cSt

Amostra	Unidade da Viscosidade	1ª medida	2ª medida	3ª medida
A	SSU	64,5	68,1	69,6
A	cSt	11,7	12,5	12,9
B	SSU	135,0	121,0	125,4
B	cSt	28,1	24,8	25,8
C	SSU	168,0	179,6	175,3
C	cSt	35,7	38,4	37,4

Fonte: Elaboração do próprio autor.

4.2 ENSAIOS DE AQUISIÇÃO DE DADOS

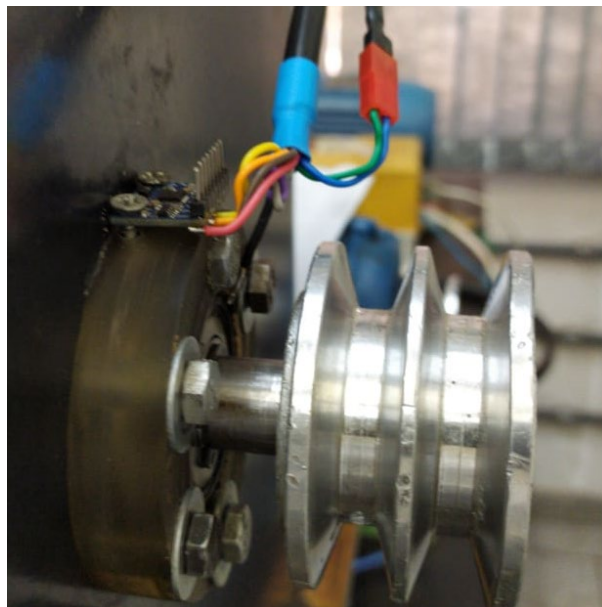
Após realizada as misturas para obter as 3 viscosidades diferentes, foram então iniciados os ensaios para aquisição dos dados de vibração da bancada. O programa utilizado na aquisição dos sinais de vibração está descrito no Apêndice A.

Para cada um dos óleos foram coletados os sinais de vibração através da montagem de um acelerômetro fixo no mancal da engrenagem menor, conforme ilustrado na Figura 32.

As frequências foram variadas de 18 a 30 Hz, com intervalo de coleta de 2 em 2 Hz. Esta variação foi realizada pelo painel de controle do inversor, conforme o uso do mesmo, já descrito no subitem 3.1.2. Foram coletados pelo menos 5000 pontos para cada frequência, o que corresponde a um tempo de coleta de aproximadamente 2 minutos, ou 120 segundos, para cada uma das coletas realizadas.

Os dados coletados foram utilizados para criar o banco de dados que foi utilizado pelo algoritmo para identificar a variação da viscosidade no sistema mecânico.

Figura 32 - Acelerômetro montado no mancal da engrenagem menor



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Além das coletas de sinais das três misturas de óleo, o último ensaio foi a coleta de sinais do mecanismo sem óleo. Este ensaio foi realizado por último devido ao risco

de falha do sistema, uma vez que o desgaste das engrenagens era muito mais intenso quando o mecanismo funcionava sem óleo para a lubrificação.

Para alimentar o banco de dados do sistema também foram coletados os sinais de vibração do motor elétrico através da montagem do acelerômetro fixo no motor, conforme ilustra a Figura 33. Para esta coleta de dados também foi utilizada a variação da frequência de 18 a 30 Hz, com intervalo de coleta de 2 em 2 Hz, e também foram coletados pelo menos 5000 pontos para cada frequência.

Figura 33 - Acelerômetro montado no motor elétrico W22



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Todo o banco de dados de sinais de vibração foi coletado para cada condição de ensaio: com óleo; sem óleo e o do motor, ou mais especificamente:

- sinais de vibração da estrutura com o óleo A;
- sinais de vibração da estrutura com o óleo B;
- sinais de vibração da estrutura com o óleo C;

- sinais de vibração da estrutura sem óleo;
- sinais de vibração do motor elétrico.

Para cada frequência ensaiada, os valores foram compilados em uma base de dados de forma a servir como treinamento para o algoritmo.

Esta base de dados tinha por objetivo permitir a avaliação da variação da viscosidade correlata a variação dos sinais de vibração do sistema mecânico.

5 RESULTADOS

Após a criação do banco de dados com os sinais de vibração para as cinco condições distintas (sem óleo, com óleo “A”, com óleo “B”, com óleo “C”, e do motor) e com o sistema mecânico operando em sete frequências diferentes (18, 20, 22, 24, 26, 28 e 30 Hz), foi então aplicado o algoritmo de seleção negativa (ASN).

O algoritmo foi desenvolvido para este projeto como ferramenta para correlacionar os sinais de vibração com o valor da viscosidade do óleo, de modo a permitir através da análise da média dos sinais de vibração prever qual a faixa da viscosidade do óleo que estava em uso. Ou seja, identificar se está acontecendo uma alteração no valor da viscosidade do óleo, tal como quando um óleo começa a se degradar, pois já atingiu sua vida útil, ou quando um contaminante atinge o sistema mecânico.

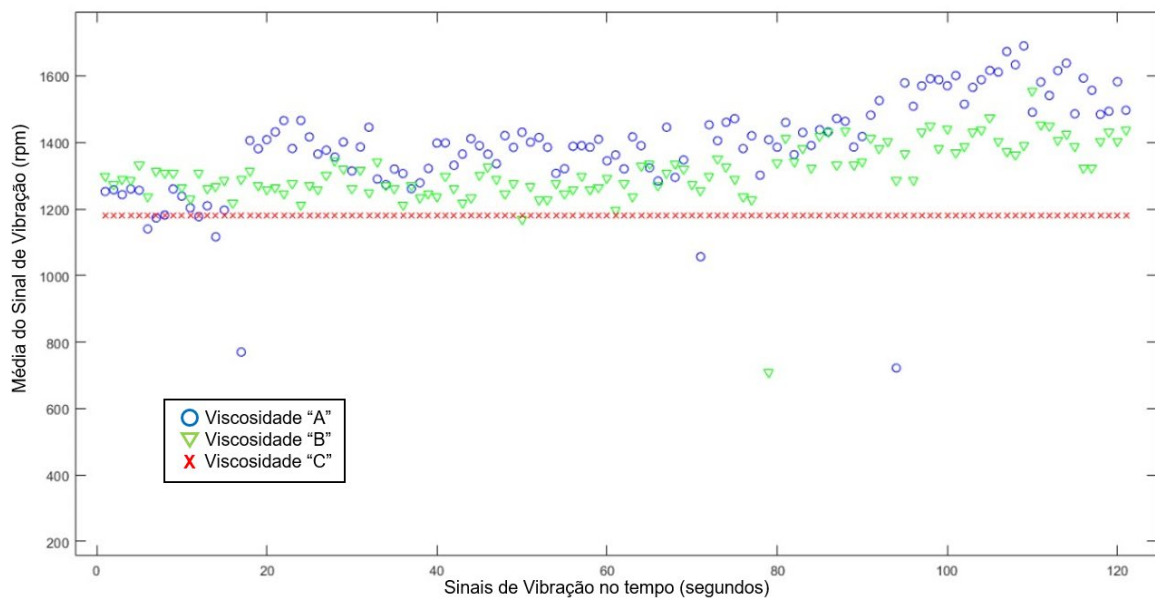
As análises foram realizadas através da leitura do algoritmo (ASN) com o uso de uma função Structural Health Monitoring (SHM) compilada pelo software Matlab. Ao abrir a função SHM era possível escolher qual a viscosidade seria utilizada como referência para identificar o comportamento das outras duas viscosidades ensaiadas.

A primeira análise foi realizada considerando a viscosidade “C” como a referência. O óleo “C” apresentava o maior valor de viscosidade dentre os três óleos ensaiados, ou seja, era a amostra que apresentava o maior amortecimento nos sinais de vibração. Ao gerar o gráfico com os sinais de vibração das três viscosidades (“A”, “B” e “C”) os valores médios do sinal de vibração do óleo de viscosidade “B” estavam distribuídos acima dos valores médios do sinal de vibração do óleo de viscosidade “C”, e os valores médios do sinal de vibração do óleo de viscosidade “A” estavam predominantemente acima dos sinais de vibração dos óleos de viscosidade “C” e “B”.

Alguns pontos discrepantes, distribuídos fora dos valores médios, podem ser entendidos com outliers, e alguns pontos que margeiam a viscosidade acima ou abaixo da faixa analisada são justificáveis devido a variação de frequência utilizada na coleta de dados para a criação da base de dados. Tal situação é aceitável já que as viscosidades dos óleos “A”, “B” e “C” são próximas e foram aplicadas sete frequências diferentes para cada uma das amostras. Assim os dados coletados para a maior frequência do óleo de viscosidade “A” podem sobrepor aos dados para a menor frequência do óleo de viscosidade “B”. Assim como os dados coletados para a maior frequência do óleo “B” podem sobrepor aos dados coletados para a menor

frequência do óleo “C”. Todos os dados descritos acima estão ilustrados na Figura 34, abaixo, na qual o eixo vertical representa a média do sinal de vibração de cada dado medido e que foi convertida de Hz para rpm, apenas para melhorar a identificação das faixas de viscosidade; e no eixo horizontal está o tempo, medido em segundos, no qual os dados foram coletados.

Figura 34 - Média do sinal de vibração para o óleo de viscosidade "C" utilizado como referência



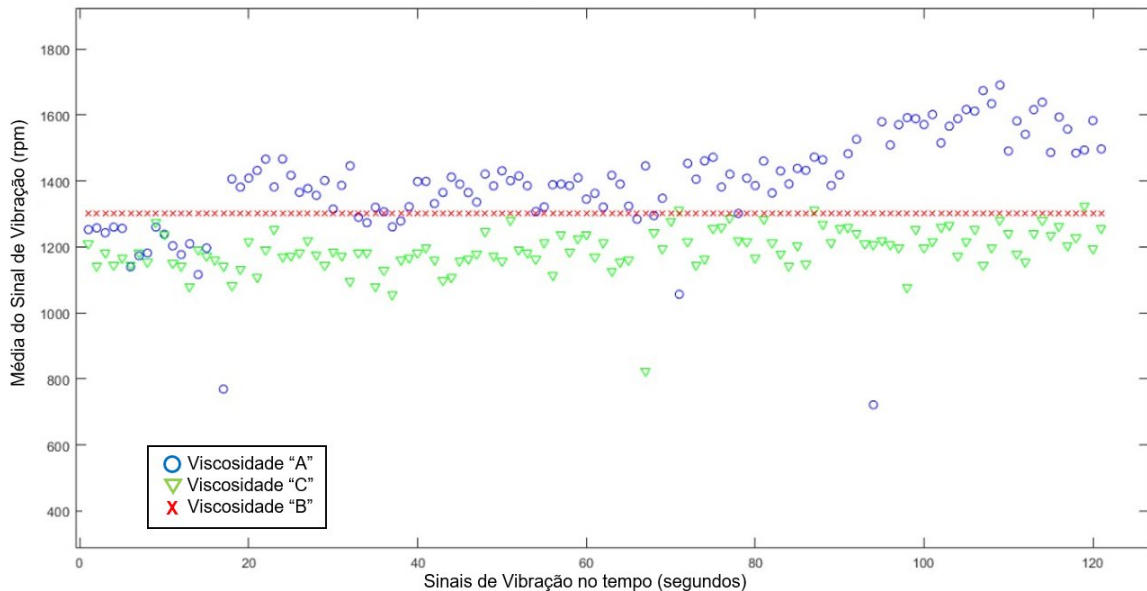
Fonte: Elaboração do próprio autor.

A segunda análise foi realizada considerando a viscosidade “B” como a referência. O óleo de viscosidade “B” apresentava um valor intermediário de viscosidade, dentre os três óleos ensaiados, ou seja, era a amostra que apresentava o amortecimento intermediário nos sinais de vibração. Ao gerar o gráfico com os sinais de vibração das três viscosidades (“A”, “B” e “C”) os valores médios do sinal de vibração do óleo de viscosidade “A” estavam distribuídos acima dos valores médios do sinal de vibração do óleo de viscosidade “B”. Os valores médios do sinal de vibração do óleo de viscosidade “C” estavam predominantemente abaixo dos sinais de vibração do óleo de viscosidade “B”.

Alguns pontos discrepantes, distribuídos fora dos valores médios, podem ser entendidos com outliers, e alguns pontos que margeiam a viscosidade acima ou abaixo da faixa analisada são justificáveis como já explicado na primeira análise.

Todos os dados descritos para a segunda análise estão ilustrados na Figura 35, a seguir.

Figura 35 - Média do sinal de vibração para o óleo de viscosidade "B" utilizado como referência



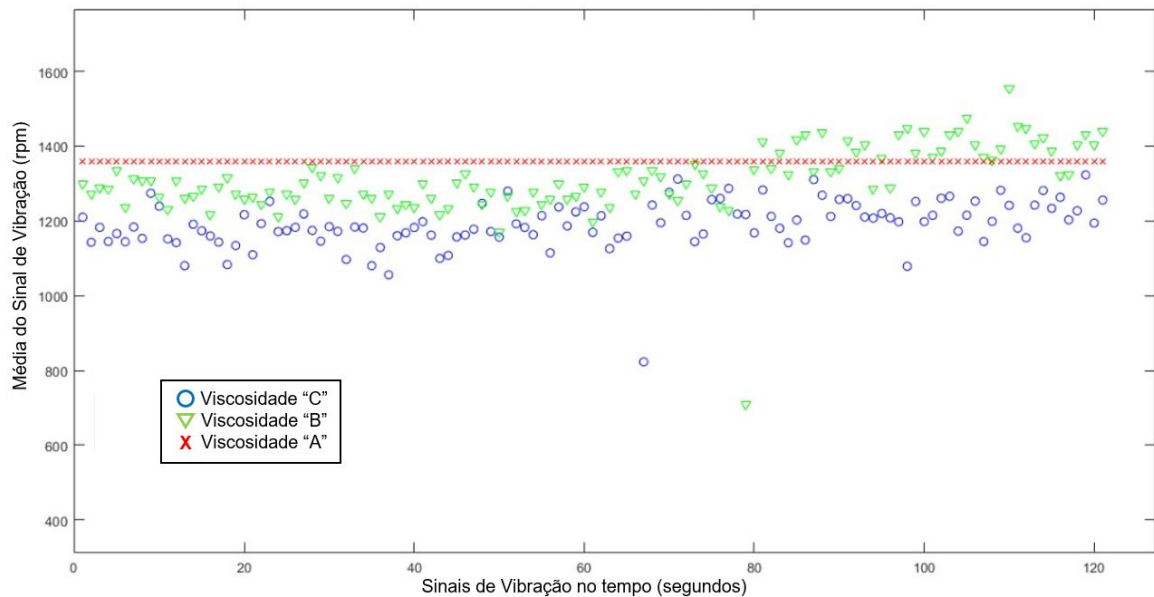
Fonte: Elaboração do próprio autor.

A terceira análise foi realizada considerando a viscosidade "A" como a referência. O óleo com a viscosidade "A" apresentava o menor valor de viscosidade dentre os três óleos ensaiados, ou seja, era a amostra que apresenta o menor amortecimento nos sinais de vibração. Ao gerar o gráfico com os sinais de vibração das três viscosidades ("A", "B" e "C") os valores médios do sinal de vibração do óleo de viscosidade "B" estavam distribuídos abaixo dos valores médios do sinal de vibração do óleo de viscosidade "A". Os valores médios do sinal de vibração do óleo de viscosidade "C" estavam predominantemente abaixo dos sinais de vibração dos óleos de viscosidade "B" e "A".

Alguns pontos discrepantes, distribuídos fora da faixa dos valores médios, podem ser entendidos com outliers, e alguns pontos que margeiam a viscosidade acima ou abaixo da faixa analisada são justificáveis como já explicado na primeira análise.

Todos os dados descritos para a terceira análise estão ilustrados na Figura 36, a seguir.

Figura 36 - Média do sinal de vibração para o óleo de viscosidade "A" utilizado como referência



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Após o desenvolvimento da correlação entre os sinais de vibração do sistema mecânico e o valor da viscosidade do óleo, foi então realizada uma continuação do estudo com o escopo de analisar a previsão de ocorrência de falhas.

Para este novo estudo também foi utilizado o mesmo banco de dados, gerado inicialmente. Foi considerado um desvio-padrão de 3% para a análise comparativa entre os sinais de falha e os sinais de não-falha, e uma taxa de afinidade entre os sinais de 80%.

