

OPINIÃO: Segurança do Trabalho para a Indústria

SENAI
PELO FUTURO DO TRABALHO

70
ANOS
FORMANDO CAMPEÕES

REVISTA

Processos Químicos

www.rpqsenai.org.br

Revista Científica da Faculdade de
Tecnologia SENAI Roberto Mange

Ano 15
n° 30
Jul/Dez
2021

Gás Refrigerado Amônia no Estado de Goiás



ISSN 1981-8521

REVISTA **Processos**
Químicos

**Revista Científica da Faculdade de
Tecnologia SENAI Roberto Mange**

SENAI

Goiânia, v.15, n.30, ano15, jul/dez 2021.

Sandro Mabel

Presidente do Conselho Regional do SENAI

Paulo Vargas

Diretor Regional do SENAI

Claudemir José Bonatto

Diretor de Educação e Tecnologia

Osvair de Almeida Matos

Gerente de Educação Profissional

Misclay Marjorie Correia da Silva

Diretora da Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange

Almiro Martins da Silva Neto

Supervisor Técnico

Kenia Francisca Barboza de Carvalho

Coordenadora da Área de Química

Corpo Editorial

Ademir João Camargo

Andre Luiz Simoes

Anselmo Eucana de Oliveira

Eurípedes de Almeida Ribeiro Júnior

Gilberto Lúcio Benedito Aquino

Guilherme Roberto de Oliveira

Hamilton Barbosa Napolitano

Kleber Carlos Mundim

Marcia Cibele Martins Castoldi

Maria Assima Bittar Gonçalves

Roberta Signini

Solemar Silva Oliveira

Valter Henrique Carvalho Silva

Revista Processos Químicos / SENAI. Departamento Regional de Goiás - v.15, n.30 (jul/dez 2021). Goiânia: SENAI/DR/GO. Gerência de Educação Profissional / Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange, 2021.

v.: il.

Semestral

Gerência de Educação Profissional do SENAI/DR/GO

Capa e Diagramação: Núcleo de Educação a Distância SESI SENAI Goiás

Revisão Linguística: Gerência de Educação Profissional SENAI Goiás

ISSN 1981-8521

1. Educação Profissional - Periódicos. 2. Processos Químicos.

I. SENAI. Departamento Regional de Goiás

CDD - 540

Tiragem: 1.500 exemplares

Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange

Av. Engenheiro Roberto Mange, nº 239

Bairro Jundiá - CEP 75113-630 - Anápolis-GO

Fone: (62) 3902-6200 - Fax: (62) 3902-6226

e-mail: revistapq.senai@fieg.com.br

ARTIGOS CONVIDADOS

- 09 *Atendimento de Ocorrências Envolvendo Gás Refrigerado Amônia no Estado de Goiás: uma Padronização para a Sequência dos Atendimentos*

Licurgo B. Winck, Aldo N. Cardoso & Wanderley V. Oliveira

- 25 *Eficiência, Aplicabilidade, Desafios e Perspectivas Acerca das Baterias de Lítio Enxofre: Avaliação de Indicadores Científicos e de Interações Moleculares*

Fernando C. Oliveira, Lauriane G. Santin & Solemar S. Oliveira

ARTIGOS GERAIS

- 39 *A Ergonomia no Home Office: a Relevância da Ergonomia no Trabalho em Casa*

Daniel M. Araújo & Edson A. N. Júnior

- 47 *Caracterização e Análise das Condições de Exposição às PNOS em uma Indústria do Ramo Farmacêutico Localizada em Anápolis - GO*

Simone J. S. Morais, Laiane N. Santos & Danillo V. Veloso

- 59 *Compreensão da Apreciação de Riscos em Máquinas e Equipamentos*

Ulisses O. Jean & Alisson D. F. Rosa

- 69 *Home Office em Tempos de Pandemia de Covid-19 e as Implicações sobre a Ergonomia no Trabalho Administrativo*

Filipe Machado, João L. Miranda & Marcela A. Andrade

- 81 *LER/DORT em Profissionais Eletricistas de Redes e Técnicos em Telecomunicações*

Reginaldo M. Paula

- 89 *Processo de Gestão Ergonômica Adequação do Posto de Trabalho no Setor Central de Pesagem de uma Indústria do Ramo Farmacêutica Localizada em Anápolis - GO*

Hamilton L. Silva, Luciana C. Rodrigues & Edson A. N. Junior

RESUMO ESTENDIDO

99

Bancada Didática para Ensaio em Mecânica dos Fluidos

Alexandre G. de Jesus, Cristiano S. Santos, Davi H.P. Sousa, Matheus S. M. Bertoldo, Diego F. Vieira & Almiro M. S. Neto

OPINIÃO

111

A importância da Segurança do Trabalho para a Indústria

Erylson Souza

SENAI 70 ANOS: a contribuição da Educação e da Tecnologia

O SENAI Goiás recebeu, no início do mês de março/22, a portaria do MEC, autorizando a oferta de Ensino Superior na modalidade de educação a distância. O conceito 5, nota máxima do MEC, denota as condições de corpo docente, infraestrutura e práticas pedagógicas existentes que valorizam a oferta desta modalidade de ensino, com a qualidade requerida pelos estudantes e pela indústria brasileira.

Avançar nos níveis da educação, a exemplo da modalidade EaD ou mesmo na oferta de Programas de Engenharia, a mais recente novidade do SENAI Goiás (Mecânica e Software) é um compromisso indelegável que esta instituição, que neste mesmo mês de março completou 70 anos de atuação em Goiás, vem fazendo ao longo de sua história. Por falar em aniversário, foi em Anápolis que iniciou a história do SENAI em Goiás, com a inauguração da primeira unidade, a Escola SENAI Roberto Mange, hoje Faculdade SENAI Roberto Mange, que tem uma contribuição histórica no desenvolvimento e na disseminação do conhecimento, da ciência e da tecnologia para a indústria goiana e brasileira, especialmente, na área de química. A materialização desta referência se dá por meio da publicação periódica da revista Processos Químicos, que na sua essência, carrega uma inestimável carga de pesquisas aplicadas, direcionadas ao desenvolvimento tecnológico que, além de dar sustentação às inovações industriais, privilegiam a produção científica de nosso corpo docente, de elevada qualificação, a exemplo dos artigos constantes nesta edição. Olhar para processos químicos, sob o viés da segurança do trabalho e da elevação da produtividade industrial, como a base que sustenta o desenvolvimento tecnológico, consolida a relevância do SENAI no cenário da Educação e da Tecnologia que, de forma articulada, criam um ciclo de atuação, mais aderente e adaptada às novas demandas da indústria 4.0. O SENAI evoluiu muito nestes 70 anos, como percebemos nos exemplos citados, porém vale registrar a preocupação com o futuro, com a necessidade de continuar evoluindo e garantindo, por meio da geração do conhecimento e da dinamização da oferta de produtos e serviços, um novo ciclo virtuoso que deverá marcar os próximos 70 anos do SENAI Anápolis, Goiás e Brasil.



Claudemir José Bonatto - Diretor de Educação e Tecnologia

CLAUDEMIR JOSÉ BONATTO
Diretor de Educação e Tecnologia
SESI/SENAI Goiás

Atendimento de Ocorrências Envolvendo Gás Refrigerado Amônia no Estado de Goiás: uma Padronização para a Sequência dos Atendimentos

Licurgo B. Winck, Aldo N. Cardoso & Wanderley V. Oliveira

O crescimento dos acidentes relacionados a produtos perigosos, no estado de Goiás, tem estreita relação com o aumento da produção industrial, o transporte e a utilização desses produtos. A amônia é amplamente utilizada em sistemas de refrigeração industrial local, nos quais ocorre o maior número de acidentes. Assim, o presente trabalho tem por objetivo propor um protocolo reunindo procedimentos e ações a serem aplicados no atendimento a ocorrências, envolvendo gás tóxico amônia no estado de Goiás. No levantamento dos procedimentos e ações propostos para utilização no atendimento a acidentes com amônia, foram pesquisados manuais de produtos perigosos, legislações, normas, relatórios, revistas, infometria, estatísticas e procedimentos relacionados ao manuseio e atendimento de ocorrências envolvendo amônia. Tais procedimentos norteiam as condutas dos bombeiros militares envolvidos nos cenários dessas emergências químicas, levando-se em conta e correlacionando os riscos oferecidos pela substância com o ambiente do acidente. O que possibilita aos militares respostas mais eficientes, mitigando a probabilidade de erros e proporcionando qualidade na atuação da instituição Bombeiro Militar.

Palavras-chave: *gás tóxico; amônia; procedimento de emergência.*

The growth of accidents related to hazardous products in the Goiás' state is closely related to the increase in industrial production, transportation and use of these products. Ammonia is widely used in local industrial refrigeration systems where the greatest number of accidents occur. Therefore, the present work aims to propose a protocol gathering procedures and actions to be applied in the attendance to occurrences involving ammonia toxic gas in Goiás' state. In the survey of procedures and actions proposed for use in the ammonia accident service it was searched manuals of dangerous products, legislation, standards, reports, magazines, infometrics, statistics and procedures related to the handling and attendance of occurrences involving ammonia. Such procedures guide the conduct of military firefighters involved in the scenarios of these chemical emergencies, taking into account and correlating the risks offered by the substance with the accident environment. This allows the military to respond more efficiently, mitigating the probability of errors and providing quality in the performance of the Military Firefighter institution.

Keywords: *ammonia; toxic gas; emergency procedure.*

Introdução

Os acidentes envolvendo produtos perigosos são eventos que representam alta periculosidade, ocasionados por uma grande quantidade de substâncias químicas, cada uma com riscos específicos. A produção de conhecimento nessa área é fundamental no aumento da capacitação e qualificação dos respondedores dos cenários de emergências químicas, mitigando a preocupação que assola a segurança pública como um todo e o meio ambiente (ARAÚJO, 2005; OLIVEIRA, 2011)^{1,2}.

O crescimento dos acidentes no estado de Goiás relacionados a produtos perigosos apresenta estreita relação com o aumento da produção industrial, da utilização e transporte desses produtos. A posição estratégica é determinante para o aumento do número de indústrias e consequentemente de acidentes, destaque feito ao Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), Gasolina, Etanol, Óleo Diesel e Amônia principais substâncias que apresentam maior número de acidentes com produtos perigosos no estado (OLIVEIRA, 2011)².

A padronização das ações a serem seguidas em ocorrências com alto nível de estresse, tem a finalidade de fornecer aos profissionais a instrumentalização necessária para a atuação com segurança, autonomia e compromisso ético. É essencial para o gerenciamento de riscos, que envolve tomada de decisões, para garantir legitimidade e segurança nas ações a serem executadas envolvendo ocorrências complexas (MAGALHÃES, 2014)³.

A amônia possui uma grande variedade de aplicações devido às propriedades, como: gás refrigerante em sistemas industriais, na produção de fertilizantes, a exemplo do sulfato de amônio, fosfato de amônio, nitrato de amônio e ureia, além de produtos químicos como ácido nítrico, plástico, aminas, amido, produtos de limpeza como detergentes, amaciantes e entre outros (ARAÚJO, 2005)¹.

No Brasil, em relação a acidentes ambientais envolvendo produtos perigosos no período de 2006 a 2010, a classe de risco 2, na qual é classificada a amônia, apresentou o segundo maior número de ocorrências, representando na região Centro-Oeste do país 14,2% dos acidentes. Nesse

aspecto, destaca-se também que 11% desses acidentes ocorrem nas Indústrias (IBAMA, 2010)⁴. Sendo 59,26% das ocorrências registradas em Goiás relacionadas ao armazenamento como principal circunstância de acidentes com produtos perigosos (OLIVEIRA, 2011)².

Em Goiás, dados mostram crescimento significativo no número de atendimento a ocorrências com produtos perigosos no período de 2007 a 2016, atingindo 1591 casos. Observa-se o mesmo crescimento no número de ocorrências para o composto químico amônia (Gráfico 1).

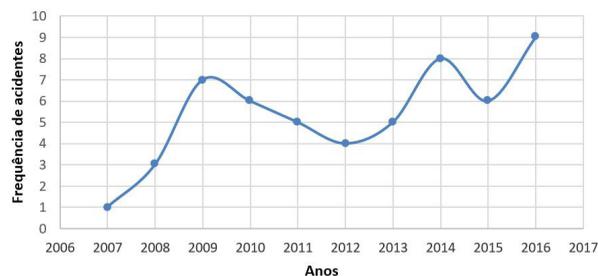


Gráfico 1: Evolução de ocorrências envolvendo gás amônia no estado de Goiás. Fonte: Organizada a partir de dados do SIAE/COB, 2017⁵.

No referido Gráfico 1, é possível observar um número total de 54 acidentes. No período mencionado, foram registradas ocorrências todos os anos, sendo o ano de 2016 o que apresentou o maior número de acidentes, 9 registros. Dessa forma, ocupa a quinta colocação em número de ocorrências, ficando atrás somente do GLP, gasolina, etanol e óleo diesel (SIAE/COB, 2017)⁵, o qual dentre esses, não possui procedimentos descritos dentro do manual de procedimentos para atendimentos de emergências com produtos perigosos do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (CBMGO).

Ainda com relação ao relatório do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA(2010)⁴, o Corpo de Bombeiros Militar aparece como segunda instituição mais atuante, frente às instituições ligadas a acidentes com produtos perigosos, haja vista sua missão institucional. O CBMGO em seu manual de procedimentos para atendimento de emergências com

produtos perigosos é responsável por atuar na identificação, isolamento, salvamento, contenção e descontaminação listadas como fases do atendimento a ocorrências envolvendo produtos perigosos (MOB N° 04, 2016)⁶.

Desta forma, ao avaliar as ocorrências envolvendo o gás refrigerado amônia, sua problemática e a missão institucional do CBMGO, observa-se a necessidade de uma análise mais detalhada inerente ao seu atendimento, bem como a elaboração de material instrutivo relativo aos procedimentos de atendimento operacional a ocorrência envolvendo esse gás tóxico.

Assim a presente pesquisa teve como objetivos sugerir procedimentos a serem adotados pelo CBMGO na ocasião de um acidente envolvendo o gás refrigerado amônia, utilizando, para tanto, análise documental das ocorrências reais atendidas pela corporação, a fim de auxiliar na adoção dos melhores procedimentos, bem como propor um protocolo reunindo tais procedimentos e ações.

Revisão Bibliográfica

PRODUTOS PERIGOSOS

De acordo com Manual de Produtos Perigosos do estado de Goiás, produto perigoso é toda substância de natureza química, nuclear ou biológica, que é encontrada em seus estados físicos, como: sólido, líquido ou gasoso, que pode afetar direta ou indiretamente de forma nociva o patrimônio, os seres vivos ou o meio ambiente (MOB N° 04, 2016)⁶.

No Brasil, a regulamentação para classificação de produtos perigosos deu-se por meio do Decreto n. 96.044, de 18 de maio de 1988, como sendo toda substância capaz de causar danos a pessoas, bens e meio ambiente. A Resolução da Agência Nacional de Transporte Terrestre (ANTT) n. 420 de 12 de fevereiro de 2004, alterada pela Resolução n. 701 de 25 de agosto de 2004, por meio de suas instruções complementares, classifica os riscos físicos e químicos predominantes desses produtos (ANTT, 2004; DAVID, 2006; OLIVEIRA, 2011)^{7,8,2}.

Vale ressaltar que, segundo Resolução n. 420/2004 da ANTT, são nove classes, divididas em subclasses de produtos, agrupadas de acordo com as características físico-químicas, sendo elas:

Tabela 1: Sistema de Classificação de Risco da ONU. Fonte: SIAE/COB, 2010; OLIVEIRA, 2011^{5,2}.

Classe	Subclasse	Exemplos
1 Explosivos	<p>1.1 Substâncias e artefatos com risco de explosão em massa.</p> <p>1.2 Substâncias e artigos com risco de projeção, mas sem risco de explosão em massa.</p> <p>1.3 Substâncias e artigos com risco de fogo e com pequeno risco de explosão ou de projeção, ou ambos, mas sem risco de explosão em massa.</p> <p>1.4 Substâncias e artigos que não apresentam risco significativo.</p> <p>1.5 Substâncias muito insensíveis, com risco de explosão em massa.</p> <p>1.6 Artigos extremamente insensíveis, sem risco de explosão em massa.</p>	Foguete, Dinamite e Pólvora
2 Gases	<p>2.1 Gases inflamáveis.</p> <p>2.2 Gases não-inflamáveis, não tóxico.</p> <p>2.3 Gases tóxicos por inalação</p>	GLP, Oxigênio e Amônia
3 Líquidos inflamáveis	Líquidos inflamáveis	Óleo Diesel

Tabela 1: Sistema de Classificação de Risco da ONU. Fonte: SIAE/COB, 2010; OLIVEIRA, 2011^{5,2} - continuação.

4. Sólidos inflamáveis, substâncias autorreagentes e explosivos sólidos insensibilizados	4.1 Sólidos inflamáveis, substâncias autorreagentes e explosivos sólidos insensibilizados. 4.2 Substâncias sujeitas à combustão espontânea. 4.3 Substâncias que em contato com a água emitem gases inflamáveis.	Trinitrotolueno, Sódio metálico, Alumínio pó e Carbeto de cálcio
5. Substâncias oxidantes; peróxidos orgânicos	5.1 Substâncias oxidantes. 5.2 Peróxidos orgânicos.	Nitrato de amônio e uréia
6. Substâncias tóxicas e substâncias infectantes	6.1 Substâncias tóxicas. 6.2 Substâncias infectantes.	Agrotóxicos Vírus
7. Materiais radioativos	Materiais radioativos	Césio – 137
8. Substâncias corrosivas	Substâncias corrosivas	Soda cáustica
9. Substâncias e artigos perigosos diversos	Substâncias e artigos perigosos diversos	Amianto Ascarel

Devido ao foco da pesquisa em questão, será apresentado um panorama geral das propriedades dos produtos perigosos classificados na segunda classe de risco e suas subclasses, bem como dos critérios adotados para agrupá-los.

CLASSE DE RISCO 2 - GASES

Gás é um dos estados da matéria, em que uma substância se apresenta normalmente a 20°C e 101,3Kpa ou com pressão de vapor maior que 300Kpa a 50°C (MAEPP/AEPP, 2006)⁹. A força de repulsão é maior que a de coesão entre as moléculas caracterizando a baixa densidade, possuindo forma e volume variáveis, com capacidade de se moverem livremente e apresentando resfriamento durante processo de expansão livre (RUSSELL, 1994)¹⁰.

De acordo com Araújo (2005)¹, gases podem ser classificados em Permanentes, os quais não podem ser liquefeitos à temperatura ambiente, possuindo baixas temperaturas de ebulição. Gases Liquefeitos, aqueles que podem se tornar líquidos sob pressão, porém caso expostos a uma temperatura acima da temperatura crítica há o risco de explosão, dando como exemplo o GLP, cloro e amônia. Gases Dissolvidos, aqueles que se encontram dissolvidos sob pressão em um solvente, como é o caso do acetileno. Gases Altamente Refrigerados, os quais se tornam líquidos ao ser diminuída sua temperatura, também conhecidos como líquidos criogênicos.

No entanto, a classificação adotada no Brasil é a embasada na Resolução 420/2004 da ANTT a classe de risco 2, oferece três divisões:

- Subclasse 2.1 - Gases inflamáveis, os quais segundo o Departamento de Transporte dos Estados Unidos (DOT) classifica gás inflamável como aquele que possui limite inferior de inflamabilidade (LII) menor ou igual a 13% e faixa de inflamabilidade maior que 12% (ARAÚJO, 2005)¹.
- Subclasse 2.2 - Gases não inflamáveis e não tóxicos, aqueles que podem agir diluindo ou substituindo o oxigênio presente no ambiente, denominados asfixiantes, ou aqueles oxidantes que atuam fornecendo oxigênio para a combustão de outros materiais (MAEPP/AEPP, 2006)⁹.
- Subclasse 2.3 - Gases tóxicos, os quais podem apresentar risco subsidiário corrosivo, sendo incluídos nesta divisão por apresentarem um valor de Concentração Letal (CL50) para toxicidade aguda por inalação igual ou inferior a 5.000ml/m³, oferecendo assim risco a saúde (ANTT, 2004)⁷.

Araújo (2005)¹, define gases tóxicos como aqueles que mesmo em concentrações reduzidas e na presença de oxigênio são capazes de causar sérios efeitos nocivos em contato com tecidos vivos. Os gases tóxicos, normalmente, possuem um odor forte e repugnante, porém esta não é uma regra geral para todos eles, alguns são inodoros e outros podem sensibilizar o sistema olfativo.

Assim de acordo com a classificação da Organização das Nações Unidas (ONU) para os produtos perigosos, a amônia pertence à classe de risco 2.3, significando gás tóxico por inalação. Para fins de identificação, possui número da ONU 1005, e número de risco 268, cuja descrição é gás tóxico, corrosivo (USIQUIMICA, 2014)¹¹.

FORMAS DE IDENTIFICAÇÃO DOS PRODUTOS PERIGOSOS

A Organização das Nações Unidas, com o objetivo de facilitar a identificação no transporte dos produtos perigosos, atribuiu a cada produto um número denominado de número ONU, composto de quatro algarismos. Nos veículos obrigatoriamente devem ser afixados um painel retangular de cor laranja, denominado de painel de segurança, contendo na parte inferior o número ONU e na parte superior o número de risco formado de dois a até três algarismos, em que o primeiro número representa o risco principal (OLIVEIRA, 2000)¹².

Além do painel de segurança, outra forma de identificar o produto é pelo rótulo de risco, placa em formato de losango, afixada atrás e na lateral dos veículos. O risco é representado por símbolos e ou expressões grafadas, bem como pela cor do fundo do rótulo (OLIVEIRA, 2000)¹².

EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

O ambiente de trabalho pode apresentar riscos, em virtude disso, são utilizados os equipamentos de proteção individual destinados à proteção da saúde e integridade física dos trabalhadores. Em emergências químicas, a utilização de Equipamento de Proteção Individual – EPI, depende do risco do produto envolvido, atividade a ser realizada, dimensão e local do vazamento (HADDAD et al, 2002)¹³.

Ao se tratar de substâncias químicas, são duas as classes de EPI utilizadas, com o objetivo de proteção da pele e das vias respiratórias. Em relação à proteção cutânea, deve ser selecionada a roupa confeccionada de material que ofereça maior resistência ao risco presente. No entanto, a proteção respiratória é feita por equipamentos que isolam o usuário do ar contaminado, purificam ou disponibilizam suprimento de ar respirável (ARAÚJO, 2005)¹.

De acordo com a NFPA 471 (2002)¹⁴, as roupas de proteção são divididas em Encapsulada Valvular - Nível A, quando o máximo de proteção cutânea e respiratória é exigido. Encapsulada não Valvular - Nível B, quando não é necessário o máximo de proteção para a pele, mas os riscos para as vias respiratórias são elevados. Nível C indicado para situações onde o risco das vias respiratórias é menor comparado ao Nível B. Por fim o Nível D, que não fornece proteção química contra os riscos dos compostos químicos.

GÁS AMÔNIA

A amônia é um gás incolor, corrosivo, alcalino que tem um odor muito forte, detectável por seres humanos em concentrações maiores que 5 partes por milhão (ppm), conhecida também como amônia anidra e gás amoníaco. Pode ser liquefeito sobre pressão, forma como o produto é armazenado e transportado (EPA, 2007)¹⁵.

Possui fórmula química $NH_3(g)$, geometria molecular piramidal, como consequência da repulsão entre os pares de elétrons compartilhados e o par isolado, formando uma angulação de $107,3^\circ$ definindo assim seu caráter básico e sua polaridade (RUSSEL, 1994)¹⁰.

A amônia possui ponto de fusão e ebulição de $-77^\circ C$ e $-33,35^\circ C$, respectivamente, este último indica que nesta temperatura o gás se liquefaz à pressão atmosférica. É uma substância solúvel, na qual um volume de água dissolve 1300 volumes de amônia, resultando em uma solução alcalina, o hidróxido de amônio (NH_4OH), líquido na temperatura ambiente, possuindo propriedades químicas semelhantes da soda cáustica ($NaOH$) (NOTA TÉCNICA Nº 03, 2004)¹⁶.

A temperatura de autoignição é de $651^\circ C$, com temperatura crítica, acima da qual o gás não se mante liquefeito sob pressão, de $133^\circ C$ e pressão crítica de 111,3 atm, apresentando sensível aquecimento quando dissolvida em água, incompatível com oxidantes fortes, cálcio, hipoclorito de sódio, ouro, prata, halogêneos e mercúrio, neste caso formando misturas explosivas (CETESB, 2009)¹⁷.

A densidade absoluta do gás é de $0,7067 \text{ kg/m}^3$, a $25^\circ C$ e 1 atm, consideravelmente mais leve quando comparado com ar, de densidade aproximada de 1 kg/m^3 . Já a densidade da amônia líquida na pressão de saturação à $-33,35^\circ C$ é de

0,6828 g/cm³, um tanto inferior à da água na temperatura de 25°C, que é de 0,9977 g/cm³. Seu peso molecular é de 17g/mol, que corresponde à massa presente em 6,02 x 10²³ moléculas de amônia (ALMEIDA, 2006)¹⁸.

A exposição, de modo geral, pode ocorrer a partir de acidentes durante o transporte em rodovias, na transferência entre carretas de transporte e tanques de armazenagem, por descargas acidentais como choques em tubulações, válvulas em instalações industriais e na agricultura (EPA, 2007)¹⁵.

Os efeitos ocorrem rapidamente após a exposição à amônia, mas alguns sintomas podem aparecer tardiamente. Tais danos dependem da duração da exposição e da concentração do gás ou líquido, podendo resultar desde irritação leve, lesão ocular corrosiva severa, conjuntivite, cegueira temporária ou permanente, queimaduras na boca, garganta, esôfago e estômago. O contato com o gás liquefeito pode ocasionar queimaduras graves com danos localizados nos tecidos mais profundos e ulcerações (NOTA TÉCNICA Nº 03, 2004)¹⁶.

O gás possui odor detectável a partir de 5 ppm, podendo apresentar irritação respiratória e ocular em indivíduos sem equipamentos a partir de 50 ppm e 100 ppm, respectivamente. O gás anidro de amônia tem Valor Limite Limiar (TLV) de exposição segundo a Conferência Americana de Higienistas (ACGIH) recomendado para área de trabalho de 25 ppm, Limite de Exposição Permitido (PEL) pela OSHA a partir de avaliação em 8 horas de 50 ppm, sendo que de acordo com o Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional (NIOSH) dos EUA, a partir de 300 ppm o nível é imediatamente perigoso à vida ou à saúde (IPVS) (SFSH, 2016)¹⁹.

Embora seja considerada não inflamável pelo Departamento de Transporte dos Estados Unidos (DOT) e pela ANTT, na condição de concentração de 15% a 28% o gás pode explodir quando inflamado (NIOSH, 2003)²⁰.

A amônia ao entrar em contato com cursos d'água pode afetar o pH. Valores acima de 0,01 mg/L podem ser tóxicos aos peixes, sendo que algumas espécies não sobrevivem a concentrações acima de 5 mg/L. Além disso, provoca consumo do oxigênio dissolvido na água ao ser

oxidada biologicamente e a eutrofização da água, com aumento da concentração de seres vivos, podendo causar prejuízos ao seu uso devido à poluição decorrente da morte e decomposição desses organismos (CETESB, 2009)¹⁷.

Metodologia

A abordagem metodológica aplicada foi qualitativa, sendo o presente trabalho de caráter descritivo, método este, que tem o intuito de levantar informações sobre uma determinada temática, possibilitando avaliá-las e filtrá-las, de acordo com o propósito basilar da pesquisa (MARCONI; LAKATOS, 2005)²¹.

O levantamento dos procedimentos e as ações propostos para utilização no atendimento a acidentes com amônia, que constituem a fase da pesquisa, fundamentada por meio de pesquisa bibliográfica, que, de acordo com Marconi e Lakatos(2005)²¹, é realizada com o intuito de recolher informações prévias sobre o campo de interesse.

Para tanto, foram consultados manuais de produtos perigosos, legislações, normas, relatórios, revistas, infometria, estatísticas e procedimentos relacionados ao manuseio e atendimento de ocorrências envolvendo amônia. Bem como a análise de imagens reais de ocorrências atendidas pelo CBMGO, as quais ajudaram na compreensão dos perigos e riscos desses acidentes.

Resultados e Discussões

ANÁLISE DOS ATENDIMENTOS E DISCUSSÃO DE PROCEDIMENTOS

A partir da apresentação das principais características do gás tóxico amônia e seus principais riscos atinentes à taxa de expansão do gás, toxicidade e seu caráter higroscópico, por meio da Figura 1, é possível observar o atendimento a uma ocorrência de incêndio com vazamento de amônia, em uma fábrica de alimentos, no município de Rio Verde, no dia 21 de maio de 2009 (Figura 1).

No atendimento à ocorrência, efetuou-se evacuação de todos os funcionários que trabalhavam na fábrica. Devido

dimensão do incêndio não foi possível a entrada das equipes para a contenção do vazamento, sendo o combate às chamas realizado a distância. Utilizaram-se jatos d'água, com a finalidade de conter e reduzir nuvem tóxica, realizando posteriormente o monitoramento até a dissipação do gás.



