

Boletim Técnico da Faculdade de Tecnologia de São Paulo

BT / 53

São Paulo - Dezembro/2022

BOLETIM TÉCNICO DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

ISSN 1518-9082

VOLUME 53 – DEZEMBRO/2022

CPS

Centro Paula Souza
Governo do Estado de São Paulo

FATEC-SP

Diretor Prof. Me. Josué Souza de Gois
Vice-Diretor Prof. Me. Hamilton Martins Viana

Corpo Editorial

Editora: Prof^a. Dr^a. Regina Maria Ricotta
Prof. Dr. Eduardo Acedo Barbosa
Profa. Me. Elizabeth Neves Cardoso
Prof. Dr. Marcelo Bariatto Andrade Fontes
Prof. Dr. Milton Silva da Rocha
Prof. Dr. Silvio do Lago Pereira
Prof. Dr. Francisco Tadeu Degasperi

Edição WEB: ASI – Área de Sistemas de Informação – FATEC-SP

O Boletim Técnico é uma publicação da FATEC-SP para divulgação de trabalhos científicos e tecnológicos realizados por docentes e discentes das FATECs nas áreas dos cursos: Análise e Desenvolvimento de Sistemas; Edifícios; Eletrônica Industrial; Estradas; Gestão de Empreendimentos Gastronômicos; Gestão de Turismo; Gestão Empresarial; Hidráulica e Saneamento Ambiental; Instalações Elétricas; Materiais; Microeletrônica; Mecânica de Precisão; Processos de Produção; Projetos; Secretariado e Assessoria Internacional e Soldagem.

Regras, normas, e submissão on-line encontram-se no endereço: <http://bt.fatecsp.br>

Boletim Técnico da Faculdade de Tecnologia de São Paulo – FATEC-SP
Praça Coronel Fernando Prestes, 30
01124-060 São Paulo, SP
Contato: boletimtecnico@fatecsp.br

BOLETIM TÉCNICO DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO
VOLUME 53 – DEZEMBRO/2022

SUMÁRIO

ANÁLISE DO TEMPO DE VIDA DE FONTE DOPANTE PARA LÂMINAS DE SILÍCIO <i>Jonatas Silva dos Santos, Gabriel O. Ragazzi, Vinicius F. Silva, Carlos Takeo Akamine, Luis da Silva Zambom.....</i>	1
ESTUDO DE PLATAFORMA PARA ACESSIBILIDADE DE IDOSOS E CADEIRANTES <i>José Evandro da Silva, Carlos Rezende de Menezes.....</i>	5
MANUTENÇÃO PREDITIVA USANDO MACHINE LEARNING <i>Pedro Reginaldo Tome Silva, Giuliano Araujo Bertoti.....</i>	11
POLUIÇÃO DO AR NO ESTADO DE SÃO PAULO: BREVE HISTÓRICO DO MONITORAMENTO <i>Fernanda Alves Cangerana Pereira.....</i>	16

ANÁLISE DO TEMPO DE VIDA DE FONTE DOPANTE PARA LÂMINAS DE SILÍCIO

Jonatas Silva dos Santos¹, Gabriel O. Ragazzi¹, Vinicius F. Silva¹, Carlos Takeo Akamine², Luis da Silva Zambom³

¹ Aluno do curso de Microeletrônica da FATEC-SP

² Prof. Me do curso de Microeletrônica da FATEC-SP

³ Prof. Dr. do curso de Microeletrônica da FATEC-SP

jonatassilva_sto@hotmail.com, carlos.akamine@fatecsp.br, zambom@fatecsp.br

Resumo

O presente trabalho utiliza as técnicas de confiabilidade para analisar o tempo de vida da solução spin-on glass, tipo n, produzida no Laboratório de Processos e Dispositivos (LPD) da FATEC-SP. O trabalho emprega teste de vida acelerado na solução usando como variável de estresse a temperatura. O modelo de Arrhenius é utilizado para avaliar como a temperatura influencia o tempo de vida da solução além do fator de aceleração.

Os resultados experimentais indicam que a energia de ativação do mecanismo de falha é de 1,194 eV e a 35 °C (condição de estresse) o fator de aceleração foi de 16,5 comparado à temperatura de 17,2 °C. O modelo de confiabilidade utilizado foi o Log-normal e a estimativa de tempo de vida à 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C e 30 °C foram respectivamente de 50, 20, 8, 4 e 2 dias.

1. Introdução

O silício puro, principal material utilizado na indústria de semicondutores, não é um bom condutor de eletricidade, mas ao adicionar outro elemento químico em sua estrutura como o fósforo ou boro (dopantes) em locais específicos torna-se bom condutor nessas regiões.

Existem dois tipos de dopantes. O dopante tipo N é um elemento pentavalente como por exemplo o fósforo, que quando é acrescido ao silício, os quatro elétrons do silício formam ligações químicas com os quatro elétrons do fósforo, restando um elétron (carga negativa) e tem-se a dopagem tipo N.

Na dopagem tipo P, um elemento trivalente como boro é acrescido ao silício e, com isso os quatro elétrons do silício formam ligações químicas com os três elétrons do dopante, de sobra uma lacuna de carga positiva.

Para síntese das fontes dopantes tipo P e tipo N, também chamadas de SOG (*spin-on glass*), utiliza-se o processo sol-gel, no qual um organossilicato, por exemplo, o tetraetilortossilicato (TEOS) reage com solução aquosa de ácido fosfórico (H₃PO₄), para a fonte dopante N, ou solução alcoólica de ácido bórico (H₃BO₃), para fonte dopante P.

A degradação corresponde ao aumento de sua viscosidade que impossibilita o espalhamento uniforme da solução sobre a lâmina de silício [1].

O conhecimento da durabilidade e a condição para conservar a solução SOG tipo N é um fator importante

na produção dos componentes eletrônicos. A técnica estatística que estuda o tempo de vida é conhecida como análise de sobrevivência ou de confiabilidade. Um dos objetivos desta técnica é a identificação do modelo (Log-normal, Weibull entre outros) que melhor se ajuste aos dados experimentais. Essa identificação permite obter as estimativas de tempo de vida e os riscos de falha ao longo do tempo. Uma característica que distingue de outras técnicas é a presença de dados censurados, isto é, observação parcial do tempo de falha.

2. Confiabilidade

A confiabilidade estuda a probabilidade de um produto ou sistema realizar adequadamente suas funções previamente estabelecidas num determinado tempo. O tempo T é a variável aleatória utilizada neste estudo e é medido a partir do início de sua operação até a sua falha. A falha é o estado anormal do componente ou sistema que não permite mais realizar o seu propósito [2].

A definição de confiabilidade é dada pela equação 1, onde f(t) corresponde à sua função densidade de probabilidade e é interpretada como a probabilidade de não falhar até o instante t.

$$R(t) = P(T \geq t) = \int_t^{\infty} f(t)dt \quad (1)$$

A medida de risco é determinada pela função h(t) e é denominada de *hazard*. A medida de risco é dada pela equação 2, onde a expressão descreve a taxa de falha instantânea num intervalo infinitesimal [t, t+h) com t ≥ 0 e h → 0.

$$h(t) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T < t+h | T > t)}{P(T > t) \cdot h} = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2)$$

A função de risco acumulado, H(t) descreve a taxa de falha acumulada e é dada pela equação 3.

$$H(t) = \int_0^t h(u)du \quad (3)$$

Dentre as várias funções densidade de probabilidade f(t), as mais utilizadas são a Weibull e a Log-normal e, seu uso decorre pela alta variabilidade em suas formas. Os dados de tempo de vida experimentalmente obtidos são utilizados para indicar o melhor modelo que se ajusta a eles e, com isso, as medidas de confiabilidade,

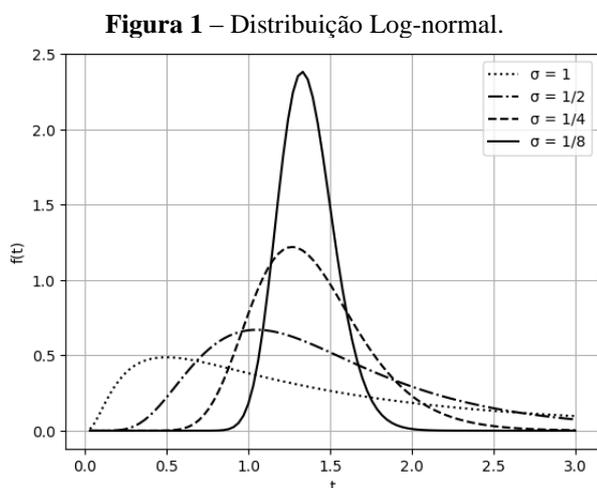
risco e risco acumulado podem ser obtidas e utilizadas [3, 4].

3. Distribuição Log-normal

A distribuição log-normal é um dos modelos de confiabilidade dito paramétrico e, seus parâmetros são representados por μ e σ , estes parâmetros controlam a forma da distribuição, ou seja, a localização e a assimetria da distribuição. A função densidade de probabilidade deste modelo é dada pela equação 4 [3][4].

$$f(t) = \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (4)$$

A forma da distribuição log-normal é ilustrada na Figura 1, e os parâmetros utilizados para a montagem das curvas de densidade de probabilidade foram de $\mu = 0,3$ e σ com diferentes níveis.



A confiabilidade é dada pela equação 5 e a função hazard é o quociente entre as equações 4 e 5 (equação 6).

$$R(t) = F \left(-\frac{\ln t - \mu}{\sigma} \right) \quad (5)$$

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (6)$$

4. Teste de Vida Acelerado

No estudo da durabilidade, é comum encontrar itens com tempo de vida muito longo que inviabilizam os testes de vida no campo. Nessas situações é necessário que seja realizado ensaios experimentais com condições mais severas ou sob condição de estresse.

O intuito do teste de vida acelerado é obter dados de tempo de vida num curto espaço de tempo para posteriormente projetar o tempo de vida em outras condições de operação menos severas como na condição normal de uso.

À medida que indica o nível de aceleração do tempo vida é o fator de aceleração (A_c) que considera uma estimativa da vida útil do produto, relacionando o tempo de vida esperada em condições normais de uso e sob condições de estresse, descrito na equação 7. Nesta expressão, L_0 é o tempo de vida em condição normal de uso e L_s é o tempo de vida em condição sob estresse.

$$A_c = \frac{L_0}{L_s} \quad (7)$$

Os parâmetros dos modelos de confiabilidade também devem ser ajustados de acordo com o fator de aceleração. Se o fator A_c e os parâmetros σ_a e μ_a do modelo Log-normal são conhecidos numa condição de temperatura T_a o ajuste do primeiro parâmetro é realizado por $\mu = \mu_a + \ln(A_c)$ e o segundo pode ser considerado igual, isto é, $\sigma = \sigma_a$ [3].

5. Modelo de Arrhenius

No estudo de cinética química a lei de Arrhenius descreve a taxa de reação química em função da temperatura de acordo com a equação 8. Nesta equação r é a taxa de reação, A é uma constante de reação, k é a constante de Boltzmann ($8,623 \times 10^{-5}$ eV/K), E_a é a energia de ativação (eV) e T é a temperatura em Kelvin.

$$r = A e^{-\frac{E_a}{kT}} \quad (8)$$

Rearranjando a equação 8, através do inverso da taxa de reação, é possível de obter uma relação do tempo (L) em função da Temperatura conforme a equação 9.

$$L = A e^{\frac{E_a}{kT}} \quad (9)$$

Aplicando a transformação logarítmica é possível obter uma equação na forma linear (equação 10).

$$\ln L = \ln A + \left(\frac{E_a}{k} \right) \left(\frac{1}{T} \right) \quad (10)$$

Ao obter o tempo de vida em várias temperaturas distintas e usando a técnica estatística de regressão é possível estimar o valor da energia de ativação do mecanismo de falha do estudo [3].