Os sinais de vibração do motor funcionando desacoplado da caixa redutora foram coletados e utilizados como uma espécie de filtro para a posterior análise dos sinais de vibração coletados no mancal da engrenagem menor da caixa redutora. Esta coleta foi realizada, a fim de que, os sinais de vibração do motor não interferissem na análise dos sinais de vibração dos três óleos com viscosidades distintas.

Os resultados obtidos ao rodar o sistema Structural Health Monitoring (SHM), no software Matlab, estão descritos no Apêndice B. Nesta simulação foram atribuídos 1500 dados com sinais da estrutura em condição normal e 1500 dados com sinais da estrutura em condição de falha. Sendo que a condição normal se refere aos sinais de vibração da caixa redutora operando sem óleo, e a condição de falha refere-se a caixa redutora operando com cada um dos três óleos, com viscosidades diferentes.

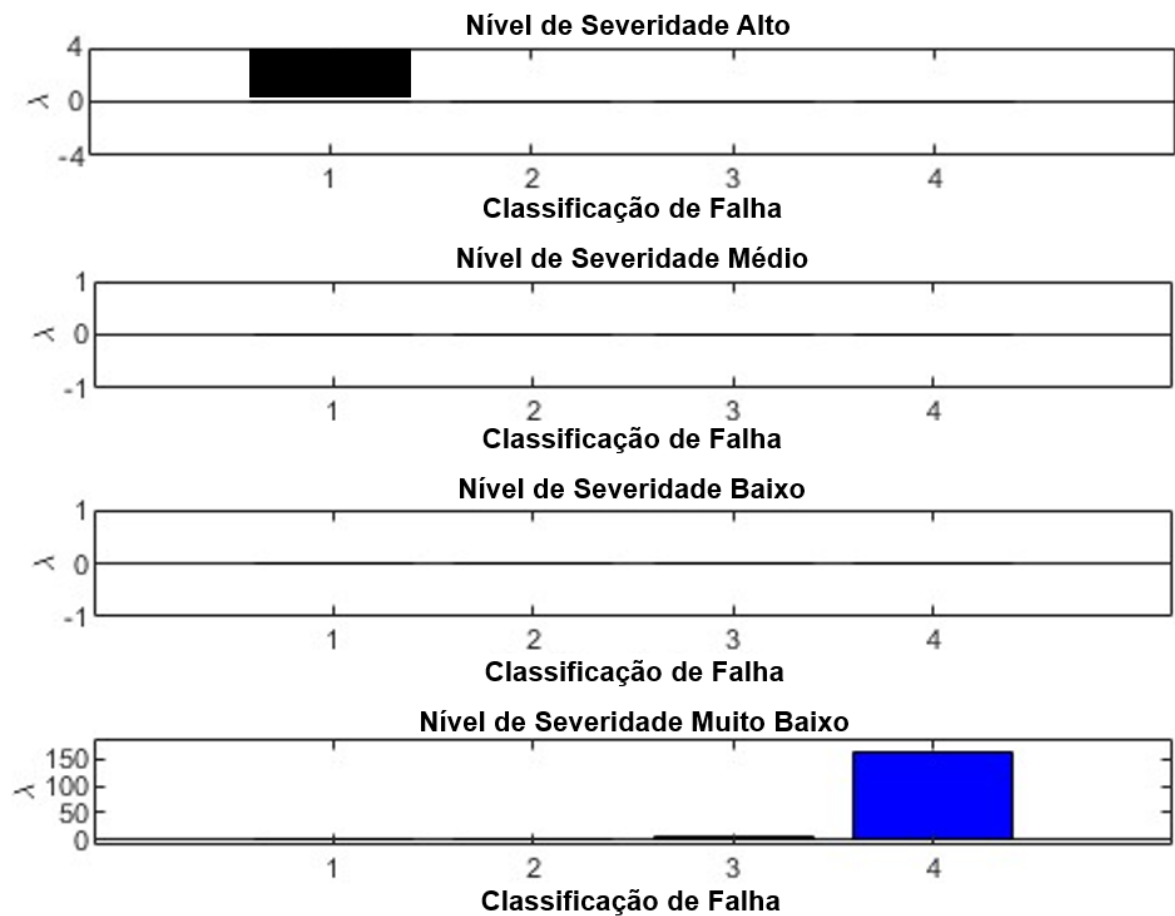
A severidade foi dividida em quatro faixas (1, 2, 3, e 4), sendo que para a faixa 1 foi atribuído o intervalo de 0 a 25%, para a faixa 2 foi atribuído o intervalo de 25 a 50%, para a faixa 3 foi atribuído o intervalo de 50 a 75%, e para a faixa 4 foi atribuído o intervalo de 75 a 100%. Estas quatro faixas são estabelecidas pelo cálculo do desvio padrão entre o valor de referência e os dados escolhidos aleatoriamente pelo algoritmo.

Uma segunda divisão separou os níveis de severidade em quatro grupos: muito baixo, baixo, médio e alto. Estes níveis de severidade foram calculados através da variância entre o valor de referência e os valores dos dados escolhidos aleatoriamente pelo algoritmo.

A Figura 37 apresenta a análise do sinal de falhas usando como referência o sinal de vibração da caixa redutora operando sem óleo comparado aos sinais de vibração da caixa redutora operando com o óleo “A”.

Nesta simulação foram classificados 170 dados, dos quais quatro estavam na faixa 1 (0 - 25%) no nível de severidade Alto, dois estavam na faixa 2 (25 – 50%) no nível de severidade Muito Baixo, três estavam na faixa 3 (50 – 75%) no nível de severidade Muito Baixo e, o maior número de dados, 161 estavam na faixa 4 (75-100%) no nível de severidade Muito Baixo.

Figura 37 - Análise do sinal de falha do óleo "A"

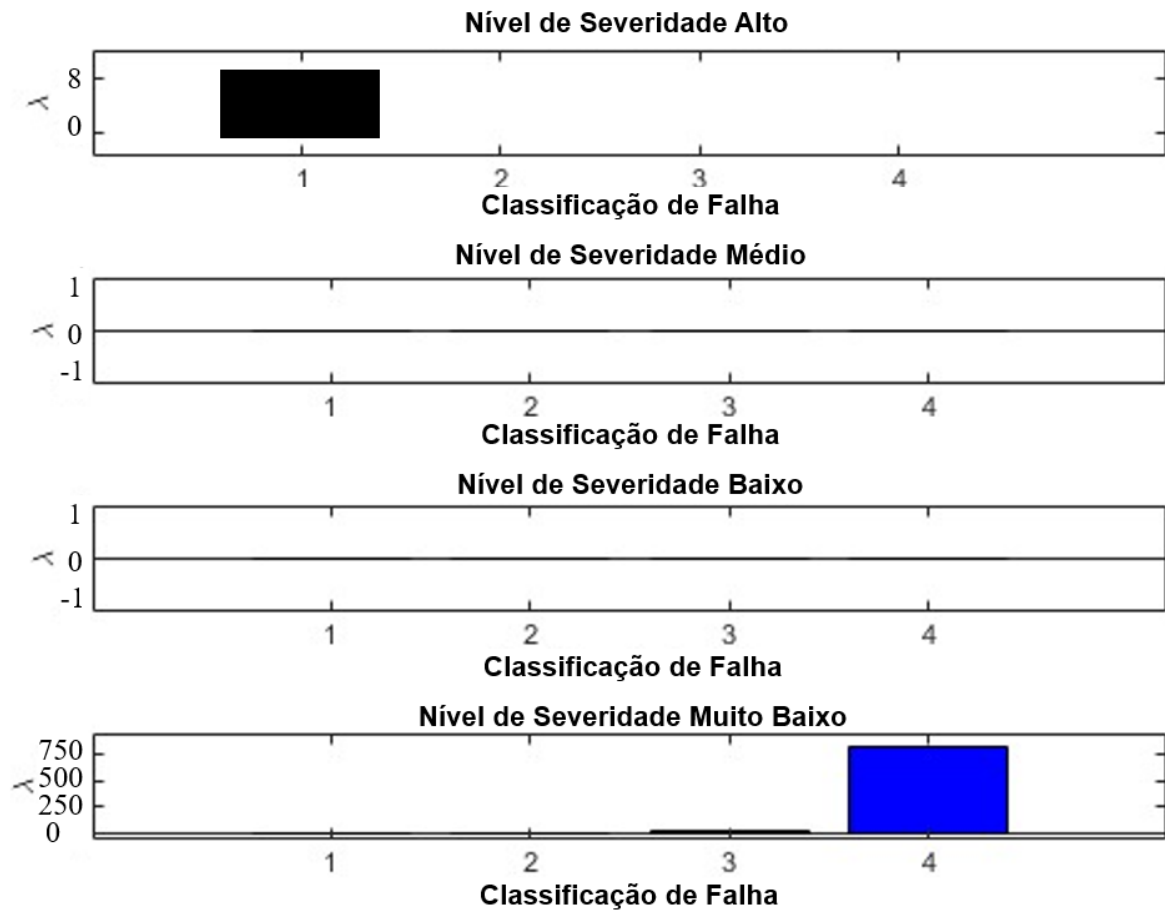


Fonte: Elaboração do próprio autor.

A Figura 38 apresenta a análise do sinal de falhas usando como referência o sinal de vibração da caixa redutora operando sem óleo comparado aos sinais de vibração da caixa redutora operando com o óleo "B".

Nesta simulação foram classificados 773 dados, dos quais oito estavam na faixa 1 (0 - 25%) no nível de severidade Alto, um estava na faixa 2 (25 – 50%) no nível de severidade Muito Baixo, 18 estavam na faixa 3 (50 – 75%) no nível de severidade Muito Baixo e, o maior número de dados, 746 estavam na faixa 4 (75-100%) no nível de severidade Muito Baixo.

Figura 38 - Análise do sinal de falha do óleo "B"

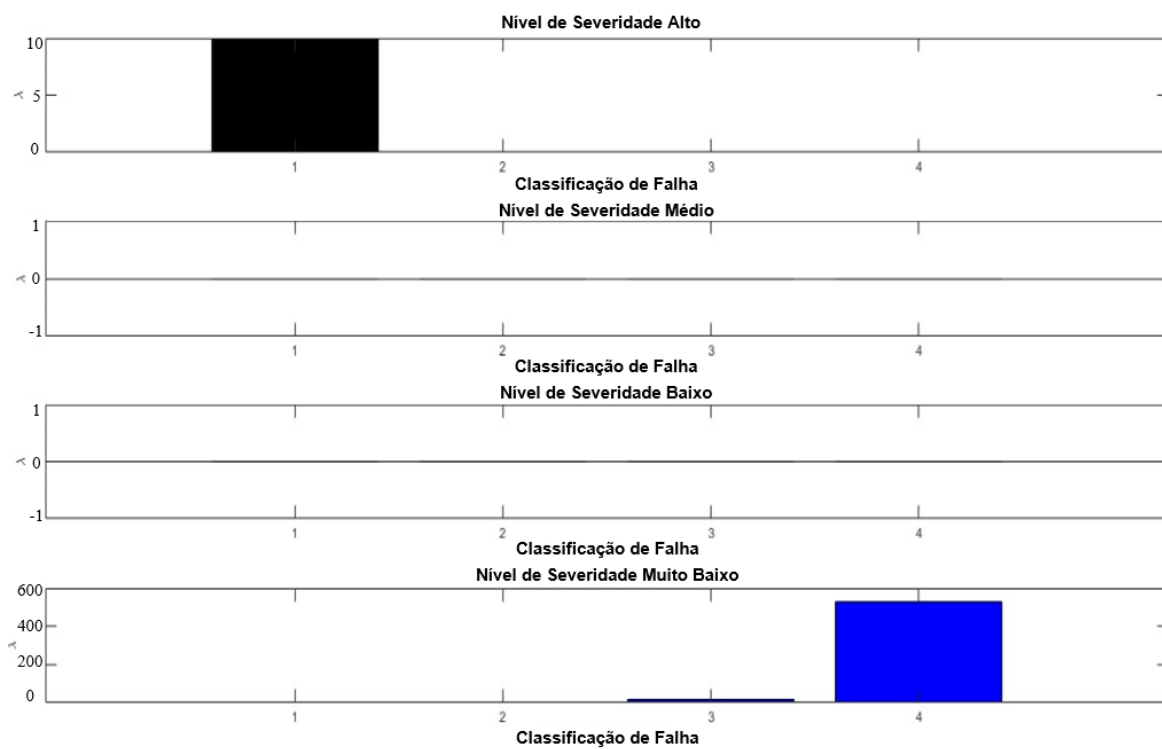


Fonte: Elaboração do próprio autor.

A Figura 39 apresenta a análise do sinal de falhas usando como referência o sinal de vibração da caixa redutora operando sem óleo comparado aos sinais de vibração da caixa redutora operando com o óleo "C".

Nesta simulação foram classificados 557 dados, dos quais dez estavam na faixa 1 (0 - 25%) no nível de severidade Alto, 19 estavam na faixa 3 (50 – 75%) no nível de severidade Muito Baixo e, o maior número de dados, 528 estavam na faixa 4 (75-100%) no nível de severidade Muito Baixo.

Figura 39 - Análise do sinal de falha do óleo "C"



Fonte: Elaboração do próprio autor.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema imunológico artificial foi treinado com o banco de dados coletados através dos ensaios com frequência de 18 a 30 Hz, com intervalo de coleta de 2 Hz, e com cinco condições diferentes, sendo a primeira sem óleo, a segunda com o uso de um óleo de viscosidade “A”, a terceira com um óleo de viscosidade “B”, a quarta com um óleo de viscosidade “C” e a quinta com os sinais de vibração coletado no motor elétrico desacoplado da caixa redutora.

Com toda esta base de dados, o sistema imunológico aprendeu como a variação da viscosidade é refletida nos sinais de vibração coletados em um dos mancais da caixa redutora.

Com esta aprendizagem foi então possível aplicar tal solução de baixo custo para acompanhar de modo online um sistema mecânico, como uma nova tecnologia, utilizada como ferramenta de manutenção preditiva do sistema mecânico, sem a necessidade de intervenção física para a coleta de óleo e medição da viscosidade do óleo em laboratório, como realizado no presente estado da técnica.

6.1 CONCLUSÃO

A solução inicialmente proposta no campo Objetivo desta dissertação foi eficientemente concluída, conforme mostram os resultados descritos acima e os gráficos apresentados no campo Resultados.

Portanto, foi possível realizar a manutenção preditiva em um sistema mecânico, ou mais especificamente, em uma caixa redutora de engrenagens, com o uso de uma ferramenta de baixo custo.

A ferramenta desenvolvida para o monitoramento da variação da viscosidade foi composta apenas por um acelerômetro acoplado a uma placa de aquisição de dados. A solução funcionou de forma robusta permitindo seu uso como uma nova tecnologia para o setor de Manutenção Preditiva.

O banco de dados, coletado pelo sistema de aquisição, forneceu o treinamento necessário ao algoritmo de Sistema Imunológico Artificial, de modo a permitir a comparação entre o valor médio dos sinais de vibração do sistema mecânico e o valor das viscosidades de cada um dos óleos que foram utilizados durante os ensaios.

Os resultados obtidos não puderam ser comparados com resultados anteriores, uma vez que, conforme apresentado na revisão patentária, por se tratar de um trabalho inovador, ou seja, não havia nenhum desenvolvimento apresentado publicamente até a data de conclusão deste trabalho.

Não há desvantagens ou limitações na técnica desenvolvida, pelo contrário, a simplicidade de uso da ferramenta, seu baixo custo, e sua eficiência na aquisição dos resultados, permite uma redução de custo expressiva na aplicação da Manutenção Preditiva, sem contar nos ganhos de confiabilidade e aumento da disponibilidade do equipamento monitorado.

Em suma, a conclusão deste trabalho é de extrema importância para a área de Manutenção Preditiva, mais especificamente para subárea de análises tribológicas, uma vez que desenvolveu uma ferramenta de baixo custo e que permitiu o monitoramento online da viscosidade do óleo de um equipamento mecânico em funcionamento.

6.2 TRABALHOS FUTUROS

O estudo desenvolvido abre a possibilidade para novas linhas de estudos relacionadas a manutenção preditiva, tal como:

- o monitoramento dos sinais de vibração para identificar o fim da vida útil do óleo;
- o monitoramento dos sinais de vibração para identificar o aumento da viscosidade por contaminação do óleo;
- o monitoramento dos sinais de vibração para identificar a diminuição da viscosidade por contaminação do óleo;
- o aprimoramento do sistema com a implementação de alarmes durante o monitoramento online;
- os alarmes podem ser customizados para diferentes situações, como para as condições em que há a identificação da variação da viscosidade além das faixas recomendadas pelo fabricante para a operação do equipamento.