Figura 1: Atendimento à ocorrência de incêndio e vazamento de gás amônia em uma empresa de alimentos, em maio de 2009, na cidade de Rio Verde - GO. Fonte: Wanderley Valério de Oliveira por meio de guarnições do CBMGO.

Na Figura 2, observa-se a atuação dos militares do CBMGO, equipados com roupa de proteção de combate a incêndio e EPRA utilizando jato d' água para conter vazamento do sistema de refrigeração em uma empresa de bebidas, localizada no setor Bueno, na cidade de Goiânia, no ano de 2009.



Figura 2: Atendimento à ocorrência de vazamento de gás amônia em empresa de refrigerantes em Goiânia-GO no ano de 2009. Fonte: Wanderley Valério de Oliveira por meio de guarnições do CBMGO.

A amônia é altamente higroscópica, em que 1 volume de água dissolve 1300 volumes do gás, formando hidróxido de amônia de fórmula molecular NH_4OH , substância que, sob temperatura e pressão ambiente, é um líquido corrosivo (NOTA TÉCNICA N° 03, 2004)¹⁶.

A Figura 3 está relacionada a uma ocorrência de vazamento do gás refrigerado amônia em um frigorífico situado em Senador Canedo, no ano de 2013. A imagem permite observar a utilização de ventiladores na tática de ventilação forçada, com a finalidade diminuir a concentração do produto no ambiente confinado.



Figura 3: Ocorrência de vazamento de amônia em frigorífico, em Senador Canedo-GO. Fonte: Wanderley Valério de Oliveira por meio de guarnições do CBMGO.

Ainda com relação a mesma ocorrência a Figura 4 além de apresentar a utilização de ventilador como ação para diminuir a concentração do gás, demonstra um dos principais pontos de vazamento em sistemas de refrigeração industrial localizado nas válvulas como afirmado por Oliveira (2011)².



Figura 4: Ocorrência de vazamento de amônia em frigorífico em Senador Canedo-GO. Fonte: Wanderley Valério de Oliveira por meio de guarnições do CBMGO.

A Figura 5 apresenta uma ocorrência atendida pelo CBMGO de vazamento de amônia em uma fábrica de alimentos, localizada no município de Goianira, em novembro de 2014. A imagem permite observar o recolhimento do produto para tambores com substância capaz de dissolver o gás.



Figura 5: Ocorrência de vazamento de amônia em fábrica de alimentos em Goianira - GO em 2014. Fonte: Wanderley Valério de Oliveira por meio de guarnições do CBMGO.

De acordo com a OSHA e com o Departamento de Bombeiros de Minnesota dos Estados Unidos, ao ocorrer um acidente com vazamento de amônia, a primeira providência a ser adotada no local é o estabelecimento do SCI, devido à necessidade de respostas multi-jurisdicionais (MDA, 2017)²².

O Sistema de Comando de Incidentes é uma ferramenta eficiente para o gerenciamento de resposta à emergência com produtos perigosos. Ferramentas, como o Comando Unificado, devem ser utilizadas com intuito de estabelecer o plano de resposta mais apropriado, em que os respondedores irão ser mobilizados de acordo com o plano interno de gestão de incidentes (MOB N° 04, 2014)⁶.

Conforme Departamento de Bombeiros de Minnesota, deve ser feita uma análise criteriosa da situação, para a correta avaliação e o dimensionamento da cena. A análise de risco deve considerar as ameaças presentes e os pontos vulneráveis como escolas, hospitais, período do dia e se o acidente está relacionado ao transporte ou ao armazenamento (MDA, 2017)²².

Uma vez que ocorre liberação de amônia, a preocupação se torna a direção em que irá a nuvem tóxica. Vapores de amônia anidra são mais leves do que o ar, porém nem sempre irão subir e se dissipar, o que irá depender da umidade relativa do ar, temperatura e velocidade do vento. Concentrações perigosas podem ocorrer rapidamente em locais fechados ou mal ventilados (NIOSH, 2003)¹⁹. A nuvem branca que se desenvolve com liberações mais significativas de amônia é um indicador pobre da dispersão do gás. Concentrações perigosas podem se estender muito além da nuvem branca visível, tal como uma mistura de ar-vapor pode ser incolor e também permanecer próxima ao solo (G MASSINGHAM, D LAWRENCE, 2008)²³.

Assim deve-se considerar a necessidade de evacuação de empresas e residências a favor do vento, caso haja um grande vazamento do produto. Tendo como alternativa, ainda, abrigar no local aqueles que podem estar em risco de baixas concentrações. Dessa forma, devem ser orientados a ficar dentro de suas casas, desligar todos os sistemas de ventilação como ar condicionado, vedar portas e janelas com fitas e como último recurso ligar o chuveiro e usar toalhas molhadas para diminuir a concentração do gás (TRANSCAER, 2011)²⁴.

Uma vez avaliados os riscos para a vida humana, a decisão de tomar medidas ativas para controlar o incidente depende da disponibilidade de recurso humano qualificado e equipamentos específicos como vestuário, aparelhos de monitoramento e equipamentos de proteção (G MASSINGHAM, D LAWRENCE, 2008)²³.

De acordo com NIOSH (2003)¹⁹, os primeiros respondedores devem usar um aparelho de respiração autônomo de pressão positiva com roupa de proteção Encapsulada Valvular - Nível A, ao entrar em uma área com um contaminante desconhecido ou ao entrar em uma área onde a concentração do contaminante é desconhecida, devendo ser utilizada até que os resultados do monitoramento confirmem o contaminante e a concentração desse.

A utilização de roupa de proteção Nível A deve ser feita para vazamento de produtos dispersos no ar ou quando não se sabe qual a substância envolvida. É o maior nível de proteção indicado quando se quer evitar o contato do

produto com a pele, olhos e trato respiratório, devendo ser utilizada em emergências envolvendo nuvens de contaminantes e vazamento de gases e vapores (MOB N° 04, 2016)⁶.

Logo, em ocorrências envolvendo vazamentos de gás amônia os equipamentos de proteção Nível A que devem ser utilizados para entrada na Zona Quente, de acordo com NIOSH (2003)²⁰, são:

- Equipamento Autônomo de Pressão Positiva (EPRA);
- Roupas de resistência química totalmente encapsulada;
- Luvas internas, com proteção química;
- Luvas externas, com proteção química;
- Botas com resistência química;
- Rádio de comunicação;
- Macacões de algodão, roupa interior comprida e um capacete usado sob o terno TECP são itens opcionais.

Porém, a equipe de intervenção deve evitar o contato com a substância na forma líquida a qual pode deixar o vestuário frágil, expondo os bombeiros a congelamento, bem como deve ser lembrado que a vestimenta de proteção química não fornece proteção térmica, nesse caso, sendo indicada a utilização de roupa de proteção contra incêndio (MAVBECK, 2006)²⁵.

Respiradores purificadores de ar não são recomendados para resposta de emergência. Esses dispositivos filtram somente concentrações moderadas de vapor, além de não se ajustarem a roupas de proteção com o encapsulamento total, devendo em caso de emergência, ser utilizado EPRA de pressão positiva (G MASSINGHAM, D LAWRENCE, 2008)²³.

As táticas de intervenção irão variar de acordo com o local do vazamento do produto, para tanto, serão apresentados procedimentos consoante o acidente ocorra em ambientes confinados ou não.

A Amônia possui elevada temperatura de autoignição, classificada como gás não inflamável devido à sua faixa de

inflamabilidade de 16% a 25%, não atendendo os critérios adotados pelo DOT dos EUA. Porém, para NIOSH a faixa varia de 15% a 28%, ressaltando que mesmo que o LII seja relativamente alto e o intervalo de inflamabilidade estreito, vazamentos em locais fechados devem ser tratados com cautela, especialmente, tratando-se de refrigeração industrial, na qual é provável que outros contaminantes como óleo aumentem sua faixa de inflamabilidade (TRANSCAER, 2011)²⁴.

Logo se a liberação ocorrer dentro de locais confinados, a exemplo de indústrias, deve-se evitar a concentração inflamável do gás, realizando ventilação forçada. Utilizar somente ventiladores mecânicos à prova de água e explosão, sendo que a ventilação positiva não deve ser realizada com os ejetores sob o vapor, devido ao risco de explosão (MAYBECK, 2006)²⁵.

Após a ventilação e antes que a equipe de intervenção entre no local, dispositivos de monitorização devem ser implementados para garantir que o produto não esteja dentro dos limites de inflamabilidade. Os dispositivos de monitorização incluem tubos detectores, detectores de gases tóxicos e detectores de amônia (G MASSINGHAM, D LAWRENCE, 2008)²³.

A equipe de intervenção ao adentrar na zona quente, deve desligar a fonte do vazamento, como válvulas, antes de qualquer reparação. Isso pode exigir a assistência de pessoal familiarizado com o sistema da empresa, pois abrir ou fechar a válvula errada poderá agravar a situação (G MASSINGHAM, D LAWRENCE, 2008; USQUIMICA, 2014)^{23,26}.

Em caso de incêndio com vazamento de amônia a prioridade deve ser estacar o vazamento do gás. Pode ser perigoso extinguir o fogo sem parar a liberação do produto, uma atmosfera explosiva pode ser formada, a qual pode causar maior dano se a reignição ocorrer. Se houver segurança para atuação, os recipientes contendo amônia devem ser retirados da área do incêndio, caso contrário, deve ser realizado o resfriamento até um certo tempo depois da extinção das chamas (CFRA, 2012)²⁶.

Em incêndios de pequenas dimensões, podem ser usados pó químico seco ou dióxido de carbono para o

combate. Para grandes incêndios, é indicado o uso de água em jatos neblinados e espuma. Na hipótese de tanques de armazenamento estarem envolvidos no fogo, o combate deve ser feito a uma distância segura, usando canhões monitores não tripulados, uma vez que o aquecimento do gás contido provocará aumento de pressão e o potencial risco de ruptura ou explosão dos recipientes - BLEVE (MAVBECK,2006; NIOSH, 2003) ^{25,20}.

As equipes de resposta devem efetuar o combate a uma distância segura dos recipientes sob as chamas, devendo se retirar da área no caso de descoloração ou aumento do som do dispositivo de segurança dos tanques (NIOSH,2003) ²⁰.

No caso de acidentes em ambientes abertos, o maior perigo é o vapor. Na Figura 6, é possível observar a nuvem de amônia pairando próximo ao chão, a qual, mesmo possuindo densidade menor que a do ar, é capaz de apresentar tal comportamento devido à interação de suas propriedades com fatores climáticos como alta umidade, neblina, chuva e baixas temperaturas (TRANSCAER, 2011)²⁴.



Figura 6: Comportamento da nuvem tóxica após uma liberação de amônia. Fonte: Resposta de emergência de amônia TRANSCAER-2011²⁴.

Em emergências de vazamento em ambientes externos, de acordo com o Departamento de Bombeiros de Minnesota, deve-se avaliar se a melhor opção é efetuar um ataque ofensivo, para controlar o vazamento e desligar a fonte de lançamento, ou apenas monitorar a área e esperar o gás dissipar. Caso seja necessária uma intervenção, a aplicação adequada de jatos de água é um método comprovado e eficaz de controle de lançamentos (MDA, 2017)²².

O quadro abaixo relaciona número de linhas e diâmetro de mangueiras, pressão e vazão para um ataque em uma nuvem de amônia, com a finalidade de aproximação tanto para contenção do vazamento como para atuação de salvamento.

Tabela 2: Uso de água para se aproximar e proteger de nuvem de amônia Fonte: Confeccionado a partir de informações do Departamento de Bombeiros de Mennesota - EUA.

Nº linhas	Diâmetro de Mangueira	Pressão (PSI)	Vazão (GPM)
02	1 1/2	100	95

Apesar da alta solubilidade, como já exposto, a amônia possui uma taxa de expansão de 850 vezes, sendo necessários 100 galões de água para cada galão do produto vazado, em que um ataque demorado para combate em grandes vazamentos exigirão um grande suprimento de água (MDA, 2017)²².

O uso de água, para se aproximar e se proteger de uma liberação de amônia, deve ser feito com fluxo de jato neblinado que promoverá uma cortina protetora. A equipe de intervenção deve ser composta por 5 bombeiros, um líder ao centro, responsável por direcionar e auxiliar na contenção, flanqueado por dois chefes de linha e um auxiliar em cada mangueira (MDA, 2017)²².

Deve-se regular a angulação do esguicho para obter o jato mais largo, assim como realizar rápidas e amplas rotações com o esguicho para aumentar a taxa de absorção. A equipe de intervenção deve forçar os vapores para baixo, porém evitar passar pelas poças de amoníaco. Chegando próximo à fonte, o líder da equipe de intervenção, ou o responsável da empresa deve fechar a válvula de fluxo (G MASSINGHAM, D LAWRENCE,2008; MDA, 2017) ^{23,22}.

No caso de acidente de transporte ocorrendo vazamentos, as viaturas devem se aproximar contra o vento ou lateralmente, posicionando-se a uma distância segura do ponto de liberação, isso dependerá das condições de vento e do tamanho da nuvem de vapor. A água deve ser aplicada por canhões monitores não tripulado (G MASSINGHAM, D LAWRENCE, 2008) ²³.

Quando não há vazamento, os tanques devem ser cuidadosamente inspecionados, procurando por sinais de danos especialmente nos pontos de solda, evitando as extremidades dos tanques e as aberturas de emergência. O produto deve ser descarregado antes do destombamento para reduzir a pressão do tanque e a possibilidade de uma falha na estrutura do mesmo. Sempre consulte os especialistas em contêineres e engenheiros antes de mover um tanque danificado (G MASSINGHAM, D LAWRENCE, 2008) ²³.

Não deve ser aplicada água em vazamentos de amônia quando está se apresentar na forma líquida. A água aplicada certamente estará a uma temperatura mais elevada, gerando quantidades adicionais de vapor ao entrar em contato com o produto (NIOSH, 2003) ²⁰.

Em alguns caso de vazamentos, lonas podem ser utilizadas para cobrir os cilindros e tubulações com fugas. O ponto de liberação deve ser coberto, fazendo com que a nuvem de gás volte a condensar, voltando o produto a fase líquida o qual arrefecerá o próprio recipiente. A preocupação a favor do vento será minimizada pelo fato de a liberação ser controlada e contida no local (TRANSCAER,2011) ²⁴.

O ponto de vazamento e o recipiente será resfriado pelo proprio gás com a diminuição da temperatura e consequentemente da pressão no recipiente, contendo o vazamento no local. Lonas secundárias podem ser usadas permitindo a partir de então encontrar a fonte do vazamento, controlar o fluxo ou desligar válvulas (TRANSCAER, 2011) ²⁴.



Figura 7: Comportamento da nuvem toxica após uma liberação de amônia. Fonte: Resposta de emergência de amônia TRANSCAER 2011.

Um ventilador de pressão positiva na direção da nuvem, longe dos respondedores, juntamente com hastes para suporte, podem ser usados para auxiliar na colocação da lona e no trabalho da equipe durante a contenção do gás. Ressalta-se que a ventilação também é importante para fornecer ar fresco para vítimas que podem estar sob o vazamento (TRANSCAER, 2011) ²⁴.

A água de descarga é cáustica e pode ser prejudicial ao abastecimento de água e à vida aquática, sendo necessário reter a água utilizada, direcionando-a para um tanque de retenção, onde deverá ser efetuada a equalização do resíduo, sendo de responsabilidade da própria empresa em que ocorreu o acidente. Diques também podem ser feitos para conter derrames, podendo ser utilizado solo fino e areia (G MASSINGHAM, D LAWRENCE,2008; MDA, 2017) ^{23,24}.

De acordo com NIOSH (2003) ²⁰, na hipótese de serem encontradas, pela equipe de reconhecimento e salvamento, pessoas com sinais de intoxicação e queimaduras pelo corpo, deve-se atentar para função respiratória e cardiovascular. Devendo remover as vítimas para uma área descontaminada e arejada, administrando oxigênio e aplicando manobras de ressuscitação cardiopulmonar em caso de para respiratória

As roupas contaminadas devem ser retiradas, evitando a remoção de parte da pele da vítima. A área afetada deve ser lavada com água em abundância. Se o gás entrar em contato com os olhos, a remoção do produto deve-se feita com grande quantidade de água por pelo menos 15 minutos. Em caso de ingestão, deve ser certificado que as vias aéreas estão desobstruídas, não deve haver administração via oral, nem indução a vômitos, deve-se encaminhar ao médico ,informando as características do produto (NIOSH,2003; USQUIMICA, 2014) ^{20,11}.

PADRONIZAÇÃO DE PROCEDIMENTOS E SEQUÊNCIA DE CONDUTAS

Identificação do Produto: A amônia é um gás tóxico, incolor, porém em contato com umidade do ar, pode se apresentar como uma nuvem branca. É transportada e armazenada como líquido sobre pressão, corrosiva ao entrar em contato com a pele. A exposição a altas concentrações pode ser fatal.

Amônia Anidra: ONU 1005

Classe 2: Gás

Subclasse 2.3: Gás tóxico

Número de risco 268: Gás tóxico corrosivo

Equipamentos de Proteção Individual: Em ambientes confinados, a roupa de proteção para a entrada da equipe intervenção na zona quente/exaustão deverá ser Nível A, com ar fornecido por equipamento de proteção respiratória autônomo (EPRA), devido à concentração do gás em caso de vazamentos ser capaz de superar os limites admissíveis de exposição.

Em casos de liberações em ambientes não confinados, em ações de salvamento e contenção, desde que se tratem de ações rápidas e os respondedores não permaneçam por muito tempo na zona quente, a roupa de proteção Nível C pode ser utilizada com luvas e botas de proteção química combinadas com EPRA.

Isolamento e Evacuação de Segurança: A nuvem branca que se desenvolve com vazamentos mais significativas de amônia, devido à interação com a umidade do ar, é um indicador pobre da dispersão do gás. Concentrações perigosas de amônia podem se estender muito além da nuvem branca visível, tal como uma mistura de ar-vapor que pode ser incolor e permanecer próximo do solo.

O isolamento e a evacuação para ocorrências envolvendo amônia devem ser realizadas conforme as medidas fixadas na Tabela 3, correspondendo a um raio a partir do local do vazamento, levando em consideração os aspectos meteorológicos, velocidade e direção do vento, bem como a dimensão do vazamento.(Tabela 3)

Monitoramento da Concentração de Gás: Antes da entrada da equipe na zona quente e após as ações de contenção, a exemplo de fechamento de válvulas, é necessário o monitoramento da concentração do gás tóxico no ambiente.

A liberação da área para os reparos definitivos, nos recipientes ou equipamentos danificados, somente deverá ocorrer após a aferição de uma concentração menor que 5 partes por milhão (ppm).

Medidas de Combate a Incêndio: Em caso de fogo em instalações, a prioridade é parar o vazamento, fechando a válvula que controla o fluxo do gás. Utilize água em jatos neblinados, pó químico e CO₂ para a extinção das chamas adjacentes aos cilindros e válvulas.

Em casos de grandes incêndios, resfrie os recipientes a uma distância segura, tomando cuidado de não extinguir as chamas. Se não houver riscos, retire a fonte de ignição e cilindros da área. Caso não seja possível, os recipientes devem ser resfriados até o fim do incêndio, sendo indicado o uso de água em jatos neblinados e espuma.

Na hipótese de tanques de armazenamento estarem envolvidos, o combate deve ser feito a uma distância segura ou usando canhões monitores não tripulados, uma vez que o aquecimento do gás contido provocará aumento de pressão e o potencial risco de ruptura ou explosão dos recipientes – BLEVE.

Utilização de Água para Combater a Nuvem de Amônia: O uso de água para se aproximar e se proteger de uma liberação de amônia deve ser feito com fluxo de jato neblinado que promoverá uma cortinaprotetora. A equipe de intervenção, nesse caso, deve ser composta por 5 bombeiros, um líder ao centro o qual será responsável por direcionar e auxiliar na contenção, flanqueado por dois chefes de linha e um auxiliar em cada mangueira.



Figura 11: Utilização de lonas para reduzir uma liberação de amônia. Fonte: Do autor.

Tabela 3: Isolamento de segurança para casos de acidentes com amônia. Fonte: Tabela confeccionada a partir de informações (ABQUIM, FISPQ, NIOSH).

ONU	Nome do Produto	PEQUENOS DERRAMAMENTOS (até 200 l)			GRANDES DERRAMAMENTOS (mais que 200 l)		
		Isolamento Inicial (em todas as direções)	Evacuação de pessoas		Isolamento Inicial (em todas as direções)	Evacuação de pessoas	
			Dia	Noite		Dia	Noite
1005	AMÔNIA	30 m	100 m	100 m	60 m	600 m	2,2 Km

Os bombeiros devem se posicionar um em cada canto frontal da lona, usando hastes para estender a lona para a frente e sobre a liberação sem entrar na nuvem densa de amônia, e um terceiro bombeiro, na parte traseira da lona para guiar o movimento e, em seguida, fixar a lona em ponto seguro. Lonas secundárias podem ser usadas para reforçar a contenção. Podendo, assim, a partir de então, encontrar a fonte do vazamento, controlar e conter vazamento do gás.

A nuvem de gás voltará a condensar-se, voltando o produto à fase líquida, o qual arrefecerá, então, o recipiente, reduzindo a temperatura e a pressão da fonte de vazamento. A preocupação a favor do vento será minimizada pelo fato do vazamento ser controlado e contido na área de liberação. Se não houver perigo à vida e ao ambiente na direção do vento, é permitido que a amônia dissipe-se para a atmosfera. Os respondedores devem ser treinados neste procedimento antes de executá-lo.

Descontaminação: Descontaminação dos respondedores: Use uma solução de água e sabão e uma escova de cerdas macias lavando sempre de cima pra baixo. Em seguida, enxague até que o contaminante seja completamente removido. Posteriormente, remova a roupa e o EPRA.

Descontaminação da vítima: Remova toda a roupa, lave com água e sabão e enxague cuidadosamente, cubra a vítima para prevenir o choque. Coloque os materiais contaminados em sacos de polietileno.

Recolhimento do Produto: É de responsabilidade da própria empresa em que ocorrer o acidente. A retenção do produto vazado é uma medida que visa à redução dos impactos ambientais, sendo necessário reter a água utilizada, direcionando-a para um tanque de retenção, onde deverá ser efetuada a equalização do resíduo. Diques também podem ser feitos para conter derrames, podendo ser utilizados solo fino e areia.

Liberação do Local: Deve-se consultar o órgão ambiental, bem como peritos no composto químico amônia, antes que as guarnições do corpo de bombeiros deixem o local. Uma avaliação mais detalhada deve ser feita da situação, caso não haja necessidade de mais desdobramentos, deve-se encerrar a ocorrência.

Primeiros Socorros para Acidentes com Amônia:

- Inalação: Remova a vítima para área não contaminada e arejada e administre oxigênio se disponível, sob máscara facial ou cateter nasal. Aplique manobras

de RCP em caso de parada respiratória e transporte imediatamente para o hospital.

- Contato com a pele: Rapidamente retirar as roupas contaminadas, evitando remoções de partes da pele. Lavar a parte afetada com água em abundância, em seguida, lavá-la com água e sabão.
- Contato com os olhos: Lave-os, imediatamente, com grande quantidade de água por, pelo menos, 15 minutos para permitir a máxima remoção do produto. Procure assistência médica imediata.
- Ingestão: Certifique-se de que as vias aéreas estão desobstruídas, nunca dê nada via oral, não provoque vômitos, caso necessário, administre oxigênio e encaminhe ao médico, informando as características do produto.

Considerações Finais

A elaboração deste trabalho objetivou levantar as principais informações atinentes aos riscos relacionados com os possíveis cenários de acidentes envolvendo Gás Amônia, bem como uma sequência de ações indicadas para o atendimento a emergências de vazamento em locais confinados, não confinados e envolvendo incêndio.

O protocolo proporciona uma visão clara e objetiva dos procedimentos a serem adotados, conduzindo as condutas, garantindo respostas mais ágeis e eficazes, diminuindo erros nas decisões, as quais podem levar a estimativas equivocadas de riscos e recursos, tanto humanos como materiais, os quais podem levar a consequências mais graves.

Este protocolo engloba ações que devem ser seguidas pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, como uma ferramenta essencial na atividade de gerenciamento de riscos. Cabe ressaltar que o Sistema de Comando de Incidentes é de fundamental importância quando se trata de emergências que envolvem um conjunto de esforços interinstitucionais.

O protocolo foi elaborado, embasado e fundamentado a partir dos resultados discutidos do presente artigo,

obtidos por meio de levantamento de literatura específica, relacionada a atendimento de emergências envolvendo gás tóxico amônia. Contém sequência de itens distinta do documento que serviu de base, considerando-se como um documento separado do texto principal.

Referências Bibliográficas

1. ARAÚJO, G. M. Segurança na Armazenagem, Manuseio e Transporte de Produtos Perigosos: Gerenciamento de Emergência Química. 2ª Ed. Rio de Janeiro, **2005**.
2. OLIVEIRA, W. V. Acidentes com produtos perigosos no estado de Goiás: evolução e causas. 2011. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduados em Ecologia e Produção Sustentável, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, **2011**.
3. MAGALHÃES, M. F. A importância de uma aplicabilidade mais efetiva do procedimento operacional padrão (POP) no Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás. Artigo Monográfico - Conclusão do Curso de Formação de Oficiais. Goiás, **2014**.
4. IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. Relatório de acidentes ambientais, **2010**.
5. SIAE/COB. Sistema Integrado de Atendimento a Emergência/Centro Estadual de Atendimento Operacional de Bombeiros. Banco de dados de acidente/incidente de produtos perigosos atendidos pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás no período de 2007 a 2016. Goiás, **2017**.
6. MOB Nº. 04. Manual Operacional de Bombeiros/Procedimentos para atendimentos de emergências com produtos perigosos. Goiás, **2016**.
7. ANTT. Agência Nacional de Transporte Terrestre. Resolução nº 420, de 12 de fevereiro de **2004**. Aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos. Diário Oficial da União, 2004a.
8. DAVID, R. S. O perfil do transporte rodoviário de produtos perigosos no Distrito Federal: Uma proposta metodológica. 2006. Dissertação (Mestrado) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, **2006**.
9. MAEPP. Manual de atendimento às emergências com produtos perigosos. Coletânea de manuais técnicos de bombeiros. 1. Ed. V. 1. São Paulo, **2006**.
10. RUSSEL, J.B. Química Geral. 2ª edição. São Paulo: Makron Books, **1994**.
11. USIQUÍMICA DO BRASIL LTDA – USIQUÍMICA. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos: Amônia Anidra, **2014**.
12. OLIVEIRA, Marcos de. Emergências com Produtos Perigosos. Florianópolis, primeira edição, **2000**.
13. HADDAD, Edson et al. Prevenção, preparação e resposta a desastros

com produtos químicos. Apostila da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). São Paulo, **2002**.

14. NFPA 741. National Fire Protection Association. Recommended Practice for Responding to Hazardous Materials Incidents, **2002**.

15. EPA. United States Environmental Protection Agency. Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals, v.06, **2007**.

16. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – Secretaria de Inspeção do Trabalho (SIT) – Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho (DSST). Nota técnica nº 03/DSST/SIT: Refrigeração industrial por amônia: Riscos, Segurança e Auditoria Fiscal. Brasília, **2004**.

17. CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de emergências químicas, **2009**.

18. ALMEIDA, E.V. Química Inorgânica Industrial - Amônia: método Haber-Bosch. Universidade de São Paulo - Instituto de Química de São Carlos, **2006**.

19. SFSH. Hazardous Substance Fact Sheet, Ammonia. NEW JERSEY, **2016**.

20. NIOSH. National Institute for Occupational Safety and Health, emergency response card the ammonia, **2003**.

21. LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. Fundamentos de Metodologia Científica. 6ª edição. São Paulo: Editora Atlas S.A, **2005**.

22. MDA. Minnesota Department of Agriculture, Fire Department Response to Ammonia Releases, **2017**.

23. MASSINGHAM, Gordon; LAWRENCE, Detrick. Dave Binder, Tanner Industries Mike Callan, Callan and Company Maurice Greiner, Greiner Consulting, LLC. Jerry Grey, HazTech Systems, Inc. Mike Hildebrand, Hildebrand & Noll Associates. **2008**.

24. TRANSCAER. Anhydrous Ammonia Training Anhydrous Ammonia Properties, **2011**.

25. MAYBECK, H. F. Firefighting and Anhydrous Ammonia, **1997**.

26. CFRA, Chief Fire e Rescue Adviser. Fire and Rescue Service Operational Guidance – Incidents involving hazardous materials. 1ª Ed. England, **2012**.