6. Procedimento Experimental

A Tabela 1 mostra os reagentes utilizados na síntese das soluções dopantes SOG tipo N.

Tabela 1 – Composição das soluções dopantes.

Reagentes (mL)	Solução 1	Solução 2
Álcool isopropílico	23,5	23,5
TEOS (Tetraetilortosilicato)	10,0	10,0
H ₃ PO ₄ P.A.	1,0	1,5
H ₂ O destilada	3,0	2,5
Acetona (diluyente)	10,0	10,0

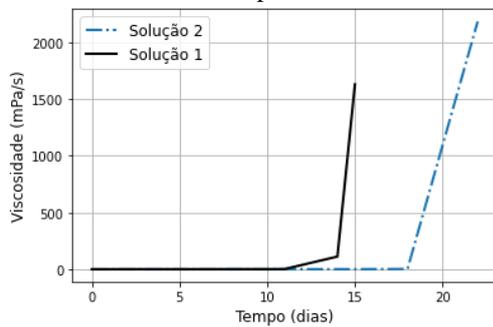
Três níveis de temperatura foram utilizados para o estudo: 8 °C, 17 °C e 35 °C.

Para cada solução, as amostras 1, 2, e 3 foram armazenadas a 8 °C, as amostras 4, 5 e 6 a 17 °C e as amostras 7, 8 e 9 a 35 °C.

7. Resultados

Inicialmente, avaliou-se diariamente o tempo de vida para as amostras mantidas a 17 °C, considerando-se as medidas da viscosidade de cada solução. A viscosidade é baixa no início e, com o passar do tempo aumenta lentamente até atingir valores próximos a 2,3 mPa/s. A partir deste ponto a viscosidade aumenta drasticamente, Figura 2.

Figura 2 – Viscosidade das soluções em função do tempo.



A Tabela 2 mostra os resultados dos parâmetros do modelo log-normal.

Tabela 2 – Resultados dos parâmetros da log-normal.

	Solução 1	Solução 2
Tempo de vida (Dias)	9,7	16,6
μ	2,21	2,81
σ	0,08	0,05

Em função dos resultados obtidos na Figura 2 e Tabela 2, em que a solução 1 apresentou menor durabilidade, essa solução não foi utilizada nos estudos de 8 °C e 35 °C.

O Quadro 1 mostra os tempos de vida de cada amostra e o sinal (+) é a indicação de dado censurado nos ensaios, isto é, o seu tempo de vida é maior que o indicado e o ensaio foi interrompido. No caso da amostra 1 o suporte danificou e, no caso das amostras 3 e 6 os ensaios foram interrompidos antes da ocorrência da falha.

Quadro 1 – Tempo de vida das amostras.

Amostra	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tempo (dias)	14+	74	90+	16	17	50+	1	1	1

Usando a Equação 10 e os valores do Quadro 1 a energia de ativação do mecanismo de falha é de 1,194 eV.

Ao considerar a temperatura de 35 °C como nível de estresse o fator de aceleração é 16,5, isto é, o tempo de

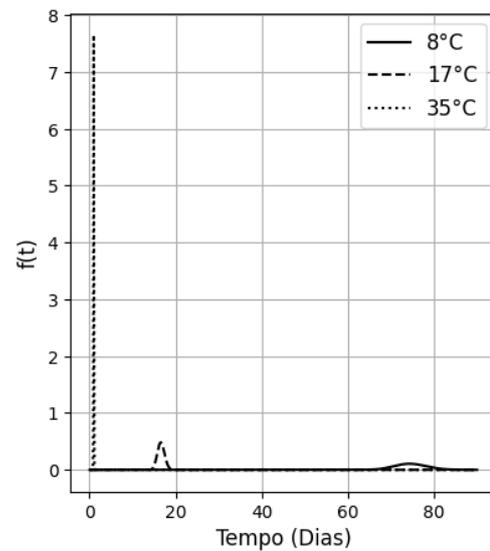
vida fica em 16,5 menor comparado quando na temperatura de 17 °C. O Quadro 2 mostra os parâmetros ajustados do modelo Log-normal da Solução 2.

Quadro 2 – Fator de aceleração e parâmetros da Log-normal.

	8 °C	17,2 °C	35 °C
Ac	0,234	1,000	16,500
μ	4,264	2,810	16,500
σ	0,050	0,050	0,050

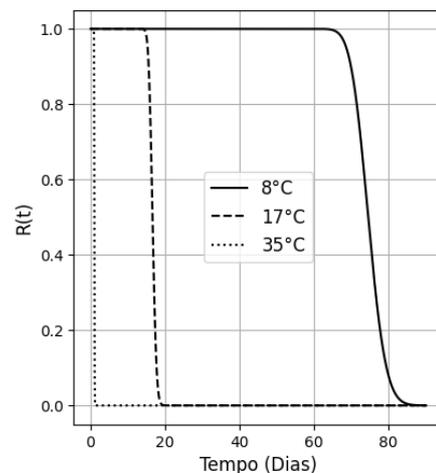
A Figura 3 mostra o formato da função densidade de probabilidade do tempo de vida nas três temperaturas estudadas.

Figura 3 – Função densidade de probabilidade.



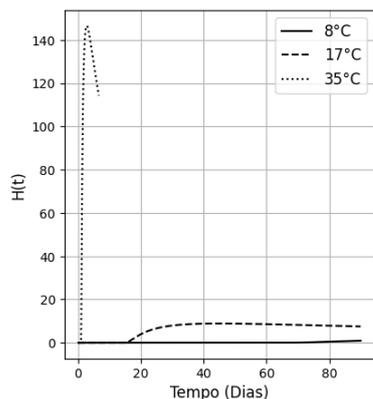
A Figura 4 mostra o gráfico de confiabilidade dos três modelos obtidos e percebe-se uma queda abrupta de confiabilidade em pontos específicos.

Figura 4 – Gráfico da confiabilidade R(t).



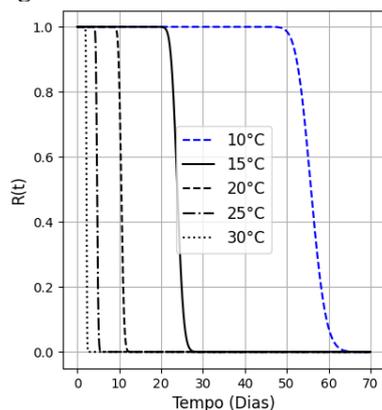
Na temperatura de 35 °C o tempo de vida é menor que um dia, a 17 °C próximo ao decimo quinto dia e a 8 °C um pouco acima do sexagésimo dia. As mesmas conclusões podem ser obtidas pelo gráfico do risco acumulado H(t) da Figura 5.

Figura 5 – Gráfico do risco acumulado $H(t)$.



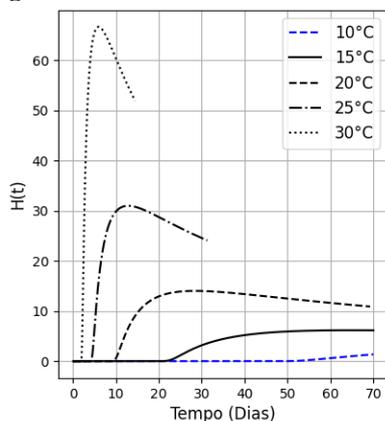
Uma vez obtido a energia de ativação e os parâmetros numa determinada temperatura é possível estimar os tempos de vida em outras condições. A Figura 6 mostra a curva de confiabilidade em cinco temperaturas: 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C e 30 °C. A Figura 7 mostra as curvas do risco acumulado $H(t)$ em cada uma das temperaturas citadas.

Figura 6 – Gráfico da Confiabilidade.



As Figuras 6 e 7 permitem estimar o tempo de vida em 50, 20, 8, 4 e 2 dias a 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C e 30 °C, respectivamente.

Figura 7 – Gráfico do risco acumulado.



Quadro 3 – Resultados descritos nas Figuras 6 e 7.

Temperatura (°C)	Confiabilidade		Taxa de falha
	Alta (1)	Baixa (0)	
10	49	63	49
15	21	27	22
20	9	12	9
25	5	6	5
30	2	2	2

8. Conclusões

Este trabalho quantificou o grau de relação entre a variável temperatura e o tempo de vida da solução SOG tipo N. Foi criado um procedimento experimental para caracterizar a confiabilidade de uma solução que a falha pode ser identificada pela sua viscosidade.

A energia de ativação do mecanismo de falha é de 1,194 eV e, a 35 °C (condição de estresse), o fator de aceleração foi de 16,5 comparado à temperatura de 17,2 °C.

O modelo de confiabilidade utilizado foi o Log-normal e a estimativa de tempo de vida a 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C e 30 °C foram, respectivamente, de 50, 20, 8, 4 e 2 dias.

Os resultados deste trabalho permitem que os usuários da solução SOG tipo N possam planejar a condição de armazenamento para o período de seu uso.

Agradecimentos

Ao técnico Filipe de Oliveira Pereira Delboni do Laboratório de Processos e Dispositivos da FATEC-SP e à FATEC-SP pela oportunidade do uso dos equipamentos.

Referências Bibliográficas

- [1] HERNANDES, Cristiane S. “Difusão de Estanho e Implantação Iônica de Magnésio em AsGa”. 1993.
- [2] CONTAR, T. de S. (2011). Influência dos Valores Censurados na Determinação da Concentração Média de Variáveis de Qualidade da Água. 81p. Dissertação (Mestrado) – Programa de pós-graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.
- [3] FOGLIATTO, Flávio S. e RIBEIRO, José Luis D. Confiabilidade e Manutenção Industrial. 2009.
- [4] COLOSIMO, Enrico A. e GIOLO, Suely R. Análise de Sobrevivência Aplicada. Ed. Blucher. São Paulo, 1ª edição, 2006.

ESTUDO DE PLATAFORMA PARA ACESSIBILIDADE DE IDOSOS E CADEIRANTES

José Evandro da Silva¹, Carlos Rezende de Menezes²,

¹ Aluno do curso de Mecânica – modalidade Projetos da FATEC-SP

² Prof. Doutor do Dpto. de Mecânica da FATEC-SP

¹jose.silva325@fatec.sp.gov.br

²crmenezes@fatecsp.br

Resumo

Plataformas de acessibilidade para idosos e cadeirantes tornou-se uma forma de inclusão social porque facilitam a movimentação das pessoas dando-lhes mais autonomia na movimentação, facilitam o trabalho de auxiliares, integram grupos familiares, mas, ainda têm um custo alto para muitas famílias.

O presente trabalho apresenta as principais etapas de um estudo desenvolvido na disciplina Projeto de Máquinas do curso de Mecânica da Faculdade de Tecnologia de São Paulo – FATEC-SP.

O estudo foi desenvolvido para ser utilizado em uma escada em curva com instalação em pavimentos fixos, baseado em uma plataforma cujas dimensões e forma de construção permitem o acesso a passageiro(s) com deficiência, com ou sem cadeira(s) de rodas e idosos que tenham dificuldade de movimentação.