Enfim, os resultados positivos obtidos e a conclusão de todos os objetivos propostos nesta dissertação justificam a evolução desta linha de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- 1 **World Population Prospects - Population Division - United Nations**, Department of Economic and Social Affairs, United Nations, 2019. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/Graphs/DemographicProfiles/Line/900>. Acesso em 25 abr. 2021.
- 2 NASCIF, Júlio; KARDEC, Alan. **Manutenção como Função Estratégica**. Editora QUALITYMARK. 3ª Edição. 2009. Disponível em: www.researchgate.net/figure/Figura-3-Mudanca-de-paradigma-na-Manutencao-Fonte-Nascif-e-Kardec-2009_fig2_308632332. Acesso em: 19 jun. 2021.
- 3 BALDISSARELLI, L.; FABRO, E. **Manutenção preditiva na indústria 4.0**, Scientia Cum Industria, v. 7, n. 2, p. 12-22, ISSN: 2318-5279, 2019.
- 4 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5462**: Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.
- 5 TOAZZA, G. F.; SELLITTO, M. A. **Estratégia de manutenção preditiva no departamento gráfico de uma empresa do ramo fumageiro**, Revista Científica Eletrônica de Engenharia de Produção, v. 15, n. 3, p. 783, ISSN: 1676-1901, 2015.
- 6 MARTINS, F. J.; FABRO, E. **Uso do sensor inteligente na manutenção preditiva do motor de uma extrusora**, Scientia Cum Industria, v. 8, n. 2, p. 1-9, 2020.
- 7 SILVA, T. B.; GEBRAN, M. E.; SILVA, O. R. **Análise das estratégias de manutenção de equipamentos: um estudo para a redução de custos na empresa GEOFUND Engenharia**, Revista FATEC Zona Sul, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 1-15, ISSN: 2359-182X, 2016.
- 8 GOMES, M. C.; ANDRADE, P. C. de R.; COSTA, T. F. **Análise de indicadores de desempenho da manutenção de um moinho de bolas**, Revista Thema, v. 15, n. 3, p. 1089-1103, ISSN: 1517-6312, 2018.
- 9 ASSIS, K. M.; BARRETO, R. F.; SILVA M. M. A.; SILVA, M. L. S. **Princípios da elaboração de um plano de manutenção industrial**, Perspectivas online, v. 5, n. 13, ISSN: 2236-885X, 2015.
- 10 **Manutenção Preditiva**, busca de patentes realizada no site do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) com o uso das palavras “manutenção preditiva”. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp>. Acesso em 30 maio 2021.
- 11 **Classificação Internacional de Patentes (IPC)**. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes/classificacao-de-patentes>. Acesso em 03 jun. 2021.

12 **Manutenção Preditiva**, busca de patentes realizada no site da World Intellectual Property Organization (WIPO) com o uso das palavras “manutenção preditiva”. Disponível em: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KPBA3R-61362. Acesso em 30 maio 2021.

13 Tribologia, **Wikipédia**. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Tribologia#:~:text=Tribologia%20\(do%20grego%20%CF%84%CF%81%CE%AF%CE%B2%CF%89%20'tribo,of%20interacting%20surfaces%20in%20relative](https://pt.wikipedia.org/wiki/Tribologia#:~:text=Tribologia%20(do%20grego%20%CF%84%CF%81%CE%AF%CE%B2%CF%89%20'tribo,of%20interacting%20surfaces%20in%20relative). Acesso em 30 maio 2021.

14 JOST, H. P. **Tribology: How a word was coined 40 years ago**. Tribology and Lubrication Technology, p. 24-28, 2006. Disponível em: [https://www.google.com/search?q=JOST%2C+H.+P.+\(2006\).+Tribology%3A+How+a+word+was+coined+40+years+ago.+TRIBOLOGY+AND+LUBRICATION+TECHNOLOGY.+62+\(3\)%2C+pp+24-29&oq=JOST%2C+H.+P.+\(2006\).+Tribology%3A+How+a+word+was+coined+40+years+ago.+TRIBOLOGY+AND+LUBRICATION+TECHNOLOGY.+62+\(3\)%2C+pp+24-29&aqs=chrome..69i57.227j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=JOST%2C+H.+P.+(2006).+Tribology%3A+How+a+word+was+coined+40+years+ago.+TRIBOLOGY+AND+LUBRICATION+TECHNOLOGY.+62+(3)%2C+pp+24-29&oq=JOST%2C+H.+P.+(2006).+Tribology%3A+How+a+word+was+coined+40+years+ago.+TRIBOLOGY+AND+LUBRICATION+TECHNOLOGY.+62+(3)%2C+pp+24-29&aqs=chrome..69i57.227j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8). Acesso em 09 maio 2021.

15 **ASM HANDBOOK - Friction, Lubrification, and Wear Techonolgy**, autores: Comitê ASM Internacional, v. 18, ISBN 0-87170-380-7, 1992.

16 GRANIZO, J. La Tribología y sus aplicaciones en la indústria. **Ciencia UNEMI**, v. 3, n. 4, p. 64-71, 2010.

17 VERDI, J. **Dispositivo pino-disco para análise de desgaste na presença de diesel e biodiesel**. 2011. 95 f. Dissertação (Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) – Faculdade de Engenharia, Pontifícia, Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

18 CASTRO, V. V. **Avaliação da resistência ao desgaste dos aços SAE 52100 e SAE 1045 lubrificados com biodiesel e óleo diesel comercial**. 2015. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) – Faculdade de Engenharia, Pontifícia, Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

19 GALVÃO, C. F. F. **Instrumentação e validação de um equipamento pino sobre o disco**. 2019. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2019.

20 ROJAS, F. F. *et al.* Propiedades tribológicas de recubrimientos de carbono depositados por haz de electrones. **Novasinergia**, v. 3, n. 1, p. 89-95, ISSN 2631-2654, 2020.

21 RAMOS, L. B. *et al.* Tribocorrosion and Electrochemical Behavior of DIN 1.4110 Martensitic Stainless Steels After Cryogenic Heat Treatment. **Scielo – Scientific Eletronic Library Online**. São Paulo, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/mr/a/gsrFjkHGzb4sCPdynRnLHJ/?lang=en>. Acesso em: 30 jul. 2021.

22 **Tribologia**, busca de patentes realizada no site do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) com o uso das palavras “manutenção preditiva”. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp>. Acesso em 30 jul. 2021.

23 **Tribologia**, busca de patentes realizada no site da World Intellectual Property Organization (WIPO) com o uso das palavras “manutenção preditiva”. Disponível em: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KT2AUQ-33932. Acesso em 30 jul. 2021.

24 **Tribology**, busca de patentes realizada no site da World Intellectual Property Organization (WIPO) com o uso da palavra “Tribology”. Disponível em: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KTA1G4-10201. Acesso em 08 jul. 2021.

25 **IPC**. Disponível em: <https://lp.espacenet.com/classification>. Acesso em 08 jul. 2021.

26 **Tribology**, busca de patentes realizada no site da World Intellectual Property Organization (WIPO) com o uso da palavra “Tribology” e das IPCs: C10M, C10N, F16H e G01H. Disponível em: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KT9EE1-66884. Acesso em 09 maio 2021.

27 Vibração, **Wikipedia**. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Vibra%C3%A7%C3%A3o#cite_note-:0-1. Acesso em 09 maio 2021.

28 Manutenção Preditiva. **LLK Engenharia para Inovação**, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: Fonte: <https://llk.com.br/conheca-as-vantagens-da-manutencao-preditiva-no-monitoramento-e-inspecao-de-equipamentos-instrumentos-e-processos/>. Acesso em: 18 jul. 2021.

29 CUNHA, C. R. **Análise do estado de conservação de um redutor de velocidade através da técnica de partículas de desgaste no óleo lubrificante auxiliada pela análise de vibrações**. 2005. 185 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2005.

30 LAGO, D. F. **Manutenção de redutores de velocidades pela integração das técnicas preditivas de análise de vibrações e análise de óleo lubrificante**. 2007. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007.

31 JESUS, S.S. de; CAVALCANTE, P.F. **Utilização de bancadas de ensaios para estudo do comportamento dinâmico de máquinas rotativas – vibrações mecânicas**, Rio Grande do Norte, v. 27, n. 3, p. 18, 2011.

32 RAMALHO, G. L. B. **Detecção de falhas em motores elétricos através da classificação de padrões de vibração utilizando uma rede neural ELM**. Natal, v. 30, n. 4, p. 185, 2014.

33 REIS, R. A. *et al.* Emprego da transformada de Wavelet na detecção de falhas em rolamentos. **Revista Vértices**, v.18, n. 3, p. 157-171, 2016.

34 HOLANDA, S. M. S. **Aplicação da manutenção preditiva por análise de vibrações em equipamentos de trens urbanos com plano de manutenção proposto**. 2016. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/17606/1/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20Sandra%20Holanda%20IMPRESS%c3%83O%20FINAL%2029ABR3.pdf>. Acesso em 14 nov.2021.

35 INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. **ISO 20816-1**: Mechanical vibration - Measurement and evaluation of machine vibration - Part 1: General guidelines. Geneva. 2016.

36 INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. **ISO 7919-3**: Mechanical vibration - Evaluation of machine vibration by measurements on rotating shafts - Part 3: Coupled industrial machines. Geneva. 2009.

37 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10082**: Ensaio não destrutivo - Análise de vibrações - Avaliação da vibração mecânica de máquinas com velocidades de operação de 600 rpm a 15 000 rpm. Rio de Janeiro. 2011.

38 **Manutenção Preditiva Vibração***, busca de patentes realizada no site do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) com o uso das palavras “manutenção preditiva vibração*”. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp>. Acesso em 03 jun. 2021.

39 **Manutenção Preditiva Vibração***, busca de patentes realizada no site da World Intellectual Property Organization (WIPO) com o uso das palavras “manutenção, preditiva, vibração*”. Disponível em: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KTA8DY-87458. Acesso em 03 jun. 2021.

40 John McCarthy (Boston, 4 de setembro de 1927, Califórnia, 23 de outubro de 2011), cientista da computação estadunidense, **Wikipédia**. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/John_McCarthy. Acesso em 18 abr. 2020.

41 Kaplan, A.; Haenlein, M. **Siri, Siri in my Hand, who's the Fairest in the Land? On the Interpretations, Illustrations and Implications of Artificial Intelligence.** Business Horizons, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007681318301393>. Acesso em 11 abr. 2020.

42 Conheça 4 dispositivos inteligentes de manutenção preditiva e preventiva. **Revista Ferramental.** 2021. Disponível em: <https://www.revistaferramental.com.br/?cod=artigo/conheca-4-dispositivos-inteligentes-manutencao-preditiva-preventiva/>. Acesso em: 23 jul. 2021.

43 Entenda como a inteligência artificial pode e deve ser aplicada na manutenção industrial. **Revista Manutenção.** 2019. Disponível em: <https://www.revistamanutencao.com.br/literatura/tecnica/correlata/entenda-como-a-inteligencia-artificial-pode-e-deve-ser-aplicada-na-manutencao-industrial.html>. Acesso em 05 jun. 2021.

44 LIMA, A.L.C.D.; ARANHA, V. M.; NASCIMENTO, E. G. S. Manutenção preditiva aplicada a ambiente de missão crítica de supercomputação utilizando inteligência artificial: uma revisão sistemática de literatura. **V Simpósio Internacional de Inovação e Tecnologia (SINTEC).** Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br/engineeringproceedings/siintec2019/82.pdf>. Acesso em 08 jun. 2021.

45 **Manutenção Preditiva e Inteligência Artificial**, busca de patentes realizada no site do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) com o uso das palavras “manutenção preditiva inteligência artificial”. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp>. Acesso em 03 jun. 2021.

46 **Manutenção Preditiva Inteligência Artificial**, busca de patentes realizada no site da World Intellectual Property Organization (WIPO) com o uso das palavras manutenção, preditiva, inteligência, artificial. Disponível em: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KPHDH3-20874. Acesso em 03 jun. 2021.

47 **Predictive maintenance and Artificial Intelligence**, busca de patentes realizada no site da World Intellectual Property Organization (WIPO) com o uso das palavras predictive maintenance e artificial intelligence. Disponível em: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KTAO8V-03706. Acesso em 03 jun. 2021.

48 **Predictive maintenance and Artificial Intelligence e IPCs: F, C10M C10N, G01, G05 e G06**, busca de patentes realizada no site da World Intellectual Property Organization (WIPO) com o uso das palavras predictive maintenance e artificial intelligence e com as IPCs F, C10M, C10N, G01, G05 e G06. Disponível em: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KTAORB-06100. Acesso em 03 jun. 2021.

49 Warren Sturgis McCulloch (Orange, Nova Jérsei, 16 de novembro de 1898, Cambridge, Massachusetts, 24 de setembro de 1969) neuroanatomista, psiquiatra e cibernético americano, **Wikipédia**. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Warren_McCulloch. Acesso em 30 maio 2021.

50 Walter Pitts (Detroit, 23 de abril de 1923, Cambridge, 14 de maio de 1969) lógico e cientista cognitivo, **Wikipédia**. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Walter_Pitts. Acesso em 30 maio 2021.

51 Rede Neural Artificial, **Wikipédia**. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Rede_neural_artificial. Acesso em 30 maio 2021.

52 Perceptron – redes neurais. **Monolito Nimbus**. 2017. Disponível em: <https://www.monolitonimbus.com.br/perceptron-redes-neurais/>. Acesso em 25 jun. 2021.

53 TORRES, R. G. Jr; MACHADO, M. A. S.; BARRETO, J. M. Previsão de Falhas em Manutenção Industrial usando Redes Neurais. **III Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia (SEGeT)**. 2006. Disponível em: https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos06/403_Rubiao-FORMATADO.pdf. Acesso em 18 jun. 2021.

54 ALMEIDA, L. F. **Redes Neurais Artificiais Aplicadas a Manutenção Baseada em Condição**. 2011. 163 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

55 GONÇALVES, L. F. **Desenvolvimento de um sistema de manutenção inteligente embarcado**. 2011. 233 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

56 **Manutenção Preditiva Redes Neurais**, busca de patentes realizada no site do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) com o uso das palavras “manutenção preditiva redes neurais”. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp>. Acesso em 06 jun. 2021.

57 **Manutenção Preditiva Redes Neurais**, busca de patentes realizada no site da World Intellectual Property Organization (WIPO) com o uso das palavras “manutenção, preditiva, rede*, neura*”. Disponível em: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KTATUL-34108. Acesso em 06 jun. 2021.

58 **Manutenção Preditiva e Sistema Imunológico Artificial**, busca de pesquisa científica realizada com a ferramenta Google Acadêmico. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&as_vis=1&q=manuten%C3%A7%C3%A3o+preditiva+sistema+imunol%C3%B3gico+artificial&btnG=. Acesso em 06 jun. 2021.

59 Manutenção Preditiva e Sistema Imunológico Artificial e Controle de Viscosidade, busca de pesquisa científica realizada com a ferramenta Google Acadêmico. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=Manuten%C3%A7%C3%A3o+Preditiva+e+Sistema+Imunol%C3%B3gico+Artificial+controle+de+viscosidade&btnG=. Acesso em 13 jun. 2021.

60 Manutenção Preditiva e Sistema Imunológico Artificial e Controle de Viscosidade, busca de pesquisa científica realizada com a ferramenta Google Acadêmico. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?start=0&q=Manuten%C3%A7%C3%A3o+Preditiva+e+Sistema+Imunol%C3%B3gico+Artificial+controle+de+viscosidade+redutores&hl=pt-BR&as_sdt=0,5. Acesso em 13 jun. 2021.

61 SLAVEC, G. A. Validação tribológica de biograxas sintetizadas comparadas com graxas minerais comerciais, 2020. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2020.

62 CHAVARETTE, F.R. et al. - ANÁLISE DE COMPORTAMENTO DE FALHAS DE UM ROTOR DINÂMICO UTILIZANDO SISTEMA IMUNOLÓGICO ARTIFICIAL, Impactos das Tecnologias na Engenharia-Mecânica, Atena Editora, 2021, Capítulo 20, p. 236-244, DOI 10.22533/at.ed.46319050420.

63 Manutenção Preditiva Sistema Imunológico Artificial, busca de patentes realizada no site do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) com o uso das palavras “manutenção preditiva sistema imunológico artificial”. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp>. Acesso em 06 jun. 2021.