Licurgo B. Winck*, Aldo N. Cardoso & Wanderley V. Oliveira

Faculdade Senai Roberto Mange – Rua Professor Roberto Mange,
nº 239, Bairro Jundiáí – Anápolis/GO

*E-mail: licurgo2006@gmail.com

Eficiência, Aplicabilidade, Desafios e Perspectivas Acerca das Baterias de Lítio Enxofre: Avaliação de Indicadores Científicos e de Interações Moleculares

Fernando C. Oliveira, Lauriane G. Santin & Solemar S. Oliveira

Uma tecnologia que promete minimizar os impactos ambientais e aumentar a autonomia das baterias de smartphones e carros elétricos vem ganhando destaque entre pesquisadores do mundo todo. Em função disso, elencou-se a eficiência das Baterias de Lítio Enxofre (BLE) por meio de uma revisão bibliográfica. Realizou-se um estudo cienciométrico das publicações relacionadas às BLE, utilizando a coleção principal da base de dados Scopus, da editora Elsevier, em uma busca pelo termo "*Lithium sulfur battery*", considerando o período de 1960 a 2021. Desde 2012 até 2020, ocorreu um aumento do número de publicações. O país com maior número de publicações nessa área é a China, com cerca de 6500 documentos. Durante o levantamento bibliográfico da aplicabilidade e dos desafios acerca dessa tecnologia, percebeu-se que a eficiência do ciclo dessas baterias depende fortemente dos solventes utilizados. Avaliou-se a reatividade da solução por meio do estudo das propriedades geométricas dos solventes DIOX e DME. A solução 1:1 de DIOX e DME cumpre o requisito de baixa reatividade entre os solventes, garantindo a estabilidade dessa solução, característica importante para a escolha de solventes na fabricação de BLE.

Palavras-chave: *cienciometria; dinâmica molecular; Car-Parrinello.*

A technology that promises to minimize environmental impacts and increase the autonomy of smartphones and electric cars batteries has been gaining prominence among researchers around the world. As a result, the efficiency of Lithium Sulfur Batteries (LSB) was listed through a literature review. A scientometric study of publications related to LSB was carried out, using the main collection of the Scopus database, from the publisher Elsevier, in a search for the term "*Lithium sulfur battery*", considering the period from 1960 to 2021. From 2012 to 2020 occurred an increase in the number of publications. The country with the highest number of publications in this area is China, with about 6500 documents. During the bibliographic survey of the applicability and challenges of this technology, it was noticed that the efficiency of the cycle of these batteries strongly depends on the solvents used. The reactivity of the solution was evaluated through the study of the geometric properties of the solvents DIOX and DME. The 1:1 solution of DIOX and DME meets the requirement of low reactivity between solvents, ensuring the stability of this solution, an important characteristic for the choice of solvents in the manufacture of LSB.

Keywords: *scientometrics; molecular dynamics; Car-Parrinello.*

Introdução

No Brasil, diversos investimentos têm sido feitos para a produção de Baterias de Lítio Enxofre (BLE) visando à inserção do país no mercado de mobilidade elétrica, que possui projeção de crescimento nos próximos anos. Grandes empresas como a Oxis, a fabricante de baterias Moura, a desenvolvedora de sistemas de células a combustível Electrocell, a Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração e a Toshiba, planejam se estabelecer nesse segmento. A primeira fábrica do mundo desse tipo de bateria deverá ser inaugurada em 2022, pela Oxis Brasil. O principal interesse das empresas nessas baterias é o carregamento mais rápido e uma maior durabilidade. Dessa maneira, o uso dessas baterias irá revolucionar o mercado automobilístico, uma vez que será possível desenvolver veículos elétricos com carregamento rápido e baterias de longa duração (ZAPAROLLI, 2019)¹.

Considerando o seu funcionamento, as baterias podem ser classificadas em dois tipos: baterias primárias e baterias secundárias. As baterias primárias possuem sistemas não recarregáveis, ocasionados por reações paralelas que provocam o comprometimento da estabilidade da célula, como por exemplo as baterias de zinco/dióxido de manganês (Leclanché), zinco/óxido de prata e lítio/dióxido de enxofre. As baterias secundárias são constituídas por sistemas recarregáveis, de modo que as reações eletroquímicas podem ser revertidas por meio da aplicação de uma corrente externa (PESQUERO *et al.* 2008; (KANG, W., *et al.* 2016)^{2,3}. Para ser considerada recarregável, a bateria deve ser capaz de suportar no mínimo 300 ciclos completos de carregamento e descarregamento, mantendo pelo menos 80% da sua capacidade de armazenamento inicial (BOCCHI *et al.*, 2019)⁴. Alguns exemplos de baterias recarregáveis são: baterias chumbo/ácido, baterias de cádmio/óxido, baterias de níquel e baterias de íons lítio (PESQUERO *et al.* 2008)².

As BLE são compostas por um ânodo (eletrodo negativo) de metal de lítio, um eletrólito orgânico

(condutor apropriado) e um cátodo (eletrodo positivo) composto de enxofre. A operação começa com a descarga, devido ao cátodo estar em estado carregado. Nessa etapa, o metal de lítio no eletrodo negativo é oxidado, produzindo assim os íons de lítio e elétrons. Os íons de lítio produzidos irão se mover para o eletrodo positivo através do eletrólito internamente. Enquanto os elétrons viajam para o eletrodo positivo, através do circuito elétrico externo, é gerada uma corrente elétrica. Ocorre, então, a redução do enxofre para produção de sulfeto de lítio, aceitando os íons de lítio e elétrons no eletrodo positivo. Reações reversas ocorrerem durante a carga (AURBACH, *et al.*, 2009; MANTHIRAM *et al.*, 2014)⁶.

O lítio é um metal leve e de alta densidade energética, ou seja, capaz de concentrar mais energia em um espaço menor quando comparado com as baterias de níquel-cádmio utilizadas nos primeiros celulares e notebooks ou as automotivas convencionais de chumbo-ácido, empregadas para acionar o motor de veículos a combustão (ZAPAROLLI, 2019)¹.

Fatores específicos como condutividade aceitável, alta solubilidade de polisulfídios e atividade eletroquímica são determinantes na otimização da composição do eletrólito de BLE (KANG, W., *et al.* 2016)³. Segundo a literatura, os solventes mais utilizados na composição do eletrólito de BLE são o DIOX (1,3 *dioxolane*), cuja estrutura química é $(\text{CH}_2)_2\text{O}_2\text{CH}_2$ e o DME (1,2 *dimethoxyethane*), cuja estrutura química é $(\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2)$ (Figura 1 e 2) (SCHEERS *et al.*, 2014)⁷.

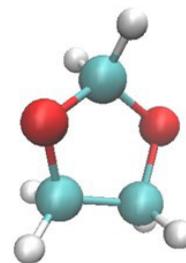


Figura 1: Estrutura molecular do solvente DIOX. Fonte: O autor.

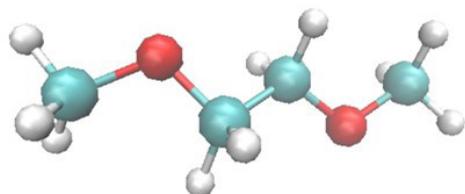


Figura 2: Estrutura molecular do solvente DME. Fonte: O autor.

A literatura sugere que a eficiência do ciclo das células BLE depende fortemente dos solventes utilizados, especialmente das propriedades de nível molecular. Sabe-se que alterações na concentração dos solventes mudam significativamente as características como a viscosidade, solubilidade e atividade eletroquímica dos sais de enxofre nas BLE (SCHEERS *et al.*, 2014)⁷. Em função disso, estudos de Dinâmica molecular de solventes relatados na literatura são de fundamental importância para subsidiar estudos de natureza experimental e para somar-se aos esforços no intuito de compreender a natureza desses processos em escala atômica. Neste sentido, sabe-se que a análise das características geométricas dos solventes mais utilizados no desenvolvimento das BLE é de fundamental importância para o desenvolvimento desses dispositivos, visto que outros trabalhos vêm sendo desenvolvidos utilizando a dinâmica molecular como ferramenta para elucidar processos e reações intermoleculares no estudo das BLS (Park, *et al.*, 2018)⁸. Para compreender como as pesquisas relacionadas as baterias de lítio enxofre se comportaram nos últimos anos foi realizado um estudo cienciométrico. Segundo Quandt *et al.*, (2009)⁹ a cienciométrica estuda a emergência e crescimento de áreas científicas, a formação de recursos humanos e compilações de indicadores científicos.

DINÂMICA MOLECULAR

A Dinâmica molecular baseia-se na mecânica clássica, e utiliza a segunda lei de Newton para prever a dinâmica de um sistema composto de muitas partículas clássicas interagindo através de um potencial em intervalos de tempo em um volume preestabelecido de acordo com os objetivos da simulação (GUTIERRES, 2015)¹⁰. Para se obterem as propriedades macroscópicas de interesse, a aplicação da

mecânica estatística é requerida, a qual tem a função de calcular propriedades observáveis macroscópicas (pressão, energia interna, volume, temperatura, entropia, energia livre etc.), a partir de outras microscópicas (NAMBA *et al.*, 2008)¹¹.

A Dinâmica molecular clássica é muito utilizada na análise de sistemas moleculares por ser capaz de tratar sistemas grandes e um menor tempo computacional, mas não é eficiente para descrever propriedades que dependem intrinsecamente do comportamento dos elétrons, como por exemplo, efeito de tunelamento quântico. Em função disso, a Dinâmica molecular clássica não é ideal para o estudo de sistemas eletrônicos, porque realiza cálculos sem considerar a estrutura eletrônica do sistema. Para esses estudos, utiliza-se a técnica da Dinâmica Molecular *Ab Initio* (DMAI), que permite realizar uma conexão entre o cálculo da estrutura eletrônica e descrição das propriedades físicas do sistema (MARX & HUTTER, 2009)¹². Na técnica de DMAI, os núcleos são tratados como partículas clássicas (contribuição do método de DMC) e os elétrons como partículas quânticas (contribuição dos métodos de estrutura eletrônica).

A DMAI é implementada em vários métodos, entre eles a Dinâmica molecular de Car e Parrinello (DMCP)¹³. Uma das principais características desse método é considerar a energia total do sistema de íons e elétrons interagentes, como uma função da variável clássica para os íons e da variável quântica para os elétrons. Em outras palavras, esse método utiliza física clássica para a descrição do movimento nuclear e a mecânica quântica para a descrição do comportamento eletrônico (MARX & HUTTER, 2009)¹².

O método de Car-Parrinello combina o problema da estrutura eletrônica com a dinâmica molecular dos átomos, diferente do esquema de estrutura eletrônica tradicional, que obtém soluções pela diagonalização de matrizes. Uma das vantagens deste método é que ele trata simultaneamente os íons, por meio da mecânica clássica e a estrutura eletrônica por meio da mecânica quântica. Na dinâmica molecular de Car-Parrinello, atualizar os graus de liberdade eletrônicos para cada configuração de íon não envolve uma minimização significativa do funcional de energia de Kohn-Sham (CAR & PARRINELLO, 1985)¹³.

COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA GERAL DAS BATERIAS DE LÍTIU ENXOFRE

As baterias de lítio enxofre (BLE) são compostas primordialmente dos elementos lítio e enxofre, além do eletrólito e de outras substâncias. Seu eletrodo positivo é basicamente composto de enxofre em uma grade de carbono, e o eletrodo negativo é feito de metal puro de lítio (VOGT,2018)¹⁴. A reação química dos dois elementos mostra que as baterias de BLE têm uma alta capacidade específica teórica de 1.672 mAh/g, que é dez vezes maior do que as baterias de íons de lítio. A capacidade teórica do lítio metálico como eletrodo é igual a 3.862 mAh/g. A energia específica da bateria de 2.600 Wh/kg é a meta teórica (VOGT,2018; HE & MANTHIRAM,2019)^{14,15}.

O eletrólito é um dos principais componentes que fazem a bateria funcionar normalmente. Sua principal função é transportar efetivamente os íons entre os eletrodos, por isso, o eletrólito necessita de uma alta condutividade iônica, principalmente, para os cátions Li^+ (ALMEIDA,2015)¹⁶. O cátodo é um componente chave para otimizar o funcionamento normal deste tipo de bateria e pode ser obtido de várias maneiras diferentes. Por exemplo, muitos esforços têm sido feitos para melhorar a estrutura do cátodo e sua composição química. Nesse sentido, o enxofre tornou-se um material ativo catódico atraente devido ao seu baixo custo, baixo peso equivalente, propriedades não tóxicas e alta capacidade específica teórica (JIN *et al.*, 2003)¹⁷.

O ânodo é uma parte importante do sistema de bateria BLE, porque a estabilidade do ânodo determina a estabilidade de longo prazo do ciclo da bateria BLE. O lítio metálico é usado principalmente como ânodo de baterias de BLE devido ao seu baixo potencial e alta capacidade, resultando em alta densidade de energia. Porém, o lítio metálico é instável quando em contato com eletrólitos orgânicos, o que prejudicará a segurança das baterias recarregáveis à base de lítio metálico (HU, *et al.*, 2014; MANTHIRAM *et al.*, 2014; SHIN, *et al.*, 2013)^{18, 6, 19}.

A escolha do sal de lítio usado como fonte de lítio para o eletrólito depende da estabilidade química e eletroquímica do ânion e do grau de dissociação do sal em um solvente específico. Altas concentrações de íons de lítio livres têm sido buscadas, mas a reatividade dos ânions requer um bom

desempenho de formação de uma película entre um ânodo fortemente reduzido e uma boa resistência à oxidação (SCHEERS *et al.*, 2014)⁷.

Para que a BLE opere com sucesso, o eletrólito deve atender a muitos requisitos, como alta condutividade iônica, boa solubilidade de polissulfeto, baixa viscosidade, estabilidade eletroquímica, estabilidade química e segurança em relação ao lítio. Na maioria dos casos, o uso de um único solvente orgânico não pode atender facilmente a todos esses requisitos, por isso é muito importante otimizar o eletrólito com base em uma mistura de solventes e aditivos (CHOI *et al.*, 2007; HE & MANTHIRAM, 2019)^{20,15}.

Nas BLE têm dominado a mistura binária de 1,3-dioxolano (DIOX - $(\text{CH}_2)_2\text{O}_2\text{CH}_2$) e 1,3-dimetoxietano (DME - $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2$) na proporção de 1:1. O soluto tem de ser capaz de formar uma solução estável sem reagir com os materiais ativos dos eletrodos. (ALMEIDA,2015)¹⁶. O DME é um éter líquido, com alta tensão superficial. Sua temperatura de ebulição é mais elevada, a 85°C, é altamente volátil, inflamável e tóxico a longo prazo. Por causa de sua baixa viscosidade, geralmente, é escolhido como o eletrólito. DIOX é um acetal heterocíclico, altamente inflamável, com ponto de ebulição a 75°C, MM = 74 (MANGINI,2020)²¹.

A proporção de DME e DIOX na mistura de 1:1 pode evitar os problemas inerentes dos compostos individuais. DIOX exibe alta mobilidade de íons e efetivamente reduz a viscosidade do meio eletrolítico, enquanto a presença de sal de lítio prejudica seu desempenho em uma porcentagem desprezível. No entanto, esse solvente sozinho não é suficiente para dissolver o sal de lítio. Por isso, o DME deve ser misturado, pois embora seja menos eficiente nesse aspecto, o DME tem maior capacidade de dissociação e sua adição não causa alteração significativa da viscosidade (KIM; JEONG,2011)²².

PRINCIPAIS UTILIZAÇÕES DAS BLE E TENDÊNCIAS DE MERCADO

As baterias de lítio enxofre são o tipo de bateria mais promissora segundo dados de patenteamento, com uma taxa de crescimento de 33,3%, a maior taxa de crescimento dentre todas as baterias (TÁVORA, 2016)²³. No entanto, para que ocorra a adoção de células BLE algumas características

precisam ser melhoradas, incluindo a aprimoração do ciclo de vida dessas baterias, capacidade de taxa aumentada e densidade de energia volumétrica reduzida

Segundo Fotouhi *et al.* (2017)²⁴, espera-se que os mercados das baterias de BLE se expandam e seja a bateria mais utilizada na área aeroespaciais e espaciais. Outro setor com interesse no uso dessas baterias é o de desenvolvimento de veículos aéreos não tripulados de longa duração e elevadas altitudes. Estes veículos voam na estratosfera, e utilizam painéis solares para proporcionar ao seu sistema de propulsão cargas úteis, e recarregar suas baterias durante o dia. As baterias serão utilizadas para alimentar o sistema à noite.

Algumas características das baterias de BLE como peso leve e segurança aprimorada são vantajosas para a área espacial, em que normalmente a energia é preferida em relação à potência. Atualmente, as fontes de bateria disponíveis são pesadas, reduzindo a função que podem desempenhar nas aplicações de aviação e espaciais. Sendo assim, a aplicação no setor aeroespacial é potencialmente a oportunidade mais transformadora oferecida pelas células BLE (TÁVORA,2016)²³.

Outra possível aplicação das baterias de BLE é em drones de curta duração. Podendo ser utilizados para lazer, mapeamento, entregas ou fotografia, o que tornaria esses equipamentos capazes de voar por mais tempo, além de aumentar sua capacidade de carga. Os drones maiores, utilizados para serviços de segurança e outras tarefas, que possuem um tempo de voo de 8 a 10 horas, também poderiam receber essas baterias. O mercado de veículos automotores pesados, também poderá ser influenciado pelas baterias BLE, assim como mercados que no momento ainda não estão sendo cogitados (FOTOUHI *et al.*, 2017)²⁴.

Metodologia

A análise do interesse científico pelas BLE foi feita por meio de um estudo cienciométrico, que foi realizado utilizando a coleção principal da base de dados Scopus, da editora Elsevier, em uma busca pelo termo "*Lithium sulfur battery*". A busca foi realizada em títulos de artigos, resumos e palavras-chave, entre os anos de 1960 até o

dia 15 de maio de 2021. Foram analisados o número de publicações por ano, os países de publicação, as instituições e os principais periódicos que mais se interessam pelo tema.

Para a DM, inicialmente, foram definidos os sistemas a serem simulados: Uma molécula do solvente DIOX e outra do DME. Foram realizadas 3 simulações: DIOX em fase gasosa (uma molécula apenas), DME em fase gasosa (uma molécula apenas) e DIOX e DME em solução 1:1, sendo 3 moléculas de DIOX e 3 de DME. Para a realização da simulação computacional *ab initio* de DMCP foi utilizado o código computacional CPMD (CPMD, 1997-2001)²⁵. A função de onda eletrônica foi levada para o mínimo de energia, já que a DMCP não é feita para estados excitados. A dinâmica foi realizada, através da integração das equações de movimento, utilizando o algoritmo *Verlet* (VERLET,1967)²⁶ tanto para o sistema eletrônico quanto para o sistema iônico. A estrutura eletrônica foi tratada dentro da aproximação do gradiente generalizado para a DFT. Os elétrons do caroço foram tratados através dos pseudopotenciais *ultrasoft de Vanderbilt* (VANDERBILT, 1990)²⁷, enquanto os elétrons de valência foram representados pelo conjunto de funções de base de ondas planas. O parâmetro de massa fictícia μ utilizado foi 400 a.u. e o passo de integração Δt foi de 5 a.t.u. Foi utilizado uma temperatura de 300 K para controle do sistema iônico. A temperatura do sistema eletrônico não foi controlada. As coordenadas das posições atômicas do sistema foram coletadas a cada 10 passos de integração (1,21 fs) durante os 300 mil passos de simulação computacional atingidos para ambos os sistemas em fase gasosa e 46 mil passos em solução DIOX-DME. Para a determinação dos comprimentos de ligação e ângulos de ligação foi utilizado o software GQTEA. Essa análise foi feita para ambos os sistemas em fase gasosa.

Resultados

ANÁLISE DO INTERESSE CIENTÍFICO PELAS BATERIAS DE LÍTIO ENXOFRE

Foi realizada uma busca na base de dados Scopus, da editora Elsevier, pelo termo "*Lithium sulfur battery*" a fim de compreender quais as principais áreas que se interessam pelo desenvolvimento das baterias de lítio enxofre e

avaliar parâmetros como quantidade de publicação, ano de publicação, países de origem de fabricação e principais instituições que publicam sobre o tema.

De 1970 até 2021, foram publicados 10746 trabalhos relacionados às baterias de lítio enxofre. Em 2009, um trabalho publicado por Ji, Lee e Nazar (2009)²⁸ conseguiu demonstrar que as baterias recarregáveis de lítio enxofre possuem funcionamento robusto e com alto desempenho, potencializando a aplicação deste tipo de baterias. O que despertou ainda mais o interesse da comunidade científica e das empresas. Possivelmente, esse foi um dos principais motivos da multiplicação de artigos publicados sobre o tema. Em 2011, com cerca 97 trabalhos publicados, o dobro do ano anterior. Desde então, o número de publicações aumenta a cada ano, sendo publicados em 2020 mais de 2000 trabalhos e, em 2021 até o momento, foram publicados 998 trabalhos (Figura 3).

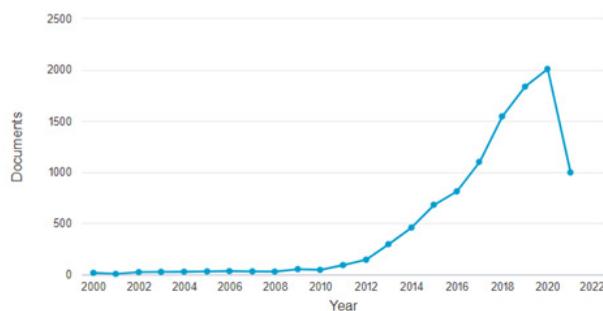


Figura 3: Publicações de trabalhos sobre bateria de lítio enxofre por ano. Fonte: Scopus²⁶ (2021).

O interesse pela produção de trabalhos relacionados às BLE foi estimulado em 2018 também pelo anúncio da primeira fábrica em escala industrial dessas baterias. Segundo Zaparolli (2019)¹, esse projeto deverá ser instalado no Brasil e é liderado pela Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (Codemge), em parceria com a Oxis Energy, uma companhia inglesa. O início das operações é previsto para 2022 com uma produção anual de 300 mil células de bateria no primeiro ano e 1,2 milhão no segundo.

Os principais jornais científicos que publicam sobre as baterias de lítio enxofre estão apresentadas na Figura 4. Dentre eles, podemos destacar: *ACA applied Materials and Interfaces*, *Journal Of Power Sources* e *Advanced Energy Materials*. Até o ano de 2011, apenas a revista *Electrochimica* e *Journal Of Power Sources* publicavam trabalhos relacionados ao tema. E entre os anos de 2017 a 2019, a revista com o maior número de publicações foi a *Journal Of Materials Chemistry A*. Dentre essas revistas, a que possui maior fator de impacto é a *Advanced Energy Materials* (25.245), sendo assim, o periódico mais citados da área e o com maior relevância na publicação. Isso demonstra o interesse das engenharias pelo desenvolvimento das baterias de lítio enxofre.

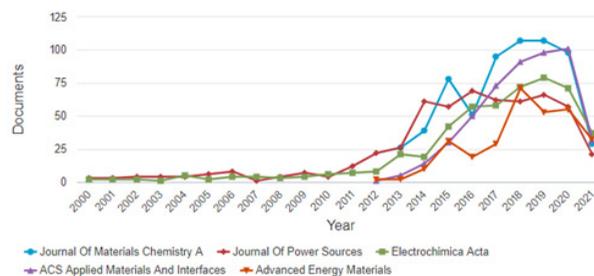


Figura 4: Publicações de trabalhos de bateria de lítio enxofre por fonte de publicação.

Os países que mais publicam sobre baterias de lítio enxofre são: China, Estados Unidos, Coreia do Sul, Japão, Alemanha e Austrália, respectivamente, conforme mostrado na Figura 5. A China é responsável por aproximadamente 60% do total de fabricação sobre o tema. Os Estados Unidos 18% e a Coreia 7%. Os países que mais publicam são os mais interessados no segmento de baterias para mobilidade elétrica (ZAPAROLLI,2019)¹. Segundo Vogt(2018)¹⁴, o número de pesquisadores nas universidades chinesas é possivelmente maior que nos Estados Unidos da América (EUA), onde boa parte dos pesquisadores nas universidades são chineses.

O interesse desses países decorre também das vantagens da aplicação das BLE, como por exemplo, ser

miniaturizável, podendo ser utilizada em equipamentos portáteis e em outros de maior escala, como carros elétricos. Essa última aplicação é importante para o fornecimento de energia limpa, que é atualmente uma preocupação mundial. Isso porque pode contribuir com a redução da emissão de gases provenientes da combustão de derivados de petróleo, que são uma das principais causas do aquecimento global (BOCCHI *et al.*, 2019)⁴.

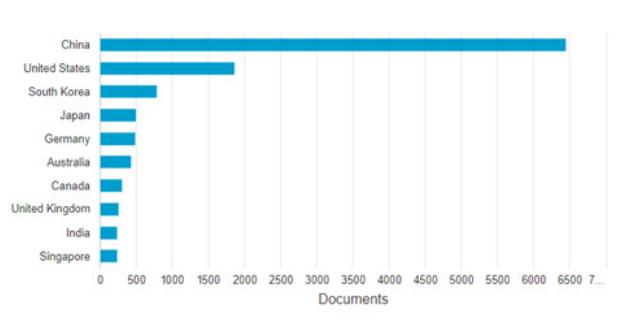


Figura 5: Principais países que publicam trabalhos com o tema de bateria de lítio enxofre. Fonte: Scopus(2021)²⁶.

Em concordância com os resultados encontrados para países de publicação, observa-se que fundações são também as principais responsáveis por patrocinar estudos nessa área. As fundações National natural Science Foundation of China, Ministry of Science and Technology e Ministry of Education of the People's são responsáveis por financiar 53% dos estudos anexados na Scopus (Figura 6).

A *National Natural Science Foundation of China* criada em 1986 é principal responsável pelo financiamento de pesquisas das baterias de lítio enxofre. Essa instituição passou em 2018 a ser gerida pelo Ministério da Ciência e Tecnologia da China. Os financiamentos são destinados a promoção de pesquisa, fomento de talentos e construção de infraestrutura para pesquisa básica.

De acordo com a Figura 7, as cinco principais áreas em que esses estudos estão cadastrados são: Ciências de Materiais (25,3%), Química (23,2%), Energia (14,5%), Engenharia (12,9%) e Engenharia Química (11,2%). É notória a contribuição das Engenharias na elaboração de estudos que norteiam e complementam o desenvolvimento das baterias de

lítio enxofre, bem como nos avanços tecnológicos referentes à área das baterias. A Ciências de Materiais estuda desde melhoria das principais fontes de energia até novos sistemas de transmissão e preservação, bem como novos produtos e serviços ao consumidor (HAHN, 1994)²⁹.

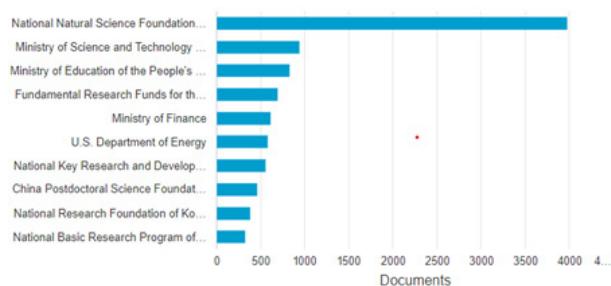


Figura 6: Principais financiadores de trabalhos de bateria de lítio enxofre. Fonte: Scopus(2021)²⁶.

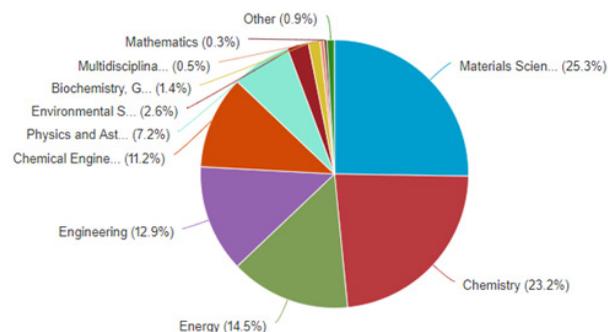


Figura 7: Documentos por área de publicação relacionados à bateria de lítio enxofre. Fonte: Scopus (2021)²⁶.

O desafio para a engenharia é grande em vários setores, com destaque para a mobilidade elétrica, em que o desenvolvimento de baterias mais eficientes é uma das maiores demandas. Segundo a FGV Energia (2017)³⁰ alguns dos países listados também estabeleceram ou estão discutindo datas para banir carros movidos a combustíveis fósseis: Noruega (meta de vender apenas carros elétricos após 2025), Alemanha (banir veículos à combustão interna - VCI - após 2030) e Índia (também banir VCI após 2030).

ANÁLISE DA GEOMETRIA DO SISTEMA

A estrutura da molécula é definida pelo arranjo espacial, em que os átomos se alinham e formam ligações químicas. Este arranjo espacial é definido principalmente pela distância de ligação, ângulo de ligação e ângulo diedro. As estruturas do DIOX e DME são mostradas nas Figuras 8 e 9.

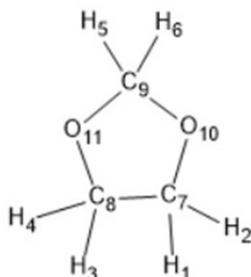


Figura 8: Numeração utilizada para o DIOX (C₃H₆O₂). Fonte: O autor.