1. Introdução

A fundamentação das pesquisas está baseada nos dados publicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) publicados em 2010[1]. De acordo com o IBGE, 8,4% da população brasileira, que representavam na época 17,3 milhões de pessoas acima de dois anos, tinham algum tipo de deficiência e 49,4% eram idosos. Com os dados estatísticos que estão sendo levantados atualmente, teremos uma base mais atualizada. Possivelmente apresentarão maior longevidade do brasileiro e teremos, portanto, um número maior de idosos e de potenciais usuários destas plataformas de acessibilidade.

2. Metodologia

Definido o público-alvo foram feitas pesquisas de mercado de empresas que já produzem este tipo de produto com o intuito de analisar custos de produção e possíveis formas construtivas.

Pela NBR 9050 [2] foram obtidas as normas regulatórias para acessibilidade em edificações. O intuito foi analisar as condições do local para instalação da plataforma. A norma NBR 15655-1 [3], fornece informações sobre plataformas de elevação motorizada e, em conjunto com a NBR 9050, formam a base para o dimensionamento da motorização da plataforma, definindo parâmetros e estimando características dos motores, redutores e cargas dimensões da cadeira de

rodas [4][5]. Foram utilizados os softwares SolidWork e Inventor profissional para a confecção e montagem 3D dos elementos mecânicos, simulações e vídeo do cinematiso.

3. Materiais

Dos estudos realizados concluiu-se que o uso de ligas de alumínio, resultariam em um produto mais leve, com alta resistência a corrosão, o que evitaria a necessidade de pintura protetora.

Assim, diminuindo o peso estrutural, os produtos podem oferecer mais espaço para colocação de equipamentos auxiliares, sem deixar de oferecer a resistência desejada.

Optou-se por utilizar a liga 6061-T6 que apresenta boa resistência mecânica, boa resistência a corrosão, dureza de 90 a 100 HB e permite ótimo acabamento.

As junções ao invés de serem unidas por soldagem, serão adesivadas [6] com adesivo para alumínio conforme mostrado na Tabela I. Adesivos industriais apresentam alta resistência mecânica, secagem rápida e cura em até quatro horas.

Tabela I – Adesivo para alumínio – LORD L.A.

Performance adesiva	LORD 505,510,520	Alumínio/Alumínio Acelerador 19
Lap Shear, temp ambiente, Mpa (mode de falha)	temp (mode de falha)	15,0 (FC)
T-Peel, temp ambiente		55,0 (FC)
FC: Falha coesiva		

4. Especificações

Plataforma

O projeto considera uma carga de 225 kg (cadeira + pessoa). Velocidade de translado máxima de 0,15 m/s. A interface entre o usuário e a plataforma é dada através de um painel de controle, localizado no corpo da plataforma de elevação, que controla o movimento de um motor, e duas unidades de controle remoto auxiliares, sendo uma unidade em cada terminal. O movimento do motor é transmitido à plataforma por um redutor de velocidade. As dimensões, conforme norma, variam de 800 x 760 mm (mínimas) e 1200 x 760 mm (máximas) [7]. O projeto será desenvolvido com 1000 x 760 mm.

A estimativa do centro de gravidade (Figura 01), baseia-se em estudo gráfico envolvendo um sistema Cartesiano Ortogonal.

C.G 1 refere-se a plataforma vazia

C.G 2 quando adicionada uma carga (cadeira + pessoa)

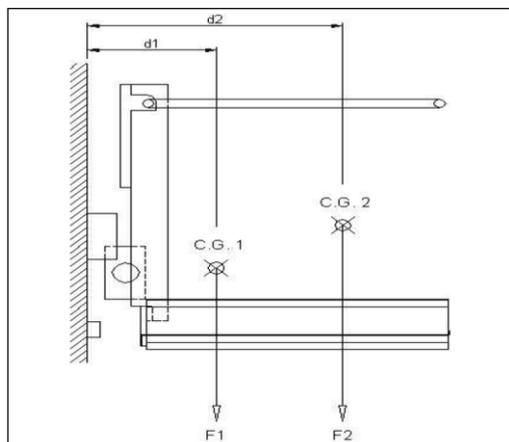


Figura 01– Estimativas do centro de gravidade do sistema

Normas Técnicas

A NM 207 [4] referentes à “Elevadores elétricos de passageiros” define os padrões de segurança para elevadores de passageiros visando proteger as pessoas e objetos contra os riscos de acidentes (Figura 02).

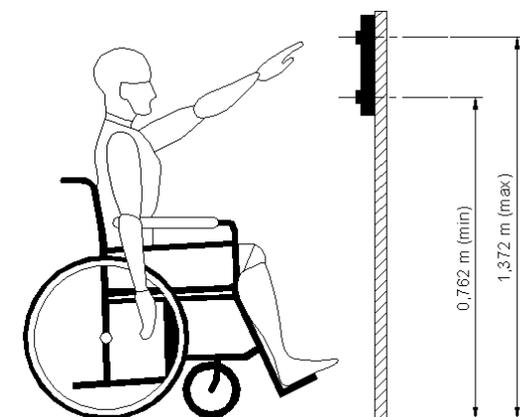


Figura 02 – Altura normalizada para os controles segundo a ABNT

Cadeira de Rodas

A Figura 03 apresenta dimensões referenciais para cadeiras de rodas manuais ou motorizadas, sem scooter (reboque). A largura mínima frontal das cadeiras esportivas ou cambadas é de 1,0 m.

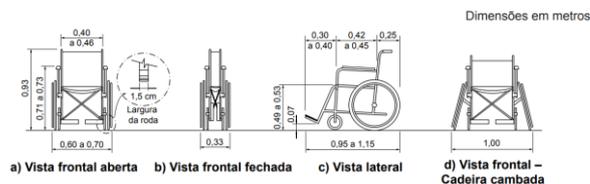


Figura 03 – Modelos e medidas de cadeiras de roda

Trilho

O projeto considera um percurso de escada em curva com altura 2520 mm, inclinação máxima de 32°, e raio mínimo de curva de 144 mm. O deslocamento da plataforma será ao longo de dois trilhos que podem ser fixados diretamente na parede ou apoiados em postes (torres). Para a correta manobra da plataforma as dimensões e curvas dos trilhos serão idênticas. No desenho não são mostrados os fixadores dos trilhos a fim de colaborar com a limpeza visual.

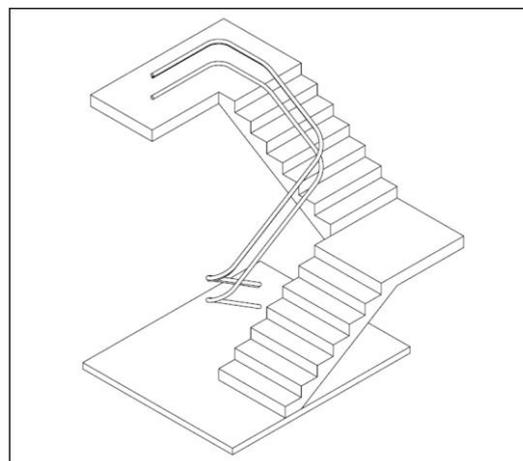


Figura 04 – Visão geral dos trilhos em escada em curva

Funções dos Trilhos

Os trilhos devem impedir a rotação do conjunto já que ao entrar na plataforma por uma das rampas de acesso o peso da cadeira e cadeirante provocará um desequilíbrio. Identificaremos como “P1” e “P2” estes pesos. Os trilhos devem se manter paralelos e, na posição horizontal, têm distância “D” (medida perpendicularmente ao trilho) conforme mostrado na Figura 06. Na posição inclinada a distância passa a ser “d” (medida perpendicularmente ao trilho), Figura 05 e Figura 06. Esta variação de distância será responsável pela mudança de ângulo da estrutura com relação a parte horizontal do trilho como veremos a seguir.

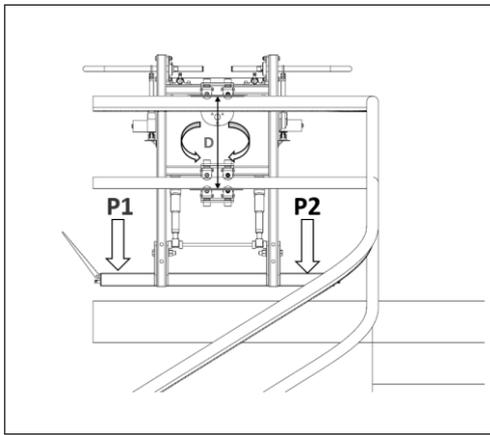


Figura 05 – Plataforma em trilho horizontal vista por trás e desbalanceada

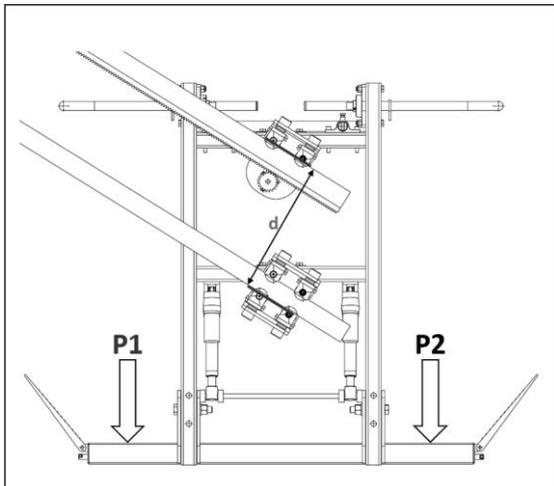


Figura 06 – Plataforma em trilho inclinado vista por trás e desbalanceada

Identificação das Curvas e Obtenção de Dados para Projeção dos Trilhos no Software

O percurso terá necessariamente 4 pontos em curva, sendo duas em espiral (curvas 1 e 2) e duas simples (curvas 3 e 4) Figuras 07 e 08.

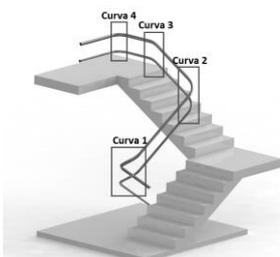


Figura 07 – Identificação das curvas presentes nos trilhos da escada

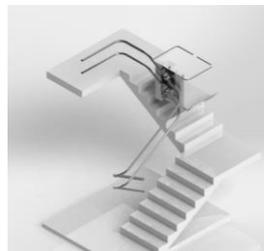


Figura 08 - Interação entre os trilhos, escada e plataforma

Cremalheira

O passo da cremalheira acompanha o pinhão inclusive nas curvas.

Elementos de composição da Plataforma

Após pesquisa sobre tipos de equipamento algumas propostas foram feitas, Figuras 09 a 11:



Figura 09
Conjuntos mecânicos da plataforma
Vista de Frente



Figura 10
Plataforma com cadeira



Figura 11
Plataforma Recolhida

As figuras 12 e 13 mostram os conjuntos mecânicos em vista frontal e traseira.