64 Manutenção Preditiva Sistema Imunológico Artificial, busca de patentes realizada no site da World Intellectual Property Organization (WIPO) com o uso das palavras manutenção, preditiva, sistema, imunológico, artificial. Disponível em: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KPLQ08-17468. Acesso em 06 jun. 2021.

65 Inversor de Frequência, modelo W22, marca WEG. Disponível em: https://www.weg.net/catalog/weg/US/pt/Drives/Inversores-de-Frequ%C3%Aancia/Micro-e-Mini-Drives/Inversor-de-Frequ%C3%Aancia-CFW08/Inversor-de-Frequ%C3%Aancia-CFW08/p/MKT_WDC_GLOBAL_VARIABLE_SPEED_DRIVE_CFW0. Acesso em 25 jun. 2021.

66 Cabo de alimentação e conectores. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/kit-arduino-start>. Acesso em 25 jun. 2021.

67 Tabela de conversão de viscosidade SSU para cSt. Disponível em: <http://www.viscosimetro.com.br/>. Acesso em: 29 jun. 2021.

68 Blend de Viscosidade. Fornecedor: Lubrimaq. Disponível em: <https://www.lubrimaq.com.br/blend-de-viscosidade.php>. Acesso em 14 jun. 2021.

APÊNDICE A – SOFTWARE DE LEITURA DO ACELERÔMETRO

```
#include <MPU6050_tockn.h>
#include <Wire.h>

MPU6050 mpu6050(Wire);

long timer = 0;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Wire.begin();
  mpu6050.begin();
}

void loop() {
  mpu6050.update();

  if(millis() - timer > 0.1){

    Serial.print(mpu6050.getAccX());
    Serial.print("\t");
    Serial.print(mpu6050.getAccY());
    Serial.print("\t");
    Serial.println(mpu6050.getAccZ());

    timer = millis();
  }
}
```

APÊNDICE B – FUNÇÃO STRUCTURAL HEALTH MONITORING (SHM)

SISTEMA DE SHM

Determinação da quantidade de sinais aleatórios

Sinais da estrutura em condição normal: 1500

Sinais da estrutura em condição de falha: 1500

Processamento dos Dados

=====

Tempo de processamento: 31.195705

Acerto em porcentagem: 100.00

Taxa de afinidade: 80.0000

Classificação dos dados

=====

Sinais sem falha.....: 1500

Sinais de falha Tipo A....: 170

Sinais de falha Tipo B....: 773

Sinais de falha Tipo C....: 557

Sinais de falha Tipo A.....: 170

Nível Severidade Alto

Probabilidade de falha baixa.....: 4

Probabilidade de falha moderada.....: 0

Probabilidade de falha alta.....: 0

Probabilidade de falha muito alta.....: 0

Nível Severidade Médio

Probabilidade de falha baixa.....: 0

Probabilidade de falha moderada.....: 0

Probabilidade de falha alta.....: 0

Probabilidade de falha muito alta.....: 0

Nível Severidade Baixo

Probabilidade de falha baixa.....: 0

Probabilidade de falha moderada...: 0
Probabilidade de falha alta.....: 0
Probabilidade de falha muito alta...: 0

Nível Severidade Muito Baixo

Probabilidade de falha baixa.....: 0
Probabilidade de falha moderada...: 2
Probabilidade de falha alta.....: 3
Probabilidade de falha muito alta...: 161

Sinais de falha Tipo B.....: 773

Nível Severidade Alto

Probabilidade de falha baixa.....: 8
Probabilidade de falha moderada...: 0
Probabilidade de falha alta.....: 0
Probabilidade de falha muito alta...: 0

Nível Severidade Médio

Probabilidade de falha baixa.....: 0
Probabilidade de falha moderada...: 0
Probabilidade de falha alta.....: 0
Probabilidade de falha muito alta...: 0

Nível Severidade Baixo

Probabilidade de falha baixa.....: 0
Probabilidade de falha moderada...: 0
Probabilidade de falha alta.....: 0
Probabilidade de falha muito alta...: 0

Nível Severidade Muito Baixo

Probabilidade de falha baixa.....: 0
Probabilidade de falha moderada...: 1
Probabilidade de falha alta.....: 18
Probabilidade de falha muito alta...: 746

Sinais de falha Tipo C.....: 557

Nível Severidade Alto

Probabilidade de falha baixa.....: 10

Probabilidade de falha moderada.....: 0

Probabilidade de falha alta.....: 0

Probabilidade de falha muito alta.....: 0

Nível Severidade Médio

Probabilidade de falha baixa.....: 0

Probabilidade de falha moderada.....: 0

Probabilidade de falha alta.....: 0

Probabilidade de falha muito alta.....: 0

Nível Severidade Baixo

Probabilidade de falha baixa.....: 0

Probabilidade de falha moderada.....: 0

Probabilidade de falha alta.....: 0

Probabilidade de falha muito alta.....: 0

Nível Severidade Muito Baixo

Probabilidade de falha baixa.....: 0

Probabilidade de falha moderada.....: 0

Probabilidade de falha alta.....: 19

Probabilidade de falha muito alta.....: 528

ANEXO A – BUSCA DE PATENTES

Figura 40 - Patente com a palavra tribologia e depositada no Brasil

 **BRASIL** Acesso à informação Participe Serviços Legislação Canais

Instituto Nacional da
Propriedade Industrial
Ministério da Economia

Consulta à Base de Dados do INPI [Início | Ajuda?]

» Consultar por: Base Patentes | Finalizar Sessão

RESULTADO DA PESQUISA (01/09/2021 às 23:12:32)
Pesquisa por:
Resumo: "TRIBOLOGIA" \

Foram encontrados **1** processos que satisfazem à pesquisa. Mostrando página **1** de **1**.

☐	Pedido	Depósito	Título	IPC
☐	BR 10 2014 014174 0	11/06/2014	MÉTODO PARA DETERMINAR UMA CONDIÇÃO DE UMA ROTA, SISTEMA DE VEÍCULO E SISTEMA PARA DETERMINAR UMA CONDIÇÃO DE UMA ROTA	B60T 8/1763

Páginas de Resultados:
1

Rua Mayrink Veiga, 9 - Centro - RJ - CEP: 20090-910



Fonte: <https://busca.inpi.gov.br/pePl/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp>. (22)

Figura 41 - Patentes com a palavra tribologia e depositadas no mundo

WIPO IP PORTAL MENU PATENTSCOPE HELP EMILIANA BORSANELLI SILVA

Feedback Search Browse Tools Settings

FP:(tribologia)

6 results Offices all Languages en Stemming true Single Family Member false Include NPL false

Sort: Pub Date Desc Per page: 10 View: All 1/1 Download Machine translation

- P10812341** MÉTODOS PARA AVALIAR ATRIBUTOS DE PALADAR DOS ALIMENTOS USANDO UM DISPOSITIVO DE **TRIBOLOGIA** BR - 28.08.2018
Int.Class **G01N 13** Appl.No P10812341 Applicant Cargill, Incorporated Inventor Brian Guthrie
abstract not available
- 102014014174** MÉTODO PARA DETERMINAR UMA CONDIÇÃO DE UMA ROTA, SISTEMA DE VEÍCULO E SISTEMA PARA DETERMINAR UMA CONDIÇÃO DE UMA ROTA BR - 08.05.2018
Int.Class **B60T 13** Appl.No 102014014174 Applicant GENERAL ELECTRIC COMPANY Inventor AJITH KUTANNAR KUMAR
trata-se de um método que inclui obter medições de fluência e medições de tração/frenagem de pelo menos um sistema de veículo em locais diferentes ao longo de um segmento de rota enquanto o pelo menos um sistema de veículo se move através do segmento de rota, o método também inclui calcular características de **tribologia** do segmento de rota nos locais diferentes, as características de **tribologia** são baseadas nas medições de fluência e nas medições de tração/frenagem do pelo menos um sistema de veículo, as características de **tribologia** são indicativas de um coeficiente de atrito do segmento de rota nos locais diferentes, o método também inclui determinar uma eficácia de um modificador de atrito aplicado no segmento de rota com base nas características de **tribologia**.
- P19904512** MÁQUINA GERADORA DE ESFERAS DE CERÂMICA PARA PRÓTESES ORTOPÉDICAS BR - 07.02.2017
Int.Class **B28B 1** Appl.No P19904512 Applicant Escola de Engenharia de São Carlos/USP - Laboratório de **Tribologia** e Novos Materiais Inventor Benedito de Moraes Purquerio
máquina geradora de esferas de cerâmica para próteses ortopédicas, a presente invenção, relaciona-se a uma máquina capaz de realizar todas as operações de usinagem (retificação a verde, retificação após a sinterização, lapidação e polimento) necessárias à obtenção de esferas de cerâmica para próteses ortopédicas, a máquina é constituída por uma estrutura de granito sintético (1), mesa rotativa (2) com mancais aerostáticos onde é montada a esfera a ser usinada (4), braço com movimento alternado acionado hidráulicamente ou hidro-pneumaticamente (12), cabeçote porta-ferramenta (8), sistema de fluido de corte (7) e sistema de aspiração de pó (6).
- 112012002820** **TRIBOLOGIA** COMBINADA COM RESISTÊNCIA À CORROSÃO: UMA NOVA FAMÍLIA DE REVESTIMENTOS DE PVD E PACVD BR - 30.08.2018
Int.Class **C23C 14** Appl.No 112012002820 Applicant Detikon Trading Ag, Trubach Inventor Astrid Gies
abstract not available
- P10812143** DISPOSITIVO DE **TRIBOLOGIA** PARA ALIVIAR ATRIBUTOS DE PALADAR DOS ALIMENTOS BR - 18.11.2014
Int.Class **G01N 13** Appl.No P10812143 Applicant Cargill, Incorporated Inventor Brian D. Guthrie
- MX/A/2009/013180** METHODS FOR ASSESSING MOUTHFEEL ATTRIBUTES OF FOODS USING A TRIBOLOGY DEVICE MX - 24.02.2010
Int.Class **G01N 13/00** Appl.No MX/A/2009/013180 Applicant CARGILL INCORPORATED Inventor STEPHANE JULES JEROME DESON
The invention relates to a method for differentiating foods with respect to mouthfeel, a method for identifying a composition having the ability to improve the mouthfeel of a food, and a method for predicting mouthfeel attributes of a food using a novel tribology device.

Fonte: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KT2AUQ-33932. (23)

Figura 42 - Dados da busca contendo a palavra tribologia

WIPO IP PORTAL MENU PATENTSCOPE Covid-19 Update X HELP EMILIANA BORSANELLI SILVA

Feedback Search Browse Tools Settings

FP:(tribologia)

6 results Offices all Languages en Stemming true Single Family Member false Include NPL false

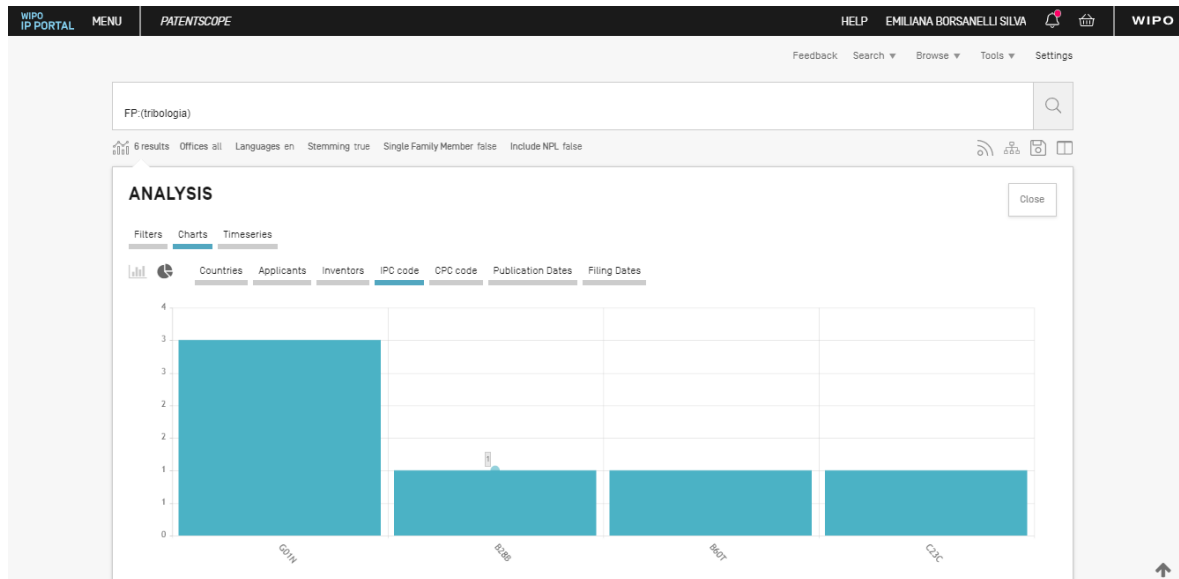
ANALYSIS

Filters Charts Timeseries

Countries	Applicants	Inventors	IPC code	CPC code	Publication Dates	Filing Dates
Brazil	5	CARDILL INC 3	STEFAN K. BAIER 3	G01N 3	b60t 13/665 1	2014 1
Mexico	1	ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS/USP 1	BRIAN GUTHRIE 2	B28B 1	b60t 17/229 1	2015 0
		LABORATORIO DE TRIBOLOGIA E NOVOS MATERIAIS 1	JOZEF GUIDO ROSA 2	B60T 1	b60t 22/10/12 1	2016 1
		GENERAL ELECTRIC COMPANY 1	STEFHANE JULES JEROME DEBON 2	C23C 1	b60t 8/172 1	2017 1
		DERLUKIN TRADING AG 1	TIM LINDGREN 2		b61c 15/14 1	2018 2
		TRUBBACH 1	AJITH KUTTANNAIR KUMAR 1		b61k 9/08 1	
			ASTRID GIES 1		y02t 30/00 1	
			BENEDITO DE MORAES PURQUERO 1			
			BRIAN D. GUTHRIE 1			
			JOSEPH FORREST NOFFSINGER 1			

Fonte: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KT2AUQ-33932. (23)

Figura 43 - Dados da busca contendo a palavra tribologia



Fonte: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KT2AUQ-33932. (23)

Tabela 5 - Classificação IPC

IPC	DESCRIÇÃO DA IPC
C	Química
C10	Indústrias de petróleo, gás ou coque; gases técnicos contendo monóxido de carbono; combustíveis; lubrificantes; turfa
C10M	Composições lubrificantes; uso de substâncias químicas sozinhas ou como ingredientes lubrificantes em uma composição lubrificante
C10N	Esquema de indexação associado à subclasse C10M relacionado a composições lubrificantes
F	Engenharia em geral
F16	Elementos e unidades de engenharia; medidas gerais de produção e manutenção de funcionamento eficaz de máquinas ou instalações; isolamento térmico em geral
F16D	Acoplamentos para rotação de transmissão; garras; freios
F16H	Engrenagem
G	Física (Instrumentos)
G01	Medições; teste
G01H	Teste de equilíbrio estático ou dinâmico de máquinas ou estruturas; teste de estruturas ou aparelhos, não fornecidos de outra forma para
G01M	Medição de vibrações mecânicas ou ondas ultrassônicas, sônicas ou infrassônicas
G05	Controlar; regular
G05B	Sistemas de controle ou regulação em geral; elementos funcionais de tais sistemas; arranjos de monitoramento ou teste para tais sistemas ou elementos
G06	Informática; cálculo; contagem
G06F	Processamento de dados digitais elétricos

Fonte: Adaptado de Espacenet. <https://lp.espacenet.com/classification>. (25)

Tabela 6 - Busca de patentes com tribology, F16H, C10M, C10N e G01H

Número	Data de depósito	País	Título
<u>JP273707747</u>	12.12.2011	JP	Composição de graxa
<u>CN124087967</u>	21.02.2013	CN	Composição de graxa
<u>JP270568352</u>	06.08.2004	JP	Elemento deslizante de baixa fricção para transmissão automática e composição de óleo de transmissão automática a ser aplicada ao mesmo.
<u>JP270115632</u>	27.05.2003	JP	Combinação de seguidores de came deslizante de baixa fricção e composição de óleo lubrificante usada para a combinação.
<u>EP14283647</u>	13.08.2004	EP	Transmissão compreendendo membros deslizantes de baixa fricção e óleo de transmissão para o mesmo.
<u>DE153701020</u>	05.03.2015	DE	Uso de uma composição de lubrificante para a lubrificação de uma transmissão de embreagem dupla.
<u>EP129887112</u>	22.03.2013	EP	Composição de graxa e dispositivo de rolamento.
<u>US41044520</u>	27.08.2003	US	Composição do óleo lubrificante para motor de combustão interna.
<u>DE153701019</u>	05.03.2015	DE	Uso de uma composição de lubrificante para lubrificar uma transmissão manual.
<u>EP14906655</u>	17.09.2007	EP	Mecanismo deslizante de baixa fricção e seus usos.
<u>US41610366</u>	06.08.2004	US	Mecanismo deslizante de baixo atrito, composição do agente de baixo atrito e método de redução do atrito.
<u>US41167260</u>	19.08.2004	US	Elemento deslizante de baixa fricção na transmissão e óleo de transmissão para o mesmo.
<u>US191078913</u>	16.07.2015	US	Método para melhorar a operação de transmissão do veículo por meio do uso de composições de lubrificantes específicas.
<u>US42290749</u>	28.11.2007	US	Elemento deslizante de baixa fricção na transmissão e óleo de transmissão para o mesmo.
<u>US42169569</u>	06.08.2004	US	Sistema com superfícies de contato DLC, método de lubrificação do sistema e lubrificante para o sistema.
<u>US42585735</u>	06.08.2004	US	Sistema com superfícies de contato DLC, método de lubrificação do sistema e lubrificante para o sistema.
<u>US40617466</u>	26.05.2004	US	Elemento rolante.
<u>EP14224549</u>	19.05.2004	EP	Elemento rolante.