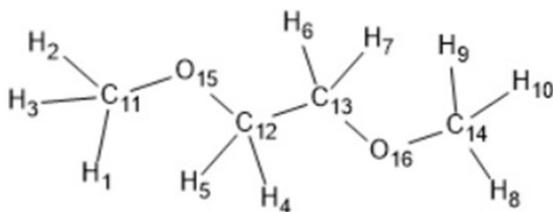


Figura 9: Numeração utilizada para o DME (C₄H₁₀O₂). Fonte: O autor.

O controle das energias nos sistemas eletrônicos e iônicos é feito para verificar se não houver trocas de energia entre os subsistemas iônico e eletrônico e, portanto, garantir a permanência dos elétrons no estado de menor energia (estado fundamental). Isso garante que os resultados obtidos por meio da dinâmica possuem significado físico confiável (Figura 10 e 11).

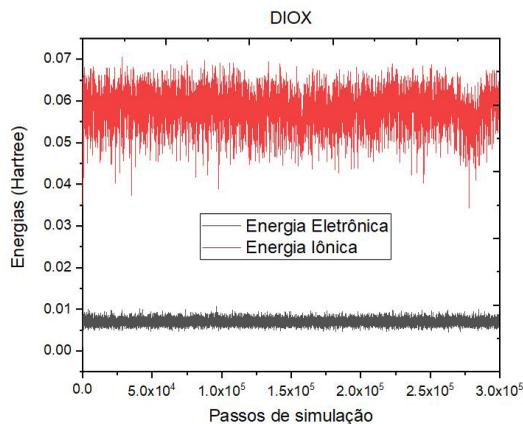


Figura 10: Energias iônica e eletrônica para a simulação do DIOX. Fonte: O autor.

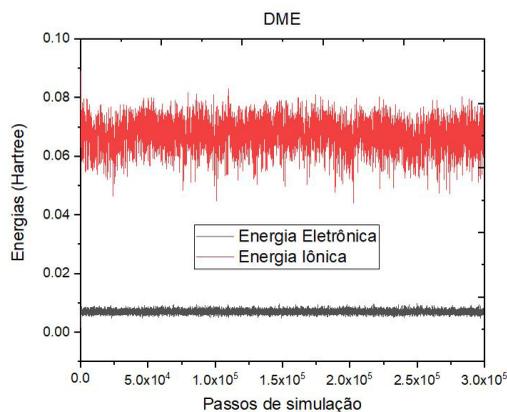


Figura 11: Energias iônica e eletrônica para a simulação do DME. Fonte: O autor.

Como pode ser observado nas Figuras 10 e 11, não houver trocas de energia entre os subsistemas iônico e eletrônico, durante todo tempo das simulações, garantindo que os elétrons não saíram do estado fundamental, em ambos os sistemas simulados. Se as curvas de energias tivessem se cruzado, significaria que os elétrons saíram do estado fundamental e alcançaram estados excitados, invalidando os resultados de DMCP.

Os comprimentos de ligação aqui analisados são as distâncias entre os átomos da molécula de DIOX. Os valores médios no vácuo e os respectivos desvios estão dispostos na Tabela 1.

Os comprimentos de ligação das moléculas de DIOX que sofreram as maiores variações de acordo com o cálculo do desvio padrão foram $C_7 - C_8$, $C_9 - O_{10}$, $C_9 - O_{11}$, $C_7 - O_{10}$ e $C_8 - O_{11}$, cujos valores de desvio padrão são, respectivamente, 0,0359, 0,0357, 0,0348, 0,0344 e 0,0340.

Os comprimentos de ligação aqui analisados são as distâncias entre os átomos da molécula de DME. Os valores médios no vácuo e os respectivos desvios estão dispostos na Tabela 2.

Os comprimentos de ligação das moléculas de DME que sofreram as maiores variações de acordo com o cálculo do desvio padrão foram $C_{12} - C_{13}$, $C_{13} - H_6$, $C_{13} - O_{16}$, $C_{13} - H_7$ e $C_{12} - O_{15}$, cujos valores de desvio padrão são, respectivamente, 0,0336, 0,0327, 0,0322, 0,0322 e 0,0321.

Os ângulos de ligação aqui analisados são os ângulos entre os átomos da molécula de DIOX. Os valores médios de ligação no vácuo e os respectivos desvios estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 1: Comprimentos de ligação da molécula de DIOX.

Átomos	Comprimento de Ligação (Å)	Diferença Absoluta (Å)	Desvio padrão
$C_7 - H_1$	1,1095	0,0011	0,0329
$C_7 - H_2$	1,1092	0,0010	0,0321
$C_7 - O_{10}$	1,4591	0,0012	0,0344
$C_7 - C_8$	1,5435	0,0013	0,0359
$C_8 - H_3$	1,1093	0,0011	0,0329
$C_8 - H_4$	1,1096	0,0011	0,0331
$C_8 - O_{11}$	1,4583	0,0012	0,0340
$C_9 - H_5$	1,1119	0,0010	0,0321
$C_9 - H_6$	1,1115	0,0011	0,0326
$C_9 - O_{10}$	1,4381	0,0013	0,0357
$C_9 - O_{11}$	1,4364	0,0012	0,0348

Tabela 2: Comprimentos de ligação da molécula de DME.

Átomos	Comprimento de Ligação (Å)	Diferença Absoluta (Å)	Desvio padrão
$C_{11} - H_1$	1,1089	0,0010	0,0318
$C_{11} - H_2$	1,1118	0,0010	0,0317
$C_{11} - H_3$	1,1109	0,0010	0,0318
$C_{11} - O_{15}$	1,4359	0,0010	0,0315
$C_{12} - O_{15}$	1,4380	0,0010	0,0321
$C_{12} - H_4$	1,1147	0,0010	0,0310
$C_{12} - H_5$	1,1142	0,0010	0,0320
$C_{12} - C_{13}$	1,5269	0,0011	0,0336
$C_{13} - H_6$	1,1148	0,0011	0,0327
$C_{13} - H_7$	1,1150	0,0010	0,0322
$C_{13} - O_{16}$	1,4383	0,0010	0,0322
$C_{14} - H_8$	1,1086	0,0009	0,0303
$C_{14} - H_9$	1,1114	0,0010	0,0317
$C_{14} - H_{10}$	1,1117	0,0009	0,0308
$C_{14} - O_{16}$	1,4350	0,0009	0,0305

Tabela 3: Ângulos de ligação da molécula de DIOX.

Átomos	Ângulos de Ligação (°)	Diferença Absoluta (°)	Desvio padrão
$H_5 - C_9 - H_6$	111,0244	21,2369	4,6083
$H_5 - C_9 - O_{11}$	109,6678	16,6274	4,0777
$H_5 - C_9 - O_{10}$	109,6278	16,7927	4,0979
$H_6 - C_9 - O_{10}$	109,6377	16,4034	4,0501
$H_6 - C_9 - O_{11}$	109,6283	16,5163	4,0640
$O_{11} - C_9 - O_{10}$	106,8141	5,9944	2,4483
$C_9 - O_{11} - C_8$	103,2035	10,6988	3,2709
$C_9 - O_{10} - C_7$	103,5383	10,5353	3,2458
$O_{11} - C_8 - H_4$	109,1222	16,2314	4,0288

Tabela 3: Ângulos de ligação da molécula de DIOX - continuação.

$O_{11} - C_8 - H_3$	109,0506	16,4822	4,0598
$O_{11} - C_8 - C_7$	103,0082	7,2686	2,6960
$H_4 - C_8 - H_3$	109,5159	21,5133	4,6382
$H_4 - C_8 - C_7$	112,6881	20,8980	4,5714
$H_3 - C_8 - C_7$	112,7801	21,5755	4,6449
$C_8 - C_7 - O_{10}$	103,1205	6,6900	2,5865
$C_8 - C_7 - H_1$	112,7087	20,3666	4,5129
$C_8 - C_7 - H_2$	112,7047	21,1820	4,6024
$H_1 - C_7 - O_{10}$	109,0937	16,5546	4,0687
$H_1 - C_7 - H_2$	109,4716	23,2144	4,8181
$H_2 - C_7 - O_{10}$	109,0779	15,9642	3,9955

Os ângulos de ligação da molécula de DIOX que sofreram as maiores variações de acordo com o cálculo do desvio padrão foram $H_1 - C_7 - H_2$, $H_3 - C_8 - C_7$, $H_4 - C_8 - H_3$, $H_5 - C_9 - H_6$ e $C_8 - C_7 - H_2$, cujos valores de desvio padrão são, respectivamente, 4,8181, 4,6449, 4,6382, 4,6083 e 4,6024.

Os ângulos de ligação aqui analisados são os ângulos entre os átomos da molécula de DME. Os valores médios de ligação no vácuo e os respectivos desvios estão dispostos na Tabela 4.

Tabela 4: Ângulos de ligação da molécula de DME.

Átomos	Ângulos de Ligação (°)	Diferença Absoluta (°)	Desvio padrão
$H_2 - C_{11} - H_3$	108,728	21,368	4,623
$H_2 - C_{11} - H_1$	108,891	24,173	4,917
$H_2 - C_{11} - O_{15}$	110,635	18,779	4,333
$H_3 - C_{11} - H_1$	108,890	22,010	4,692
$H_3 - C_{11} - O_{15}$	110,060	21,236	4,608
$H_1 - C_{11} - O_{15}$	109,080	21,007	4,583
$C_{11} - O_{15} - C_{12}$	113,349	15,869	3,984

$O_{15} - C_{12} - C_{13}$	111,162	19,612	4,429
$O_{15} - C_{12} - H_5$	109,801	18,878	4,345
$O_{15} - C_{12} - H_4$	109,100	20,154	4,489
$H_5 - C_{12} - H_4$	107,913	22,361	4,729
$H_5 - C_{12} - C_{13}$	109,403	20,290	4,504
$H_4 - C_{12} - C_{13}$	108,927	20,257	4,501
$C_{12} - C_{13} - H_6$	109,555	19,795	4,449
$C_{12} - C_{13} - H_7$	108,927	19,739	4,443
$C_{12} - C_{13} - O_{16}$	110,686	17,693	4,206
$H_6 - C_{13} - O_{16}$	110,200	17,584	4,193
$H_6 - C_{13} - H_7$	107,841	22,017	4,692
$H_7 - C_{13} - O_{16}$	109,123	19,320	4,395
$C_{13} - O_{16} - C_{14}$	113,207	14,914	3,862
$O_{16} - C_{14} - H_9$	110,337	18,703	4,325
$O_{16} - C_{14} - H_8$	108,930	20,898	4,571
$O_{16} - C_{14} - H_{10}$	110,570	18,735	4,328
$H_9 - C_{14} - H_{10}$	108,707	22,448	4,738
$H_9 - C_{14} - H_8$	108,926	21,914	4,681
$H_{10} - C_{14} - H_8$	108,853	23,225	4,819

Os ângulos de ligação da molécula de DME que sofreram as maiores variações de acordo com o cálculo do desvio padrão foram $H_2 - C_{11} - H_1$, $H_{10} - C_{14} - H_8$, $H_9 - C_{14} - H_{10}$, $H_5 - C_{12} - H_4$, $H_6 - C_{13} - H_7$ e $H_3 - C_{11} - H_1$, cujos valores de desvio padrão são, respectivamente, 4,917, 4,819, 4,738, 4,729, 4,692 e 4,692.

Os valores encontrados para as distâncias de ligação das moléculas de DIOX e DME são dadas em angström (Å). Os respectivos valores experimentais das distâncias e ângulos desses compostos não foram encontrados na literatura. Esses resultados são muito importantes para que as características geométricas desses compostos sejam completamente elucidadas. A publicação desses resultados é

importante para juntar esforços e colaborar para o completo entendimento das características moleculares de compostos de interesse industrial.

ANÁLISE DA INTERAÇÃO ENTRE OS SOLVENTES DIOX E DME VIA DMCP

Sabe-se que a formação de uma solução estável, capaz de não reagir com os materiais ativos dos eletrodos, é fundamental para o bom funcionamento das BLE. Nesse intuito, o primeiro requisito a ser cumprido é uma composição de solventes que não seja muito reativa consigo mesmo. Dessa maneira, é importante que, quando em solução, ligações de hidrogênio não se formem entre os solventes. Para analisar a estabilidade desses compostos em solução, avaliou-se o comportamento dos solventes DIOX e DME, em solução 1:1, via DMCP.

Para verificar a validade física dos resultados, analisaram-se inicialmente as energias dos subsistemas iônico e eletrônico, como pode ser visto no gráfico da Figura 12. Como pode ser observado, não houve trocas de energias e o sistema se manteve no estado fundamental durante todo tempo de simulação.

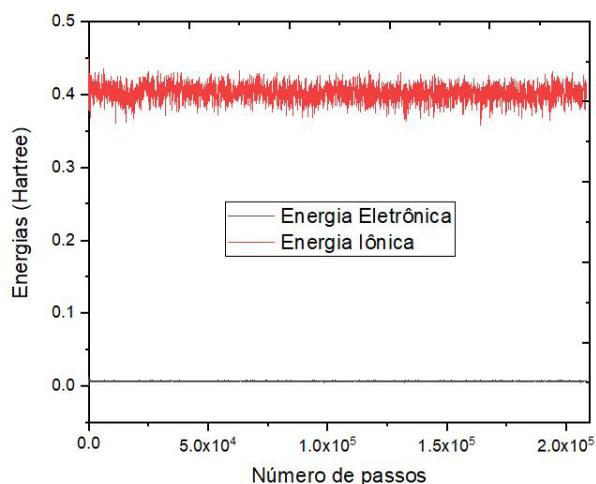


Figura 12: Energias iônica e eletrônica para a simulação de DIOX e DME. Fonte: O autor.

Para que a interação seja classificada como ligação de hidrogênio, como requisito inicial, é necessário que a distância interatômica esteja entre 1,2 e 3,2 Å. Para avaliar as distâncias intermoleculares durante a dinâmica, podem-se observar os valores das distâncias iniciais e finais atingidas pelas moléculas durante a dinâmica na Tabela 5.

Tabela 5: Distâncias entre as moléculas dos solventes na configuração inicial da dinâmica e na configuração final (após 46 mil passos).

Ligação entre moléculas	Distâncias na posição inicial (Å)	Distâncias na posição final (Å)
DME1-DIOX1	1,93	7,96
DME1-DIOX2	3,03	10,88
DME2-DIOX1	2,43	7,67
DME2-DIOX2	1,90	12,97
DME2-DIOX3	3,11	18,92
DME3-DIOX2	2,79	7,67
DME3-DIOX3	2,54	7,28

Percebe-se que, assim como demandado para a composição de uma solução eficiente para a construção das BLE, não são verificadas interações do tipo ligação de hidrogênio entre os solventes na maior parte do tempo da realização da dinâmica, visto que as distâncias entre as moléculas de DIOX e DME tendem a aumentar durante a simulação. Todas as distâncias inicialmente avaliadas aumentam significativamente (Figura 13 e 14).

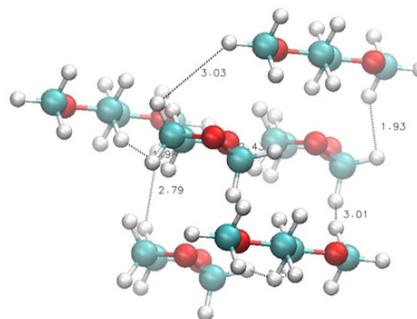


Figura 13: Posições iniciais dos solventes DIOX e DME na simulação. Fonte: O autor.

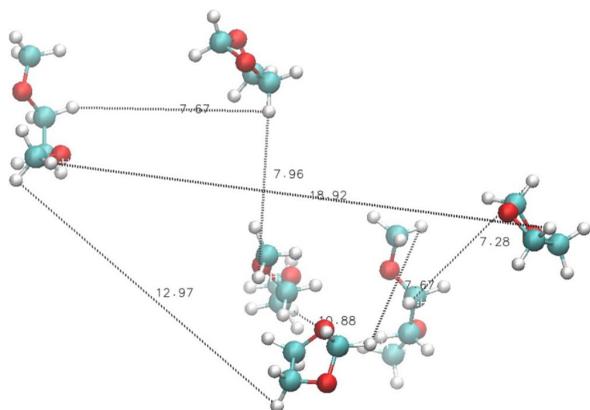


Figura 14: Posições finais dos solventes DIOX e DME na simulação. Fonte: O autor.

É certo que interações do tipo ligação de hidrogênio acontecem em determinados momentos da evolução do processo dinâmico simulado. Isso ocorre devido à própria natureza dessa interação, que ocorre com frequência entre átomos de oxigênio e hidrogênio. Entretanto, não foi verificada nenhuma interação desse tipo que tenha se mantido durante um tempo significativo de simulação. Pode-se afirmar, portanto, que a solução 1:1 de DIOX e DME cumpre o requisito de baixa reatividade entre os solventes, garantindo a estabilidade dessa solução.

Conclusão

A avaliação das publicações científicas sobre as BLE por meio de um estudo cienciométrico mostrou o aumento do interesse científico pelo tema a partir do ano de 2012. Conclui-se que, de 2012 até 2020 o número de publicações foi crescente. A China é o país que mais publicou sobre o tema nos anos avaliados. Cientistas chineses publicaram quase 6500 documentos sobre o tema, enquanto os EUA, segundo país que mais publica sobre o tema, tem menos de 2000 documentos indexados. A área que mais publica artigos sobre o tema é a Ciências de Materiais, com 24,9% do total de publicações, seguida pela Química (23,1%),

Energia (14,5%) e Engenharia (13,7%). Conclui-se, portanto, que o papel das engenharias no desenvolvimento de estudos e indexação de trabalhos sobre as BLE é de grande importância, representando uma parcela significativa do número total de trabalhos disponíveis na plataforma Scopus, da editora Elsevier.

Em todos os sistemas simulados, não houve trocas de energia entre os subsistemas iônico e eletrônico, garantindo a permanência dos elétrons no estado de menor energia, o que valida os resultados encontrados.

A geometria dos solventes 1,3 *dioxolane* (DIOX) e 1,2 *dimethoxyethane* (DME) foi descrita por meio das distâncias e ângulos intermoleculares. Esses resultados são importantes para que as características geométricas desses compostos sejam completamente elucidadas. A publicação desses resultados é importante para juntar esforços no completo entendimento das características moleculares de compostos de interesse industrial, visto que os valores experimentais das distâncias e ângulos desses compostos não foram encontrados na literatura.

Verificou-se que, na solução 1:1 de DIOX e DME, as moléculas se afastam durante o processo de dinâmica e não voltam a se aproximar, cumprindo com o requisito de baixa reatividade entre os solventes. Isso garante a estabilidade da solução, característica importante para a escolha de solventes na fabricação de BLE.

Referências

- ZAPAROLLI, D. FOCO NAS BATERIAS DE LÍTIO. Revista Pesquisa Fapesp, ed. 285, nov. **2019**.
- PESQUERO, N. C.; BUENO, P. R.; VARELA, J. A.; LONGO, E. Materiais cerâmicos de inserção aplicados a baterias de íons lítio. Cerâmica [online], vol.54, n.330, pp.233-244, **2008**.
- KANG, W., et al, A review of recent developments in rechargeable lithium-sulfur batteries. Nanoscale, v. 8, p. 16541-16588, **2016**.
- BOCCHI, N.; BIAGGIO, S. R.; ROCHA-FILHO, R. C. Prêmio Nobel de Química de 2019 Láurea pelo Desenvolvimento das Baterias de Íons Lítio. Química Nova na Escola, v. 41, n. 4, p. 320-326, **2019**.
- AURBACH, D.; POLLAK, E.; ELAZARI, R.; SALITRA, G.; KELLEY, C. S.; AFFINITO, J. On the Surface Chemical Aspects of Very High Energy Density, Rechargeable Li-Sulfur Batteries. Journal Of The Electrochemical Society, v. 156, n. 8, p. 694-702, **2009**.

6. MANTHIRAM, A.; FU, Y.; CHUNG, S.; ZU, C.; SU, Y. Rechargeable Lithium–Sulfur Batteries. *Chemical Reviews*, v. 114, n. 23, p. 11751–11787, **2014**.
7. SCHEERS, J.; FANTINI, S.; JOHANSSON, P. A review of electrolytes for lithium–sulphur batteries. *Journal Of Power Sources*, v. 255, p. 204–218, **2014**.
8. PARK, C. et al, Molecular simulations of electrolyte structure and dynamics in lithium–sulfur battery solvents, *Journal of Power Sources*, v. 373, p. 70–78, **2018**.
9. QUANDT, C. O.; CRUZ, J. A.; ROSA, C. A.; WELGACZ, H. T. A produção científica brasileira em gestão do conhecimento: análise cienciométrica e mapeamento de redes de autores do enegep, 1998-2008. *Revista Gestão Industrial*, v. 5, p. 172-188, **2009**.
10. GUTIERRES, L. I. Simulação por dinâmica molecular de efeitos induzidos pela irradiação iônica de filmes moleculares ultrafinos. 2015. 111 f. Monografia (Especialização) - Curso de Física Médica, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, **2015**.
11. NAMBA, A. M.; SILVA, V. B. da; SILVA, C. H. T. P. da. Dinâmica molecular: teoria e aplicações em planejamento de fármacos. *Eclética Química*, v. 33, n. 4, p. 13–24, **2008**.
12. MARX, D.; HUTTER, J. *Ab Initio Molecular Dynamics: Basic Theory And Advanced Methods*. Cambridge University Press, Cambridge, **2009**.
13. CAR, R., PARRINELLO, M. Unified Approach for Molecular Dynamics and Density Functional Theory. *Physical Review Letters*, v. 55, n. 22, p. 2471-2474, **1985**.
14. VOGT, R. Baterias de submarinos. *Revista Marítima Brasileira*, v. 138, n. 07/09, p. 105-105, **2018**.
15. HE, J., MANTHIRAM, A, A review on the status and challenges of electrocatalysts in lithium-sulfur batteries. *Energy Storage Materials*, v. 20, p. 50-75, **2019**.
16. ALMEIDA, C. M. F. Avaliação das Propriedades Eletroquímicas de Polímeros de Enxofre através de Voltametria Cíclica. 2015. 197 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Energias Renováveis e Eficiência Energética, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, **2015**.
17. JIN, B.; KIM, J. U.; GU, H. B. Electrochemical properties of lithium–sulfur batteries. *Journal Of Power Sources*, [S.L.], v. 117, n. 1-2, p. 148-152, **2003**.
18. HU, J. J.; LONG, G. K.; LIU, S.; LI, G. R.; GAO, X. P. A LiFSI–LiTFSI binary-salt electrolyte to achieve high capacity and cycle stability for a Li–S battery. *Chem. Commun.* v. 50, n. 93, p. 14647-14650, **2014**.
19. SHIN, E. S.; KIM, K.; OH, S. H.; CHO, W. I. Polysulfide dissolution control: the common ion effect. *Chem. Commun.*, v. 49, n. 20, p. 2004-2006, **2013**.
20. CHOI, J.; KIM, J.; CHERUVALLY, G.; AHN, J.; AHN, H.; KIM, K.. Rechargeable lithium/sulfur battery with suitable mixed liquid electrolytes. *Electrochimica Acta*, v. 52, n. 5, p. 2075-2082, **2007**.
21. MANGINI, A. Batterie Li-ione innovative con anodi al silicio: studio di elettroliti additivati con carbonati. 2020. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ingegneria Chimica e Dei Processi Sostenibili, Collegio di Ingegneria Chimica e Dei Materiali, Torino, **2020**.
22. KIM, H. S.; JEONG, C. S. Electrochemical Properties of Binary Electrolytes for Lithium-sulfur Batteries. *Bulletin Of The Korean Chemical Society*, v. 32, n. 10, p. 3682-3686, 20 out. **2011**.
23. TÁVORA, G. P. Análise da Evolução Tecnológica na Área das Baterias Elétricas. 2016. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia da Energia e do Ambiente, Universidade de Lisboa, Lisboa, **2016**.
24. FOTOUHI, A.; AUGER, D.; O'NEILL, L.; CLEAVER, T.; WALUS, S. Lithium-Sulfur Battery Technology Readiness and Applications - A Review. *Energies*, Reino Unido, v. 10, n. 12, p. 1937-1952, **2017**.
25. CPMD, Copyright IBM Corp., Zurich, Switzerland, 1990–2004; Copyright MPI fuer Festkoerperforschung Stuttgart, Stuttgart, Germany, **1997–2001**
26. VERLET, L. Computer Experiments on Classical Fluids. I. Thermodynamic Properties of Lennard, Jones Molecules. *Physical Review*, v. 159, p. 98–103, **1967**.
27. VANDERBILT, D. Soft self-consistent pseudopotentials in a generalized eigenvalue formalism. *Physical Review B*. v. 41, n. 11, p. 7892-7895, **1990**.
28. JI, X.; LEE, K. T.; NAZAR, L. F. A highly ordered nanostructured carbon–sulphur cathode for lithium–sulphur batteries. *Nature Materials*, v. 8, n. 6, p. 500-506, **2009**.
29. HAHN, S. Os papéis da ciência dos materiais e da engenharia para uma sociedade sustentável. *Estudos Avançados*, v. 8, n. 20, p. 36-42, **1994**.
30. FGV Energia. Carros elétricos. 7ª ed. FGV, **2017**. 112 p.

**Fernando C. Oliveira¹,
Lauriane G. Santin^{1*} &
Solemar S. Oliveira²**

¹ Faculdade Evangélica Goianésia, Av. Brasil nº 2020 (1000) – Bairro Covoá – Goianésia – GO, CEP: 76.385-608

² Grupo de Química Teórica e Estrutural de Anápolis (QTEA) – Universidade Estadual de Goiás (UEG), Br. 153, Fazenda Barreiro do Meio, Anápolis – GO, CEP: 75.132-903.

*E-mail: laurianesantin@gmail.com

A Ergonomia no *Home Office*: a Relevância da Ergonomia no Trabalho em Casa

Daniel M. Araújo & Edson A. N. Júnior

Com a criação de novas tecnologias e a facilitação da comunicação entre as pessoas, surgiu o trabalho remoto. O mais conhecido trabalho remoto é o *Home Office*, que é o trabalho em domicílio. O presente artigo buscou avaliar as condições do trabalho em *Home Office* com uma visão ergonômica, tendo em vista que houve um aumento desse tipo de trabalho após a pandemia de Covid-19, além de propor mudanças para melhorar a saúde ocupacional dos trabalhadores. Verificou-se como vantagens uma maior flexibilidade de horário, maior contato com a família e menor carga de estresse por conta dos deslocamentos. Já nas desvantagens, observou-se a interrupção do trabalho devido a imprevistos, bem como a dificuldade de separar o horário de trabalho do horário de descanso.

Palavras-chave: *ergonomia; home office; saúde ocupacional.*

With the creation of new technologies and the facilitation of communication between people, remote work emerged. The best-known remote work is the Home Office, which is homework. This article sought to assess the conditions of work in the Home Office with an ergonomic viewpoint, considering that there was an increase in this type of work after the Covid-19 pandemic, in addition to proposing changes to improve workers occupational health. Advantages were greater flexibility of time, greater contact with the family and less stress due to commuting. As for the disadvantages, it was observed the interruption of work due to unforeseen events, as well as the difficulty of separating the working hours from the rest hours.

Keywords: *ergonomics; home office; occupational health.*

Introdução

Com o constante avanço tecnológico e da sociedade, o setor de serviços vem sofrendo profundas transformações. Isso acarreta a criação de novas necessidades tanto em relação a sociedade quanto em relação ao mercado, já que várias profissões surgiram em decorrência desse avanço tecnológico. A partir disso, está sendo cada vez mais fácil trabalhar remotamente. Contudo, isso significa que fica a critério do trabalhador organizar seu posto de trabalho.

Segundo Oliveira (1996)¹, o crescimento da procura por trabalhos flexíveis está ligado, principalmente, ao crescente aumento da mulher no mercado de trabalho e o surgimento de crises econômicas que provocam a elevação do desemprego, como foi o caso da pandemia de Covid-19.

No cenário atual de estado de calamidade pública que o mundo está vivendo tanto o exercício das atividades laborais quanto o posto de trabalho apresentam-se como possíveis fontes de exposição ao vírus. Desse modo, o espaço laboral se torna local de disseminação da doença, sendo essencial entender, portanto, de que modo as atividades e condições de trabalho podem auxiliar para a disseminação e, principalmente, para o estabelecimento de estratégias para o enfrentamento da pandemia (FILHO et al, 2020)².

A pandemia de Covid-19 e as medidas restritivas decorrentes do distanciamento social, acarretaram a necessidade de rápida adaptação das relações de trabalho. O *Home Office*, ou teletrabalho, foi a alternativa encontrada por uma grande parte da força de trabalho e expressou desafios expressivos, principalmente, para empresas que tinham o controle presencial de frequência como base das relações trabalhistas (LOSEKANN; MOURÃO, 2020)³. Segundo Castro (2020)⁴ 51% das empresas brasileiras não adotavam o sistema de trabalho remoto em *Home Office*.

Para Brik e Brik (2013)⁵ ocorrem três tipos de configuração de *Home Office*: o trabalhador pode ser funcionário de uma empresa, assim tem-se o teletrabalho. O trabalhador pode executar projetos próprios, neste caso, ele se torna um freelancer. E o trabalhador pode tornar-se o empresário de uma home based, empresa com sede em sua residência.