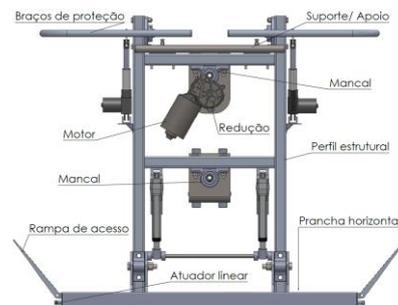


Figura 12
– Conjuntos mecânicos da plataforma –
Vista frontal

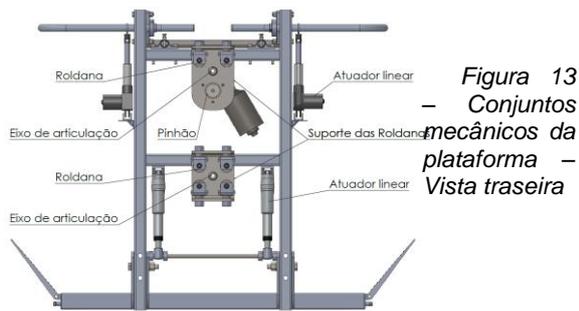


Figura 13
– Conjuntos
mecânicos da
plataforma –
Vista traseira

Articulações

Para que o conjunto seja guiado nas curvas, Figura 08, precisamos de pelo menos 2 pontos de articulação (destacados em vermelho) denominados “A1” e “A2” onde A1 refere-se a curva 4 e “A2” a inclinação do trilho na escada (32°). Há ainda uma possível terceira articulação para a curva 3 que será substituída por pequenas folgas no conjunto, definidas como “A3”. Nas curvas em espiral podemos ter a sincronia das 3 articulações. Na curva 4 é necessária uma articulação “A1” devido ao acentuado giro que as polias fazem para acompanhar o pequeno raio de curvatura no trilho. O espaço entre as polias na horizontal também influencia.

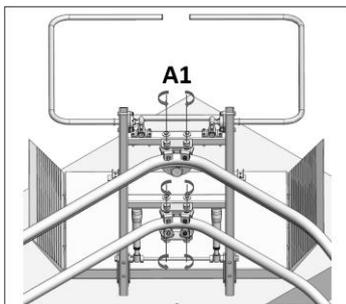


Figura 14

Plataforma na curva 4 vista por trás e pontos de articulação (em vermelho) A1

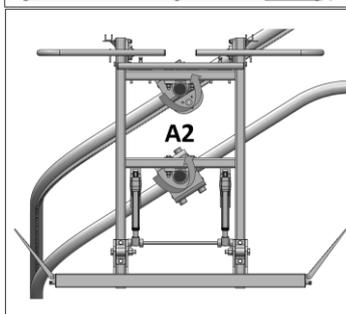


Figura 15

Vista de frente, os pontos de articulação (em vermelho) A2 servem para a inclinação nos trilhos

Articulação - Curva 3

As polias devem impedir o descarrilhamento e, por este motivo, existe pouca folga entre elas. Por outro lado, a flexibilidade do conjunto e/ou folga vão garantir a passagem pela curva 3. A figura 16 mostra as roldanas inferiores (destacadas).

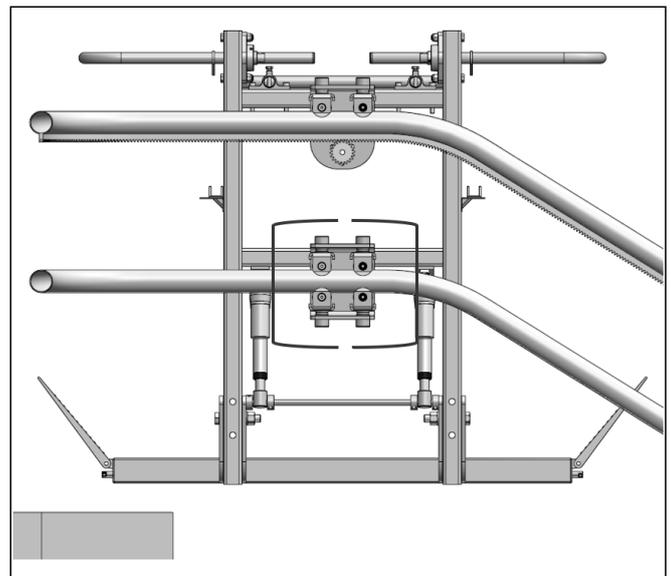


Figura 16 – Vista traseira e detalhes das roldanas

As Figuras 17 e 18, com vista ampliada das polias inferiores em corte vertical, mostra que virtualmente não existe folga entre elas e os trilhos

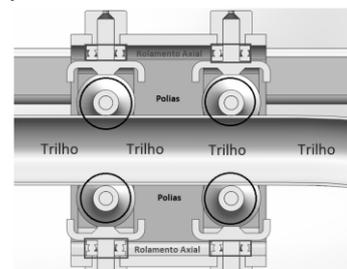


Figura 17

Plataforma com vista em corte

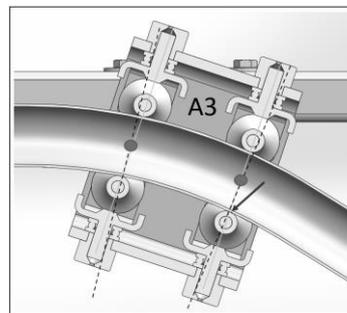


Figura 18

Detalhes das polias em corte

As polias superiores em conjunto com o pinhão funcionarão de forma semelhante.

Motor/Redutor - Acoplamento

O motor é fixado ao suporte das polias e o pinhão diretamente ao eixo. Isso garante que o eixo do motor transmita o torque diretamente ao pinhão e, simultaneamente, acompanhe a inclinação. Outra proposta é fixar o motor ao perfil estrutural. Neste caso será necessário usar um acoplamento do tipo universal. A vantagem de se prender diretamente ao perfil estrutural é que requer menos espaço para movimentação. Em ambos os casos a cremalheira/motor podem ficar no trilho de cima ou no de baixo, Figuras 19 e 20. A figura 21 mostra a fixação do motor

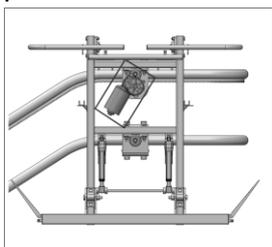


Figura 19 – Motor inclinado - o trilho na posição horizontal

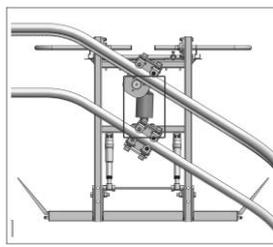


Figura 20 – Motor - posição vertical, trilho inclinado

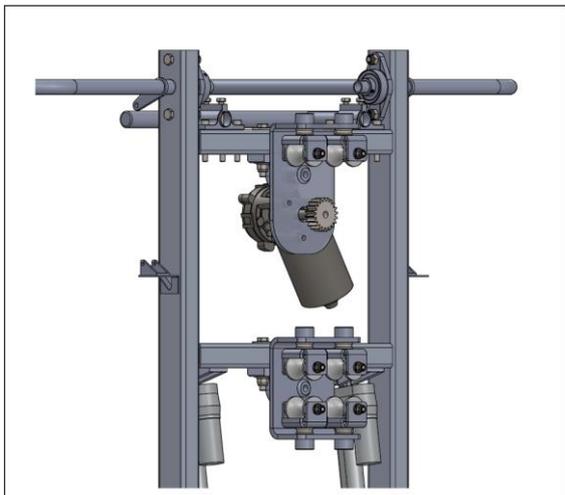


Figura 21 – Detalhe da forma escolhida para fixar o motor

A plataforma possui dois pontos de articulação denominados “A2”, Figura 22, destinados a interagir com a inclinação e estreitamento dos trilhos a fim de manter o restante da estrutura na posição adequada.

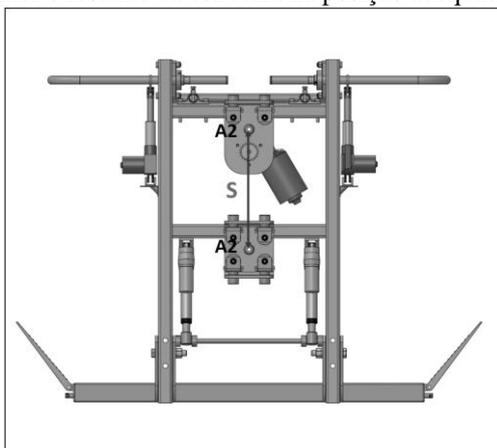


Figura 22 – Vista por trás da plataforma com pontos de articulação “A2” e distância fixa “S”

Mais especificamente, a posição correta da plataforma se deve a interação de “A2”, a distância fixa entre eixos da articulação e, os trilhos que guia. O “entre eixos” tem uma distância fixa “S”. Nos trilhos a distância variam de “D” para “d” (menor distância). O contato dos conjuntos de (polia/polias) e (polia/ pinhão) também limitam os movimentos. É importante lembrar que um trilho é cópia do outro disposto alinhado na

direção vertical. Dessa forma, “D” e “d” ficam naturalmente com as distâncias necessárias para a correta manobra da plataforma. Neste estudo para demonstrar como a plataforma pode girar durante o estreitamento de “D” para “d” foram criados trilhos auxiliares (em verde) e a cremalheira foi suprimida, Figura 23.

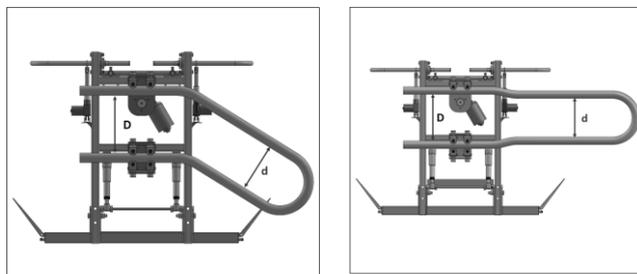


Figura 23 - Distâncias “D” e “d”

Quando a plataforma percorre da esquerda para a direita a distância fixa entre eixos “S” ocorre o giro da plataforma devido ao estreitamento de “D” para “d”. Pode ocorrer tanto no sentido horário quanto anti-horário Figuras 24.

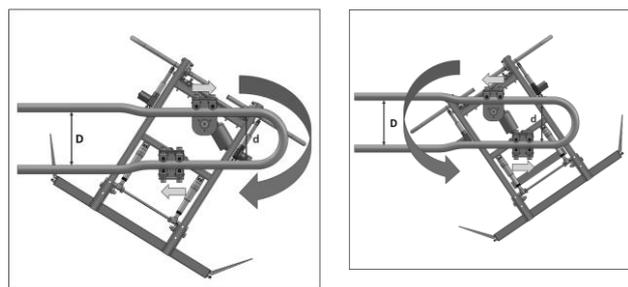


Figura 24 – Giro da plataforma – sentido horário e anti-horário

Como os trilhos são inclinados esta rotação na plataforma é compensada. A figura 25 mostra a posição do motor.

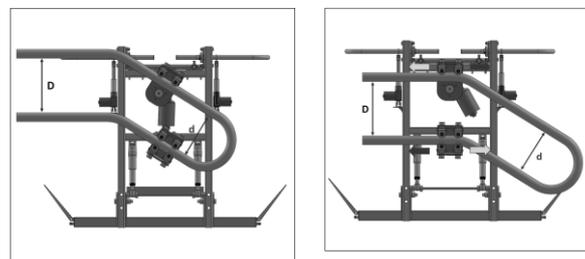


Figura 25 – Demonstração da inclinação do trilho

Com os trilhos inclinados, a plataforma pode girar tanto no sentido horário quanto anti-horário quando faz curva. A Figura 26 mostra os possíveis sentidos para as polias e logo em seguida uma possível consequência indesejada (tombamento da plataforma).

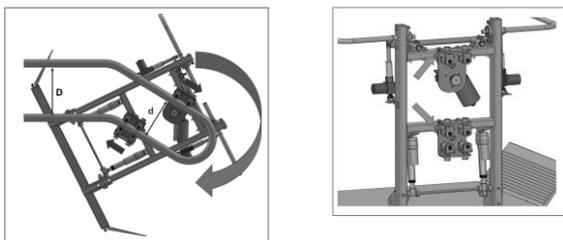


Figura 26 – Limitadores de rotação

Para garantir que as polias não sigam para esquerda (causando giro anti-horário do conjunto da polia inferior) podemos limitar o movimento da articulação “A2” no sentido anti-horário usando, por exemplo, um pino soldado ao perfil estrutural, Figura 26.