Fonte: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KT9EE1-66884. (26)

Figura 44 - Patentes com as palavras manutenção preditiva vibração*

BRASIL

Acesso à informação

Participe

Serviços

Legislação

Canais

Instituto Nacional da Propriedade Industrial

Ministério da Economia

Consulta à Base de Dados do INPI

[Início | Ajuda?]

» Consultar por: Base Patentes | Finalizar Sessão

RESULTADO DA PESQUISA (03/06/2021 às 11:15:54)

Pesquisa por:
 Todas as palavras: 'MANUTENÇÃO PREDITIVA VIBRAÇ* no Resumo' \
 Foram encontrados 7 processos que satisfazem à pesquisa. Mostrando página 1 de 1.

☐	Pedido	Depósito	Título	IPC
☐	BR 10 2020 018291 9	08/09/2020	SISTEMA, EQUIPAMENTO E PROCEDIMENTO DE MONITORAMENTO, MANUTENÇÃO PREDITIVA E OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL DE PENEIRAS VIBRATÓRIAS	B65G 27/32
☐	BR 10 2019 020427 3	30/09/2019	COLETOR E ANALISADOR DE VIBRAÇÕES DE BAIXO CUSTO PARA MONITORAMENTO CONTÍNUO DE MÁQUINAS ROTATIVAS	G01M 13/028
☐	BR 10 2019 010492 9	22/05/2019	DISPOSITIVO IOT PARA MONITORAMENTO DE VIBRAÇÃO E TEMPERATURA DE EQUIPAMENTOS ELETROME CÂNICOS, INTEGRADO A UMA PLATAFORMA DE MONITORAMENTO ONLINE INTELIGENTE CAPAZ DE PREDIZER FALHAS VIA APRENDIZADO DE MÁQUINA	H02P 29/00
☐	BR 10 2019 003135 2	15/02/2019	APERFEIÇOAMENTOS EM MEDIDOR PORTÁTIL DE VIBRAÇÃO	G01H 11/06
☐	BR 10 2017 013980 8	28/06/2017	SENSOR DE VIBRAÇÃO E SISTEMA IMPLEMENTADO PARA MANUTENÇÃO PREDITIVA EM MAQUINÁRIOS	G01H 1/12
☐	BR 20 2015 030133 8	01/12/2015	DISPOSIÇÃO INTRODUTIDA EM ROLETES DE CORREIAS TRANSPORTADORAS PARA MONITORAMENTO	B65G 39/09
☐	PI 0902235-0	10/06/2009	SISTEMA REMOTO PARA MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO PREDITIVA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	G01M 13/00

Páginas de Resultados:
1

Rua Mayrink Veiga, 9 - Centro - RJ - CEP: 20090-910



Fonte: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp>. (38)

Figura 45 - Patentes com as palavras manutenção preditiva vibração*

WIPO IP PORTAL

MENU

PATENTSCOPE

HELP

EMILIANA BORSANELLI SILVA

WIPO

Feedback

Search

Browse

Tools

Settings

FP (ALLTXT:(MANUTENÇÃO AND PREDITIVA AND VIBRAÇ*))

39 results

Offices all

Languages en

Stemming true

Single Family Member false

Include NPL false

Sort: Pub Date Asc

Per page: 10

View: All

Download

Machine translation

1. **PI9801240** APERFEIÇOAMENTO EM DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO DE TORQUE PARA ATUADORES ELÉTRICOS. BR - 28.09.1999

Int.Class **G01L 3/10** Appl.No 9801240-1 Applicant COESTER OSKAR H W Inventor COESTER OSKAR HANS WOLFGANG

"APERFEIÇOAMENTO EM DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO DE TORQUE PARA ATUADORES ELÉTRICOS". A presente invenção refere-se a aperfeiçoamento desenvolvido em dispositivo destinado a medição do torque aplicado em atuadores elétricos de comando de válvulas. O sistema de comando de torque, proposto pela invenção, compreende uma célula de carga [11], que é disposta no braço [8], onde está acoplado o elemento mecânico [7] que engrena-se na coroa de saída [2] da haste da válvula. A célula de carga [11] gera um sinal elétrico, que é enviado para um microcontrolador [12], que processa o sinal adequadamente, controlando o acionamento do motor elétrico [4]. Alternativamente, a célula de carga [11] pode ser montada diretamente no eixo do sem-fim [3] ou na própria haste da válvula [1]. Ainda outra possibilidade de posicionamento da célula de carga [11] é em algum elemento intermediário disposto entre o conjunto motoredutor [4] e a coroa de saída [2] da haste da válvula [1]. A célula de carga [11] pode ser materializada de diversas formas, sem prejuízo a presente invenção, sendo preferencialmente dotada de um copo [13] com uma membrana [14], que é submetido a um esforço de flexão, quando o mesmo é comprimido contra um encosto [15], disposto no interior do invólucro [16] da célula de carga. Nas faces da membrana [14] estão fixados os extensômetros [17], que enviarão sinais elétricos, proporcionais a deformação elástica sofrida pela membrana [14], para o microcontrolador [12]. O corpo [13] está rigidamente montado em um eixo [18] sensível ao torque aplicado a haste da válvula [1]. Elementos da absorção de impacto ou vibração, tais como molas prato [19] podem ser introduzidos entre o encosto [15] e o copo [13]. O invólucro [16] deve ser estático, podendo ser fixado na própria carcaça do atuador elétrico.

2. **PI0600021** SISTEMA DE COMUNICAÇÃO, SISTEMA DE COMUNICAÇÃO ELETRÔNICO DE AERONAVE, ESTRUTURA TENDO SISTEMA DE COMUNICAÇÃO EMBUTIDO, MÉTODO PARA UTILIZAR MICROPROCESSADORES DE SUBSISTEMA EM ESTRUTURA BR - 20.03.2007

Int.Class Appl.No PI 0600021-5 Applicant UNITED TECHNOLOGIES CORP Inventor LODA DAVID C

3. **PI0308124** MÉTODO E APARELHO PARA PROCESSAR INFORMAÇÃO RELACIONADA A ESTADO OPERACIONAL DE ENTIDADES DE PROCESSO EM UMA INSTALAÇÃO DE PRODUÇÃO, E, MEIO TANGÍVEL ARMAZENANDO INSTRUÇÕES LEGÍVEIS POR MÁQUINA BR - 27.04.2007

Int.Class **G05B 23/02** Appl.No PI 0308124-9 Applicant FISHER ROSEMOUNT SYSTEMS INC Inventor ERYUREK EVREN

Fonte: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KTA8DY-87458. (39)

Figura 46 - Patentes com as palavras manutenção preditiva vibraç*

WIPO IP PORTAL MENU PATENTSCOPE HELP EMILIANA BORSANELLI SILVA

Feedback Search Browse Tools Settings

FP:(ALLTXT:(MANUTENÇÃO AND PREDITIVA AND VIBRAÇ*))

39 results Offices all Languages en Stemming true Single Family Member false Include NPL false

Sort: Pub Date Desc Per page: 10 View: All 1 / 4 Download Machine translation

- 3301696** SWITCH UNIT PT - 14.07.2021
 Int.Class H01R 13/52 Appl.No 171917487 Applicant SCHAEFER GMBH Inventor
- WO/2021/072523** BRUSH HOLDER FOR ELECTRIC TRACTION MOTORS FOR LOCOMOTIVES WO - 22.04.2021
 Int.Class H01R 39/38 Appl.No PCT/BR2020/050418 Applicant MERSEN DO BRASIL LTDA. Inventor CASTRO, Alexandre
 The brush holder for electric traction motors for locomotives, pertaining to the field of electricity, is an improvement applied to brush holders and used in electric traction motors for locomotives. This electric coupling device is especially designed to hold, support and press the brush against the switch of the rotor of the electric motor, when the body thereof is connected to the electric terminals, said device being supported structurally using insulated shafts connected to the structure of the locomotive.
- 102019020427** COLETOR E ANALISADOR DE VIBRAÇÕES DE BAIXO CUSTO PARA MONITORAMENTO CONTÍNUO DE MÁQUINAS ROTATIVAS BR - 20.04.2021
 Int.Class G01H 1 Appl.No 102019020427 Applicant UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - PB Inventor ANTÔNIO ALMEIDA SILVA
 o equipamento desenvolvido se apresenta como uma alternativa para aplicação da manutenção preditiva em máquinas rotativas, sendo capaz de coletar a vibração do sistema a partir da sua aceleração, com isso definir a severidade de vibração de uma máquina rotativa comparando a sua velocidade com os padrões estabelecidos por norma e, por fim, enviar alertas via internet caso a severidade ultrapasse os limites permitidos. o diferencial desse equipamento está nos materiais utilizados, sendo estes, componentes simples, facilmente encontrados no mercado e com custos acessíveis, tornando o custo final do equipamento bastante inferior aos demais produtos com funcionalidades similares presentes no mercado.

Fonte: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KTA8DY-87458. (39)

Figura 47 - Dados da busca com as palavras manutenção preditiva vibraç*

WIPO IP PORTAL MENU PATENTSCOPE HELP EMILIANA BORSANELLI SILVA

Feedback Search Browse Tools Settings

FP:(ALLTXT:(MANUTENÇÃO AND PREDITIVA AND VIBRAÇ*))

39 results Offices all Languages en Stemming true Single Family Member false Include NPL false

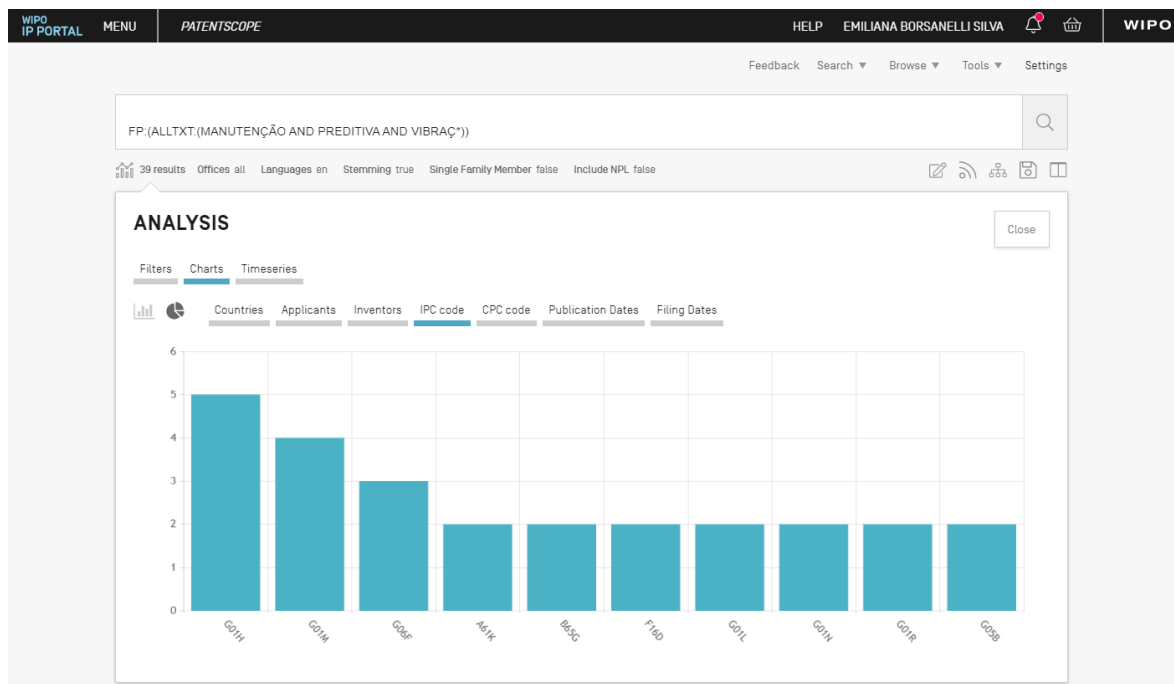
ANALYSIS Close

Filters Charts Timeseries

Countries	Applicants	Inventors	IPC code	CPC code	Publication Dates	Filing Dates
Brazil 23	AMGEN INC 1	ADRIAN NORBERTO GAMBURGO 1	G01H 5	a61p 37/08 2	2013 4	2012 3
Portugal 10	ANDRES ORTIZ SALAZAR 1	ALEXANDRE LOPES DE ALMEIDA 1	G01M 4	g01h 1/12 2	2014 4	2013 3
PCT 6	ANDRÉ LAURINDO MAITELLI 1	ANDRES ORTIZ SALAZAR 1	G06F 3	h04b 2	2015 1	2014 2
	ANTÔNIO PEREIRA DE ARAÚJO JÚNIOR 1	ANDRINO MARCÍLIO HADDAD 1	A61K 2	a01k 74/00 1	2016 3	2015 2
	ARLINDO MERTENS JUNIOR 1	ANDRÉ LAURINDO MAITELLI 1	B65G 2	a01k 91/00 1	2017 4	2016 1
	CINQ TECH LTDA 1	ANTÔNIO ALMEIDA SILVA 1	F16D 2	a01m 7/0089 1	2018 1	2017 2
	COESTER OSKAR H W 1	ANTÔNIO PEREIRA DE ARAÚJO JÚNIOR 1	G01L 2	a23n 17/007 1	2019 2	2018 1
	DIEBOLD INCOARATED 1	ARAKEM DA SILVA NASCIMENTO 1	G01N 2	a61k 31/277 1	2020 4	2019 4
	DOW AGROSCIENCES LLC 1	ARNALDO MANUEL GUIMARÃES BATISTA 1	G01R 2	a61k 31/352 1	2021 5	2020 2
	DSM IP ASSETS BV 1	BARNETT ROBERT W 1	G05B 2	a61k 31/4422 1		

Fonte: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KTA8DY-87458. (39)

Figura 48 - Dados da busca com as palavras manutenção preditiva vibraç*



Fonte: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KTA8DY-87458. (39)

Tabela 7 - Busca de patentes com manutenção preditiva vibraç* (continua)

Número	Data de depósito	País	Título
<u>BR6183234</u>	30.04.1998	BR	Aperfeiçoamento em dispositivo de medição de torque para atuadores elétricos.
<u>BR6347179</u>	06.01.2006	BR	Sistema de comunicação, sistema de comunicação eletrônico de aeronave, estrutura tendo sistema de comunicação embutido, método para utilizar microprocessadores de subsistema em estrutura.
<u>BR6335823</u>	28.02.2003	BR	Método e aparelho para processar informação relacionada a estado operacional de entidades de processo em uma instalação de produção, e, meio tangível armazenando instruções legíveis por máquina.
<u>BR6347099</u>	23.05.2005	BR	Sistema de diagnóstico de máquina de autoatendimento bancário e método.
<u>BR6361234</u>	13.09.2006	BR	Sistema e método ultrassônicos para determinação de tensões mecânicas em dutos.
<u>BR6356615</u>	17.08.2005	BR	Sistema e processo para transformar o estilo de uma mensagem.
<u>BR6372407</u>	14.02.2008	BR	Disco de freio, sistema de freios e veículo.
<u>BR21167108</u>	10.06.2009	BR	Sistema remoto para monitoramento e manutenção preditiva de máquinas e equipamentos.
<u>BR21167281</u>	13.07.2009	BR	Equipamento e processo para medição da velocidade de rotação e geração de pulso de referência de fase para balanceamento de rotores.
<u>BR29922516</u>	01.02.2007	BR	Sistemas, dispositivos e métodos para detecção de falha de arco.
<u>BR29926020</u>	03.10.2006	BR	Sistema de corrida de veículo acionado a foguete.
<u>BR76646680</u>	09.07.2007	BR	Aperfeiçoamentos em acionadores de válvula.
<u>BR90368803</u>	18.10.2010	BR	Sistema mensageiro de condições operacionais aplicado em estruturas submarinas.
<u>WO2013071380</u>	28.05.2012	WO	Melhoria no equipamento de redução de velocidade com divisor de torque e revestimento do mesmo.
<u>PT108385683</u>	16.12.2010	PT	Planta móvel de dosagem, mistura e embalagem.