A sociedade ainda está em processo de aprendizagem com todas as mudanças que surgiram a partir da pandemia. Os trabalhadores buscam se adaptar o mais rápido possível a um novo posto de trabalho que não foi corretamente planejado e estruturado. É necessário então que se adotem medidas para tornar esse novo ambiente de trabalho o mais seguro possível. Nesse sentido, destaca-se uma área muito importante da segurança do trabalho, que é a Ergonomia.

Avancini e Ferreira (2003)⁶ apontam que a finalidade da Ergonomia é tornar o trabalho das pessoas mais seguro, confortável e produtivo. Para Panero e Zelnik (2015)⁷, a combinação entre o usuário e o ambiente deve assegurar conforto, segurança e uma vivência agradável. Portanto, as dimensões corporais refletem, por exemplo, a configuração da altura de superfícies de trabalho, nos espaços livres para cadeiras, nas alturas de prateleiras, etc.

Isto posto, o objetivo desse trabalho será relacionar a Ergonomia com o *Home Office* e sugerir mudanças que auxiliem na saúde física e mental do trabalhador, bem como elucidar profissionais de Saúde e Segurança do Trabalho, que normalmente priorizam seus trabalhos na melhoria de grandes meios de produção, acerca desse chamado “novo normal” que estamos vivendo e que pode virar tendência.

Metodologia

Nesse trabalho, foi realizado um estudo qualitativo por meio de referências bibliográficas, tendo como base teórica revistas e artigos acadêmicos disponíveis de forma online e também em meio físico, agrupando e relacionando os dados observados nessas fontes e relatando os principais fatores que podem causar doenças ocupacionais em trabalhadores a partir de um ambiente de *Home Office*, bem como propor mudanças para melhorar a saúde ocupacional deles.

Revisão Bibliográfica

ERGONOMIA

A Ergonomia é uma disciplina científica que busca o entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas. Por meio de suas pesquisas e

análises, os ergonomistas colaboram para o planejamento, o projeto e a avaliação de tarefas, postos de trabalhos, produtos, ambientes e sistemas, de modo que eles sejam mais compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações humanas (ABERGO, 2016) ⁸.

A Ergonomia é uma ciência que trata sobre todos os aspectos das atividades do homem, sendo assim, os ergonomistas precisam desenvolver um estudo bastante amplo e diversificado, atuando tanto nas fases pré-laborais de planejamento e projeto, quanto posteriormente, seja por monitoramento e avaliação, ou até mesmo para uma possível correção. Além disso, os ergonomistas também atuam na organização dos postos de trabalho, a fim de deixá-los compatíveis com as características dos trabalhadores.

Essa ciência se divide em três áreas distintas: a Ergonomia física, a Ergonomia cognitiva e a Ergonomia organizacional. A física se relaciona com a parte mecânica do trabalho, como a postura, o manuseio de ferramentas e os movimentos repetitivos. A cognitiva é a área que aborda os processos mentais, ou seja, a pressão mental, o estresse, a tomada de decisão, entre outros. Já a Ergonomia organizacional é a parte que se refere ao aprimoramento das condições de trabalho, através da comunicação entre as pessoas, da cooperação, da cultura organizacional e da gestão da qualidade dos processos. É nessa área que o teletrabalho se encontra.

TELETRABALHO

A Organização Internacional do Trabalho (OIT), em inglês International Labour Organization – ILO (2016)⁹, define o teletrabalho como uma forma de trabalho executada fora do escritório central ou do local de produção, onde o trabalhador não tem contato direto com seus colegas de trabalho e a comunicação entre os mesmos é feita por meio da tecnologia. Essa definição foi feita, propositalmente, de forma abrangente, para que cada país adapte a sua realidade e facilite a implementação do teletrabalho.

Por ter uma conceituação complicada e segmentada em várias áreas de conhecimento, o conceito de teletrabalho deve levar em conta diversas variáveis. Nicklin, Cerasoli

e Dydyn (2016)¹⁰ propõem um modelo que classifica o teletrabalho nos seguintes tópicos: proporção (parcial/integral); localização (fixa/móvel); horário de trabalho (fixo/variável); colaboração (baixa/alta); autonomia (baixa/alta); sincronia (periódico/concomitante).

Segundo Costa (2003)¹¹, o teletrabalho pode ser executado em locais pertencentes à própria empresa ou não, fora da área da empresa; em locais temporários que possuam recursos tecnológicos; sem local fixo, podendo ser feito onde o profissional esteja; ou no ambiente residencial, em *Home Office*.

FREELANCE

O termo freelancer surgiu na época da Revolução Industrial da Inglaterra no final do século XVIII, quando as fábricas e as máquinas começaram a mudar a forma de trabalho e de vida das pessoas (HOROWITZ, 2012)¹².

Atualmente, um freelancer é definido como alguém que presta serviços a terceiros sem um contrato de longo prazo (BURKE, 2008)¹³. Os freelancers possuem um grande número de cliente e, geralmente, não trabalham apenas para um. Muitos trabalham em *Home Office*, mas alguns possuem escritórios próprios.

Há muitos riscos relacionados a esse tipo de trabalho. Por ser seu próprio chefe e só receber a partir do que ele produz, o freelancer costuma trabalhar mais horas por dia devido ao alto fluxo de trabalho, ficando disponível a um maior nível de estresse e ansiedade.

HOME BASED

Esse tipo de *Home Office* é bastante similar ao de freelance. A diferença é que no home based o trabalhador possui sua própria empresa, com sede localizada em sua residência.

As empresas home based surgiram a partir do avanço tecnológico de mobilidade. Esse tipo de empresa normalmente é de posse de apenas uma pessoa, que trabalha em casa, sem horário fixo definido (CANEPPELE, 2014)¹⁴.

Ainda segundo Caneppele (2014)¹⁴, esse tipo de empreendimento possui algumas vantagens como

fazer seu próprio horário de trabalho e não enfrentar congestionamentos. A desvantagem é a fácil distração com tarefas domésticas, que acabam atrapalhando o bom funcionamento da empresa.

ERGONOMIA NO HOME OFFICE

Em termos de Ergonomia, grande parte das residências não estão preparadas para alocar um posto de trabalho. O espaço é pequeno, a mobília não é adequada e a iluminação é ineficiente.

É preciso aplicar as concepções de Ergonomia nesses locais, seja com o fornecimento de recursos da empresa para uma intervenção ou com treinamento dos funcionários para que possam identificar os riscos e propor as correções, mas sempre respaldado por um agente de Saúde e Segurança do Trabalho (SST) (MESQUITA; SOARES, 2020)¹⁵.

Para a organização do espaço de trabalho correto na residência, o trabalhador deve priorizar locais ventilados, que não seja seu quarto, e com boa iluminação natural. Quando a iluminação natural não for possível, é recomendado o uso de lâmpadas de LED. Sempre utilizar cadeiras com certificação da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para uma postura correta e nunca trabalhar deitado em sofás ou camas (REIS et al., 2020)¹⁶.

Resultados e Discussão

Segundo Laville (1977)¹⁷, os dados ergonômicos mais relevantes que compõem o local de trabalho são o meio ambiente físico e os aspectos relacionados à duração, ao horário e aos descansos. Esses dados devem ser analisados de forma integrada, pois atuam concomitantemente. Ademais, fora as atividades físicas, praticamente todas as tarefas possuem uma atividade mental.

De acordo com Iida e Guimarães (2016)¹⁸, um projeto ergonômico do ambiente de trabalho tem o objetivo de aumentar a eficiência do serviço, proporcionando saúde, segurança e satisfação ao trabalhador. O planejamento desse local é etapa fundamental para um bom desempenho da atividade, pois permite que o trabalhador mantenha uma postura não forçada e efetue movimentos equilibrados. As

recomendações são de que a altura da mesa e da cadeira sejam conjugadas. Se a mesa for fixa, a cadeira deve ter regulagem para se ajustar a ela, e vice-versa. A iluminação também é fundamental ao trabalho, visto que as informações sobre o ambiente são captadas pela visão.

Mager e Merino (2012)¹⁹ mostraram, por meio de uma pesquisa feita com trabalhadores de *Home Office* de Florianópolis, que 100% dos entrevistados relatam ter desconfortos físicos que aparecem enquanto estão trabalhando, e a maioria está relacionado ao arranjo inadequado do posto de trabalho. Na Tabela 1, são apresentados os principais desconfortos físicos relatados por usuários durante o período laboral.

Tabela 1: Principais desconfortos físicos relatados por usuários de *Home Office*. Fonte: Adaptado de Mager e Merino (2012)¹⁹.

Desconforto	Porcentagem
Dor nas costas	27%
Dor nos ombros	22%
Dor nos braços	11%
Dor nos pés	11%
Cansaço mental	7%
Dor na lombar	7%
Dor nas pernas	7%
Dor nos olhos	4%
Dor nos punhos	4%

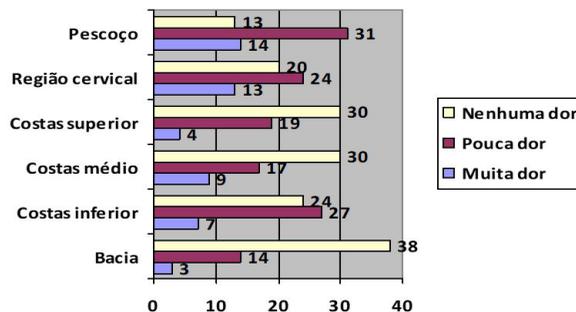


Figura 1: Nível de dor na região do tronco. Fonte: Adaptado de Catañon et al (2016)²⁰.

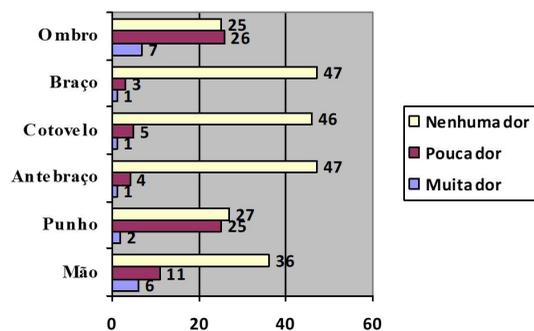


Figura 2: Nível de dor nos membros superiores – lado direito. Fonte: Adaptado de Catañon et al (2016)²⁰.

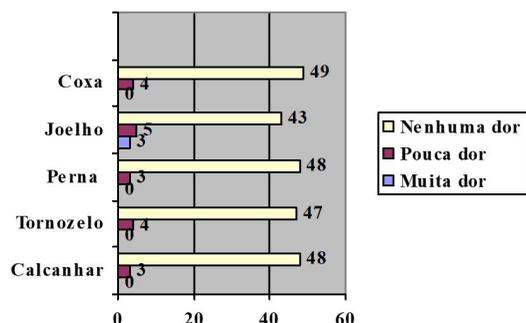


Figura 5: Nível de dor nos membros inferiores – lado esquerdo. Fonte: Adaptado de Catañon et al (2016)²⁰.

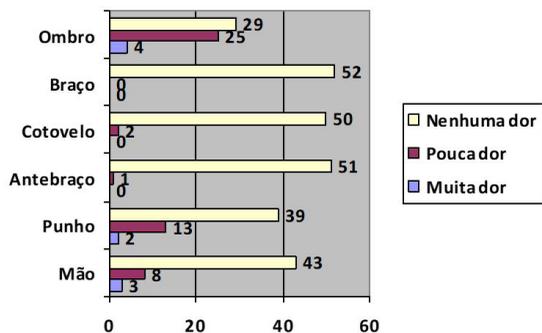


Figura 3: Nível de dor nos membros superiores – lado esquerdo. Fonte: Adaptado de Catañon et al (2016)²⁰.

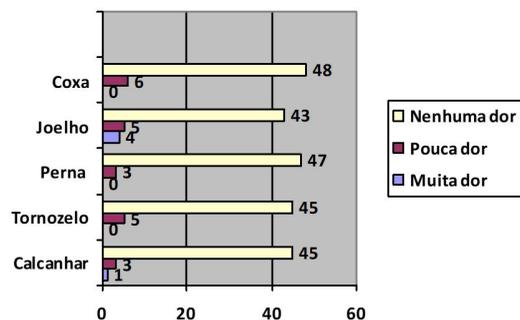


Figura 4: Nível de dor nos membros inferiores – lado direito. Fonte: Adaptado de Catañon et al (2016)²⁰.

Esses dados são confirmados no estudo feito por Castañon et al (2016). Segundo os autores, a região de maior desconforto é o tronco, conforme mostra o Gráfico 1. Posteriormente, têm-se os membros superiores, conforme mostram os Gráficos 2 e 3. E, por último, os membros inferiores, mostrados nos Gráficos 4 e 5.

Avancini e Ferreira⁶ (2003) afirmam que a postura é um fator preponderante da fadiga. É essencial que o mobiliário seja apropriado de forma que o mesmo mitigue a quantidade de força envolvida no serviço. Laville (1977)¹⁷ diz que a postura pode ter como definição a organização dos segmentos corporais no espaço, submetendo-se a atributos anatômicos e fisiológicos do corpo e mantendo uma relação com as atividades laborais. Os efeitos a longo prazo da má postura são enormes. Além do cansaço muscular, podem ocorrer também uma sobrecarga no aparelho respiratório, aparição de edemas, varizes e afecções nas articulações, artrose, bursite, deformação na coluna vertebral e hérnias de disco.

Um dos mecanimos mais utilizados como forma de controle do aumento desses incômodos são os programas de ginástica laboral. A ginástica laboral tem o objetivo de aumentar a força muscular e melhorar a flexibilidade. Esse tipo de exercício tem capacidade para promover uma melhora da saúde, da capacidade do trabalho e da qualidade de vida dos trabalhadores (COURY; MOREIRA; DIAS, 2009)²¹.

No momento em que vivemos, é fundamental que medidas de controle sejam criadas para que ocorra uma diminuição dos casos de doenças ocupacionais causadas pela falta de Ergonomia. O *Home Office* que, antigamente, costumava ser desdenhado, tornou-se normal. Então, é necessário que se desenvolva mais pesquisas nesse assunto, podendo ser essa área um novo foco de atuação de profissionais de saúde e segurança do trabalho.

Conclusão

Desde a Revolução Industrial, o modo de trabalhar vem passando por constantes transformações. Novas tecnologias e crises, como é o caso da Covid-19, contribuem para que se criem ou que se acelerem formas de trabalhar. Tendo isso em vista, esse artigo teve como objetivo contribuir para o aumento de conhecimento do trabalho em *Home Office* que passou a se tornar mais frequente atualmente.

Nesse modelo de trabalho, existem vantagens e desvantagens que podem ser observadas. Do mesmo modo que o *Home Office* pode oferecer maior flexibilidade de horário, maior contato com a família, bem como uma menor carga de estresse por conta dos deslocamentos, o profissional pode acabar sofrendo com imprevistos que surgem em casa, com a dificuldade de separar o momento do trabalho do momento de descanso, trabalhando mais tempo que o normal, e ainda com problemas de saúde que podem surgir quando não há uma preocupação em ajustar o ambiente do lar para o trabalho.

Com os resultados obtidos por meio da revisão bibliográfica, pôde-se observar que os maiores desconfortos são sentidos na região do tronco. Esses desconfortos surgem devido à utilização de um mobiliário incorreto para o posto de trabalho e a falta de orientação que os profissionais tem sobre a Ergonomia e a sua importância na prevenção de doenças laborais.

É importante analisar todos os aspectos que envolvem o trabalho em *Home Office*. Os trabalhadores precisam de suporte e orientação da empresa, no caso do teletrabalho, pois são eles os responsáveis pela organização e adequação dos seus postos de trabalho. Desse modo, os profissionais

de SST, sejam eles especialistas em Ergonomia ou não, precisam atuar diretamente em empresas que adotam o sistema de teletrabalho, a fim de criar melhores procedimentos para os funcionários.

Por fim, a presente pesquisa serve como uma forma de alerta aos trabalhadores que adotam o sistema de *Home Office* tanto para os que possuem vínculo empregatício, quanto para os autônomos. Todos devem ficar atentos em relação à saúde do corpo e da mente, para que se possa ter êxito na vida profissional, e que não venham a sofrer futuramente por causa de um espaço de trabalho inadequado.

Referências

1. OLIVEIRA, M. M. V. A ergonomia e o teletrabalho no domicílio. **1996**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
2. FILHO, J. J. et al. A saúde do trabalhador e o enfrentamento da COVID-19. *Rev. bras. saúde ocup.*, v.45, e14, **2020**.
3. LOSEKANN, R. G. C. B.; MOURÃO, H. C. Desafios do teletrabalho na pandemia covid-19: quando o home vira office. *Maringá: Caderno de Administração*, v. 28, p. 71-75, **2020**.
4. CASTRO, N. É possível conciliar o Home com o Office?. **2021**
5. BRIK, M. S.; BRIK, A. Trabalho portátil: Produtividade, economia e qualidade de vida no home office das empresas. Curitiba: Edição do autor, **2013**.
6. AVANCINI, F.; FERREIRA, F. Ergonomia e postura no trabalho. Rio de Janeiro: Editora Virtual Científica, **2003**.
7. PANERO, J.; ZELNIK, M. Dimensionamento humano para espaços interiores: um livro de consulta e referências para projetos. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, **2013**.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ERGONOMIA, ABERGO. O que é ergonomia? **2021**
9. INTERNATIONAL LABOR ORGANIZATION, ILO. Challenges and Opportunities of Teleworking for Workers and Employers in the ICTS and Financial Services Sector.
10. NICKLIN, J. M.; CERASOLI, C. P.; DYDYN, K. L. Telecommuting: What? Why? When? And How?. In: Jee J. (eds) *The Impact of ITC on Work*. Springer, Singapore, **2016**.
11. COSTA, I. S. A. Poder/saber e subjetividade na construção do sentido do teletrabalho. **2003**, Tese (Doutorado em Administração) – Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro.
12. HOROWITZ, S. *The freelancers bible: everything you need to know*

to have the career of your dreams—on your terms. New York: Workman Publishing, **2012**.

13. BURKE, M. The principles of successful freelancing. Canada: Sitepoint, **2008**.

14. CANEPPELE, A. L. Partitura Trio: Uma proposta do design de mobiliário para ambientes Home Offices. **2014**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Design) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí.

15. MESQUITA, D. F.; SOARES, M. I. Ergonomia na era do teletrabalho: impactos para a saúde e segurança do trabalho. **2020**. Artigo (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Fundação Educacional de Lavras, Lavras.

16. REIS, T. B. et al. A prática do home office em períodos de isolamento social. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento do ISECENSA, **2020**.

17. LAVILLE, A.. Ergonomia. São Paulo: EPU: Editora da Universidade de São Paulo, **1977**.

18. IIDA, I.; GUIMARÃES, L. Ergonomia: projeto e produção. 3. ed. São Paulo: Blucher, **2016**.

19. MAGER, G. B.; MERINO, E. A contribuição da ergonomia no design de home offices. **2012**. Artigo – Centro de Comunicação e Expressão, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

20. CASTAÑÓN, J. A. B. et al (2016). O home office e a ergonomia nas condições de trabalho e saúde de arquitetos e engenheiros. 1º Congresso Internacional de Ergonomia Aplicada, Blucher Engineering Proceedings, v.3, n.3. São Paulo: Blucher, **2016**.

21. COURY, H. J. C. G.; MOREIRA, R. F. C.; DIAS, N. B. Efetividade do exercício físico em ambiente ocupacional para controle da dor cervical, lombar e do ombro: uma revisão sistemática. Rev. bras. fisioter., v. 13, n. 6, p. 461-479, dez. **2009**.

Daniel M. Araújo* & Edson A. N. Junior

Faculdade Senai Roberto Mange – Rua Professor Roberto Mange, nº 239, Bairro Jundiá – Anápolis/GO

*E-mail: eng_daniel_araujo@hotmail.com

Caracterização e Análise das Condições de Exposição à PNOS em uma Indústria do Ramo Farmacêutico Localizada em Anápolis - GO

Simone J. S. Morais, Laiane N. Santos & Danillo V. Veloso

Dentre os riscos químicos inerentes à atividade farmacêutica, partículas não especificadas representam uma parcela subestimada no grupo de poeiras. Este trabalho objetiva analisar e caracterizar as condições de exposições às PNOS em uma indústria farmacêutica. Após a caracterização dos processos produtivos da empresa, realizou-se a amostragem de concentração de poeiras sob metodologia específica nos colaboradores de maior exposição. Obtiveram-se resultados dentro dos limites estabelecidos pela Norma Regulamentadora NR-15 com alguns setores dentro dos limites para nível de ação conforme NR-09. Concluiu-se que para a efetiva proteção contra as doenças ocupacionais causadas pela poeira é importante seguir as medidas de segurança.

Palavras-chave: *poeiras; doenças ocupacionais; normas regulamentadoras; higiene ocupacional.*

Among the chemical risks inherent in the pharmaceutical activity, unspecified particles represent an underestimated portion in the dust group. This work aims to analyze and characterize the conditions of PNOS practices in a pharmaceutical industry. After the characterization of the company's production processes, a sampling of dust concentration was carried out under specific methodology in employees with greater exposure. Results were obtained within the limits defined by Regulatory Standard NR-15 with some sectors within the limits for the level of action according to NR-09. It is concluded that, for effective protection against occupational diseases caused by dust, it is important to follow safety measures.

Keywords: *dust; occupational diseases; regulatory norms; occupational hygiene.*

Introdução

A indústria farmacêutica tem sua atividade regulada pelo poder público, é um processo no qual nenhum dos produtos sujeitos aos regimes de vigilância sanitária poderão ser trabalhados antes da concessão do registro do produto junto ao poder público regulador. A fabricação de medicamentos está cercada de uma série de práticas e controles que visam assegurar aos produtos produção e controle dentro dos padrões de qualidade apropriados para o uso (ALENCAR, 2005)¹.

Na produção de medicamentos, as matérias-primas utilizadas não são, em sua maioria, administradas tal como se apresentam. Faz-se necessário submetê-las a algumas manipulações com a finalidade de transformá-las nas formas farmacêuticas, que se tornarão o produto final administrado aos doentes. (ALENCAR, 2005)¹.

Os trabalhadores da indústria farmacêutica podem absorver fármacos involuntariamente e, os efeitos que derivam desta absorção são considerados potencialmente tóxicos. Há que se considerar também, que esta absorção pode ocasionar riscos de acidentes, como, em casos de exposição a drogas que induzem à sonolência em colaboradores que trabalham com máquinas em movimento. A exposição crônica a estes compostos poderá resultar, ainda, no desenvolvimento de resistência às drogas, dificultando a eficácia de medicamentos quando, de fato, precisa-se fazer uso destes por ocasião do acometimento de alguma patologia (ALENCAR, 1999)².

A indústria de medicamentos, apesar de ser um segmento que utiliza tecnologias modernas, apresenta diversos riscos químicos, os quais são constituídos essencialmente por: contaminação-cruzada, contaminação por partículas e troca ou mistura de produto (BRASIL, 2003)³. Dados sobre os danos causados à saúde do trabalhador na indústria farmacêutica não são facilmente encontrados, entretanto, várias doenças têm sido associadas à fabricação de drogas, tais como: alergias, desordens dos rins, supressão adrenocortical e síndrome feminisation. (MATTOS; NASCIMENTO, 1997)⁴.

Os riscos químicos estão relacionados à exposição a substâncias, compostos ou produtos químicos que possam

penetrar nos organismos através das vias respiratórias, na forma de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases e vapores, ou que, pela natureza da atividade, possam ter contato ou ser absorvidos pelo organismo através da pele ou por ingestão (BRASIL, 1994)⁵. Por isso, um dos principais desafios para os higienistas na indústria farmacêutica é a produção de poeiras no manuseio de sólidos. As operações de moagem, peneiramento, granulação, descarregamento de matérias-primas em sacos e/ou barricas são típicas da alta produção de poeiras (NAUMANN; SARGENT, 1997)⁶.

Tendo em vista as poeiras dispersas no ambiente, desencadeadas pelos processos produtivos de medicamentos sólidos, sendo estas de difícil especificação, o objetivo deste trabalho foi analisar e caracterizar as condições de exposições aos particulados não especificados ou PNOS (Particles Not Otherwise Specified) em uma indústria farmacêutica situada no distrito industrial de Anápolis – GO. O trabalho visou contribuir para a realização de estudos acadêmicos mais aprofundados no tocante às PNOS, tema pouco discutido na literatura e que enseja atenção quando se pensa em saúde e segurança dos trabalhadores na indústria de medicamentos.

Referencial Teórico

CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO FARMACÊUTICO

Os processos de fabricação de medicamentos são definidos basicamente em função da forma farmacêutica que se deseja obter. Existem as formas farmacêuticas sólidas, ou seja, comprimidos, cápsulas e pós; e existem as formas líquidas, que incluem os xaropes, soluções e suspensões. A forma farmacêutica predominante é a sólida, mais especificamente os comprimidos, que normalmente possuem em sua composição a substância ativa e outras substâncias não ativas, estas chamadas de excipientes, são aquelas responsáveis por assegurar que o medicamento possua peso, volume e consistência necessários para a correta administração do princípio ativo. (ALENCAR, 2005)¹.

Conforme Alencar (2005)¹ são utilizados três métodos básicos para preparação de comprimidos, são eles:

granulação úmida, granulação a seco e compressão direta. O autor afirma que o método de granulação a seco é aplicável a materiais que não podem ser preparados por granulação úmida, pois podem sofrer degradação com a umidade ou com as elevadas temperaturas para secagem. Por fim, algumas substâncias químicas possuem propriedades de coesão que possibilitam a compressão direta através de excipientes especiais. O processo de fabricação de formas farmacêuticas sólidas pode ser sequenciado nas suas etapas de produção conforme Figura 1.



Figura 1: Processo de fabricação de formas farmacêuticas sólidas
Fonte: Alencar, 2005¹.

- Movimentação de Insumos: recebimento, conferência e armazenamento temporário (quarentena);
- Análise de Qualidade dos Insumos: verificação das características de qualidade;
- Armazenamento de Insumos Liberados: insumos armazenados respeitando as condições específicas;
- Pesagem e Fracionamento dos Insumos: fracionamento e pesagem de produtos químicos e farmoquímicos, e separação de materiais de embalagem;
- Liberação de Linhas: todas as áreas, salas, equipamentos, recipientes e utensílios são limpos e sanitizados antes da manipulação;
- Tamização e Mistura: Ajuste de granulometria dos pós e mistura desses;

- Granulação / Secagem: formação dos grânulos, retirada do excesso de umidade do granulado e uniformização dos grânulos;
- Análise de Produtos a Granel: verificação da qualidade;
- Compressão: compactação dos pós para a forma de comprimido;
- Análise de Produtos Intermediários: verificação da qualidade;
- Revestimento: Aplicação de uma fina camada de polímero;
- Emblistamento ou Envelopamento: embalagem dos comprimidos em blister ou envelopes;
- Embalagem Secundária: acondicionamento de múltiplas unidades de blister ou envelopes em caixas de papelão;
- Análise do Produto Acabado: análise do controle de qualidade;
- Expedição: depois de aprovados pelo controle de qualidade, saem do almoxarifado para a expedição.

ASPECTOS LEGAIS

O controle da exposição a agentes químicos nos ambientes é assunto previsto na legislação brasileira, a qual estabelece dentre outros parâmetros os limites de tolerâncias TLV (*Threshold Limit Values*) para exposição a agentes químicos tendo em vista uma jornada de trabalho de 8 horas diárias. (ALENCAR, 2005)¹.

A Norma Regulamentadora nº 09, NR-09 do Ministério do Trabalho e Previdência (BRASIL⁷, 2020), prevista para entrar em vigor em janeiro de 2022, define os requisitos para a avaliação das exposições ocupacionais a agentes físicos, químicos e biológicos quando identificados no Programa de Gerenciamento de Riscos – PGR. Enquanto não forem estabelecidos os Anexos a esta Norma, devem ser adotados para fins de medidas de prevenção os critérios e limites de tolerância constantes na NR-15 (BRASIL, 2019)⁸ e seus anexos; sendo definido como nível de ação para os agentes químicos a metade dos limites de tolerância.

Ainda conforme a NR-09 (BRASIL, 2020)⁷, na ausência de limites de tolerância previstos na NR-15 e seus anexos, devem-se utilizar como referência para a adoção de medidas de prevenção aqueles previstos pela ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*). Sendo considerado nível de ação, o valor acima do qual devem ser implementadas ações de controle sistemático de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições ocupacionais ultrapassem os limites de exposição.

Já a NR-6 (BRASIL, 2018)⁹ detalha a forma de proteção individual os EPIs (Equipamentos de Proteção Individual) de acordo com a área de exposição conforme a Tabela 1.

PNOS – PARTÍCULAS NÃO ESPECIFICADAS

A PNOS (*Particles Not Otherwise Specified*) pode ser definida como partículas não especificadas ou sem evidências de efeitos à saúde, são partículas insolúveis ou fracamente solúveis em água ou líquido pulmonar aquoso; possuem baixa toxicidade, ou seja, não são citotóxicos, genotóxicos ou de outra forma quimicamente reativos com o tecido pulmonar e não emitem radiação ionizante. No entanto, causam sensibilização imunológica e efeitos tóxicos que não sejam por inflamação. (ACGIH, 2021)¹⁰.