5 – Conclusão

O estudo apresenta os principais elementos mecânicos que compõem uma plataforma com trilho curvo.

As soluções propostas pretendem tornar o projeto mais leve, compacto, e de fácil construção.

Referências Bibliográficas

[1] Censo2010.ibge.gov.br - [acesso](#) em 08/2022 – acesso em 10/2022

[2] NBR 9050:2020 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos – acesso em 10/2021

[3] Norma de desempenho NBR 15.655-1: Plataformas de elevação motorizadas para pessoas com mobilidade reduzida – Requisitos para segurança, dimensões e operação funcional Parte 1: Plataformas de elevação vertical (ISO 9386-1, MOD) – acesso em 01/2023

[4] Casa acessível para cadeirantes - <https://www.deficienteciente.com.br/casa-acessivel-para-cadeirantes.html> - acesso em 10/2021

[5] Medidas de cadeiras de rodas - <https://www.blogdocadeirante.com.br/2014/06/medidas-da-cadeira-de-rodas.html> - acesso em 10/2021

[6] <https://www.lord.com/latam/pt/Adesivos> - acesso em 08/2021

[7] PLATAFORMA DE ACESSIBILIDADE INCLINADA - <https://iesab.com.br/plataforma-inclinada-acessibilidade/> - acesso em 08/2021

MANUTENÇÃO PREDITIVA USANDO MACHINE LEARNING

Pedro Reginaldo Tome Silva¹, Giuliano Araujo Bertoti²

¹ Aluno do curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas da FATEC-SJC

² Prof. Me. do curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas da FATEC-SJC
pedro.silva201@fatec.sp.gov.br, giuliano.bertoti@fatec.sp.gov.br

Resumo

Atualmente nossa vida depende de diversas máquinas, tanto aquelas usadas na produção de alimentos, vestimentos, construção civil, eletrodomésticos, geração de energia e produtos no geral, como também meios de transportes como aviões, barcos, carros, motos, caminhões, helicópteros e equivalentes. Ambos possuem peças que se desgastam ao longo do tempo e precisam ser substituídas. Porém, esperar que a peça se danifique pode causar transtornos como a interrupção da produção de um alimento ou mesmo um acidente com um avião ou um automóvel. O objetivo deste artigo é apresentar o desenvolvimento de um software de manutenção preditiva, usando Machine Learning, que permite a identificação de desgaste ou defeito de uma peça antes que a máquina em questão quebre ou apresente defeito, podendo assim, ser resolvido de forma segura, cuidadosa e ágil, aumentando a segurança de todos os envolvidos direta e indiretamente, também tornando-se mais viável a economia financeira de peças e, principalmente, de tempo para ser reparados todos os locais de onde há possíveis e eventuais falhas.

1. Introdução

Manutenção preditiva pode ser definida da seguinte forma: medidas que detectam o início da degradação do sistema, permitindo assim que os estressores causais sejam eliminados ou controlados antes de qualquer deterioração do estado físico do componente, ocasionando principalmente na condição quantitativa do material ou equipamento [1]. Geralmente se encontra em motores de veículos automotores, veículos elétricos, aviões, locomotivas, automotrizas, equipamentos náuticos, máquinas de obras, equipamentos de uso industrial, geradores de energia elétrica e similares.

Para identificar problemas é necessária a análise contínua do equipamento, podendo ser por meio de vibração, ultrassom, termografia, inspeções técnicas para análise não destrutivas, utilizando os princípios da Internet das Coisas, bem como adiantar determinadas revisões para melhor aperfeiçoamento do dispositivo [2].

Analisar dados coletados por meios computacionais e transformá-los em informações úteis para prever através da Machine Learning as preferências e necessidades dos usuários é equivalente à analisar o histórico de máquinas, equipamentos ou instrumentos para prever eventos como, por exemplo, falhas que podem parar ou atrasar processos, além de gerar grandes

prejuízos das empresas. Logo a quarta revolução industrial depende, em grande parte, dos avanços gerados pela tecnologia [3].

Um dos exemplos é a implementação de um software em nuvem para a realização de manutenções preditivas de forma periódica, aumentando a eficiência dos aviões, principalmente em voos de longa distância, trazendo uma maior objetividade do serviço como um todo [4].

Assim, o objetivo do projeto é desenvolver um sistema que realiza a manutenção preditiva usando Machine Learning, por meio da plataforma Teachable Machine que reconhece ruídos de objetos em estado normal e os compara com sons que estavam apresentando uma determinada falha durante a execução como, por exemplo, a comparação entre um carro em boas condições e outro que apresenta problemas no escapamento do veículo.

2. Metodologia e Materiais

O primeiro passo no desenvolvimento foi gravar dois sons de um ventilador, um em condições normais e outro apresentando problemas. O uso do ventilador também serviu para suprir a necessidade de visitar fábricas, oficinas mecânicas, construções, usinas de geração de energia elétrica, além de similares, reduzindo assim custos burocráticos e logísticos.

A plataforma Teachable Machine, utilizada neste projeto, é uma ferramenta que envolve o reconhecimento de imagens e sons, através de inteligência artificial, por meio de uma câmera para a gravação de imagens, áudios e vídeos, com um microfone para a gravação de áudio [5].

Com isso um computador com microfone foi utilizado para gravar os áudios do aparelho em dois cenários, o primeiro deles com as condições normais de uso e o segundo com problemas que o mesmo dispositivo já vem acarretando conforme sua vida útil, assim o software reconheceu os dois áudios gravados e foi gerado um gráfico sobre a intensidade sonora de ambos, conforme o decorrer das gravações. Por fim, gerou-se um código em Javascript e outro em p5.js para execução, no último em específico leva-se ao editor de código para onde é executado, sendo que é o padrão do site, além de um gráfico que mostra as ações e compara ambos os casos de teste.

Assim o software consegue fazer uma análise detalhada e dentro desta leitura é possível perceber os principais problemas de vibrações e suas causas: desbalanceamento, desalinhamento, defeitos em mananciais de rolamentos, defeitos em sistemas de

engrenagens, defeitos em motores elétricos e similares. Diante disso, traça-se um diagnóstico sobre estas situações em que o mesmo é denominado de registro das vibrações, para este caso, usa-se dois cenários distintos, um com o dispositivo que registra o som e o outro analisa o desempenho do motor, gerador ou equipamento. Assim estes dados são transferidos para especialistas de onde são traçados todos os detalhes de uma determinada análise, ou mais de um, dependendo do caso.

3. Desenvolvimento

Primeiramente foi realizada uma série de estudos, com diferentes cenários, simulando as ações cotidianas, envolvendo desde a abertura e fechamento de portas e janelas, diferentes modelos de interruptor, abertura e fechamento de torneira, de acordo com os propósitos citados anteriormente.

Além disso, incluiu-se o uso do Teachable Machine para usar a ferramenta online de forma correta e segura, seguindo todas as instruções de uso que oferecia, em especial para a gravação de ruídos, no qual o mesmo se enquadra neste artigo.

Para a construção do problema, foi utilizado um ventilador, em estado avançado de deterioração, causado por quebras na estrutura do produto e também pelo desgaste natural, ocasionado principalmente pelo tempo de vida útil.

A Figura 1 mostra como foi realizada a primeira parte do procedimento prático usando o Teachable Machine de uma forma generalizada.[6]

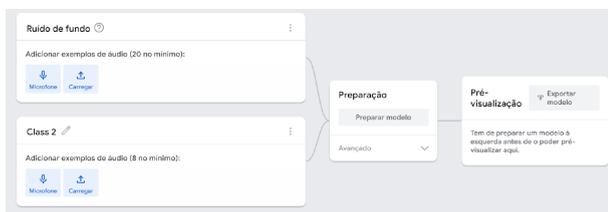


Figura 1 - Página do Teachable Machine com o uso voltado para a gravação de áudios.

Assim, os dois arquivos de áudio, um de cada cenário, inicialmente são gravados de forma separada, com uma maior organização possível e para evitar interferência externa, as audições ocorreram no período entre zero hora e seis da manhã, pois neste horário a incidência sonora é menor, tornando-se mais seguro realizar neste período pois barulhos cotidianos como sons emitidos por pássaros (que não ocorrem dentro de uma fábrica com máquinas, por exemplo) são menores neste horário, além de ser realizado em local totalmente isolado e afastado de áreas por onde a exposição sonora é muito maior, dentro e fora de casa, longe de animais, veículos, espaços de uso coletivo e equivalentes. No uso efetivo do sistema estas condições não são necessárias pois o modelo de machine learning não está sendo treinado. No período de treino, as condições especiais citadas acima são necessárias para que o modelo de machine learning consiga isolar e aprender apenas os

ruídos relacionados com as falhas em uma máquina. Porém, no uso efetivo do sistema tais condições não são mais necessárias, pois o modelo já treinado conseguirá identificar o barulho relacionado com a falha mesmo que outros sons estejam presentes no ambiente.

O procedimento ilustrado na Figura 2 consistiu em duas amostras de áudio: a primeira delas foi a gravação de um objeto em situação normal e a segunda consistiu em captar o som com falhas que já haviam sido agravadas ao longo do tempo, durante todo o tempo de uso até a realização deste experimento, reconhecendo as falhas [7] [8].

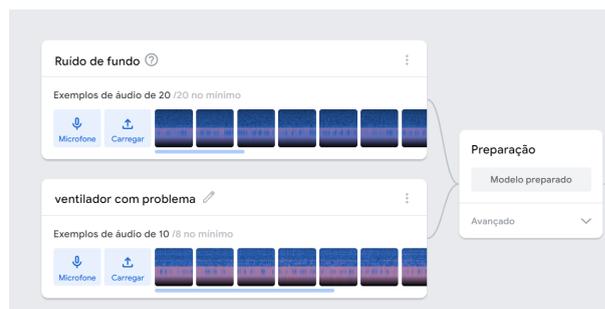


Figura 2 - Página do Teachable Machine com os sons de ambas as situações estipuladas já gravadas e preparadas para a próxima fase.

A Figura 3 mostra o treinamento do sistema de reconhecimento usando todos os sons captados neste experimento, com os áudios separados em fragmentos menores e dentro deles possui blocos com cores frias, representando o nível de intensidade sonora, do azul ao lilás, quanto mais próximo desta última cor citada maior será a intensidade de vibração do mesmo [9].

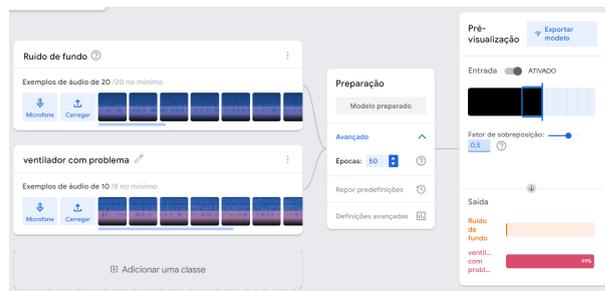


Figura 3 - Execução dos áudios gravados com gráficos comparando as audições entre si e a geração de uma trilha unindo-os.