Tabela 7 - Busca de patentes com manutenção preditiva vibraç* (continuação)

<u>BR128736082</u>	29.07.2011	BR	Dispositivo medidor e monitorador de sinais de vibração on-line e processo de detecção e interpretação de sinais de vibração.
<u>WO2014087374</u>	05.12.2013	WO	Método de monitoramento e sonda da fermentação alcoólica com espectroscopia uv-vis-swnir.
<u>WO2014134695</u>	07.03.2014	WO	Turbina eólica para geração de energia elétrica com tecnologia naval.
<u>BR128744921</u>	22.08.2012	BR	Sistema de acoplamento flexível multi-torque.
<u>BR145426316</u>	15.05.2013	BR	Sistema para transposição de obstáculo por elemento móvel de inspeção em linha de energia
<u>WO2016049716</u>	02.10.2014	WO	Sistema para comunicação de dados através de uma rede elétrica para um motor de indução trifásico usado no método de elevação artificial do tipo de bombeamento centrífugo submerso.
<u>PT232594179</u>	20.04.2007	PT	Formulações de pepticorpo terapêutico liofilizado
<u>BR200484776</u>	01.12.2015	BR	Disposição introduzida em roletes de correias transportadoras para monitoramento
<u>PT232815475</u>	19.12.2011	PT	Sistemas e métodos de deriva de pulverização.
<u>PT232816667</u>	21.11.2012	PT	Fibra Uhmwpe.
<u>PT232851756</u>	07.06.2016	PT	Processo quantitativo para classificação espacial e espectral de desgaste ondulatório em carris ferroviários.
<u>PT232852906</u>	26.06.2009	PT	Codificador e decodificador de áudio para codificar e decodificar amostras de áudio.
<u>BR239460556</u>	28.06.2017	BR	Sensor de vibração e sistema implementado para manutenção preditiva em maquinários.
<u>WO2019051571</u>	18.04.2018	WO	Sistema integrado, preditivo e inteligente para controle de tempo de sinal de trânsito.
<u>PT283944136</u>	09.02.2015	PT	Tratamento de estabilizadores de mastócitos para doenças sistêmicas.
<u>BR313304623</u>	28.01.2019	BR	Sistema para manutenção preditiva em autoclaves hospitalares a vapor.
<u>BR313308743</u>	15.02.2019	BR	Aperfeiçoamentos em medidor portátil de vibração.
<u>BR313324999</u>	22.05.2019	BR	Dispositivo IOT para monitoramento de vibração e temperatura de equipamentos eletromecânicos, integrado a uma plataforma de monitoramento online inteligente capaz de prever falhas via aprendizado de máquina.

Tabela 7 - Busca de patentes com manutenção preditiva vibraç* (conclusão)

<u>BR321933944</u>	08.09.2020	BR	Sistema, equipamento e procedimento de monitoramento, manutenção preditiva e otimização operacional de peneiras vibratórias.
<u>BR323740940</u>	30.09.2019	BR	Coletor e analisador de vibrações de baixo custo para monitoramento contínuo de máquinas rotativas.
<u>WO2021072523</u>	16.10.2020	WO	Porta-escovas para motores elétricos de tração para locomotivas.
<u>PT332455600</u>	19.09.2017	PT	Unidade de troca.

Fonte: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KTA8DY-87458. (39)

Figura 49 - Patentes com as palavras manutenção preditiva inteligência artificial


BRASIL

Acesso à informação
Participe
Serviços
Legislação
Canais

Instituto Nacional da
Propriedade Industrial
Ministério da Economia

Consulta à Base de Dados do INPI
[Início | Ajuda?]

» Consultar por: Base Patentes | Finalizar Sessão

RESULTADO DA PESQUISA (03/06/2021 às 17:36:43)
Pesquisa por:
Todas as palavras: 'MANUTENÇÃO PREDITIVA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL no Resumo' \
Foram encontrados **1** processos que satisfazem à pesquisa. Mostrando página **1** de **1**.

☐	Pedido	Depósito	Título	IPC
☐	BR 10 2019 018521 0	06/09/2019	PROCESSO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA E PRESCRITIVA PARA EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS	G05B 19/05

Páginas de Resultados:
1

Rua Mayrink Veiga, 9 - Centro - RJ - CEP: 20090-910



Fonte: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp>. (45)

Figura 50 - Patentes com as palavras manutenção preditiva inteligência artificial

The screenshot shows the WIPO Patentscope search results page. The search query is 'FP:(alltxt:(MANUTENÇÃO PREDITIVA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL))'. The results are sorted by 'Pub Date Asc' and show 11 results. The first four results are displayed:

- 1. P10616832** SISTEMA DE CORRIDA DE VEÍCULO ACIONADO A FOGUETE
Int.Class [B64G 1/00](#) Appl.No P10616832 Applicant Rocket Racing, Inc. Inventor Granger B. Whitelaw
SISTEMA DE CORRIDA DE VEÍCULO ACIONADO A FOGUETE. Uma corrida acionada por foguete para entretenimento de espectadores, quando imagens geradas em computador forem opcionalmente providas para definirem pelo menos parcialmente um curso de corrida. BR - 20.05.2011
- 2. 1603264** PERFORMANCE-BASED CONTROL SYSTEM
Int.Class [G02F 1/00](#) Appl.No 04024503 Applicant ASHLAND LICENSING & INTELLECTU Inventor BEARDWOOD EDWARD S
A process for monitoring and controlling an aqueous system, where at least one performance parameter relating to conditions within an aqueous system is selected. A value of the at least one performance parameter is measured to serve as a baseline value. A capacity of the aqueous system is determined and flow rates of water into and out of the system are measured and monitored. The value of at least one performance parameter is measured and compared to the baseline value for the performance parameter. Flow rates of water into and out of the system are factored in. At least one controllable variable within the aqueous system is altered based upon a deviation of the value of the performance parameter from the baseline value. PT - 27.05.2011
- 3. WO/2014/134695** WIND TURBINE FOR GENERATING ELECTRICITY WITH NAVAL TECHNOLOGY
Int.Class [F03D 1/00](#) Appl.No PCT/BR2014/000084 Applicant MONTEIRO DE BARROS, Marcelo Inventor MONTEIRO DE BARROS, Marcelo
The present invention relates to a horizontal-shaft/vertical - transmission wind turbine for generating electricity, which may be on-shore or off-shore, with reduced materials and structures in the nacelle, mast and foundation, which moves much of the equipment to the base of the mast, thereby reducing capex, enabling significant reductions in the operation and maintenance costs of the turbines, and reducing the cost of the installed power (installed MW) in a wind farm. The mechanical energy coming from the rotor is transmitted by a vertical shaft system (6) along the mast, which incorporates naval technology, and which is based on platforms (1) to neutralize harmonics and is connected to H/ps (3) and V/mvms (4) transmissions, coupled using contraction and expansion joints (2). In addition to this, the rotor orientation system (Yaw control) (25), which is connected to the torque control of the transmissions, the brake control and the blade pitch control, enables the rotor to be properly positioned. The invention enables radio communication between masts and with a control center over an aerial interface, which increases the reliability and general safety of the system. WO - 12.09.2014
- 4. 2158332** PROGNOSIS PREDICTION FOR MELANOMA CANCER
Int.Class [G16D 1/88](#) Appl.No 87869677 Applicant PACIFIC EDGE LIMITED Inventor MICHAEL ALAN BLACK
PT - 26.04.2017

Fonte: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KPHDH3-20874. (46)

Figura 51 - Patentes com as palavras manutenção preditiva inteligência artificial

The screenshot shows the WIPO Patentscope search results page. The search query is 'FP:(alltxt:(MANUTENÇÃO PREDITIVA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL))'. The results are sorted by 'Pub Date Desc' and show 11 results. The first four results are displayed:

- 1. 102019018521** PROCESSO DE **MANUTENÇÃO PREDITIVA** E PRESCRITIVA PARA EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS
Int.Class [G05B 17](#) Appl.No 102019018521 Applicant SEMEQ SERV. DE MONITORAMENTO DE EQUIPAMENTOS LTDA EPP Inventor EDUARDO BELTRAME
processo de **manutenção preditiva** e prescritiva para equipamentos industriais trata-se de inovação doprocesso de **manutenção preditiva** permitindo excelênciaperacional com redução de custos de **manutenção**, maiorconfiabilidade e aprimoramento da eficiência do equipamento.atraves de etapas pré-definidas com o plano de monitoramento.coleta com equipamento específico, dados armazenados num unicobanco de dados, alimentado continuamente, numa mesma estruturalógica, conectados através de webservice, tratamento dos dadoscoletados, resultados produzidos por algoritmos de computadorimplantados no servidor de rede, permitindo ter uma formacentralizada e única de programação e tratamento dos sinais quemantem a padronização, análise realizada por analistas oualgoritmos de **inteligência artificial** e a integração dos laudos com prescrição. BR - 18.03.2021
- 2. 3176270** PROGNOSIS PREDICTION FOR MELANOMA CANCER
Int.Class [G16D 1/88](#) Appl.No 162030013 Applicant PACIFIC EDGE LIMITED Inventor
PT - 08.10.2020
- 3. 2951822** AUDIO ENCODER, AUDIO DECODER, METHOD FOR PROVIDING AN ENCODED AUDIO INFORMATION, METHOD FOR PROVIDING A DECODED AUDIO INFORMATION, COMPUTER PROGRAM AND ENCODED REPRESENTATION USING A SIGNAL-ADAPTIVE BANDWIDTH EXTENSION
Int.Class [G10L 19/22](#) Appl.No 147017552 Applicant FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG EV. Inventor
PT - 05.02.2020
- 4. WO/2019/051571** INTEGRATED, PREDICTIVE, SMART SYSTEM FOR TRAFFIC SIGNAL TIME CONTROL
Int.Class [G08G 1/01](#) Appl.No PCT/BR2019/050118 Applicant VELSIS SISTEMAS E TECNOLOGIA VIARIA S/A Inventor GONÇALVES, Sergio Machado
The present patent of invention relates to an integrated, predictive, smart system for controlling the periods of time for which vehicle-flow control signals stop traffic or allow traffic to proceed, which uses the ext of data and information supplied by the various available geoprocessing systems (GPS) and traffic-control systems in order to manage computing intelligence and to adjust the timing of each signal in accordance with the flow of people and vehicles envisaged for each intersection. The system uses monitoring of crowdsourcing/big data information systems, smart, trainable decision-making algorithms based on machine learning and the IoT. A central unit based on **artificial** intelligence and big data interacts with traffic signals, PHVs, smartphones, people systems, web systems, inter alia. This enables lives to be saved since the routes of such vehicles are not obstructed by ordinary traffic. WO - 21.09.2019

Fonte: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KPHDH3-20874. (46)

Figura 52 - Dados da busca com manutenção preditiva inteligência artificial

WIPO
IP PORTAL

MENU

PATENTSCOPE

HELP

EMILIANA BORSANELLI SILVA

WIPO

Feedback

Search

Browse

Tools

Settings

FP:(alltxt:(MANUTENÇÃO PREDITIVA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL))

11 results

Offices all

Languages en

Stemming true

Single Family Member false

Include NPL false

ANALYSIS

Close

Filters

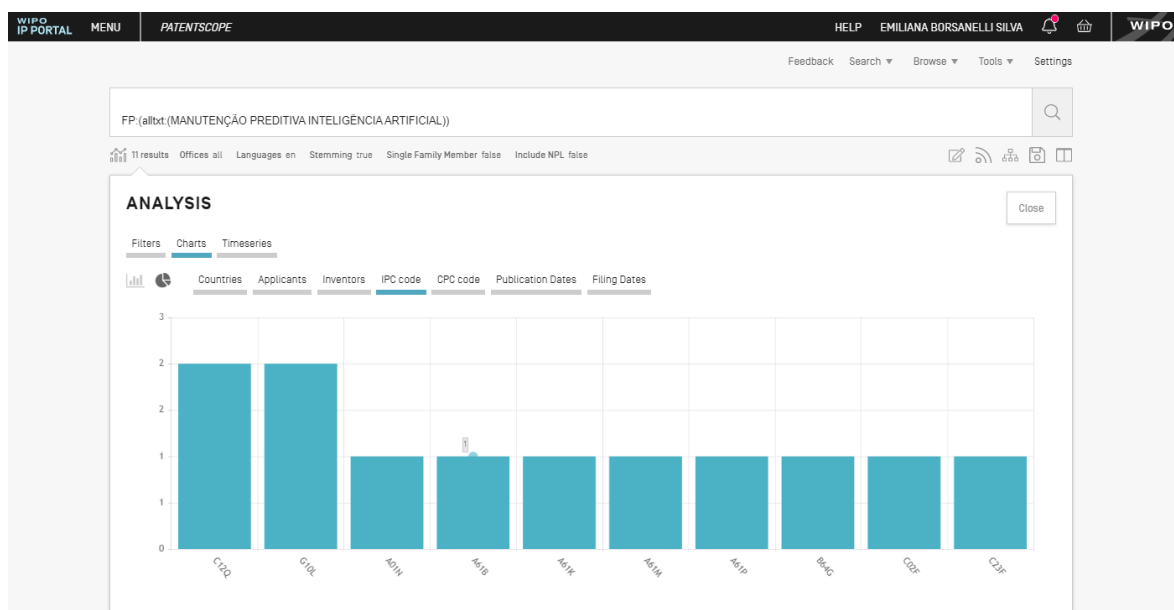
Charts

Timeseries

Countries	Applicants	Inventors	IPC code	CPC code	Publication Dates	Filing Dates							
Portugal	8	FRAUNHOFER	2	BEARDWOOD EDWARD S	1	C12Q	2	a61p 35/00	2	2014	1	2012	1
PCT	3	GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG EV	1	CHRISTIAN HELMRICH	1	G10L	2	c12q 1/6886	2	2015	0	2013	0
Brazil	2	EDUARDO BELTRAME	1	EDUARDO BELTRAME	1	A01N	1	c12q 2600/118	2	2016	0	2014	3
	2	LUDWIG INSTITUTE FOR CANCER RESEARCH	2	GRANGER B. WHITELAW	1	A61B	1	c12q 2600/158	2	2017	2	2015	0
	2	PACIFIC EDGE LIMITED	2	HAYS GEORGE F	1	A61K	1	c12q 2600/16	2	2018	2	2016	0
	1	ASHLAND LICENSING AND INTELLECTU	1	JOHANNES HILPERT	1	A61M	1	g10l 19/20	2	2019	1	2017	1
	1	JONATHAN CEBON	1	A61P	1	g10l 19/24	2	2020	2	2018	1	2019	1
	1	CINO TECH LTDA	1	JULIEN ROBILLIARD	1	B64G	1	g10l 19/26	2	2021	1	2019	1
	1	MONTEIRO DE BARROS MARCELO	1	KNUDSEN JAMES G	1	C02F	1	g10l 19/265	2				
	1	NEUREN PHARMACEUTICALS LIMITED	1	KONSTANTIN SCHMIDT	1	C23F	1	g10l 21/038	2				
	1	ROCKET RACING INC	1										
	1	SEMEQ SERV DE MONITORAMENTO DE EQUIPAMENTOS LTDA EPP	1										
	1	SOCIEDADE BENEFICENTE ISRAELITA BRASILEIRA HOSPITAL ALBERT EINSTEIN	1										

Fonte: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KPHDH3-20874. (46)

Figura 53 - Dados da busca com manutenção preditiva inteligência artificial



Fonte: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KPHDH3-20874. (46)

Tabela 8 - Busca de patentes com manutenção preditiva inteligência artificial

Número	Data de depósito	País	Título
<u>PT108226361</u>	27.12.1999	PT	Sistema de controle baseado em desempenho.
<u>BR29926020</u>	03.10.2006	BR	Sistema de corrida de veículo acionado a foguete.
<u>PT232814817</u>	23.05.2008	PT	Previsão de prognóstico para câncer de melanoma.
<u>PT232850835</u>	27.01.2012	PT	Tratamento de distúrbios do espectro do autismo usando ácido glicil-L-2-metilprolil-L-glutâmico.
<u>PT290875462</u>	28.01.2014	PT	Codificador de áudio, decodificador de áudio, método para fornecer uma informação de áudio codificada, método para fornecer uma informação de áudio decodificada, programa de computador e representação codificada usando uma extensão de largura de banda adaptável a sinal.
<u>WO2014134695</u>	07.03.2014	WO	Turbina eólica para geração de energia elétrica com tecnologia naval.
<u>WO2018112588</u>	19.12.2017	WO	Sistema de controle inteligente e método baseado em aprendizado de máquina para modular os níveis de concentração expirada por meio de ajustes no volume e concentração de um fluxo de gás respiratório de entrada em tempo real.
<u>WO2019051571</u>	18.04.2018	WO	Sistema integrado, preditivo e inteligente para controle de tempo de sinal de trânsito.
<u>BR321578620</u>	06.09.2019	BR	Processo de manutenção preditiva e prescritiva para equipamentos industriais.