De acordo com a ACGIH (2021)¹⁰, mesmo partículas biologicamente inertes, insolúveis ou fracamente solúveis podem ter efeitos adversos à saúde. Por isso, a recomendação é que as concentrações de PNOS sejam mantidas abaixo de 3mg/m³ de partículas respiráveis e 10mg/m³ de partículas inaláveis, estabelecendo assim uma diretriz ou orientação e não um TLV aplicável.

Conforme a ACGIH(2021)¹⁰, para partículas sólidas e líquidas, os TLVs são expressos em termos de material particulado “total”, exceto quando os termos particulado inalável, torácico ou respirável são adotados. A ACGIH vem buscando substituir todos os TLVs particulados "totais" ® por TLVs de massa particulada inalável, torácica ou respirável. Para isso, foram definidos critérios de amostragem seletiva por tamanho de partícula para material particulado aerotransportado, para as definições de material particulado inalável, torácico e respirável:

Tabela 1: Lista de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs).
Fonte: NR-06 (BRASIL,2018)⁹.

Proteção	Descrição
Respiratória	Respirador purificador de ar não motorizado: a) peça semifacial filtrante (PFF1) para proteção das vias respiratórias contra poeiras e névoas; b) peça semifacial filtrante (PFF2) para proteção das vias respiratórias contra poeiras, névoas e fumos; c) peça semifacial filtrante (PFF3) para proteção das vias respiratórias contra poeiras, névoas, fumos e radionuclídeos; d) peça um quarto facial, semifacial ou facial inteira com filtros para material particulado tipo P1 para proteção das vias respiratórias contra poeiras e névoas; e ou P2 para proteção contra poeiras, névoas e fumos; e ou P3 para proteção contra poeiras, névoas, fumos e radionuclídeos; e) peça um quarto facial, semifacial ou facial inteira com filtros químicos e ou combinados para proteção das vias respiratórias contra gases e vapores e ou material particulado.
Tronco	Vestimentas para proteção do tronco contra agentes químicos.
Membros Superiores	Luvas para proteção das mãos contra agentes químicos.
Membros Inferiores	Calçado para proteção dos pés e pernas contra agentes químicos.
Corpo Inteiro	Macacão para proteção do tronco e membros superiores e inferiores contra agentes químicos.

- **Fração de Particulado Inalável:** é aquela fração de uma nuvem de poeira suspensa no ar que pode entrar pelo nariz ou pela boca. É composta por partículas menores que 100 micrômetros (µm), sendo capaz de penetrar em várias regiões do trato respiratório, à medida que seu

tamanho diminui, até chegar aos alvéolos. Essa fração da poeira pode ser absorvida pelo corpo e causar efeitos sistêmicos, dependendo de sua toxicidade, quando a partícula é solúvel nos fluídos do corpo, ou pode causar um efeito direto no local da deposição.

- **Fração de Particulado Torácico:** é uma subfração da fração inalável composta por partículas menores que 25 micrômetros, podendo penetrar nas vias aéreas superiores e entrar nas vias aéreas dos pulmões. Essa fração da poeira é responsável por efeitos locais, como broncoconstrição, asma, agravamento de bronquite crônica ou indução de tumores broncogênicos.
- **Fração de Particulado Respirável:** é uma subfração da fração torácica do ar inalado composta pelas partículas menores que 10 micrômetros, sendo capaz de penetrar além dos bronquíolos terminais, entrando na região alveolar. A amostragem da fração respirável é sugerida quando a poeira é insolúvel e a doença está associada com a região de troca de gases do pulmão, como as doenças fibrogênicas (silicose, por exemplo) ou enfisema pulmonar.

DOENÇAS RELACIONADAS E MEDIDAS DE CONTROLE

As poeiras podem ser entendidas como um conjunto de partículas que são geradas mecanicamente por procedimento de ruptura ou rompimento, ou ainda, por uma desagregação de partículas maiores em menores. Os trabalhadores, quando expostos a um longo período de tempo, podem adquirir doenças do grupo das pneumoconioses, que oferecem perigo por causar enrijecimento dos tecidos pulmonares (PEIXOTO & FERREIRA, 2012)¹¹.

A pneumoconiose é uma doença que tem como causa, o acúmulo de poeiras nos pulmões e suas reações que ocorrem nos tecidos. Estas podem ser classificadas como fibrogênica e não fibrogênica. A primeira destrói os alvéolos pulmonares, com lesões permanentes para toda a vida. Na segunda, as reações provocadas nos pulmões são mínimas, não oferecendo lesões permanentes (SPINELLI, 2006)¹².

De acordo com o Manual de Procedimentos de Serviços à Saúde (BRASIL, 2001)¹³, a pneumonite por hipersensibilidade à poeira orgânica, inclusive às não especificadas, constitui um aspecto de doenças pulmonares granulomatosas que são resultantes de repetidas inalações e da sensibilização a um amplo grupo de poeiras e substâncias químicas de baixo peso molecular. Os trabalhadores expostos apresentam dispnéia, sibilos, febre, tosse seca, mal-estar geral e fadiga após algumas horas ou até poucos dias. A exposição continuada leva a crises frequentes de gravidade crescente, com agravamento da sintomatologia e perda de peso. Os sintomas agudos podem não estar presentes, mas a reação tecidual é desencadeada levando a consequências da fase crônica, na qual é configurado um quadro irreversível e progressivo da doença, com hipóxia, hipertensão pulmonar e *cor pulmonale*.

Os riscos causadores das doenças deveriam ser minimizados ou evitados por meio de programas preventivos e as alterações clínicas nas populações expostas deveriam ser monitoradas através de sistemas de vigilância que as detectassem precocemente por testes diagnósticos realizados periodicamente (WINNER & BLANCHARD, 1981)¹⁴.

O Manual de Procedimentos de Serviços à Saúde do Ministério da Saúde (BRASIL, 2001)¹³ recomenda a realização do exame médico periódico visando à identificação de sinais e de sintomas para a detecção precoce da doença e adoção de medidas para prevenção de seu agravamento. Recomenda-se também utilizar instrumentos padronizados, como os questionários de sintomas respiratórios já validados nacional ou internacionalmente e exames complementares, incluindo:

- Radiografia de tórax no padrão, na admissão e anualmente;
- Espirometria, na admissão e bianualmente, de acordo com a técnica preconizada pela American Thoracic Society.

Ainda conforme disposto no Manual de Procedimentos de Serviços à Saúde do Ministério da Saúde (BRASIL,

2001)¹³, o controle da exposição às poeiras orgânicas pode contribuir para a redução da incidência da doença nos grupos ocupacionais sob risco. Foram relacionadas abaixo medidas de controle ambiental que visam à eliminação ou à redução dos níveis de concentração das poeiras próximas de zero ou dentro dos limites estabelecidos, por meio de:

- Enclausuramento de processos e isolamento de setores de trabalho;
- Umidificação dos processos onde haja formação de poeiras;
- Uso de sistemas hermeticamente fechados, na indústria;
- Adoção de normas de higiene e segurança rigorosas com sistemas de ventilação exaustora adequados e eficientes;
- Monitoramento ambiental sistemático;
- Mudanças na organização do trabalho que permitam diminuir o número de trabalhadores expostos e o tempo de exposição;
- Medidas de limpeza geral dos ambientes de trabalho e facilidades para higiene pessoal, recursos para banhos, lavagem das mãos, braços, rosto e troca de vestuário;
- Fornecimento, pelo empregador, de EPI adequados, em bom estado de conservação, nos casos indicados, de modo complementar às medidas de proteção coletiva.

Por fim, as proteções respiratórias devem ser utilizadas como medida temporária enquanto as medidas de controle estão sendo implementadas e de forma emergencial. Quando as medidas de proteção coletiva forem insuficientes, as proteções respiratórias deverão ser cuidadosamente indicadas para alguns setores ou funções. Os trabalhadores devem ser treinados apropriadamente para sua utilização. As máscaras devem ser de qualidade e adequadas às exposições, com filtros químicos ou de poeiras, específicos para cada substância manipulada ou para grupos de substâncias passíveis de ser retidas pelo mesmo filtro. Os filtros devem ser rigorosamente trocados conforme as recomendações do fabricante. (BRASIL, 2001)¹³.

Materiais e Métodos

A coleta de dados foi realizada na indústria farmacêutica localizada em Anápolis-GO. A caracterização e a descrição das etapas de produção foram realizadas tendo como base documentos e fotos apresentados pela empresa. Após realizada a caracterização do processo produtivo, foi realizada uma classificação por Grupos Homogêneos (GH) que tem como objetivo agrupar os colaboradores que experimentam exposição semelhante a um determinado agente, permitindo que haja uma amostragem representativa da exposição de todos os trabalhadores. Cada GH foi formado por um ou mais Grupos Homogêneos de Exposição (GHE) dentro de um mesmo setor, de acordo com a similaridade da sua exposição ao mesmo agente e levando-se em conta o julgamento profissional. Em seguida, realizaram-se as avaliações específicas em função do tipo de risco e exposição sofrida. Este trabalho ocupou-se das análises referentes às PNOS.

Para as análises referentes à concentração de PNOS nesta indústria farmacêutica realizou-se a amostragem individual, considerando o trabalhador que sofre maior exposição. E este monitoramento foi realizado em um dia típico de trabalho. Utilizou-se uma bomba de amostragem individual com calibragem eletrônica Modelo BDX-II nº 99101. O instrumental foi acoplado na cintura do trabalhador e o filtro coletor preso na lapela, próximo ao campo respiratório do mesmo conforme mostra a Figura 2. Para a amostragem individual empregou-se o método da "poeira total ou respirável" com calibração eletrônica.

Após a coleta de dados, encaminharam-se as amostras para análise laboratorial (laboratório de análises EUROFINS ALAC) que foi realizada pelo método de pesagem para determinação de massa de poeira mineral. A convenção adotada para amostragem de poeiras é a avaliação levando-se em consideração a categoria de poeira total e a categoria de poeira respirável. Essa classificação visa à melhor avaliação do risco ocupacional a partir do conhecimento das concentrações em massa dentro das várias faixas de tamanhos das partículas que se depositam no trato respiratório. O laboratório, por sua vez, forneceu como resultados os valores de concentração, massa de poeira total, inalável e limite de tolerância.



Figura 2: Exemplo de disposição da bomba de amostragem na zona respiratória do colaborador. Fonte: Peixoto, 2013,¹⁵ p. 89.

Os métodos de amostragem e avaliação foram realizados conforme Norma de Higiene Ocupacional – NHO 08 da Fundacentro e, baseado na NIOSH 0500 e NIOSH 0600.

O valor da concentração de partículas pertinente à análise quantitativa das partículas foi comparado com o limite de tolerância ao particulado analisado, conforme ACGIH que determina que, caso o valor da concentração de partículas seja menor que o limite de tolerância, não há risco na exposição dos trabalhadores ao ambiente de trabalho e, caso esse valor ultrapasse o limite de tolerância previsto, há risco dos trabalhadores contraírem algum tipo de doença ocupacional. Os resultados foram avaliados também com relação ao nível de ação que sinaliza que sejam tomadas medidas de controle para concentrações a partir de 50% do limite especificado na norma.

Para concretizar esse trabalho, após examinados e ponderados os dados considerados pertinentes foram tabulados de forma a permitir a realização das avaliações e recomendações a fim de consolidar os objetivos propostos.

Resultados e Discussão

A descrição e a caracterização do processo produtivo foram realizadas para a indústria farmacêutica em estudo. Os dados referentes às PNOs foram compilados em função dos setores, dos processos, dos GH e dos GHEs e dispostos na Tabela 2.

Tabela 2: Caracterização do Processo Produtivo das Atividades Inerentes às PNOs para a Indústria Farmacêutica em Estudo.S. (SETORES): 1 – Almoarifado e Pesagem; 2 – Blistagem; 3 – Compressão e Encapsulamento; 4 – Controle de Processo Produtivo.

S	PROCESSOS	GH	GHE
1	Receber, armazenar, separar e conferir os materiais recebidos com as notas fiscais, lançar no computador os dados do produto, fazer inventário e limpeza geral no setor. Fracionar e separar os produtos químicos para o processo de produção de medicamentos.	Poeira/ Pesagem.	Pesador / Auxiliar de Almoarifado / Líder de Almoarifado / MP
2	Manter organizado e limpo o ambiente de trabalho e auxiliar na operação e abastecimento da máquina. Operar máquina de blister. Além de montar, desmontar, limpar e realizar pequenos ajustes de máquinas.	Poeira/ Blistagem	Operador de máquina /Auxiliar de Produção/Auxiliar de Operador
3	Operar máquina de compressão e encapsulamento. Manter a organização e limpeza das máquinas, equipamentos e proximidades. Organizar o setor e fazer limpeza na área.	Poeira/ Compressão	Auxiliar de Operador/ Operador de máquina A/Auxiliar de Produção
4	Coletar amostras de matéria-prima e fazer análise dos produtos. Acompanhar todas as atividades de análise do controle e processo. Encaminhar amostras para análise específicos. Encaminhar amostras para análise específicos.	Poeira/ Controle em Processo	Inspetor de Qualidade I – Coleta/ Inspetor de Qualidade I, II III/ Técnico de Laboratório

As coletas para análise da exposição às PNOS foram realizadas em doze colaboradores de acordo com o risco definido na caracterização prévia. Os resultados geraram planilhas individuais que, por sua vez, estão resumidas na Tabela 3.

Tabela 3: Resultados da Coleta Individual de Concentração (Mg/M3) para Avaliação da Exposição às Pnos em Função dos Ghs (Grupos Homogêneos) e Limites de Tolerância Conforme Acgih (American Conference Of Governmental Industrial Higyenists) e Nr-09 (Norma Regulamentadora).

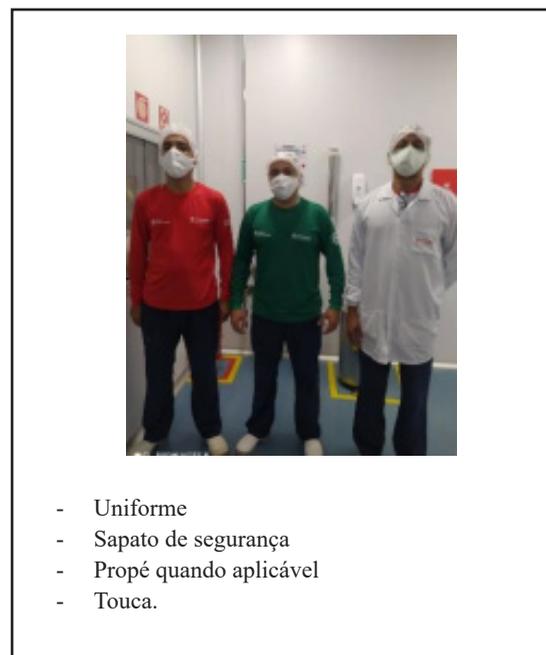
Nº	GH (Grupos Homogêneo)	Fração	LT (limite de tolerância) mg/m ³		RES. mg/m ³
			TLV	NA	
1	Almoxarifado	Inalável	10	5	0,15
2	Almoxarifado	Inalável	10	5	5,68*
3	Blistagem	Respirável	3	1,5	0,03
4	Blistagem	Inalável	10	5	7,33*
5	Blistagem	Respirável	3	1,5	0,59
6	Blistagem	Respirável	3	1,5	2,12*
7	Compressão	Respirável	3	1,5	0,21
8	Compressão	Respirável	3	1,5	0,71
9	Compressão	Respirável	3	1,5	1,89*
10	Controle em Processo	Respirável	3	1,5	0,01
11	Controle em Processo	Inalável	10	5	2,21
12	Controle em Processo	Inalável	10	5	0,81

Foi detectada nos testes uma concentração média de poeira (PNOS) nas frações inalável e respirável dentro dos limites de tolerância, apresentados nas normas relacionadas. No setor de almoxarifado, considerando o colaborador de maior exposição, o resultado apresentou valores que excedem o especificado para o nível de ação na fração inalável, portanto, conclui-se para o dia e atividade desenvolvida que a exposição deste colaborador caracteriza

o risco de exposição às PNOS. Esse cenário se repete para o setor de blistagem, no qual o resultado obtido para a amostra nº 4 também apresenta valores representativos para o nível de ação especificado na norma. Ainda no setor de blistagem, agora na fração respirável, a mostra nº 6 apresenta um valor que excede os limites especificados para o nível de ação constantes na norma. Também no setor de compressão, a mostra nº 9 obteve valor para a fração respirável superior ao nível de ação. Nenhum colaborador do setor de processos apresentou níveis significativos com relação às normas citadas.

É importante salientar que o agente químico PNOS (Partículas não especificadas de outra maneira) Inalável e/ou Respirável não consta na lista de agentes que dão ensejo à aposentadoria especial e insalubridade.

Os EPIs utilizados conforme os setores específicos com envolvimento de PNOS foram listados a seguir nas Figuras 1, 2, 3 e 4.



- Uniforme
- Sapato de segurança
- Propé quando aplicável
- Touca.

Figura 1: EPIs utilizados nas áreas Comuns da empresa (Acesso Manipulação/ Compressão/ Blistagem /Envolvamento/ Manipulação Semissólidos/ Embalagem). Fonte: Autores.



- Uniforme
- Sapato de segurança
- Propé
- Touca
- Luvas
- Frocker
- Macacão
- Máscara facial inteira
- Protetor auditivo

Figura 2: EPIs utilizados na área de Pesagem. Fonte: Autores.



- Uniforme
- Sapato de segurança
- Propé
- Touca
- Luvas
- Frocker
- Máscara facial inteira
- Protetor auditivo.

Figura 3: EPIs utilizados na área de manipulação úmida / normalização / seca / compressão / encapsulamento / revestimento. Fonte: Autores.



Figura 4: EPIs utilizados na área de área de blistagem / envolvimento / envase de líquidos e semissólidos. Fonte: Autores.

São utilizadas medidas de controle coletivas, os EPCs, nesse caso, contemplou-se o sistema de trocas de ar das salas, enclausuramento e sistema de exaustão local nas máquinas, conforme mostram as Imagens 5 e 6. Adicionalmente, são realizadas avaliações médicas constantes por meio do PCMSO (Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional).

A fim de enfatizar a importância de investigações específicas sobre PNOS, reforça-se a escassez de pesquisas sobre o tema. Existem algumas pesquisas que tratam o tema “poeira” de modo geral, nas diversas cadeias e ramos produtivos, e suas conclusões são um “incentivo” para que haja um esforço na realização de estudos específicos para PNOS. Martins (2009)¹⁶, ao caracterizar a exposição e os efeitos de poeiras presentes em canteiros de obras de edifícios, identificou nove atividades que expõem o trabalhador à presença de poeira. Tietboehl Filho(2004)¹⁷ estudou as doenças ocupacionais respiratórias causadas pela poeira na armazenagem de grãos vegetais e, concluiu que a exposição prolongada de trabalhadores a níveis elevados de poeira de grãos induz a sintomas respiratórios agudos e crônicos e à provável perda acentuada da função pulmonar no decorrer do tempo. Saleiro et al. (2019)¹⁸ avaliaram o impacto que a exposição ocupacional à poeira tem no surgimento de sintomas respiratórios em trabalhadores em

uma fábrica de autopeças no norte de Portugal, seu estudo demonstrou que o ambiente de trabalho foi responsável pelos sintomas respiratórios relatados pela população estudada.



Figura 5: Sistema de insuflação de ar purificado nas salas. Fonte: Autores.



Figura 6: Sistema de enclausuramento e exaustão local nas máquinas. Fonte: Autores.

Conclusão

Conforme pode-se observar nas considerações anteriores, não há níveis excedentes com relação à ACGIH e apenas risco de exposição relativos aos níveis de ação. Portanto, devem ser iniciadas ações preventivas, de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições ultrapassem os limites de exposição. Para uma avaliação mais efetiva, faz-se necessário considerar as frações de poeira respirável e inalável em todas as análises. É importante salientar que

as medidas de controle adotadas são pertinentes também aos demais riscos encontrados no processo, como os vapores orgânicos. Portanto, a utilização de EPIs consiste em uma proteção simultânea. Sugere-se, ainda assim, devido à variação considerável no nível de resposta biológica a uma determinada substância química, independentemente da concentração no ar, que sejam observadas as medidas de saúde e segurança do trabalho e que essas sejam reavaliadas periodicamente.

Referências

1. ALENCAR, J. R. B. Riscos Ocupacionais na fabricação de medicamentos: análise de uma indústria localizada no Nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*. p. 49-67, **2005**.
2. ALENCAR, J. R. B. Saudáveis, mas nem tanto. *Revista Proteção*. p. 40-41, **1999**.
3. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 210 de 04.08.2003. Regulamento técnico de boas práticas de fabricação de medicamentos. *Diário Oficial da União*, p. 24-50, 14 de ago. **2003**.
4. MATTOS, U. A.O. & NASCIMENTO, A. R. do. *A INDÚSTRIA FARMACÊUTICA e A SAÚDE DOTRABALHADOR*. Rio de Janeiro, **1997**.
5. BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria nº 25 de 29.12.1994. Modifica NR-05 e estabelece procedimentos para elaboração do mapa de riscos. Brasília, **1994**.
6. NAUMANN B. D.; & SARGENT E. V. Setting occupational exposure limits for pharmaceuticals. *Occupational Medicine*. v. 12, n. 1, p. 67-80, **1997**.
7. BRASIL. Ministério Do Trabalho E Previdência. NR-09 - Avaliação e controle das exposições ocupacionais a agentes físicos, químicos e biológicos. Brasília, **2020**.
8. BRASIL. Ministério Do Trabalho E Previdência. NR-15 - Atividades E Operações Insalubres. Brasília, **2019**.
9. BRASIL. Ministério Do Trabalho E Previdência. NR-06 - Equipamento de proteção individual – epi. Brasília, **2018**.
10. ACGIH, AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNAMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, 2021. TLVs® e BELs® – Limites de exposição (TLVs®) para substâncias químicas e agentes físicos e índices biológicos de exposição (BEIs®). Tradução da Associação Brasileira de Higiênistas Ocupacionais (ABHO), (atualizada anualmente) São Paulo, **2021**, 90 p.
11. PEIXOTO, N. H.; FERREIRA, L. S. *Higiene Ocupacional I*. p. 92. Santa Maria: UFSM, Rede e-Tec Brasil, **2012**.

12. SPINELLI, R. Higiene ocupacional: agentes biológicos, físicos e químicos. 5. ed., p.95. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, **2006**.
13. BRASIL. Ministério Da Saúde. Organização Pan-Americana da Saúde/Brasil. Doenças relacionadas ao trabalho: Manual de Procedimentos para os Serviços de Saúde. Série A. Normas e Manuais Técnicos; n. 114, X ed., p. 580. Brasília/DF – Brasil, **2001**.
14. WINNER, P. C. & BLANCHARD, J. D. Assessing the work environment for agents that may cause occupational pulmonary disease, *Clinics in Chest Medicine*, Philadelphia, 2(3): 317 – 326, **1981**.
15. PEIXOTO, N. H.; FERREIRA, L. S. Higiene Ocupacional III. p. 152. Santa Maria: UFSM, Rede e-Tec Brasil, **2013**.
16. MARTINS, A. R. B. Caracterização e avaliação de poeira presentes em canteiros de obras de edificações verticais. Universidade de Pernambuco. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil) - Escola politécnica de Pernambuco, Recife, **2009**.
17. TIETBOEHL FILHO, C. N. As doenças respiratórias ocupacionais causadas pela poeira na armazenagem de grãos vegetais: Estudo epidemiológico longitudinal controlado de trabalhadores de grãos do Rio Grande do Sul e avaliação ambiental de seus locais de trabalho. Tese de doutorado (Programa de Pós-graduação em Medicina Interna-Pneumologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, **2004**.
18. SALEIRO, S.; ROCHA, L.; BENTO, J.;, ANTUNES L.; TORRES DA COSTA, J. Exposição ocupacional a poeira: um risco à saúde subestimado. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*. Vol. 45, n4, Brasília, **2019**.

Simone J. S. Morais*, Laiane N. Santos & Danillo V. Veloso

Faculdade SENAI Roberto Mange. Anápolis-GO

*E-mail: sijanaina@yahoo.com.br

Compreensão da Avaliação de Riscos em Máquinas e Equipamentos

Ullisses O. Jean & Alisson D. F. Rosa

No cenário industrial cada vez mais automatizado, as máquinas seguem ganhando espaço, trazendo consigo diversos benefícios, porém, trazem ainda novos perigos para os setores de operação. Este trabalho busca detalhar as etapas do processo de avaliação de riscos, definidos pela NBR ISO 12100, determinar sua importância para com a NR-12. Apresentando ainda ferramentas para a melhor aplicação da metodologia exigida. Concluiu-se que, pela complexidade da norma de segurança em máquinas e equipamentos, a avaliação de riscos é um processo fundamental para o desenvolvimento de projetos de segurança em maquinários.

Palavras-chave: *avaliação de riscos; ISO 12100; hazard rating number.*

In the increasingly automated industrial scenario, machines continue to gain space, bringing with them several benefits, however, they also bring new dangers to the operating sectors. This article seeks to detail the stages of the risk assessment process, defined by NBR ISO 12100, to determine its importance to NR-12. Also presenting tools for the best application of the required methodology. It was concluded that due to the complexity of the safety standard for machinery and equipment, risk assessment is a fundamental process for the development of safety projects in machinery.

Keywords: *risk assessment; ISO 12100; hazard rating number.*

Introdução

Nas diferentes atividades econômicas e atividades humanas, há riscos que as cercam, que se ignorados podem resultar em acidentes, afetando a segurança e saúde dos envolvidos e a produtividade da empresa (JAKOBI, 2008)¹. Os agentes que normalmente estão presentes no ambiente de trabalho e causam riscos à integridade do trabalhador, são classificados em cinco grupos: agentes químicos, físicos, biológicos, ergonômicos e de acidentes (mecânicos) (SANTOS, 2016)².

Inúmeros acidentes de trabalho ao redor do mundo são registrados todos os anos, e esses valores são resultados da falta de segurança que o indivíduo está exposto em seu ambiente de trabalho. No ranking mundial de afastamentos por acidentes, o Brasil aparece na quarta posição (GOMES, 2019)³.

Dentro dos diferentes riscos, o de acidente se sobressai, principalmente, os ocorridos por máquinas e equipamentos. Segundo o Ministério Público do Trabalho (2019)⁴, no Brasil, cerca de 528 mil acidentes de trabalho foram ocasionados por máquinas e equipamentos, no período de 2012 a 2018. Número que garante a posição de maior agente causador de acidentes do trabalho, e sendo responsável por 15,19% dos registros de acidentes feitos no período.

Os acidentes de trabalho são eventos anormais resultados de falhas das próprias máquinas, dos operadores ou do processo, ocasionando perdas humanas, de materiais e financeiras para a empresa (SILVA, 2014)⁵.

Buscando mitigar os acidentes de trabalho no Brasil, o Ministério do Trabalho fiscaliza as empresas com o cumprimento de normas que exigem o mínimo de segurança no ambiente de trabalho, dentre as quais pode-se destacar uma das mais importantes e mais fiscalizadas, a Norma Regulamentadora NR-12 (GOMES, 2019)³.

A NR-12 determina referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a integridade física do trabalhador, apontando ainda

requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho pela utilização de máquinas e equipamentos, trabalhando em conjunto com as demais NR's (BRASIL, 2019)⁶. Juntamente à NR-12, atuam a norma ISO 12100:2013, que auxilia a alcançar a redução de riscos em máquinas e equipamentos, especificando princípios para a apreciação de riscos (ABNT, 2013)⁷.

A preocupação com a segurança do trabalho nas organizações tem ganhado mais espaço, uma vez que promover um ambiente com zero acidentes, além de resguardar a vida do colaborador, que é o foco principal da segurança do trabalho, ainda garante a integridade de máquinas e equipamentos. Promovendo uma boa imagem da empresa e um retorno a nível financeiro.

A competitividade entre as empresas e busca por produtividade, automatizaram cada vez mais as linhas de produção, logo a presença de máquinas é algo comum em diferentes atividades econômicas, se fazendo necessária a atenção com a segurança nesses equipamentos. E uma etapa crucial para se alcançar uma maior segurança é a apreciação de riscos.

A realização desse estudo é uma necessidade atual para a realidade das empresas, contribuindo para a melhoria no aspecto de segurança e agregando conhecimento para o autor, servindo para futuras atuações profissionais. Este trabalho teve como objetivo compreender a etapa de apreciação de riscos e sua importância para com o cumprimento da NR-12, detalhando procedimentos, normas e ferramentas utilizadas.

Metodologia

A pesquisa empregada foi de revisão bibliográfica, consultando artigos, livros, teses, dissertações, normas e dados fornecidos pelo Ministério da Economia, publicados do ano de 2002 até o presente. Nas buscas realizadas utilizaram-se palavras chaves, como: “Aplicação da NR-12”, “Apreciação de riscos”, “Hazard Rating Number”, “ISO 12100”.

Segundo Gil (2008)⁸, consultar especialistas ou pessoas que realizam pesquisas na mesma área é uma ferramenta

útil, pois fornecem, além de informações do que já foi publicada, uma visão crítica do material a ser consultado.