Após esta fase, os áudios são comparados em dois gráficos de barras: o primeiro, em laranja, representa o som original e o segundo, em rosa, mostra os problemas obtidos por meio da leitura, ambos somados chegam a cem por cento, caso forem três ou mais elementos, apareceram mais cores correspondendo à quantidade proporcional de itens gravados seguindo o propósito estipulado anteriormente, podendo ir até N elementos utilizados neste experimento.

Com a conclusão e a execução dos arquivos de áudio, o mesmo gera dois códigos fontes em Javascript com a biblioteca Tensorflow.js, permitindo assim o

treinamento de redes neurais sem a necessidade de instalar software ou equivalente [10].

Na figura 4 são exibidas a precisão por época e a perda por época. O primeiro citado corresponde ao nível de acerto, numa escala de 0 a 100, isto é, se o modelo acertar por completo o resultado será igual a 1. Já a perda por época designa o nível de perfeição, diferente do item anterior, se o número for exatamente 0 será considerado perfeito, caso contrário, será superior a 0.

A Figura 4 apresenta os dois gráficos sobre precisão por época e a perda por época, respectivamente.

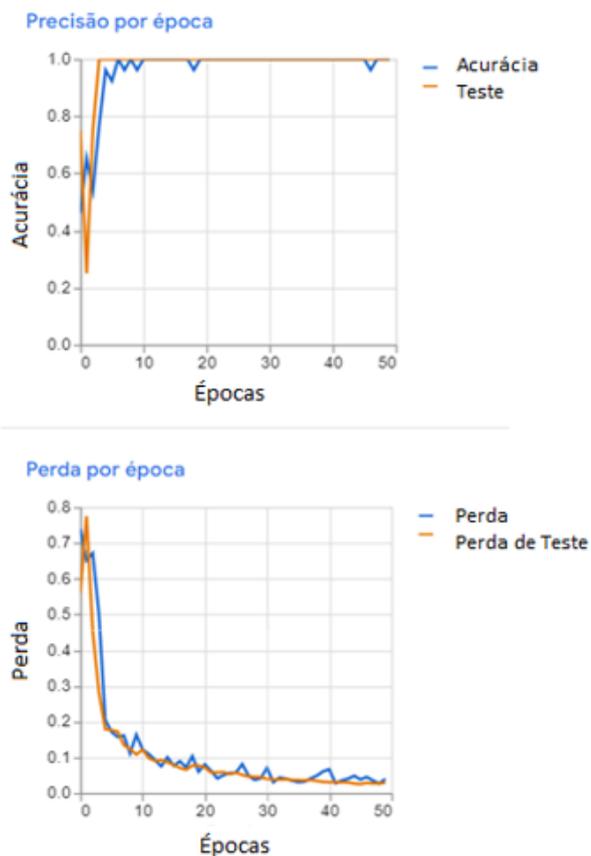


Figura 4 - Em destaque os gráficos referentes a precisão por época e a perda por época sobre os itens avançados do aplicativo

Em acurácia, os resultados comprovaram a objetividade, tendo uma regularidade a partir do décimo período em diante, com duas exceções durante a análise, até a décima época.

Diante destes argumentos, o sistema passa a operar de forma contínua e por mais tempo, dependendo da necessidade, para facilitar e aumentar a organização destes setores, ocasionados pelo desligamento de determinadas máquinas sem planejamento prévio, além de evitar acidentes de trabalho [11].

4. Resultado e discussões

Os resultados na Figura 5 mostraram um cenário que poderá ser variado de acordo com o uso da plataforma. Na parte superior aparece a execução dos dois áudios e também o fator de sobreposição, isto é, o nível de

velocidade da reprodução em relação a trilha da junção de ambos os conteúdos, variados em uma escala de 0 a 0,75, com divisão de até duas casas decimais terminados entre zero e cinco. Quanto maior for o valor, maior também será a rapidez desta linha, caso contrário será mais lento, por exemplo, se o fator de sobreposição for de 0,25 indica que o mesmo será mais lento ao se comparar com o número padrão de 0,5. Se for 0,7 ele será mais rápido do que 0,5 mas não condiz em nada, para realizações de eventos reais deve-se utilizar o valor padrão de 0,5 durante a execução deste fator.

A saída é constituída por uma série de blocos com o percentual de vibrações de acordo com as ações obtidas durante a sessão, no total deve ser de 100%, composta pela soma de ambas as captações.

Outro ponto notado na resolução é a forma de como são gerados os códigos, pois podem ser compatíveis em diferentes projetos sejam websites ou aplicativos, visualizados dentro do Tensorflow, com os códigos em Javascript e em P5.js. Além da versão Tensorflow Lite, voltado para o segmento mobile, por onde poderá ser implementado através do aplicativo Android Studio para diversas finalidades.

Assim o modelo é exportado e transformado em um arquivo JSON com três itens: o metadata, o model e o weights.bin. O primeiro é usado para transcrever as bibliotecas usadas no projeto como também o uso de labels e de imagens utilizadas, o segundo envolve a topologia do modelo que foi utilizado no processo, e o último citado é um programa binário com os pesos do modelo em que terminou de ser realizado [12].

Com isso a aplicação poderá ser implementada na elaboração de futuros programas ou softwares para tratar a respeito de Machine Learning. As Figuras 5 e 6 trazem uma breve explicação da situação do problema estipulado e de seu desenvolvimento como um todo, apresentando os principais elementos do desenvolvimento da apresentação.



Figura 5 - Transformação dos áudios para chegar no resultado final, com a execução do ruído e as comparações entre os cenários mencionados na saída do programa.

Na Figura 6 são exibidos uma amostra dos resultados obtidos acima.

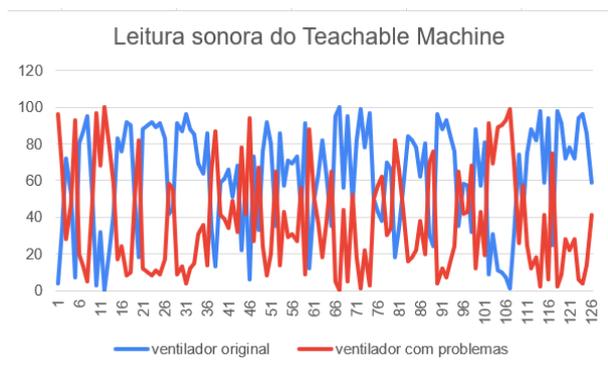


Figura 6 - Interpretação do percentual de saída através de uma planilha para a obtenção do gráfico.

A Machine Learning pode ser usada na indústria em outros casos também: uma fabricante de veículos automotores observou a possibilidade de aperfeiçoar a sua linha de produtos no segmento de caminhões e ônibus, mesmo com as imposições governamentais sobre a redução de emissões poluentes nestes veículos, adotando um sistema de freios inteligentes, por meio de câmeras e da inteligência artificial, evitando uma possível intervenção do condutor no ato da freada, prevenindo acidentes. Exemplo: o assistente de ponto cego, na prática são sensores que ficam no lado direito evitando a possibilidade de atropelamentos e outros eventos similares naquele lado, tornando-se mais vantajoso para os empresários e principalmente aos usuários e funcionários destes automotores [13].

Outro exemplo, semelhante ao descrito acima, também está relacionado ao setor de transportes: uma fabricante de trens em conjunto com empresas voltadas ao setor de tecnologia, criou o sistema de monitoramento de condições pantográficas, em inglês, a sigla é PCMS (Pantograph Condition Monitoring System), ao traduzir a abreviatura condiz em: Sistema de Monitoramento da Condição do Pantógrafo, este dispositivo ajuda a fazer uma radiografia mais detalhada da rede aérea, reduzindo gastos relacionado à troca de componentes além de torná-los mais seguros durante toda a extensão da linha férrea, reduzindo a ocorrência de falhas durante a realização das viagens, também combatendo fios defeituosos que podem acarretar a rede aérea, tornando-se mais seguro [14].

Em outros segmentos, além da mobilidade, a manutenção preditiva também é utilizada no tratamento de água e esgoto, visando a redução de custos com máquinas na filtragem e no tratamento de resíduos líquidos. Há também a integração com o IoT (Internet of Things) e o IIoT (Industrial Internet of Things), na tradução livre e correspondida de internet das coisas e internet industrial das coisas [15], na manutenção de usinas termelétricas [16], na área de tecnologia em soluções de problemas empresariais [17], além de outros projetos idênticos aos citados anteriormente, baseados neste mesmo princípio.

5. Conclusões

O artigo mostrou como realizar a manutenção preditiva utilizando Machine Learning. Estes resultados obtidos apresentaram um novo conceito durante a realização da manutenção preditiva, visando a agilidade no uso correto de peças para serem usadas, evitando problemas desnecessários após manutenção, que ocasiona em determinadas vezes a volta de um gerador, máquina ou motor a uma oficina de forma precoce, utilizando o processo de aprendizagem por máquina.

Outros resultados deste experimento também foram importantes, como a percepção dos problemas de acordo com a realidade, causados principalmente pela falta de manutenção ou a realização do serviço de má qualidade. A tecnologia vem mudando a realidade de todos os setores da sociedade e nestas áreas que são fundamentais, como a prestação de serviços, a indústria e os transportes, cada vez se vê soluções inteligentes capazes de ter maior percepção do que o próprio “olho humano”, mas se a metodologia tradicional ainda se mantivesse, teríamos sérios problemas relacionados a produtos de má qualidade entregues ao consumidor, obras da construção civil com instrumentos que podem acarretar a estrutura de edificações, ocasionado tragédias, bem como acidentes automobilísticos e diversos outros acontecimentos.

A tecnologia utilizada neste experimento foi importante para a resolução do problema de forma mais rápida, clara e objetiva, portanto os resultados satisfazem as expectativas criadas inicialmente.

Neste experimento não houve nenhum resultado negativo, por onde ocasionou alguma baixa durante a montagem e execução, visando em prejudicar o projeto como um todo.

Diante disso, este experimento provou que é possível usar um aplicativo de forma prática e segura podendo ser utilizado em qualquer segmento, desde um eletrodoméstico até um motor de alta precisão, tornando-se mais acessível e dinâmico a todos os envolvidos, reduzindo a interferência humana de possíveis falhas visando forçar o fim da vida útil antes do término do prazo estabelecido em garantia. Assim espera-se que a tecnologia passe a trabalhar junto com a mecânica, independentemente da situação em que as estiver, viabilizando melhorias.

Agradecimentos

Agradeço ao Professor Me. Giuliano Araujo Bertoti pela colaboração e empenho durante a realização deste trabalho.

Referências Bibliográficas

- [1] U.S DEPARTMENT OF ENERGY, **Operations & Maintenance Best Practices**, p. 52-53, Ago. 2010. Disponível em: <[Operations & Maintenance Best Practices Guide: Release 3.0 \(energy.gov\)](https://www.energy.gov/eere-efc/operations-maintenance-best-practices-guide-release-3.0)>. Acessado em: Mai. 2022.