Fonte: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KPHDH3-20874. (46)

Tabela 9 - Busca de patentes com predictive maintenance artificial intelligence

Número	Data de depósito	País	Título
<u>WO2021168490</u>	26.01.2021	WO	Método para cálculo pelo menos parcialmente descentralizado do estado de saúde de pelo menos uma turbina eólica.
<u>EP325121970</u>	12.11.2020	EP	Método para operar um trocador de calor.
<u>US321831582</u>	12.08.2020	US	Modelo de custo cumulativo para prever o custo de manutenção de ativos a partir de modelos de emergência.
<u>US321204108</u>	10.11.2020	US	Sistema de celular.
<u>US319904994</u>	04.11.2019	US	Sistemas e métodos para manutenção baseada em inteligência artificial de um sistema de ar condicionado.
<u>US314174172</u>	16.09.2020	US	Sistema de celular.
<u>US310547857</u>	20.07.2020	US	Luminária com segurança aprimorada.
<u>US309777985</u>	13.07.2020	US	Sistema e método para monitoramento de sistemas de tratamento de água.
<u>WO2020117885</u>	04.12.2019	WO	Detecção de falha de componente do aparelho.
<u>US294407756</u>	07.11.2018	US	Extração de cronograma de tempo de execução de compressor de refrigeração inteligente.
<u>US293245071</u>	11.10.2019	US	Sistema de suporte remoto e métodos para monitoramento de armas e ativos, incluindo cones de fogo coalescentes.
<u>US280234802</u>	02.07.2019	US	Sistema de monitoramento de uso de arma de fogo.
<u>US279852011</u>	02.07.2019	US	Sistema de monitoramento de uso de arma de fogo.
<u>WO2019140130</u>	10.01.2019	WO	Método para monitorar unidades de temperatura controlada em uma loja.
<u>US239193913</u>	12.11.2018	US	Sistema e método para monitorar sistemas de tratamento de água.
<u>US237650859</u>	02.08.2018	US	Internet industrial das coisas, sistemas e métodos de aquecimento inteligentes que produzem e usam combustível de hidrogênio.
<u>US236455020</u>	20.07.2017	US	Modelo de custo cumulativo para prever o custo de manutenção de ativos a partir de modelos de emergência.
<u>US202136167</u>	24.06.2016	US	Técnicas de análise de imagem.
<u>US202138354</u>	24.06.2016	US	Luminária modular.
<u>US202138359</u>	24.06.2016	US	Mapeamento automático de dispositivos em uma rede de iluminação distribuída.
<u>US185208731</u>	03.06.2016	US	Redes de cogeração.
<u>US95834005</u>	15.03.2013	US	Redes de sistemas de cogeração.
<u>US95834004</u>	15.03.2013	US	Sistemas e métodos para cogeração de energia.
<u>EP14302529</u>	25.09.2004	EP	Fixação do sensor de fluido para teste de fluido dinâmico.

Fonte: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KTAORB-06100. (48)

Figura 54 - Patentes com as palavras manutenção preditiva redes neurais

BRASIL

Acesso à informação

Participe

Serviços

Legislação

Canais

Instituto Nacional da
Propriedade Industrial
Ministério da Economia

Consulta à Base de Dados do INPI

[Início | Ajuda?]

» Consultar por: Base Patentes | Finalizar Sessão

RESULTADO DA PESQUISA (06/06/2021 às 18:30:18)
Pesquisa por:
Todas as palavras: 'MANUTENÇÃO PREDITIVA REDES NEURAI'S no Resumo' \
Foram encontrados **2** processos que satisfazem à pesquisa. Mostrando página **1** de **1**.

☐	Pedido	Depósito	Título	IPC
☐	PI 0902235-0	10/06/2009	SISTEMA REMOTO PARA MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO PREDITIVA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	G01M 13/00
☐	PI 0206129-5	10/09/2002	MÉTODO E APARELHO PARA MONITORAR E GERENCIAR O CARREGAMENTO E A PERDA DE VIDA DE TRANSFORMADORES ELÉTRICOS DE DISTRIBUIÇÃO E DE POTÊNCIA	G06N 3/02

Páginas de Resultados:
1

Rua Mayrink Veiga, 9 - Centro - RJ - CEP: 20090-910

Fonte: <https://busca.inpi.gov.br/pePl/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp>. (56)

Figura 55 - Patentes com as palavras manutenção preditiva redes neurais

WIPO
IP PORTAL

MENU

PATENTSCOPE

HELP

EMILIANA BORSANELLI SILVA

Feedback

Search

Browse

Tools

Settings

ALLTX:((manutenção AND preditiva AND redes neurais))

13 results

Offices all

Languages en

Stemming false

Single Family Member false

Include NPL false

Sort: Pub Date Asc

Per page: 10

View: All

Download

Machine translation

1. [PI0206129](#) MÉTODO E APARELHO PARA MONITORAR E GERENCIAR O CARREGAMENTO E A PERDA DE VIDA DE TRANSFORMADORES ELÉTRICOS DE DISTRIBUIÇÃO E DE POTÊNCIA BR - 03.08.2004
Int.Class [G06N 3/00](#) Appl.No 200129-5 Applicant FREITAS ANTONIO AIRTON CARNEIR Inventor FREITAS ANTONIO AIRTON CARNEIR
"MÉTODO E APARELHO PARA MONITORAR E GERENCIAR O CARREGAMENTO E A PERDA DE VIDA DE TRANSFORMADORES ELÉTRICOS DE DISTRIBUIÇÃO E DE POTÊNCIA". A presente invenção trata de aparelho e métodos para monitorar e gerenciar o carregamento e a perda de vida de transformadores elétricos de distribuição e de potência, viabilizando a metodologia para a manutenção preditiva, a previsão dos riscos de falha e a estimativa da porcentagem de vida restante do transformador elétrico. A metodologia e o aparelho foram concebidos a partir de algoritmos baseados em redes neurais artificiais (RNA). O aparelho foi implementado com a utilização de dispositivos de processamento de sinais digitais (DSP), podendo ser configurado através de interface com usuário. Os comandos de configuração definem os pontos das fontes de onde derivam os sinais de entrada.

2. [PI0415352](#) SISTEMA E MÉTODO BASEADO EM COMPUTADOR PARA ADMINISTRAR COMPONENTES SUBSTITUÍVEIS PARA EQUIPAMENTO TENDO UMA PLURALIDADE DE COMPONENTES, E, MÉTODO E ESTRUTURA DE DADOS USADA PARA MONITORAR A CONDIÇÃO DE EQUIPAMENTO REMOTO TENDO PELO MENOS UM COMPONENTE DE DESSGASTE BR - 12.12.2008
Int.Class [G08C](#) Appl.No PI 0415352-9 Applicant HYDRAULF AMCLVDE INC Inventor LONG WAYNE R

3. [PI0308124](#) MÉTODO E APARELHO PARA PROCESSAR INFORMAÇÃO RELACIONADA A ESTADO OPERACIONAL DE ENTIDADES DE PROCESSO EM UMA INSTALAÇÃO DE PRODUÇÃO, E, MEIO TANGÍVEL ARMAZENANDO INSTRUÇÕES LEGÍVEIS POR MÁQUINA BR - 27.04.2007
Int.Class [G05B 23/02](#) Appl.No PI 0308124-9 Applicant FISHER ROSEMOUNT SYSTEMS INC Inventor ERYUREK EVREN

4. [PI0902235](#) SISTEMA REMOTO PARA MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO PREDITIVA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS BR - 19.01.2011
Int.Class [G01M 13/00](#) Appl.No PI0902235 Applicant Arlindo Mertens Junior Inventor
SISTEMA REMOTO PARA MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO PREDITIVA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS, descreve a patente de invenção de um sistema remoto para monitoramento, diagnóstico e manutenção preditiva de máquinas e equipamentos através de uma ou mais grandezas físicas, como vibração mecânica, ruído sonoro, tensão e corrente elétrica, temperatura, pressão, torque, rotação além de imagens térmicas e visíveis. Este sistema é composto de um módulo de medições que ficará próximo do equipamento monitorado, de um meio de transmissão redundante e de uma central onde os dados serão monitorados e analisados. O módulo de medições é composto de sensores, placas eletrônicas, processamento, interface com o usuário e de alguma forma de envio de dados a distância com redundância até uma central. A central de monitoramento é um sistema onde os dados recebidos dos equipamentos remotos serão tratados, processados e analisados quanto às condições atuais de funcionamento, evolução ou mudança de parâmetros. A análise preditiva permite o diagnóstico de falhas de forma antecipada, utilizando algoritmos de análise de bandas de energia, lógica determinística com limites e análise de padrões e correlações através de redes neurais artificiais.

Fonte: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KTATUL-34108. (57)

Figura 56 - Patentes com as palavras manutenção preditiva redes neurais

WIPO
IP PORTAL

MENU

PATENTSCOPE

HELP

EMILIANA BORSANELLI SILVA

WIPO

Feedback

Search

Browse

Tools

Settings

ALLTXT:((manutenção AND preditiva AND redes AND neurais))

13 results

Offices all

Languages en

Stemming false

Single Family Member false

Include NPL false

Sort: Pub Date Desc

Per page: 10

View: All

<

1 / 2

>

Download

Machine translation

1. **3176270** PROGNOSIS PREDICTION FOR MELANOMA CANCER

PT - 08.10.2020

Int.Class **C12N 1/88** Appl.No 18203013 Applicant PACIFIC EDGE LIMITED Inventor

2. **1949285** SYSTEMS AND METHODS FOR TREATING, DIAGNOSING AND PREDICTING THE OCCURRENCE OF A MEDICAL CONDITION

PT - 01.10.2019

Int.Class **G08F 19/00** Appl.No 88259910 Applicant FUNDAÇÃO D. ANNA SOMMER CHAMPALMAUD E DR. CARLOS MONTEZ CHAMPALMAUD Inventor OLIVIER SAIDI

3. **WO/2018/112588** SMART CONTROL SYSTEM AND METHOD BASED ON MACHINE LEARNING FOR MODULATING END-TIDAL CONCENTRATION LEVELS BY MEANS OF ADJUSTMENTS TO THE VOLUME AND CONCENTRATION OF AN INCOMING RESPIRATORY GAS FLOW IN REAL TIME

WO - 28.08.2018

Int.Class **A61B 5/0205** Appl.No PCT/BR2017/050389 Applicant SOCIEDADE BENEFICENTE ISRAELITA BRASILEIRA HOSPITAL ALBERT EINSTEIN Inventor BRUNETTO TANCREDI, Felipe

The present invention relates to a smart control system and method based on machine learning for modulating end-tidal concentration levels by means of continuous adjustments to the volume and concentration of an incoming respiratory gas flow (G_{in}) comprising the following steps: (a) continuously sampling and measuring a first pressure and concentration signal (CP1D) for the incoming gas flow (G_{in}) administered in a respiratory device (200) at a current instant of respiration (T0), (b) continuously sampling and measuring a second pressure and concentration signal (CP2D) for a respiratory gas flow (G_{resp}) in the respiratory device (200) at the current instant of respiration (T0), (c) estimating, using the signals sampled and measured in steps (a) and (b) and in concentration and pressure signals (CP1_n, CP2_n) measured at previous instants of respiration (T-n), a new volume and a new concentration of oxygen and carbon dioxide for the incoming gas flow (G_{in}) for an instant of inspiration in the immediate future (T1), and (d) adjusting the volume and concentration of oxygen and carbon dioxide in the incoming respiratory gas flow (G_{in}) within a given inspiration cycle.

4. **2588083** BIOMATRIX SCAFFOLDS

PT - 28.08.2017

Int.Class **C12N 5/00** Appl.No 118014935 Applicant THE UNIVERSITY OF NORTH CAROLINA AT CHAPEL HILL Inventor YUNFANG WANG

5. **2588027** BIOMATRIX SCAFFOLDS FOR INDUSTRIAL SCALE DISPERSAL

PT - 23.08.2017

Int.Class **C12N 5/00** Appl.No 118015049 Applicant THE UNIVERSITY OF NORTH CAROLINA AT CHAPEL HILL Inventor MARSHA LYNN ROACH

Fonte: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KTATUL-34108. (57)

Figura 57 - Dados da busca com as palavras manutenção preditiva redes neurais

WIPO
IP PORTAL

MENU

PATENTSCOPE

HELP

EMILIANA BORSANELLI SILVA

WIPO

Feedback

Search

Browse

Tools

Settings

ALLTXT:((manutenção AND preditiva AND redes AND neurais))

13 results

Offices all

Languages en

Stemming false

Single Family Member false

Include NPL false

ANALYSIS

Close

Filters

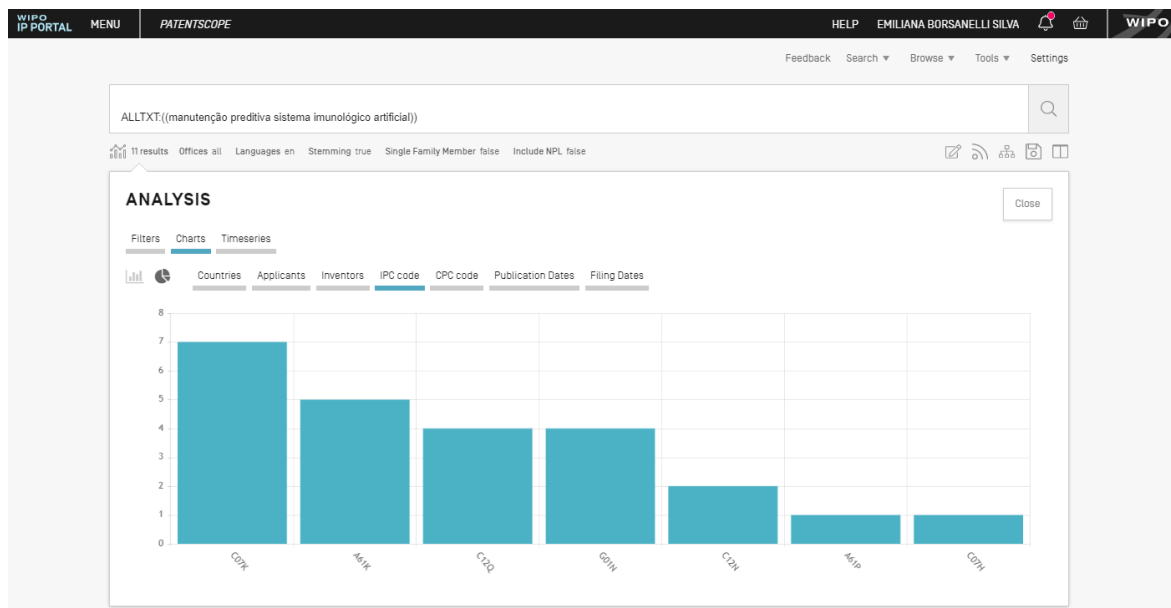
Charts

Timeseries

Countries		Applicants		Inventors		IPC code		CPC code		Publication Dates		Filing Dates	
Brazil	7	LUDWIG INSTITUTE FOR CANCER RESEARCH	2	YUNFANG WANG	2	G06F	8	a61l 2430/28	2	2014	1	2017	1
Portugal	5	PACIFIC EDGE LIMITED	2	ALEXEY ALEXANDROVICH LUGOVSKOY	1	C12N	3	a61l 27/24	2	2015	0		
PCT	1	THE UNIVERSITY OF NORTH CAROLINA AT CHAPEL HILL	2	ANDREW, ZHUANG WANG	1	A61L	2	a61l 27/3604	2	2016	0		
		ARLUNDO MERTENS JUNIOR	1	BOOTH MICHAEL L	1	C12D	2	a61l 27/3683	2	2017	3		
		BIOGEN IDEC MA INC	1	BRIAN ROBERT MILLER	1	G01R	2	a61l 27/3691	2	2018	1		
		BIOGEN MA INC	1	CAI-BIN CUI	1	A61B	1	a61p 35/00	2	2019	1		
		FISHER ROSEMOUNT SYSTEMS INC	1	DAVID A. VERBEL	1	A61K	1	c12n 2500/25	2	2020	1		
		FREITAS ANTONIO AIRTON CARNEIR	1	ERYUREK EVREN	1	A61M	1	c12n 2500/36	2				
		FUNDACÃO D ANNA SOMMER CHAMPALMAUD E DR CARLOS MONTEZ CHAMPALMAUD	1	FRAFJORD ERIK	1	C07K	1	c12n 2501/20	2				
		HYDRALIFT AMCLYDE INC	1	FREITAS ANTONIO AIRTON CARNEIR	1	G01H	1	c12n 2501/998	2				