Referencial Teórico

SEGURANÇA DO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

As referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para máquinas e equipamentos são definidos pela Norma Regulamentadora nº12 (NR-12), estabelecendo condições mínimas para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho oriundas dos serviços com máquinas e equipamentos, sejam novos ou usados (SESI/DN; CNI,2019)⁹.

A NR-12 atua nas diversas fases da vida do maquinário, tanto na fase de projeto e utilização de máquinas e equipamentos quanto nas etapas de fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas (BRASIL, 2019)⁶.

A NR-12 é classificada como uma norma especial, pois regulamenta a execução do trabalho considerando as atividades, instalações ou equipamentos empregados, sem estar condicionada a setores ou atividades econômicas específicas. As normas especiais se sobrepõem às normas gerais, e são sobrepostas pelas normas setoriais (SESI/DN; CNI,2019)⁹.

A norma atua observando aspectos da máquina como arranjos físicos, instalações, dispositivos elétricos, de partida, de acionamento, de parada, sistemas de segurança, dispositivos de segurança, de parada de emergência, componentes pressurizados. Aspectos operacionais como meios de acessos permanentes, transportadores de materiais, manutenção, inspeção, preparação, ajustes e reparos, sinalização, manuais, procedimentos de segurança. Apresenta aspectos voltados ao operador como capacitação, aspectos ergonômicos, outros requisitos específicos de segurança. Além das fases de projeto, fabricação, importação, de venda, locação, leilão, cessão a qualquer título e exposição (BOGERT, 2017)¹⁰.

Na norma, é definido que o empregador é responsável por adotar medidas de proteção para o trabalho em

máquinas e equipamentos, considerando as características das máquinas e equipamentos do processo, a apreciação dos riscos e as medidas técnicas já empregadas. As medidas de proteção possuem a seguinte ordem de prioridade: medidas de proteção coletiva, medidas administrativas e medidas de proteção individual (BRASIL,2019)⁶.

A etapa de apreciação de riscos, é regida pela NBR ISO 12100:2013, que define procedimentos para auxiliar na identificação de perigos, estimativa e avaliação de riscos durante todas as fases da vida útil da máquina, auxiliando na eliminação dos perigos ou a redução adequada dos riscos (ABNT,2013)⁷.

APRECIÇÃO DE RISCOS

Para a tomada de decisão quanto à adoção de medidas de segurança apropriadas, é necessária a aplicação da apreciação de riscos, que é o processo composto pela análise de risco e a avaliação de risco. A apreciação de riscos é gerida pela NBR ISO 12100:2013, que define as seguintes etapas: a limitação da máquina, identificação dos perigos, estimativa dos riscos e julgamento quanto à situação do risco, definindo a necessidade ou não de redução. (ABNT, 2013)⁷. A apreciação de riscos serve de orientação para que os sistemas de segurança sejam dimensionados corretamente, de forma a reduzir os riscos ao trabalhador a níveis aceitáveis (GOMES, 2019)³.

A avaliação de risco busca identificar e documentar os riscos presentes na operação, assim como nos sistemas de transmissão do equipamento, estabelecendo uma classificação de categoria de risco. A classificação de risco geral é definida por meio da identificação dos mais severos riscos presentes e assumindo que nenhuma proteção está sendo aplicada (MKM, 2017)¹¹.

Além dos perigos mecânicos e elétricos que são os de mais rápida percepção, a NBR ISO 12100:2013, ainda lista alguns perigos que possam ser identificados em diversos equipamentos, como: os perigos térmicos, ruídos e vibrações, radiação, substâncias perigosas, perigos ergonômicos e associados ao ambiente em que a máquinas estão inseridas e a combinação de perigos (ABNT, 2013)⁷.

LIMITAÇÃO DA MÁQUINA

O primeiro passo da apreciação de risco é a limitação da máquina, considerando todas as suas fases do seu ciclo de vida. Identificando as características e o desempenho do equipamento em um processo, as pessoas envolvidas, ambiente inserido e produtos relacionados a ela (ABNT, 2013)⁷.

A escolha da equipe é fundamental para uma limitação assertiva. Segundo a ABNT ISO/TR 14121-2(2018)¹², recomenda-se que a equipe seja formada com indivíduos com habilidades e competências relacionadas às partes técnicas do projeto e as funções das máquinas, tenham experiências reais de como a máquina é operada, montada e mantida. Recomenda-se que tenham conhecimento do histórico de acidentes do tipo específico de máquina, regulamentos e normas referentes, em particular a norma NBR ISO 12100¹³.

A limitação da máquina tem como finalidade restringir a esfera do risco. Esses limites podem ser funcionais (dimensões da parte do trabalho), espaciais (espaço afetado e exigido pela máquina), temporais (tempo de vida de peças e componentes) e limites de uso (operadores, modo de operação) (SOUZA, 2018)¹⁴.

Na avaliação de riscos, em relação à limitação da máquina, deve-se considerar além do uso adequado do equipamento, uma razoável e previsível má utilização, situações de falhas de funcionamento e de conflito (MTE, 2015)¹⁴.

A NBR ISO 12100(2013)¹³, determina que para a limitação de uso, devem-se considerar os diferentes modos de operação e procedimentos de intervenção para os usuários, o uso da máquina (industrial ou não industrial), considerando o gênero, idade, mão dominante e habilidades físicas do operador. Aspectos a serem considerados também são: o nível de capacitação, experiência do usuário e pessoas que mesmo não atuando diretamente na máquina estão expostas aos perigos associados à máquina.

Segundo o Ministério do Trabalho e Emprego(2015)¹⁵ os limites espaciais são noções quanto à superfície necessária, o espaço influenciado pelas emissões da máquina e impacto no meio ambiente.

Para a determinação do limite de espaço é necessário considerar os cursos de movimento do equipamento, os espaços destinados as pessoas que atuem no equipamento, seja na operação quanto manutenção, relação homem-máquina e a conexão da máquina com as fontes de suprimento de energia (ABNT, 2013)⁷. Em relação aos limites temporais, estes levantam informações quanto o tempo de vida útil da máquina, tempo de vida dos componentes, etc. (MTE, 2015)¹⁵.

O limite de tempo considera a vida útil do ferramental, de componentes que possam se desgastar e componentes eletromecânicos, em situações de uso adequado ou mau uso da máquina. Além de abranger os intervalos de serviços recomendados (ABNT, 2013)⁷.

Após a limitação da máquina, são levantados todos os riscos relevantes no equipamento, que se apresentam nas diferentes etapas de vida da máquina, durante a produção, manutenção, limpeza, detecção de avarias e resolução de problemas (MTE, 2015)¹⁵.

IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

Somente com os perigos identificados se pode realizar um plano de ação para a eliminação ou redução desses. Nessa etapa é necessário apontar os modos de operação previstos para a máquina e as atividades executadas por pessoas que interagirão com o equipamento. Aspectos como a interação humana durante todo o ciclo da máquina, possíveis estados, se a máquina está ou não executando sua função prevista, e um comportamento não intencional do operador ou mau uso da máquina previsível devem ser levados em consideração para a identificação de perigos (ABNT, 2013)⁷.

Atuando juntamente à ISO/TR 14121-2, a identificação de perigos tem como objetivo listar situações e eventos inseguros, que permitam a previsão de possíveis cenários de acidentes, em relação a como e quando uma situação perigosa pode resultar em danos (ABNT, 2018)¹².

A identificação de riscos e perigos é um processo contínuo e sistemático, que deve analisar as situações de risco de acidentes. Não há um método perfeito para se

identificarem riscos, a metodologia deve ser realizada de maneira que obtenha a maior quantidade de informações possíveis sobre riscos, combinando várias técnicas e métodos existentes, de modo a alcançar um resultado abrangente de análise (RUPPENTHAL, 2013)¹⁶.

A identificação de perigos deve determinar todas as fontes (como, por exemplo, máquina em movimento ou fonte de radiação), situações (como trabalhos em altura), atos (por exemplo, levantamento de cargas) e a combinação destes, que apresentem potencial para provocar danos humanos, como lesões ou doenças (OHSAS, 2008)¹⁷.

A NBR ISO 12100(2013)⁷ traz tabelas com exemplos de perigos, situações perigosas e eventos perigosos (Anexo B), de modo a auxiliar no processo de identificação de riscos. Porém, ressaltando ainda que os perigos apresentados não englobam todas as possibilidades e nem são prioritários. Nesse anexo, ainda há a coluna que indica quais medidas de proteção podem ser aplicadas de acordo com a origem do perigo ou da natureza das consequências.

Para a identificação de perigos os métodos mais eficazes são aqueles que abrangem todas as fases do ciclo de vida das máquinas, modos de operações, funções e tarefas associadas. A ISO/TR 14121-2(2018)¹² apresenta duas sequências de abordagem que regem à maioria dos métodos de identificação de perigos, apresentado na Figura 1.

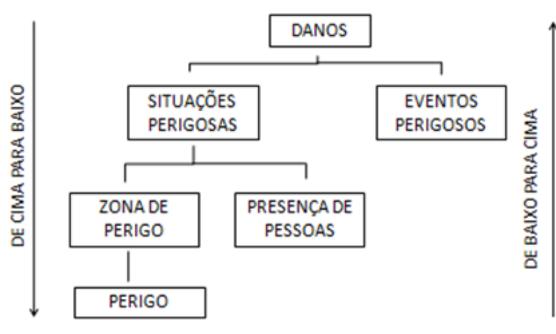


Figura1: Identificação de Perigos. Fonte: ABNT ¹²(2018).

Seguindo o sentido de cima pra baixo, inicia-se a análise pela consequência que poderia causar danos, voltando a identificar a situação e o evento perigoso, chegando, por fim, ao perigo. Na direção de baixo para cima, inicia-se com a identificação de todos os perigos e formas de má utilização do equipamento, prevendo uma situação ou evento perigoso, e como isto pode levar a danos (ABNT, 2018)¹².

A OHSAS 18002 (2008)¹⁷ afirma que uma lista de verificação serve como lembrete sobre quais perigos potenciais devem ser observados e auxilia na identificação inicial. Contudo, deve-se ter atenção para que os checklists não gerem dependência e restrinjam a identificação de perigos, é importante que cada área de trabalho, processo ou equipamento avaliado, possuam um checklist específico e detalhado.

Quando aplicada as listas de verificação, convém o uso de outras legislações, normas técnicas, experiência em engenharia e métodos, como brainstorming, comparações com máquinas similares e consulta de dados de acidentes. Esses complementos e disponibilidade de informações servem para tornar a metodologia de identificação por checklist mais eficaz (ABNT, 2018)¹².

Uma ferramenta eficiente para a identificação de perigos é a técnica “*What-If*”. É desenvolvida por meio de reuniões entre duas equipes, nas quais são levantadas suposições sobre os procedimentos, instalações e processos, podendo ser questionamentos livres ou sistemáticos, “E se...?”. As suposições livres podem ser totalmente aleatórias, já as sistemáticas têm foco em pontos específicos. Uma das equipes presentes deve estar familiarizada com o sistema, de modo que possa nortear as discussões. A periodicidade dessa técnica garante bons resultados quanto à revisão de riscos do processo (RUPPENTHAL, 2013)¹⁶.

ESTIMATIVAS DE RISCOS

Assim que os perigos são identificados, inicia-se a estimativa de risco para cada situação de perigo, determinando elementos de riscos como gravidade do dano e probabilidade de ocorrência (ABNT, 2013)⁷.

A OHSAS 18001 (2007)¹⁸ define risco como a combinação entre a probabilidade de um acontecimento

perigoso ou exposição ocorrer e a gravidade dos danos para a saúde, decorrentes deste acontecimento ou exposição.

Há diferentes metodologias para se estimar um risco, que vão desde um simples qualitativo até o mais complexo quantitativo, mas apresentando algumas características essenciais em cada uma delas: identificação da gravidade do dano e a probabilidade de ocorrência do dano (ABNT, 2018)¹².

Para estimar o risco de maneira adequada, a NBR ISO 12100(2013)¹³ indica a necessidade de um método de medição apropriado, por meio de equipamentos que definam valores e dados de referência, determinando os riscos causados por dada emissão ou perigos. Com esses registros, é possível estimar o risco, avaliar a efetividade das medidas de proteção aplicadas e fornecer informações quantitativas.

Cada perigo apresenta uma variedade de danos resultantes, logo, para estimar o risco de forma assertiva, é sugerido que seja considerado o dano mais grave que pode ocorrer, de forma realista. Essa análise exige um cuidado, pois o risco mais grave pode ser muito improvável, e o risco insignificante pode ser mais provável de acontecer, gerando uma estimativa de riscos inadequada (ABNT, 2018)¹².

A ISO/TR 14121-2 (2018) ainda afirma que geralmente, quanto menor a possibilidade do risco, menor a gravidade dos danos relacionados. Sendo que a gravidade do dano potencial também está relacionada com a parte do corpo exposta. Um perigo de esmagamento, por exemplo, aumenta sua gravidade para fatal se todo corpo ou cabeça estiverem expostos.

Segundo o Ministério do Trabalho e Emprego (2015)¹⁵, para a estimativa do possível dano pode ser levado em consideração a natureza do que deve ser protegido (pessoas, propriedades e/ou meio ambiente), a severidade dos ferimentos (reversíveis, irreversíveis ou fatal) e a extensão do dano (uma ou várias pessoas).

De acordo com a ISO 12100 (2013)¹³, para a probabilidade de ocorrência de danos, deve-se considerar a exposição de pessoas ao perigo (necessidade da exposição, tempo de exposição, frequência de acesso), a ocorrência de eventos perigosos (históricos de acidentes e danos à saúde, confiabilidade), a possibilidade de se evitar ou limitar o

dano (qualificação das pessoas expostas, velocidade da situação levar ao dano, grau de ciência do risco).

Alguns outros pontos importantes para a estimativa de risco é a relação entre a exposição e os efeitos, fatores humanos (relação homem e máquina), adequabilidade a medidas de proteção, possibilidade de burlar estas medidas, viabilidade de implementação e informações para uso (ABNT, 2013)⁷.

Devido à grande gama de variáveis, a quantificação do risco se torna difícil, mas há alguns métodos fornecidos por normas que possibilitam a redução do risco. A NBR 14153 (2013)⁷ fornece uma metodologia que analisa as partes relacionadas à segurança de sistemas de comando. Três fatores são levados em consideração: severidade do ferimento (S), tempo de exposição (F) e possibilidade de evitar o perigo (P).

A severidade pode ser qualificada como reversível (S1), como lacerações e contusões ou ser irreversível (S2), amputação e morte. O tempo de exposição pode ser classificado como baixa exposição, apenas de tempo em tempo (F1) ou regularmente (F2). E por último, a chance de evitar o perigo, se há uma chance real de reduzir o perigo (P1) ou quase impossível evitar (P2) (ABNT, 2013)⁷.

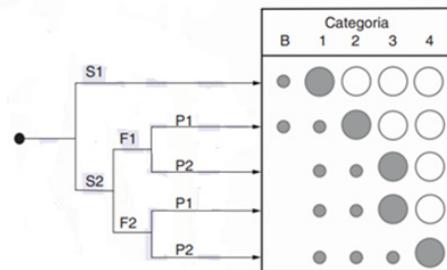


Figura 2: Gráfico de Categorização. Fonte: ABNT (2013)⁷.

As categorias são divididas em B, 1, 2, 3 e 4. Na categoria B, um defeito pode levar à perda da função de segurança. Na categoria 1, como na B, pode levar à perda de segurança, mas com uma probabilidade menor. Na categoria 2, a ocorrência do defeito leva à perda de segurança entre verificações, nas quais será detectada. Categoria 3, quando um defeito isolado ocorre, e a função de segurança é

sempre cumprida, mas o acúmulo de defeitos pode resultar na perda da função de segurança e, por último, categoria 4, na qual os defeitos sempre serão detectados antes de perder a função de segurança.

De acordo com Souza e Bandeira (2018)¹⁹, um método comumente utilizado na apreciação de riscos em máquinas e equipamentos é o método HRN (Hazard Rating Number), que considera 4 parâmetros: probabilidade de ocorrência (LO); frequência de exposição ao risco (FE); severidade do dano (DPH); quantidade de pessoas expostas (NP). Sendo assim, há: $HRN = LO * FE * DPH * NP$

É um método quantitativo que atribui valores aos itens analisados: Severidade do dano, frequência de exposição, probabilidade de ocorrência e número de pessoas expostas. Essa metodologia atende aos requisitos descritos na NBR ISO 12100 e na ISO 14121-1 e deve ser aplicado individualmente para cada perigo identificado. (MTE, 2015)¹⁵.

O Ministério do Trabalho e Emprego (2015)¹⁵ apresenta as tabelas de quantificação para os itens. A Tabela 1 está relacionada à severidade (DPH) dos danos considerados.

Tabela 1: Valores relacionados à severidade dos danos considerados. Fonte: MTE (2015)¹⁴.

Dano	DPH
Morte	15
Perda de 2 membros/olhos ou doença grave (irreversível)	8
Perda de 1 membro/olho ou doença grave (temporária)	4
Fratura – Ossos importantes ou doença leve (permanente)	2
Fratura – Ossos menores ou doença leve (temporária)	1
Laceração/Efeito leve na saúde	0,5
Arranhão/Contusão	0,1

A Tabela 2 está relacionada à frequência de exposição ao risco (FE)

Tabela 2: Valores relacionados à frequência de exposição ao risco considerado. Fonte: MTE(2015)¹⁴.

Frequência de Exposição ao Risco	FE
Constantemente	5
Horário	4
Diariamente	2,5
Semanal	1,5
Mensal	1
Anual	0,2
Raramente	0,1

A Tabela 3 está relacionada à probabilidade de ocorrência do dano considerado (LO).

Tabela 3: Valores relacionados à probabilidade de ocorrência do dano considerado. Fonte: MTE(2015)¹⁵.

Probabilidade de Ocorrência do Dano	LO
Certamente	15
Esperado	10
Provável	8
Alguma Chance	5
Possível	2
Não Esperado	1
Impossível	0,33

A Tabela 4 está relacionada ao número de pessoas expostas ao perigo considerado (NP).

Tabela 4: Valores relacionados aos números de pessoas expostas ao risco considerado. Fonte: MTE(2015)¹⁵.

Número de Pessoas Expostas	NP
Mais de 50 pessoas	12
16-50 pessoas	8
8-15	4
3-7	2
1-2	1

Com o valor alcançado de HRN, pode-se chegar à Tabela 5, apresentada a seguir, que fornece uma avaliação do risco e a ação requerida.

Ao se estimar, deve-se ainda considerar se as medidas de proteção possuem condições necessárias para serem mantidas no nível de proteção exigido, adequabilidade dessas medidas e ainda a qualidade das informações para uso, disponibilizadas em manuais ou guias de operação (ABNT, 2013)⁷.

Tabela 5: Valores do HRN, classificação de risco, descrição e ação prevista (MTE, 2015)¹⁵.

HRN	RISCO	DESCRIÇÃO	AÇÃO
0-5	Insignificante	Risco muito baixo para segurança e saúde	Nenhuma ação
5-50	Baixo e significativo	Riscos necessários para a implementação de medidas de controle e segurança urgentemente	Melhoria Recomendada
50-500	Alto	Possíveis riscos que exigem medidas de controle de segurança urgentemente	Necessária ação de melhoria
500+	Inaceitável	Inaceitável utilização do equipamento na situação atual	Necessária ação de melhoria

O método HRN serve para a priorização das ações sobre os riscos estimados, pois abrange grande variedade de resultados, o que facilita a estratificação no processo de priorização. Junto à classificação de categoria serve como guia para as possíveis ações a serem tomadas, após estas ações, deve ser novamente aplicada a análise, de modo a validar a redução de riscos (SOUZA, 2018)¹⁴.

AVALIAÇÃO DE RISCOS E REDUÇÃO DE RISCOS

Com a estimativa de risco finalizada, inicia-se a avaliação dos riscos, de modo a determinar se é necessária a redução de riscos, caso seja necessária, então, medidas de proteção adequadas devem ser selecionadas e aplicadas (ABNT, 2013)⁷.

A avaliação de riscos é o processo que atua juntamente à estimativa de riscos por meio de análises se o risco é aceitável ou não, considerando as medidas de controles existentes. Sendo considerado aceitável quando reduzido a um nível que a organização está disposta a assumir, em relação à sua política de segurança e obrigações legais (OHSAS, 2008)¹⁷.

Tem como objetivos identificar e decidir quais situações perigosas exigem redução de riscos e determinar se tal redução foi alcançada, sem introdução de novos perigos e riscos (ABNT, 2018)¹².

De acordo com a ISO 12100 (2013)¹³, a redução de risco é satisfatória quando se consideram todas as condições e todos os procedimentos de intervenção da operação, quando todos os perigos são eliminados e riscos reduzidos ao máximo possível, os indivíduos tenham total conhecimento sobre os riscos residuais e quando as medidas de proteção não alteram de forma adversa às condições de operacionalidade da máquina.

A redução dos riscos é alcançada por meio de medidas de proteção desenvolvidas com a apreciação de riscos. As decisões tomadas consideram o que precisa ser feito, por quem, quando e a que custo (ABNT, 2018)¹².

O método para redução de riscos segue uma sequência de prioridade, definida como método de três etapas: medidas

de segurança inerentes ao projeto, proteções de segurança e informações de uso (ABNT, 2013)⁷.

As medidas de segurança inerentes ao projeto são a primeira prioridade no processo de redução de risco, em que se busca eliminar o perigo ainda no projeto, sendo a medida mais eficaz de redução de risco, pois remove a fonte de dano (ABNT, 2018)¹².

Quando não é possível eliminar o perigo de maneira adequada, pelas medidas inerentes ao projeto, devem ser aplicadas proteções e medidas de segurança complementares selecionadas, ponderando a utilização prevista e a má utilização razoavelmente previsível (ABNT, 2013)⁷.

Utilizam-se medidas de segurança de modo a restringir a exposição aos perigos, diminuindo a probabilidade do evento perigoso ou melhorar a possibilidade de evitar ou eliminar o dano. Estas medidas de segurança podem ser proteções fixas (como barreiras e enclausuramento evitando o acesso a zonas perigosas), proteções intertravadas (como chaves de bloqueio), equipamentos de proteção sensitiva (como cortinas de luz, para detecção de pessoas que acessam o local) e dispositivos de limitação (como sensores de velocidade, limitadores de temperatura) (ABNT, 2018)¹².

No projeto e aplicação de proteções, é necessário considerar os aspectos de ambiente e operação durante toda sua vida útil, se o levantamento dessas informações for inadequado, a máquina se torna insegura e inoperante, motivando os indivíduos a burlarem as proteções, ficando expostos a perigos maiores (ABNT, 2002)²⁰.

Após serem consideradas medidas de proteção inerentes ao projeto, ou adotadas medidas de segurança complementares, ainda é necessária a elaboração das informações de uso para identificação de riscos residuais. Consiste em informações de diferentes formas, como textos, sinais, símbolos ou diagramas, destinados tanto aos usuários profissionais quanto os não profissionais (ABNT, 2013)⁷.

Segundo a ISO 12100(2013)¹³, as informações de uso devem conter procedimentos operacionais para a utilização da máquina compatíveis com a capacitação dos operadores e pessoas expostas, recomendações de práticas de trabalho

seguras, requisitos de treinamentos, descrição de EPIs recomendados, etc. Vale ressaltar que tais informações não servem como substitutos para medidas de segurança inerentes ao projeto, proteções de segurança ou outra medida de segurança complementar.

Após a implementação das medidas de proteção, uma nova apreciação de riscos pode ser feita, de modo a validar a eficácia na redução de riscos. É sugerida atenção com as medidas aplicadas em riscos relativamente baixos, para que não sejam negligenciados devido ao foco maior sobre os riscos mais altos (ABNT, 2018)¹².

As avaliações de riscos podem ser realizadas usando-se amostras que compreendam uma variedade de situações e locais, com os devidos cuidados para garantir que as informações utilizadas são suficientes e representam a verdadeira situação das áreas avaliadas (OHSAS, 2008)¹⁷.

Conclusão

Os dados do Ministério Público do Trabalho mostram a situação em que se encontra a segurança do trabalho em máquinas e equipamentos. Para a melhora desse cenário, é necessária correta aplicação da NR-12, que tem como ponto inicial a apreciação de riscos.

Com a compreensão da apreciação de riscos, regida pela NBR ISO 12100, percebe-se sua importância para que seja alcançado um nível adequado de segurança em máquinas e equipamentos, junto à NR-12.

A apreciação de riscos, que se inicia na limitação da máquina, seguida pela identificação de perigos, estimativa dos riscos, avaliação dos riscos e, se necessário, a redução de riscos, é uma ferramenta adequada, abrangente, que fornece informações e capacidade de priorização para com perigos existentes e auxilia na aplicação da complexa NR-12.

Assim, a aplicação da apreciação de riscos é um serviço contínuo e fundamental, para que os perigos e acidentes possíveis sejam cada vez mais raros, alcançando-se benefícios imensuráveis para a empresa e o colaborador.

Referências

1. JAKOBI, Heinz. Mapa de Risco Ocupacional no Estado de Rondônia Baseado em Tecnologia de Georeferenciamento. **2008**.
2. SANTOS, Josemar dos. Introdução a Engenharia de Segurança: Mapa de Risco. **2016**.
3. GOMES, Elton. Proposta de Adequação à NR12 para um Equipamento que Compõe um Linha de Extrusão de Alumínio. **2019**.
4. BRASIL. Ministério Público do Trabalho. Acidentes de Trabalho com Máquinas Custam R\$732 Milhões à Previdência. **2019**.
5. SILVA, Lucas. Análise do Cumprimento da NR12 em Equipamentos e Estudo das Condições de Temperatura em Ambiente de Panificação. **2014**.
6. BRASIL. Ministério da Economia. NR-12 Segurança do Trabalho em Máquinas e Equipamentos. **2019**.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14153 – Segurança em Máquinas – Partes de Sistemas de Comando Relacionados à Segurança – Princípios Gerais para Projeto. **2013**.
8. GIL, Antonio. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. **2008**.
9. SESI/DN; CNI. NR 12 Comentários ao Novo Texto Geral (Portaria nº 916, de 30/07/2019). **2019**.
10. BOGERT, P.M.V.D. Estudo de Adequação de Guilhotina Industrial Conforme NR-12. **2017**. 19. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 272 - Segurança de Máquinas – Proteções – Requisitos Gerais para o Projeto e Construções de Proteções Fixas e Móveis. **2002**.
11. MKM MÁQUINAS E FILMES PARA EMBALAGENS. Laudo de Análise de Riscos. **2017**.
12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ISO/TR 14121-2 – Segurança de Máquinas – Apreciação de Riscos Parte 2: Guia Prático e Exemplos de Métodos. **2018**.
13. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 12100 - Segurança de Máquinas – Princípios Gerais de Projeto – Apreciação e Redução de Riscos. **2013**.
14. SOUZA, E.S. de. Matriz de Análise dos Riscos e Perigos em Máquinas e Equipamentos para a Aplicação no Brasil. **2018**.
15. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Métodos de Avaliação de Risco e Ferramentas de Estimativa de Risco Utilizados na Europa Considerando Normativas Européias e o Caso Brasileiro. **2015**.
16. RUPPENTHAL, J.E. Gerenciamento de Riscos. **2013**.
- 17 OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY ASSESSMENT SERIES. OHSAS 18002 – Sistema de Gestão de Segurança e Saúde no Trabalho – Diretrizes de Implementação da OHSAS 18001:2007. **2008**.
18. OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY ASSESSMENT SERIES. OHSAS 18001 - Sistema de Gestão de Segurança e da Saúde do Trabalho – Requisitos. **2007**.
19. SOUZA, J.M. de; BANDEIRA, M.H.A. Apreciação de Riscos Aplicada à Segurança de Máquinas e Equipamentos de Fabricação de Fraldas Segundo Requisitos da Norma Regulamentadora 12 (NR-12). **2018**.
20. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 272 - Segurança de Máquinas – Proteções – Requisitos Gerais para o Projeto e Construções de Proteções Fixas e Móveis. **2002**.

Ullisses O. Jean* & Alisson D. F. Rosa

Faculdade SENAI Roberto Mange, Anápolis-GO.

*E-mail:ullissesjean@gmail.com

***Home Office* em Tempos de Pandemia de Covid-19 e as Implicações sobre a Ergonomia no Trabalho Administrativo**

Filipe Machado, João L. Miranda & Marcela A. Andrade

A pandemia de COVID-19 impactou comportamentos, relacionamentos e trabalho. O teletrabalho se tornou fundamental para evitar a disseminação da doença. O objetivo deste artigo foi compreender os aspectos ergonômicos em trabalhadores do setor administrativos no teletrabalho. Trata-se de um estudo de revisão bibliográfica integrativa, a busca realizada em bases de dados com descritores. Os critérios de seleção dos artigos foram baseados em data, população e palavras-chave. Inicialmente, eram 56 artigos e, conforme os critérios, passaram a ser 17 artigos. Concluiu-se que o setor administrativo vem adequando-se ergonomicamente, embora ainda haja dificuldades quanto à gestão e à segurança e saúde.