- [2] J.R.Fernández, Y.T.Prasetyo, S.F.Persada e A.A.N.Perwira Redi, **Automation of Predictive Maintenance Using Internet of Things (IoT) Technology at University-Based O&M Project**, International Journal of Information and Education Technology, Vol 11, No. 7, July 2021.
Disponível em: <[1531-AT024.pdf \(ijiet.org\)](#)>. Acessado em: Nov. 2022.
- [3] REVISTA MANUTENÇÃO, entenda como a inteligência artificial pode e deve ser aplicada na manutenção industrial.
Disponível em: <[Entenda como a inteligência artificial pode e deve ser aplicada na manutenção industrial - Revista Manutenção \(revistamanutencao.com.br\)](#)>. Acessado em: Jun. 2022.
- [4] BOEING INSIGHT ACCELERATION, Empower predictive maintenance.
Disponível em: <[Insight Accelerator | Predictive Maintenance | Boeing Services](#)>, Acessado em: Nov. 2022.
- [5] E.C.R.FOGAÇA, **Sistema de detecção de crianças em situação de perigo em piscinas usando deep learning e iot**, p 39, 2022.
Disponível em: <[Sistema de detecção de crianças em situações de perigo em piscinas usando DEEP LEARNING e IOT.pdf \(uea.edu.br\)](#)>. Acessado em: Nov. 2022.
- [6] Teachhabe Machine
Disponível em: <<https://teachablemachine.withgoogle.com>>. Acessado em: Nov.2022.
- [7] H.KACORRI, **Teachable Machines for accessibility**, p 11-12, Nov.2017.
Disponível em: <[2017_sigaccess_kacorri.pdf](#)>. Acessado em: Nov. 2022.
- [8] J.R.A SOARES JUNIOR **PRÁXIS DOCENTE COM O TEMA GERADOR: Flora Amazônica**, p 55-62, 2021.
Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/8255/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o_JoaoSoaresJR_PROFCIAMB.pdf>. Acessado em: Mar. 2023
- [9] J.R.A SOARES JUNIOR & K.V CAVALCANTI, **Tutorial desenvolvimento de aplicativos de apoio a práxis ambiental educativa mediante uso de tecnologias de inteligência artificial**, p. 43, 2021.
Disponível em: <[Microsoft Word - PRODUTO EDUCACIONAL CORRECAO GRAMATICAL CORRIGIDO \(ufam.edu.br\)](#)>. Acessado em: Ago. 2022.
- [10] R.J.R.Torres, **Método de automatização do processo de redosagem de concreto em central dosadora**, p 26-27, 2021.
Disponível em: <[Metodoautomatizacaoprocesso_Torres_2021.pdf \(ufrn.br\)](#)>. Acessado em: Nov. 2022.
- [11] N.A.R MACIEJEWSKI, **Deteção e diagnóstico de defeitos no regime transitório de motores de indução baseado em sistemas inteligentes**, p 27, 2021.
Disponível em: <[TeseMaciejewskiNarcoARavazzoliCorrig.pdf \(usp.br\)](#)>. Acessado em: Ago. 2022.
- [12] F.P. OLIVEIRA, **TMIC - Uma extensão do App Inventor para a Implementação de Modelos de ML voltados a Classificação de Imagens Treinados no Machine Learning**, p 27.
Disponível em: <[TCC.pdf \(ufsc.br\)](#)>. Acessado em Nov. 2022.
- [13] DIÁRIO DO TRANSPORTE, **VÍDEO: Diário do Transporte acompanha o novo ônibus da Mercedes-Benz que freia sozinho, o detector de ponto cego e o farol alto inteligente**.
Disponível em: <[VÍDEO: Diário do Transporte acompanha o novo ônibus da Mercedes-Benz que freia sozinho, o detector de ponto cego e o farol alto inteligente » Diário do Transporte \(diariodotransporte.com.br\)](#)>. Acessado em: Ago. 2022.
- [14] ART, Condition Monitoring Solutions, Increasing maintenance efficiency and improving life expectancy of vital assets.
Disponível em: <[Condition Monitoring - Australian Rail Technology \(ar-tech.com.au\)](#)>. Acessado em: Ago. 2022.
- [15] M.A ESTEVES, N SAMPAIO, J.E DA SILVA & M.T.R RICCI, **Utilização de Machine Learning em uma Estação de Tratamento de Efluentes**, p 7, 2020.
Disponível em: <<https://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2020/09/26626327.pdf>>. Acessado em: Set.2022.
- [16] A.N.F.GAMA, **O uso de Machine Learning na implementação de manutenção preditiva em usinas termelétricas**. 2017.
Disponível em: <[Responsabilidade Social \(ufrj.br\)](#)>. Acessado em: Nov. 2022.
- [17] IBM, What is predictive maintenance?
Disponível em: <[Predictive maintenance | IBM](#)>, Acessado em: Nov. 2022.

POLUIÇÃO DO AR NO ESTADO DE SÃO PAULO: BREVE HISTÓRICO DO MONITORAMENTO

Fernanda Alves Cangerana Pereira¹

¹ *Profa. Dra. dos cursos de Gestão de Turismo, Materiais e Instalações Elétricas da FATEC-SP
facan@fatecsp.br*

Resumo

A poluição do ar é um dos problemas ambientais que mais causa preocupação para cientistas, governantes e a população. Diretamente relacionada com nosso modelo de vida e de desenvolvimento industrial, torna-se um desafio o combate a este impacto negativo decorrente das atividades humanas. O artigo apresenta os principais conceitos e definições sobre o tema e traça um histórico das medidas de controle e monitoramento adotadas no Brasil.

Palavras-chave: Poluição atmosférica. Monitoramento ambiental. Qualidade do ar.

1. Introdução

A poluição do ar é um dos problemas ambientais que mais causam preocupação devido aos seus efeitos para a saúde humana, a fauna e a flora, e para o patrimônio.

Estado com grande vocação industrial, São Paulo, classicamente, apresenta problemas relativos à concentração de poluentes do ar. Nos anos 1970, a poluição causada pelas emissões industriais era o maior problema deste Estado. Com a legislação ambiental cada vez mais rigorosa no controle das fontes fixas, as indústrias, as emissões apresentaram uma tendência de queda e a fonte veicular, com o crescente número de automóveis circulando assumiu o papel de fonte emissora de maiores proporções.

Para conter as emissões das fontes móveis diferentes programas foram criados, mas o problema permanece e atualmente o Material Particulado, em especial aquele menor que 2,5µm, e o ozônio são os poluentes que apresentam concentrações acima dos padrões de qualidade.

Neste breve histórico do monitoramento pretende-se apresentar um panorama geral do problema e as soluções encontradas.

Poluição Atmosférica

Considera-se poluente atmosférico qualquer substância presente no ar e que, pela sua concentração, possa torná-lo impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, causando inconveniente ao bem-estar público, danos aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade. O nível de poluição atmosférica é medido pela quantidade de substâncias poluentes presentes no ar. A variedade das substâncias que podem ser

encontradas na atmosfera é muito grande, o que torna difícil a tarefa de estabelecer uma classificação. Para facilitar esta classificação, os poluentes atmosféricos são divididos em duas categorias:

Poluentes Primários: aqueles emitidos diretamente pelas fontes de emissão.

Poluentes Secundários: aqueles formados na atmosfera através da reação química entre as diversas substâncias presentes na atmosfera, poluentes ou não, e determinadas condições físicas.

As substâncias poluentes podem ser classificadas, ainda, da seguinte forma:

1. Compostos de Enxofre (SO₂, SO₃, H₂S, Sulfatos,)
2. Compostos de Nitrogênio (NO, N₂O, NH₃, HNO₃, Nitratos)
3. Compostos Orgânicos voláteis (hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos orgânicos)
4. Compostos Halogenados (HCl, HF, cloretos, fluoretos)
5. Monóxido de Carbono
6. Material Particulado
7. Oxidantes fotoquímicos (Ozônio)

Qualidade do Ar

A interação entre as fontes de poluição e a atmosfera vai definir o nível de qualidade do ar, que determina, por sua vez, o surgimento de efeitos adversos da poluição do ar sobre os receptores, que podem ser o homem, os animais, as plantas e os materiais. O monitoramento sistemático da qualidade do ar é restrito a um número de poluentes, definidos em função de sua importância e dos recursos disponíveis para seu monitoramento. O grupo de poluentes que servem como indicadores de qualidade do ar, adotados universalmente e que foram escolhidos em razão da frequência de ocorrência e de seus efeitos adversos, são:

1. Material Particulado (MP)
2. Dióxido de Enxofre (SO₂)
3. Monóxido de Carbono (CO)
4. Oxidantes Fotoquímicos- como o Ozônio (O₃)
5. Hidrocarbonetos
6. Óxidos de Nitrogênio

Através das medições de poluentes podemos afirmar que, atualmente, as fontes que causam maiores danos ao ar atmosférico são as veiculares. Uma melhor análise das fontes emissoras de poluentes está apresentada abaixo:

Poluição Industrial:

As emissões atmosféricas provenientes dos processos industriais são grandemente variáveis e frequentemente misturas complexas. Indústrias como as de base, que geram produtos a partir de materiais em estado bruto, são as que provocam maior impacto ambiental, principalmente devido ao seu porte. Indústrias como: refinarias de petróleo, siderurgias, termelétricas e fábricas de cimento lançam para a atmosfera grandes quantidades de gases e material particulado os quais podem causar sérios danos à saúde pública e ao meio ambiente. As indústrias siderúrgicas contribuem de forma significativa para a poluição atmosférica e os poluentes por elas gerados, ainda não estão completamente estudados.

Na década de 1970 houve um grande aquecimento da economia no país graças ao milagre econômico. Em São Paulo, classicamente um polo industrial brasileiro, o número de indústrias cresceu significativamente e a produção aumentou em grande escala. Esta produção desenfreada aumentou a concentração dos poluentes na atmosfera atingindo níveis alarmantes, principalmente no Município de Cubatão, na Baixada Santista. Em 1972 a Cetesb-Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental iniciou a avaliação da qualidade do ar, através de uma rede de monitoramento manual, composta de 14 estações, medindo os teores de dióxido de enxofre e fumaça. Para o controle das emissões de poluentes industriais foram desenvolvidas ações de controle e um intenso esquema de fiscalização, exigindo a instalação de equipamentos que reduzissem a emissão dos poluentes emitidos pelas indústrias já instaladas. Ao mesmo tempo, foram criadas licenças ambientais para instalação e para funcionamento de novos empreendimentos que caracterizassem uma fonte potencialmente poluidora. O programa de controle sobre as fontes estacionárias abrange o controle de material particulado e o controle do dióxido de enxofre. O controle do material particulado, iniciado em dezembro de 1979, é baseado na aplicação de tecnologias visando a redução da emissão deste poluente. As maiores fontes emissoras, que eram responsáveis por 90% do particulado industrial, receberam prazo de cinco anos para se adequarem aos requisitos necessários. O consumo de óleos combustíveis com altos teores de enxofre originou o problema de poluição do ar por SO₂. O programa de controle de SO₂ iniciado em 1982 concentrou-se nos processos de combustão, e tinha como meta não somente a redução das emissões de SO₂ por meio de exigências junto ao gerador (indústrias), mas também a redução do teor de enxofre nos combustíveis utilizados. O padrão de emissão foi estabelecido em 20 kg de SO₂ por tonelada de óleo queimado para novas fontes e 40 kg para fontes já existentes. As indústrias receberam prazo de cinco anos para a adequação [9].

As medidas legais tomadas na década de 1980 para controle da poluição do ar pelas indústrias levaram à uma diminuição significativa dos poluentes gerados por este tipo de fonte. Atualmente no Município de São Paulo a fonte fixa não é mais o principal problema, os

níveis de poluição provenientes das indústrias foram reduzidos e hoje essas fontes são responsáveis pela emissão de apenas 10% dos poluentes presentes na atmosfera [10].

Poluição Veicular:

Enquanto medidas de prevenção e controle da fonte industrial estavam sendo tomadas em São Paulo, a frota de veículos crescia neste Estado. Na medida em que a poluição industrial foi sendo controlada a emissão veicular foi aumentando mantendo a região poluída por esta nova fonte. O Brasil, como todo país em desenvolvimento, apresenta um crescimento explosivo de suas regiões metropolitanas. O Estado de São Paulo enfrenta uma situação particularmente preocupante por deter aproximadamente 40% da frota automotiva do país [15].