Fonte: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KTATUL-34108. (57)

Figura 58 - Dados da busca com as palavras manutenção preditiva redes neurais



Fonte: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KTATUL-34108. (57)

Tabela 10 - Busca de patentes com manutenção preditiva rede* neura* (continua)

Número	Data de depósito	País	Título
<u>PT278275067</u>	13.10.2006	PT	Sistemas e métodos para tratar, diagnosticar e prever a ocorrência de uma condição médica.
<u>WO2018112588</u>	19.12.2017	WO	Sistema de controle inteligente e método baseado em aprendizado de máquina para modular os níveis de concentração expirada por meio de ajustes no volume e concentração de um fluxo de gás respiratório de entrada em tempo real.
<u>PT232815628</u>	01.07.2011	PT	Andaimes de biomatriz.
<u>PT232814817</u>	23.05.2008	PT	Previsão de prognóstico para câncer de melanoma.
<u>BR128736082</u>	29.07.2011	BR	Dispositivo medidor e monitorador de sinais de vibração on-line e processo de detecção e interpretação de sinais de vibração.
<u>BR29927252</u>	19.03.2007	BR	Composições de polipeptídeos estabilizados.
<u>BR29924750</u>	05.10.2009	BR	Equipamento e método para análise das condições de operação da rede de transmissão e distribuição de energia elétrica.
<u>BR21167108</u>	10.06.2009	BR	Sistema remoto para monitoramento e manutenção preditiva de máquinas e equipamentos.
<u>BR6335823</u>	28.02.2003	BR	Método e aparelho para processar informação relacionada a estado operacional de entidades de processo em uma instalação de produção, e, meio tangível armazenando instruções legíveis por máquina.
<u>BR6328459</u>	14.10.2004	BR	Sistema e método baseado em computador para administrar componentes substituíveis para equipamento tendo uma pluralidade de componentes, e, método e estrutura de dados usada para monitorar a condição de equipamento remoto tendo pelo menos um componente de desgaste.
<u>BR6278501</u>	10.09.2002	BR	Método e aparelho para monitorar e gerenciar o carregamento e a perda de vida de transformadores elétricos de distribuição e de potência.

Tabela 10 - Busca de patentes com manutenção preditiva rede* neura*
(continuação)

<u>PT316326375</u>	27.09.2013	PT	Sistemas e métodos para perfil sensorial e cognitivo.
<u>PT232817630</u>	07.10.2010	PT	FC polipeptídios contendo a região que apresentam melhor função de efeito devido a alterações da extensão da fucosilação e métodos para seu uso.
<u>WO2018058214</u>	03.08.2017	WO	Sistema automatizado e método para auditoria em tempo real e ranking de desempenho (feedback) de operações de construção de poço de petróleo.
<u>PT232852459</u>	14.05.2008	PT	Derivados substituído de 2- [2- (fenil) etilamino] alcaneamida e seu uso como moduladores de canais de sódio e / ou cálcio.
<u>PT232852086</u>	28.08.2012	PT	Métodos e composições para detectar o nível de atividade de exocitose lisossômica e métodos de uso.
<u>PT232851480</u>	09.10.2009	PT	Sistema de método de aprendizagem semi-supervisionado para classificação de dados de acordo com parâmetros discriminadores.
<u>PT232850835</u>	27.01.2012	PT	Tratamento de distúrbios do espectro do autismo usando ácido glycyl-l-2-methylprolyl-l-glutamic.
<u>PT232593862</u>	29.05.2012	PT	Derivados de arilalquilaminocarboxamida fluorados.
<u>PT232591874</u>	10.08.2006	PT	Identificação e engenharia de anticorpos com variantes regiões de fc e métodos de utilização das mesmas.
<u>PT160976106</u>	29.11.2006	PT	Derivados de 2-feniletilamino como moduladores do canal de cálcio e / ou sódio.
<u>BR128746890</u>	26.02.2008	BR	Anticorpos anti-il-23r elaborados.
<u>BR76646372</u>	04.07.2007	BR	Método para notificação baseado na exceção da condição de um aparelho.
<u>PT108228971</u>	23.04.2003	PT	Ácidos nucleicos e proteínas correspondentes intituladas 191p4d12 (b) úteis no tratamento e detecção de câncer.

Tabela 10 - Busca de patentes com manutenção preditiva rede* neura*
(conclusão)

<u>BR76645960</u>	22.05.2007	BR	Método para determinar a origem anatômica de uma célula ou população celular derivada do intestino grosso de um indivíduo, método de detecção para determinar a origem anatômica de uma célula ou população celular derivada do intestino grosso de um indivíduo, sistema de detecção, meio de armazenagem legível por computador, arranjo de ácido nucleico, uso de um arranjo, método para determinar o início ou predisposição para o início de uma anormalidade celular ou uma condição distinguida por uma anormalidade celular no intestino grosso, kit de diagnóstico para ensaiar amostras biológicas.
<u>BR76645667</u>	31.05.2007	BR	Perfil de gene, uso de um perfil, método para identificar um perfil, usos de uma sonda e de um kit de micro arranjo para a identificação da expressão diferencial de pelo menos um produto de gene de ativação imune, micro arranjo, kit de diagnóstico, e, método para tratar um paciente, e para induzir um perfil de gene respondedor em paciente distinguido como um não respondedor.
<u>PT108242313</u>	15.04.2008	PT	Produtos de glicoproteína definidos e métodos relacionados.
<u>BR29924551</u>	14.03.2007	BR	Métodos para produzir uma resposta imune à tuberculose.
<u>BR21162124</u>	22.05.2006	BR	Derivados de imidazolona fenilalanina.

Fonte: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KTATUL-34108. (57)

Figura 59 - Patentes com as palavras manutenção preditiva sistema imunológico artificial

WIPO IP PORTAL		MENU	PATENTSCOPE		HELP	EMILIANA BORSANELLI SILVA			WIPO
				Feedback		Search	Browse	Tools	Settings
						ALLTXT:((manutenção preditiva sistema imunológico artificial))			
		Offices all		Languages en		Stemming true		Single Family Member false	
								Include NPL false	
Sort: Pub Date Asc		Per page: 50		View: All		< 1 / 1 >		Download	
								Machine translation	
1.		P10509193		MÉTODOS E COMPOSIÇÕES PARA A DETECÇÃO DE DOENÇA CERVICAL		BR - 28.08.2007			
		Int.Class G101N 33/574		Appl.No PI 0509193-4		Applicant TRIPATH IMAGING INC		Inventor FISHER TIMOTHY J	
2.		P10518086		MÉTODOS PARA TRATAMENTO DE CâNCER, MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE FOSFORILAÇÃO OU ATIVAÇÃO DE HER E MÉTODO DE IDENTIFICAÇÃO		BR - 28.10.2008			
		Int.Class G120 1/88		Appl.No PI 0518086-4		Applicant GENENTECH INC		Inventor AHLER LUKAS C	
3.		1646656		HUMAN ANTIBODY MOLECULES FOR IL-13		PT - 07.08.2011			
		Int.Class C07K 18/24		Appl.No 04749400		Applicant MEDIMMUNE LTD		Inventor MONK PHILLIP DAVID	
4.		P10806779		COMPOSIÇÕES E MÉTODOS PARA O DIAGNÓSTICO, TRATAMENTO E PREVENÇÃO DE CONDIÇÕES DA PRÓSTATA		BR - 29.07.2011			
		Int.Class G120 1/88		Appl.No P10806779		Applicant Muc Foundation For Research Development		Inventor	
								COMPOSIÇÕES E MÉTODOS PARA O DIAGNÓSTICO, TRATAMENTO E PREVENÇÃO DE CONDIÇÕES DA PRÓSTATA. São reveladas composições e métodos para diagnóstico, prevenção e tratamento de câncer de próstata e neoplasia intra-epitelial da próstata (PIN).	
5.		2066694		COMPOSITIONS AND METHODS FOR DIAGNOSING AND TREATING CANCER		PT - 27.01.2018			
		Int.Class		Appl.No 07888988		Applicant UNOCMED PHARM INC		Inventor GURNEY AUSTIN	

Fonte: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KPLU50-35823. (64)

Figura 60 - Patentes com as palavras manutenção preditiva sistema imunológico artificial

WIPO IP PORTAL		MENU	PATENTSCOPE		HELP	EMILIANA BORSANELLI SILVA			WIPO
				Feedback		Search	Browse	Tools	Settings
						ALLTXT:((manutenção preditiva sistema imunológico artificial))			
		Offices all		Languages en		Stemming true		Single Family Member false	
								Include NPL false	
Sort: Pub Date Desc		Per page: 50		View: All		< 1 / 1 >		Download	
								Machine translation	
1.		2643345		IMMUNOGENIC PEPTIDES FOR USE IN THE PREVENTION AND/OR TREATMENT OF INFECTIOUS DISEASES, AUTOIMMUNE DISEASES, IMMUNE RESPONSES TO ALLOFACTORS, ALLERGIC DISEASES, TUMORS, GRAFT REJECTION AND IMMUNE RESPONSES AGAINST VIRAL VECTORS USED FOR GENE THERAPY OR GENE VACCINATION		PT - 14.04.2021			
		Int.Class C07K 14/435		Appl.No 117878798		Applicant IMMATE SARL		Inventor	
2.		3294770		THERAPEUTIC AND DIAGNOSTIC METHODS FOR CANCER		PT - 04.12.2020			
		Int.Class C07K 18/28		Appl.No 187249210		Applicant F. HOFFMANN-LA ROCHE AG		Inventor	
3.		2788767		METHOD FOR DETECTING NUCLEOSOME ADDUCTS		PT - 08.12.2017			
		Int.Class G01N 33/574		Appl.No 128035185		Applicant BELGIAN VOLITION SPRL		Inventor JACOB VINCENT MICALLEF	
4.		2493925		HUMAN IL-23 ANTIGEN BINDING PROTEINS		PT - 14.02.2017			
		Int.Class C07K 18/24		Appl.No 107740953		Applicant AMGEN INC.		Inventor JENNIFER E. TOWNE	
5.		2247304		HER2/NEU-SPECIFIC ANTIBODIES AND METHODS OF USING SAME		PT - 29.08.2018			
		Int.Class A61K 39/395		Appl.No 97271803		Applicant MACROGENICS, INC.		Inventor LESLIE S. JOHNSON	
6.		2673114		IDENTIFICATION AND ENGINEERING OF ANTIBODIES WITH VARIANT FC REGIONS AND METHODS OF USING SAME		PT - 13.07.2018			
		Int.Class C07K 18/00		Appl.No 121718134		Applicant MACROGENICS, INC.		Inventor SERGEY GORLATOV	

Fonte: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KPLU50-35823. (64)

Figura 61 - Dados da busca com as palavras manutenção preditiva sistema imunológico artificial

WIPO
IP PORTAL

MENU

PATENTSCOPE

HELP

EMILIANA BORSANELLI SILVA

Feedback

Search

Browse

Tools

Settings

ALLTX:((manutenção preditiva sistema imunológico artificial))

11 results

Offices all

Languages en

Stemming true

Single Family Member false

Include NPL false

ANALYSIS

Close

Filters

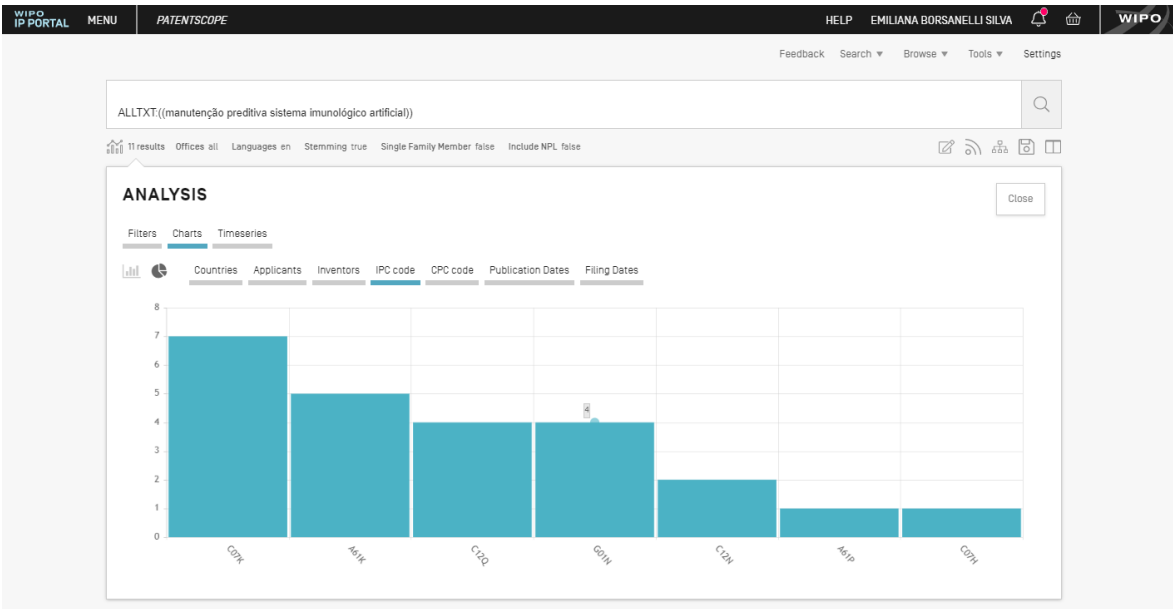
Charts

Timeseries

Countries		Applicants		Inventors		IPC code		CPC code		Publication Dates		Filing Dates	
Portugal	8	MACROGENICS INC	2	NADINE TUAILLON	2	C07K	7	a61p 35/00	8	2016	3	2012	1
Brazil	3	AMGEN INC	1	AMLER LUKAS C	1	A61K	5	a61k 2039/505	8	2017	2	2013	0
		BELGIAN VOLITION SPRL	1	AXELROD FUMIKO	1	C12Q	4	a61p 43/00	6	2018	0	2014	0
		F HOFFMANN LA ROCHE AG	1	CHRISTOPHER RANKIN	1	G01N	4	c07k 2317/24	5	2019	0	2015	0
		GENENTECH INC	1	DEREK E. PIPER	1	C12N	2	c07k 2317/76	5	2020	1	2016	1
		IMNATE SARL	1	EZIO BONVINI	1	A61P	1	c07k 2317/92	4	2021	1		
		MEDIMMUNE LTD	1	FISCHER TIMOTHY J	1	C07H	1	c07k 16/32	3				
		MUSC FOUNDATION FOR RESEARCH DEVELOPMENT	1	GURNEY AUSTIN	1			c07k 2317/21	3				
		ONCOMED PHARM INC	1	HEATHER CERNE	1			c07k 2317/565	3				
		TRIPATH IMAGING INC	1	HOEY TIMOTHY	1			c07k 2317/732	3				

Fonte: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KPLU50-35823. (64)

Figura 62 - Dados da busca com as palavras manutenção preditiva sistema imunológico artificial



Fonte: https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf?_vid=P20-KPLU50-35823. (64)