Atualmente as principais fontes de poluição atmosférica nos grandes centros urbanos são os veículos. O relatório da Companhia de Tecnologia Ambiental de São Paulo – CETESB – [12] nos dá conta que 97% destes poluentes na Região Metropolitana de São Paulo são emitidos por veículos em circulação ou em processos evaporativos de seus reservatórios de combustível.

Visando controlar a poluição emitida por fontes veiculares foi criada a Resolução nº 18/86 do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, que estabeleceu o PROCONVE - Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, definindo os limites máximos de emissão para todos os veículos novos, leves e pesados, nacionais e importados. Assim, todos os novos modelos de veículos e motores são submetidos obrigatoriamente à homologação quanto à emissão de poluentes. Para tal, são analisados os parâmetros relevantes à emissão de poluentes, sendo também submetidos a ensaios de laboratório, onde as emissões de escapamento são quantificadas e comparadas aos limites máximos de emissão em vigor. Desde que foi implantado, em 1986, o Programa reduziu a emissão de poluentes de veículos novos, por meio da limitação progressiva da emissão de poluentes, da introdução de tecnologias como catalisador, injeção eletrônica de combustível e melhorias na qualidade dos combustíveis automotivos. A Lei Federal nº 8723 de 1993 definiu os limites de emissão para veículos leves e pesados [12].

Em 1979, iniciou-se o Programa Nacional do Álcool - PROALCOOL e a partir de então, ocorreram novas e importantes modificações na composição dos combustíveis utilizados pelos veículos automotores. Neste mesmo ano, foi iniciado o fornecimento da mistura da gasolina com o álcool anidro, com 15% de etanol, chegando-se a 22% nos anos seguintes e, ainda, iniciada a produção de veículos movidos a etanol. A porcentagem de 22% de etanol em volume de gasolina foi adotada pelo CONAMA em 1990, por recomendação do setor energético. Em 1998, o Governo Federal, com a Medida Provisória nº 1662-3, de 25 de agosto, elevou o teor de álcool etílico anidro na gasolina para 24% em volume.

Nas últimas décadas surgiu uma nova opção de combustível para veículos, o gás natural veicular

(GNV), que, teoricamente, reduz as emissões a dióxido de carbono e vapor d'água. O uso do GNV pode ter um papel importante na redução dos níveis de concentração de poluentes atmosféricos emitidos pelas fontes móveis e conseqüentemente nos índices de qualidade do ar, principalmente nos grandes centros urbanos onde o número de veículos circulando diariamente é muito grande. Acrescente-se a isto o fato de que por ser um combustível gasoso, possui um sistema de armazenamento e abastecimento do motor isolado da atmosfera, reduzindo bastante as emissões fugitivas (perdas) por manipulação para abastecimento e estocagem e as devidas à evaporação dos combustíveis líquidos que ocorre nos respiros dos tanques. No ambiente urbano, o uso adequado do GNV, se comparado com os combustíveis tradicionais, podem reduzir as emissões de monóxido de carbono (CO) em 76%, de óxidos de nitrogênio (NOx) em 84%, e de hidrocarbonetos pesados (CnHm) em 88%, praticamente eliminando as emissões de benzeno e formaldeídos [1].

Monitoramento do Ar:

As concentrações máximas de um poluente atmosférico para garantir a saúde e o bem-estar das pessoas são definidas legalmente em um padrão de qualidade do ar. Estudos científicos dos efeitos dos poluentes estabelecem os níveis máximos aceitáveis.

No Brasil, os padrões nacionais de qualidade do ar foram estabelecidos pelo IBAMA através da Portaria Normativa nº 348/90 e Resolução CONAMA nº 03/90. São estabelecidos dois tipos de padrões - primários e secundários.

Os padrões primários são as concentrações de poluentes que, se ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população. Por padrão secundário compreende-se a concentração máxima abaixo da qual ocorra o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, bem como o mínimo dano à flora ou à fauna.

O controle da qualidade do ar é feito por meio de redes de monitoramento que podem ser do tipo manual ou automática.

No estado de São Paulo, a rede automática entrou em operação em 1981, com estações medidoras distribuídas pela Região Metropolitana de São Paulo-RMS e Cubatão. Essa rede foi renovada em 1996 e, em 2000, o monitoramento automático foi ampliado para as cidades de Campinas, São José dos Campos, Sorocaba e Paulínia, totalizando 29 estações. Parte das estações do Estado de São Paulo está ligada a uma central via telemetria, que recebe os dados de concentrações de cada poluente monitorado. Cada poluente tem um analisador, que aspira o ar atmosférico. A cada 24 horas é emitido um Boletim de Qualidade do ar informando os valores médios dos poluentes medidos e os índices de qualidade do ar das últimas 24 horas.

A legislação ambiental estadual, regulamentada pelo Decreto 8468/76, instituiu o Plano de Emergência para Episódios Críticos de Poluição do Ar, visando coordenar as medidas necessárias a serem adotadas pelo Estado, Municípios, entidades privadas e comunidade para evitar riscos à saúde da população. O conjunto de medidas é estabelecido conforme a qualidade do ar (Atenção, Alerta e Emergência), o qual é definido em

função do índice de qualidade do ar que por sua vez é estabelecido em função do poluente que apresentar o pior índice de qualidade do ar. Considera-se episódio crítico de poluição do ar a presença de altas concentrações de poluentes na atmosfera em curto período, resultante da ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis à sua dispersão. Cabe ao Secretário de Estado do Meio Ambiente declarar os níveis de Atenção e de Alerta e ao Governador o de Emergência. Durante os episódios críticos, as fontes de poluição do ar estão sujeitas às seguintes restrições:

Estado de Atenção: Quando o Estado de Atenção é declarado, devido a monóxido de carbono ou oxidantes fotoquímicos, é solicitada a restrição voluntária do uso de veículos automotores particulares. No caso do material particulado ou dióxido de enxofre, as atividades industriais como limpeza de caldeiras ou a operação de incineradores só podem ser realizadas em um período determinado do dia, assim como devem ser adiados o início de novas operações de processamentos industriais. Devem ser eliminadas imediatamente as emissões de fumaça preta por fontes estacionárias que estiverem fora dos padrões legais, bem como a queima de qualquer material ao ar livre.

Estado de Alerta: No caso de o Estado de Alerta ser declarado por monóxido de carbono ou oxidantes fotoquímicos, fica impedida a circulação de veículos na área atingida, no período das 6 às 21 horas. Se os poluentes responsáveis pelo estado de Alerta forem o material particulado ou o dióxido de enxofre ficam proibidas as operações industriais de limpeza de caldeira, operação de incineradores e circulação de veículos a óleo diesel fora dos padrões legais.

Estado de Emergência: Declarado o Estado de Emergência, no caso de CO, O₃ e SO₂, são totalmente proibidas a circulação e o estacionamento de veículos na área atingida, assim como são totalmente paralisadas as operações industriais, quando os poluentes forem o MP ou o SO₂.

Considerações Finais:

A poluição do ar permanece um grande problema ambiental e seus efeitos sobre a saúde, a fauna e a flora, e o patrimônio público continuam a causar prejuízos econômicos, sociais e pessoais.

A ação sobre as fontes móveis é o melhor caminho para conter este problema e conciliar desenvolvimento econômico à proteção ambiental.

Neste sentido, repensar a mobilidade urbana nos centros urbanos do estado faz-se necessário tendo em vista o modal de transporte eminentemente rodoviário adotado em nosso país.

A revisão dos transportes adotados, a oferta real de meios de locomoção coletivos que comportem a demanda, iniciativas que priorizem a proximidade dos locais de moradia aos locais de trabalho e estudo, a ampliação de meios alternativos de deslocamento, e o transporte ativo, devem ser incentivados por meio de políticas públicas voltadas para a efetiva redução das concentrações de poluentes atmosféricos na região metropolitana de São Paulo assim como nos demais centros urbanos do estado.

Referências Bibliográficas

- [1] Associação Brasileira de Gás Natural Veicular. Gás Natural Veicular- in ABEGAS. Available from < URL: <https://www.abegas.org.br/uso-automotivo>> [2022, march 18,19,20]
- [2] Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR- 107-3-1/2, set. 1989.
- [3] ASSUNÇÃO,J.V. de. *Poluição Atmosférica*. In: CASTELLANO, E. (ed.). *Desenvolvimento Sustentado: Problemas e Estratégias*. São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 271-308, 1998.
- [4] BRASIL. Lei Federal 8723 de 28 de Outubro de 1993 (Com correção no Diário Oficial de União de 29 de Outubro de 1993).
- [5] BRASIL. Portaria Normativa IBAMA 348/1990.
- [6] BRASIL. Resoluções CONAMA 18/1986; 03/1990; 07/1993; 18/1995; 227/1997.
- [7] CANGERANA-PEREIRA,F.A. *Estudo exploratório da influência da poluição do ar na incidência de câncer por distrito do Município de São Paulo*. São Paulo, 2000 [Dissertação de Mestrado - Faculdade de Saúde Pública, USP].
- [8] CANGERANA-PEREIRA,F.A. *Efeito da Poluição do Ar na Carcinogênese de Camundongos*. São Paulo; 2004. [Tese de Doutorado- Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo]
- [9] CETESB. *Cetesb 25 anos*. CETESB, São Paulo, 1994.
- [10] Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) *Boletins Diários de Qualidade do Ar*. Available from: <URL: <http://cetesb.sp.gov.br>> [2020, november 24] [2021, march 10][2021, march 12][2021, march 15].
- [11] Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). *Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2021*. São Paulo: CETESB, 2022.
- [12] Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). *Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2020*. São Paulo: CETESB, 2021.
- [13] Decreto Estadual 8468/1976, SP.
- [14] Iso 14000 Foundation www.Iso14000.com [2022, Jan 20, 21]
- [15] Prodesp. <http://www.prodesp.sp.gov.br/> [2022, march 20]
- [16] World Health Organization (WHO) **Principles and Methods for Evaluating the Toxicity of Chemicals/ Part I.**, 1978.

A Faculdade de Tecnologia de São Paulo (FATEC-SP), uma das mais antigas unidades do Centro Paula Souza (CPS), autarquia mantenedora vinculada e associada a UNESP, iniciou suas atividades na década de 1960. São oferecidas mais de 1000 vagas semestralmente para os 16 Cursos Superiores de Tecnologia. Com um quadro de 289 professores, 65 auxiliares de docentes e 77 funcionários, atende em torno de 5.000 alunos, tendo já formado mais de 32.000 tecnólogos. Dispõe de 54 laboratórios e oficinas, núcleos de discentes com projetos específicos, Programa de Iniciação Científica (PIBIC-CNPq).

Os cursos de graduação oferecidos pela FATEC-SP são:

Análise e Desenvolvimento de Sistemas
Edifícios
Eletrônica Industrial
Estradas
Gestão de Empreendimentos Gastronômicos
Gestão de Turismo
Gestão Empresarial
Hidráulica e Saneamento Ambiental
Instalações Elétricas
Materiais Cerâmicos, Poliméricos e Metálicos
Microeletrônica
Mecânica de Precisão
Processos de Produção
Projetos
Secretariado e Assessoria Internacional
Soldagem



Praça Coronel Fernando Prestes, 30 - Bom Retiro
CEP: 01124-060 - São Paulo, SP

www.fatecsp.br