Palavras-chave: *pandemia; teletrabalho; ergonomia; administração.*

COVID-19 has impacted behaviors, relationships, and work. Telecommuting has become a trend, work has become practiced at home. The objective of this article is to understand the ergonomic aspects of administrative workers in the pandemic. It is an integrative literature review by searching databases with descriptors. The selection criteria for the articles were based on date, population, source, and keywords. Initially, there were 56 articles, and according to the selection criteria, there were 17 articles. We conclude that the administrative sector has been seeking ways to adapt ergonomically, although there are still difficulties to be overcome both in management and in health and safety issues.

Keywords: *pandemic; work from home; ergonomics; work administration.*

Introdução

A Organização Mundial de Saúde (OMS), em 11 de março de 2020¹, caracterizou o surto de Covid-19 como pandemia, os governos de todo o mundo foram instruídos a ficarem em estado de alerta e se prepararem para um colapso na saúde pública por meio de várias medidas de precaução entre elas a adoção do distanciamento social, uso de máscaras e higienização das mãos (OMS, 2020)¹. E para reduzir a proliferação da COVID-19, foram adotadas estas medidas no Brasil a estratégia de enfrentamento da doença ocorreu através de medida provisória, causando alguns dos impactos para os trabalhadores foram: redução de salários, afastamentos sem tempo determinado, afastamentos para capacitação profissional, férias coletivas, adoção do trabalho em *home office*, entre outros. Para algumas empresas, os impactos foram mais severos, demissão em massa e declaração do fim das atividades (BRASIL, 2020)². Segundo o Tribunal Superior do Trabalho (TST) o trabalho remoto é uma forma de trabalho praticada fora das dependências do empregador ou da sede da entidade empregatícia. Normalmente, é feito com auxílio de computadores ou tecnologias similares, não se enquadram na ideia de trabalho externo (TST, 2020)³. Engloba o termo *home office* e abrange os trabalhadores autônomos, freelancers e recentemente, com a pandemia, vem incorporando várias classes de trabalho como o setor administrativo, que se tornou plano viável para a manutenção de atividades laborais relacionadas a processos de trabalho compatíveis (VEIGA et al., 2020)⁴.

O teletrabalho pode ser considerado como uma regulamentação nova, uma vez que foi introduzido na reforma trabalhista em 2017. Caracterizado por atividades fora das dependências da empresa, com o uso de tecnologias da informação e de comunicação (BRASIL, 2017)⁵. O empregado tem direito a Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS), férias, 13º salário, assistência médica etc. Em relação aos equipamentos de trabalho, deve ser pactuado entre empregado e empregador para aquisição, manutenção

ou fornecimento deste (ALVES; PIRES,2020)⁶. Conforme Mendes (2020)⁷, grande parcela de profissões que poderão ser adaptadas para a realização de teletrabalho serão aquelas atividades que são executadas na posição sentada, com a utilização de computadores, laptops e demais dispositivos de multimídia. Dentre as áreas que permitem o trabalho remoto, estão as áreas administrativas como: Recursos Humanos (RH), Logística, Gerência, Finanças, Controle de produção, Gestão ambiental, Secretária, Auxiliar e Recepção (BANCO..., 2021)⁸.

O *home office* trouxe transformações no modo com que o trabalho é praticado (MESQUITA; SOARES, 2020)⁹. Conforme a Organização Internacional do Trabalho (OIT) as dificuldades mais encontradas no trabalho remoto são os riscos psicossociais e os fatores ergonômicos (OIT, 2020)¹⁰. Ligados à organização e à gestão do trabalho, podendo ter efeitos negativos ao nível psicológico, físico e social. Quando o local de trabalho é bem definido, as chances de proporcionar condições adequadas e favoráveis ao colaborador são boas. Por conseguinte, fazer um levantamento dos aspectos ergonômicos, é de extrema relevância, principalmente, em atividades remotas (MELICIO; NETO,2020)¹¹. A ergonomia pode proporcionar uma visão holística que permite uma melhor avaliação dos múltiplos aspectos que devem ser considerados num estudo sobre o teletrabalho no domicílio (OLIVEIRA,1996)¹².

A ergonomia, de acordo com a Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO), trata-se de uma disciplina que busca articular conhecimentos sobre a pessoa, sobre a tecnologia e a organização, com objetivo de configurar e transformar a situação de trabalho de forma positiva e satisfatória para o homem (ABERGO, 2004)¹³. Considerada como uma disciplina que aborda todas as atividades ou tarefas humanas sistematicamente com papel fundamental no nosso dia a dia, tanto no trabalho quanto em atividades cotidianas (SOUZA, 2018)¹⁴. Atualmente, é utilizada para a melhora das condições de trabalho, podendo envolver todos os trabalhadores de uma empresa tanto administrativos quanto operacionais (ILDA, 2005)¹⁵. Decorrente da análise

e da observação do trabalho, procurando adequar as condições do ambiente, focando na preservação da saúde e segurança do homem (CORRÊA; BOLETTI,2015)¹⁶.

De acordo com a definição adotada pela Associação Internacional de Ergonomia (IEA), a ergonomia é dividida em três domínios: física, cognitiva e organizacional (IEA, 2007)¹⁷. A física está caracterizada ou relacionada a aspectos da própria anatomia humana, antropometria, fisiologia e a biomecânica. Tem também relação com a postura no trabalho, manuseio de materiais, movimentos repetitivos e possíveis lesões e problemas musculares (ABRAHÃO et al., 2009; ILDA, 2005)^{18,15}. A organizacional abarca o projeto participativo, o trabalho cooperativo, a cultura organizacional, a gestão da qualidade e as organizações em rede. Trata-se do diálogo e comunicação entre demais setores da organização, a fim de diagnosticar riscos inerentes ao ambiente de trabalho, realçando o bem-estar do homem (CORRÊA; BOLETTI, 2015)¹⁶. A cognitiva, está atrelada a fatores da saúde mental, a percepção, raciocínio lógico e memória. Podendo afetar as interações e o cumprimento de atividades. Com o bom uso da ergonomia, é possível reduzir riscos de estresse, síndrome de burnout e ansiedade (ABRAHÃO et al., 2009)¹⁸.

De acordo com uma pesquisa feita pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), em parceria com o IES (Institute of Employment Studies) aponta que o ambiente doméstico, não dispõe de mobiliário adequado, podendo resultar no aparecimento ou agravamento de problemas músculo esquelético.

Segundo Robertson, Schleifer e Huang (2012)¹⁹, o trabalho domiciliar sem auxílio ou acompanhamento ergonômico, pode contribuir para o desenvolvimento de problemas musculoesqueléticos no pescoço, ombros, punhos, mãos e região lombar. A maneira como esses fatores são tratados no teletrabalho impactará significativamente não apenas a segurança e a saúde do funcionário, mas também a eficácia organizacional.

A ergonomia cognitiva pode ser comprometida, pois a saúde mental do funcionário em regime de teletrabalho se

torna um desafio maior à distância, devido ao aumento da pressão, isolamento do trabalhador dos demais funcionários e extensão da jornada de trabalho, além da dificuldade em separar a vida privada e profissional (VEIGA et al.,2020; MELICIO; NETO, 2020)^{4,11}. Segundo Mesquita e Soares (2020)⁹, a atuação da ergonomia em meio ao teletrabalho vem se ampliando a cada dia. Atualmente, existe uma maior interferência e influência de aspectos ergonômicos, exigindo novos conhecimentos. Há necessidade de aplicar os conceitos de ergonomia, seja por intermédio da empresa através de intervenções e treinamentos ou por meio dos funcionários que já capacitados para um treinamento são capazes de identificar os riscos e sugerir possíveis correções. (MESQUITA; SOARES,2020)⁹. O objetivo deste estudo é compreender os aspectos ergonômicos presentes em trabalhadores administrativos que estavam em *home office* durante a pandemia de COVID-19.

Materiais e Métodos

Trata-se de uma revisão bibliográfica integrativa da literatura, na qual realizou-se a identificação do problema, sendo definido o propósito da revisão, a busca da literatura com a definição da utilização de palavras-chave e base de dados baseados na seleção de artigos e a avaliação dos dados obtidos. Buscaram-se observar e identificar estudos que relacionaram o trabalho remoto e os prejuízos para ergonomia em trabalhadores administrativos por meio de uma revisão integrativa.

A tática de busca foi realizada em revistas, sites e livros, em plataformas de pesquisa como Portal Capes, Scielo, Google Acadêmico, Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e United States National Library of Medicine (PubMed). O processo de elaboração do artigo foi realizado por dois autores que fizeram a busca cega e um terceiro autor que fez a averiguação e verificação dos resultados. A primeira etapa da pesquisa contou com fichamentos, com indicação de objetivos relacionados ao estudo, autor, data e título, colocando as informações em planilha no Excel. A segunda

etapa foi realizada a partir da aplicação dos critérios de inclusão e exclusão para a escolha dos artigos e a análise e revisão bibliográfica. Os critérios de inclusão foram: artigos de publicação 2020 e 2021, revistas que avaliam a saúde mental e dores musculoesqueléticas, trabalhadores em *home office* e que migraram para o *home office* devido à pandemia, pesquisas que retratam trabalhadores em trabalho sentado, além dos trabalhadores do setor administrativo, englobando áreas como RH, administração pública, gerência e auxiliar administrativo, com a finalidade de definir um público mais específico.

Os critérios de exclusão foram os materiais que não tem a fonte da pesquisa como notícias de jornais e orientações de sites e blogs. Caso houvesse divergência entre os dois autores o terceiro autor decidiu se o artigo faria parte da revisão ou não. Após a leitura dos títulos e resumos foi realizada a leitura completa dos artigos e confirmação da sua inclusão neste estudo.

Resultados

Durante a busca das referências bibliográficas para a montagem desta revisão bibliográfica integrativa, inicialmente foram encontrados 56 artigos com base nas palavras-chave, e após o critério pré-estabelecido de exclusão foram mantidos 35 e 21 foram excluídos permanentemente através de um processo de filtragem da data de publicação, resultados e objetivos.

Destes 35 artigos, 18 foram excluídos por estarem relacionados diretamente ao público geral e serem artigos mais amplos em respeito a definições e conceitos. O que resultou no quantitativo de 17 artigos selecionados para este estudo, conforme Tabela 1 (Apêndice). Dentre os 17 artigos, 3 foram escritos em língua inglesa e 1 em espanhol, o restante está em língua portuguesa. Os países representados são o Brasil em grande maioria, Equador, Estônia e Índia.

De todos os 17 artigos, 14 foram baseados e escritos por pesquisa de campo. Utilizando de programas como o

Google Formulários, anuários, formulários e questionários, focados em saber o dia a dia do *home office*, vantagens e desvantagens desta forma de trabalhar, como a carga horária, convívio social, família, pressão do empregador, outro tópico bastante explorado é a respeito da ergonomia, considerando a altura dos móveis, dores, postura e sobre as perspectivas do futuro entre outros tópicos. Foi observado que os artigos que descrevem sobre ergonomia são 14 artigos defendem e ponderam a relevância que o termo tem no dia a dia do trabalho, ainda mais no trabalho *home office* dentro da área administrativa. O setor administrativo é a área que detém a visão geral do negócio e o faz funcionar, sendo valioso tanto no setor privado como no público. Com este entendimento, o trabalho buscou artigos e pesquisas nesta área. Foram 13 artigos que citam ou explicam a respeito deste setor.

Discussão

Com o fechamento de empresas e escritórios pela interrupção das atividades econômicas dentro do ambiente corporativo, os trabalhadores foram transferidos imediatamente do escritório para casa, com seus notebooks em mãos e tendo dificuldades de montar uma área de escritório com o que se tinham, improvisando cadeiras, mesas, escrivaninha, com encosto baixo ou sem encosto, sem apoio para os antebraços, entre outras, havendo ainda os que preferem trabalhar no sofá ou na cama o que aparentemente é confortável causa maior comprometimento à saúde com o passar do tempo. O que inicialmente foi uma estratégia de prevenção à saúde para evitar a disseminação do coronavírus.

Segundo Mendes, Filho e Tellechea (2020)²⁰, o surto pandêmico ocasionado pela COVID-19, no ano de 2020, gerou impactos no comportamento de consumo, nas estratégias organizacionais e na maneira como o trabalho é exercido. Podendo provocar perdas em instituições sociais, como às famílias, empresas, empregos formais e informais, governo e a sociedade organizada.

Países como o Brasil adotaram medidas de distanciamento físico, de isolamento social e restrições conexas para atenuar a curva das infecções, que tiveram consequências severas. Como a redução do horário de trabalho e dos salários, despedimentos, bem como o encerramento de empresas (REPULA; SILVA; MOTTA, 2020)²¹. Devido às regras de distanciamento social, os espaços de escritórios foram fechados e os trabalhadores tiveram que trabalhar em casa, pelo menos até que o vírus persista. Considera-se que o trabalho remoto está provando ter benefícios em nível organizacional e individual, além de ter ganhado popularidade devido aos rápidos avanços em tecnologia da informação e equipamentos eletrônicos (ARGUS; PAËAËSUKE, 2020)²².

Kaushik e Guleria (2020)²³ afirma que a pandemia, proporcionou mudanças de tendências de negócios, pois agora a boa parte dos acordos e tratativas devem ser feitos através de dispositivos móveis ou outras plataformas digitais. A autora pontua que a inteligência artificial mudou a maneira como as empresas costumam administrar e operar um negócio. Houve ainda a aceleração da implementação do teletrabalho pelas empresas, podendo ser considerado uma excelente opção para conciliar uma maior necessidade de permanência do funcionário no lar à execução de seu ofício (DALLABRIDA, 2020)²⁴.

O *home office* apresenta desafios importantes como as questões do isolamento social, a redução do espaço físico do lar, o aumento dos custos pessoais, as perdas dos benefícios profissionais, a dificuldade de separar a vida pessoal e profissional, podendo também haver interrupções feitas pelos outros moradores da casa, dificultando muitas vezes a concentração e os postos de trabalho muitas vezes propiciam ambientes inadequados, por exemplo, a altura de uma mesa ou cadeira²⁰⁻²⁵. No dizer de Lucas e Santos (2020)²⁶, é notório reconhecer que o trabalho remoto merece relevância científica e há uma necessidade de aprofundamento deste modelo destacando a gestão pública, analisando os impactos e a influência nos aspectos da cultura organizacional da administração pública.

Antunes et al. (2021)²⁷ destacam a necessidade de atenção das políticas públicas quanto aos riscos de precarização e perda do controle sobre a carga de trabalho que levam a sobrecarga, fadiga e estresse.

Na pesquisa de Filardi, Castro e Zanini (2020)²⁸ identificou-se que na administração pública cerca de 29,3% dos gestores citaram ter pessoas que não se adaptaram ao teletrabalho e 7,1% citaram que acontece casos que ocasionaram problemas psicológicos, sendo este o aspecto com maior abstenção de resposta (28,6%), revelando um dado preocupante sobre a saúde física e mental dos teletrabalhadores. Um dos principais aspectos negativos relatado na pesquisa é a ausência de contato com os colegas. Para além dos impactos psicológicos gerados pela ausência de contato social, do ponto de vista sociológico é válido questionar os incalculáveis prejuízos que a ausência de sociabilidade entre os trabalhadores pode gerar (BRIDI; BOHLER; ZANONI, 2020)²⁹. Na pesquisa de Neves (2020)²⁹, averiguou-se que os sentimentos relatados durante o período de trabalho remoto, foram estresse (66,3%), exaustão (54,1%), irritabilidade (52%), insônia (34,7%), mau humor (36,7%), raiva (20,4%) e ansiedade (6,1%), com relatos de outros sentimentos distintos destes, como medo, desânimo, ânsia de choro e desgaste físico.

O trabalho remoto criou demandas e exigências, em condições laborais não reguladas, com potencial de incrementar os riscos ocupacionais e a ocorrência de adoecimento, como o Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT) e os transtornos mentais relacionados ao trabalho (ARAÚJO; LUA, 2021)³⁰. Para Filardi, Castro e Zanini (2020)²⁸, em sua pesquisa constataram que as atividades domésticas atrapalham, há necessidade de conscientizar a família e existe a tentação de realizar outros trabalhos por conta própria.

A ergonomia tem o papel de oferecer e estabelecer práticas e condições de trabalho que favoreçam a saúde do colaborador, tanto nos ambientes administrativos quanto em casa. Ressaltando as condições psicofisiológicas do indivíduo, são aprimoradas e adaptadas aos equipamentos

e mobiliários (REIS, 2020)³¹. Um ambiente de trabalho adequado para a administração tem de estar relacionado com a ergonomia, principalmente, com a pandemia em vigência, haja vista que a rotina laboral em muitos casos está relacionada ao uso de computadores acentuada pela crescente informatização das atividades (SILVA; MENDES, 2020)^{32,7}. Isto posto, é importante dizer que o teletrabalhador deve-se atentar com as condições laborais de sua casa. Segundo Reis (2020)³¹, um dos grandes desafios do empregado é ter acesso aos conhecimentos e cuidados que devem ser tomados, a respeito do espaço físico e mobiliário. O empregador precisa fornecer condições básicas e equipamentos adequados para a realização de sua atividade, zelando pela saúde e segurança do empregado.

No ensaio realizado por Filho, Mendes e Tellechea (2020)²⁰ um dos dados demonstra falta de infraestrutura das residências para a realização do *home office*, além da falta de atenção das organizações no quesito ergonomia e a dificuldade de adaptação a essa modalidade de trabalho. Na pesquisa de Mendes (2020)⁷, uma grande parcela de colaboradores durante o trabalho remoto alegou sentir níveis altos de dor, sendo distribuídas entre ombros (35,7%), costas (33,7%), pescoço (27,6%), bacia, mãos e punhos (22,4%), braços (18,4%), pernas (15,3%), pés e tornozelos (9,2%). As condições de ergonomia dos postos de trabalho adaptados não obtiveram uma boa avaliação. Conforme a avaliação ergonômica, apenas 3,1% apresentaram condição considerada excelente e 13,3% obtiveram um bom resultado pelos critérios verificados através de checklist, enquanto 29,6% avaliações foram ruins e 22,4% péssimas.

No artigo de Araújo et al. (2021)³³, os resultados foram similares aos de Mendes (2020)⁷. Revelou que o local de trabalho usual não é ergonomicamente adequado, pois não atende às condições técnicas aceitáveis, em virtude da prevalência de problemas no ambiente físico, levando ao aumento dos problemas musculoesqueléticos devido à falta de móveis adequados para a realização das atividades.

Em contrapartida, um questionário feito por Bridi, Bohler e Zanoni (2020)²⁸ trabalhou com a população, os agentes, gerentes, técnicos, assistentes, auxiliares e secretário administrativo, e outras áreas. Em um dos dados, envolvendo ergonomia no local de trabalho (57,06%) considerada razoável, (30,79%) afirmaram ser excelente e (12,14%) declararam que suas condições de trabalho em relação à ergonomia são péssimas. A maioria tem condições de equipamento excelente (51%) e razoável (44,7%), ou seja, o que falta é uma gestão e um entendimento melhor do uso destas ferramentas.

A ergonomia tem de ser aplicável, considerando os riscos intrínsecos à sua função. Logo, viabilizar um espaço físico e confortável, que inclua devidos cuidados com a iluminação, ventilação, temperatura e ruídos. São premissas de uma boa ergonomia (MENDES; OLIVEIRA; VEIGA, 2020)^{7,12,4}. Na visão de Reis (2020)³¹ as empresas têm um papel de equilíbrio, possibilitando ao trabalhador acesso a equipamentos de qualidade e fornecendo a infraestrutura necessária. Normalmente, os ambientes administrativos possuem riscos baixos, porém há um ponto de atenção, à Ergonomia, capaz de provocar danos irreversíveis à saúde do trabalhador de forma silenciosa. Para Repula, Silva e Motta (2020)²¹, a área de recursos humanos não sofrerá com a pandemia. A área administrativa tem grande importância para as empresas, pois trabalha incessantemente para estabilidade e segurança aos seus colaboradores. Assim, pode-se afirmar que a gestão de recursos humanos adequada é fundamental para que as empresas possam atravessar os momentos de crise sem serem negativamente impactadas pelas suas consequências.

Para Neves (2020)³⁴, as profissões que contam com rotinas administrativas e trabalho de escritório têm maior chance de ser bem adaptadas, como publicitários, administradores e assistentes administrativos. Na pesquisa de Salum, Coleta e Drummond (2021)³⁵, cerca de 30% das pessoas informam que o RH tem atuado muito bem, agindo de forma ativa e se adaptando rapidamente aos desafios

inerentes ao modelo de trabalho remoto. A pesquisa enfatiza que a melhoria da produtividade vai depender do apoio da organização, da empresa, do tempo e espaço adequados. O trabalho em casa pode permanecer muito depois do alarme de pandemia. O ambiente de trabalho pós-COVID-19 também terá muitos representantes trabalhando à distância. As organizações também preveem que a utilização do espaço de trabalho do escritório deve ser radicalmente diferente do tempo anterior à pandemia, onde o avanço na utilização do espaço de escritório foi fundamental (ARAÚJO; LUA, 2021)³⁰.

No dizer de Kaushik e Guleria (2020)²³, algumas organizações não defendem o trabalho em casa, pois aceitam que as pessoas não podem trabalhar sem supervisão. Em vez disso, os empregadores preferem adotar um controle e uma escala menor, um modelo híbrido. Mantendo um distanciamento higiênico e social e convocando as pessoas no local de trabalho em casos urgentes em dias alternados, especialmente nas unidades fabris de Recursos Humanos (RH) para repensar certas questões relativas à motivação, inspiração, treinamento e desenvolvimento das pessoas.

De acordo com a pesquisa de Dutra (2020)³⁶ pouco mais de um terço (36%) dos entrevistados disseram que não pretende manter o trabalho a distância após o fim da pandemia. Um percentual semelhante (34%) tem a intenção de continuar com o *home office*. Os colaboradores esperam que a empresa providencie o que for necessário para que o trabalho remoto seja feito de forma segura e saudável. Segundo Araújo, et al. (2020)³³ parte das pessoas que atualmente realizam seu trabalho nesta modalidade estariam dispostas a continuar, por isso é necessário informar a população sobre as condições ideais de preparação dos ambientes de trabalho para evitar a longo prazo problemas de saúde. É preciso planejar e organizar o trabalho a ser executado na modalidade *home office*, para que os funcionários tenham as mesmas condições de infraestrutura em suas casas, de forma a não comprometer a saúde e a segurança do empregado.

Portanto, é necessário que as empresas atentem para as peculiaridades de cada empregado, identifiquem os problemas e apresentem soluções no que tange aos aspectos ergonômicos.

Conclusão

Consideramos que o trabalho em casa durante no atual cenário pandêmico foi decisivo para a manutenção de renda e emprego entre os trabalhadores do mundo todo. O setor administrativo vem procurando formas de adequar-se à nova realidade, através do melhor aproveitamento do tempo e aumento da produtividade. Contudo, ainda existem dificuldades a se superar tanto na gestão do trabalho quanto nas questões de segurança e saúde do colaborador. Esta pesquisa, verificou-se que o teletrabalho proporciona redução dos custos operacionais, gerando a redução de deslocamentos e promovendo maior flexibilidade para o empregador e o colaborador, com relação a horários e prazos. Porém houve o impacto negativo da prevalência de distúrbios musculoesqueléticos, principalmente nas costas, pescoço e na visão, havendo associação desses distúrbios com fatores de risco ergonômicos, postura prolongada e longas jornadas de trabalho. Logo, é essencial utilizar as ações em ergonomia para a manutenção da saúde e capacidade para o trabalho, por meio do empregador fornecendo recursos de melhorias nos postos de trabalho, ajustes de mobiliários, adequação e implementação de treinamentos, além de suporte mental e organização dos processos de trabalho. Assim, a atuação dos profissionais de saúde e segurança no trabalho, é de muita relevância, porque o profissional deve elaborar programas para capacitar e treinar o uso correto de materiais e equipamentos, a alternância da postura, modificação da altura de determinado mobiliário, implementação de horas de descanso, bem como orientações para alongamentos diários, por meio de acompanhamento periodicamente dos colaboradores que estão em *home office*.

A pandemia coronavírus, que infelizmente ainda não acabou, gerou impactos nos mais diferentes âmbitos da sociedade e no mundo do trabalho. Portanto, as migrações

repentinamente de locais de trabalho ainda ocorrerão até que se tenham medidas de controle eficazes para a doença. Cabe, portanto, a união entre trabalhadores e empregados para que se tenha um ambiente de trabalho saudável e que promova uma adequada qualidade de vida.

Sendo fundamental que novas pesquisas ocorram para a observação do impacto do *home office* ao longo dos anos na vida dos trabalhadores. Identificamos em nosso estudo a limitação em encontrar estudos a respeito do tema, pois houve um número reduzido de artigos e pesquisas divulgadas. Espera-se que os resultados desta pesquisa possam auxiliar outros pesquisadores na busca da compreensão dos impactos ergonômicos para a sociedade e como a pandemia está ligada a esta modalidade de trabalho que veio para ficar.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer primeiramente a Deus, que tem nos abençoado muito durante esta caminhada.

Agradecemos a importante colaboração e contribuição da nossa orientadora Marcela Alves Andrade, tem nos ajudado muito desde o pré-projeto até a esta etapa final de conclusão de curso.

Gratificamos a nossos familiares que sempre nos ajudaram e não nos deixaram desistir durante todo o curso.

Referências

1. OMS. A Organização Mundial da Saúde afirma que COVID-19 é agora caracterizado como pandemia. **2021**.
2. BRASIL. Medida provisória nº 927, de 22 de março de 2020. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo. Brasília, DF, 22 mar. **2020**. Seção 1, p. 1.
3. TST. Teletrabalho O trabalho de onde você estiver: Entenda o que é o teletrabalho, conheça os direitos relacionados e veja dicas. Material Educativo, 1. ed, dezembro de **2020**.
4. VEIGA, N. Henrique; TEN, Yan Z. L. Figueiredo; MACHADO, V. Paes; FARIA, M. Guimarães de A., NETO, M. de Oliveira; DAVID, H. M. Scherlowski Leal. Teoria da adaptação e saúde do trabalhador em *Home Office* na pandemia de COVID-19. Revista Baiana De Enfermagem, v. 35 (**2021**).
5. BRASIL. Lei nº 13.467, de 13 de julho de 2017. Altera a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e as Leis nºs 6.019, de 3 de janeiro de 1974, 8.036, de 11 de maio de 1990, e 8.212, de 24 de julho de 1991, a fim de adequar a legislação às novas relações de trabalho. Diário Oficial da União, **2017**.
6. ALVES, Amanda; PIRES, Matheus. Os Direitos trabalhistas em *home office* em face à pandemia da COVID-19. Bagé - RS: Universidade Federal do Pampa, maio de **2020**.
7. MENDES, Ricardo A. de Oliveira; OLIVEIRA, Lucio C. D.; VEIGA, Anne G. B. A viabilidade do teletrabalho na administração pública brasileira. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 3, p. 12745-12759, mar. **2020**.
8. BANCO de dados. Abencat. São Paulo - SP, 05 de agosto de **2021**.
9. MESQUITA, Driely F.; SOARES, Mirelle I. Ergonomia na era do teletrabalho: impactos para a saúde e segurança do trabalho. Lavras - MG: Unilavras - Centro Universitário de Lavras, pg. 1-15, nov. **2020**.
10. OIT. Teletrabalho durante e após a pandemia da COVID-19: Guia prático. Bureau Internacional do Trabalho - Genebra, jul **2020**. ISBN 978-972-704-443-6 (web pdf).
11. MELICIO, Rose K. I. S. da C., NETO, L. O. C. Uma reflexão sobre a prática do *home office* no cenário da pandemia COVID19. XL ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Enegep: Foz do Iguaçu - PR, 20 a 23 de outubro de **2020**.
12. OLIVEIRA, Martha M. Veras. Ergonomia e o teletrabalho a domicílio. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, pg. 1-90, agost. **1996**.
13. ABERGO. v. 2, n. 1 (**2004**).
14. SOUZA, Dulce América de. Ergonomia aplicada [recurso eletrônico] / Dulce América de Souza; [revisão técnica: Sabrina Assmann Lücke]. - Porto Alegre: SAGAH, 2018. 15. ILDA, Itiro. Ergonomia - Projeto e produção. 2. ed. São Paulo: Blucher, **2005**.
15. ILDA, Itiro. Ergonomia - Projeto e produção. 2. ed. São Paulo: Blucher, **2005**.
16. CORRÊA, V. Morais; BOLETTI, R. Rosner. Ergonomia: Fundamentos e Aplicações. 1. Ed. Porto Alegre: Bookman, **2015**. p. 1-144.
17. IEA - International Ergonomics Association. Definition and domains of ergonomics. [S.l.]: IEA, [2007].
18. ABRAHÃO, Júlia Issy; SZNELWAR, Laerte; SILVINO, Alexandre; SARMET, Maurício; PINHO, Diana. Introdução à ergonomia: da prática à teoria. [S.l.: s.n.], **2009**.
19. ROBERTSON, Michelle M.; SCHLEIFER Lawrence. M.; HUANG, Yueng H. Examining the macroergonomics and safety factors among teleworkers: development of a conceptual model. Rockville, Maryland, USA. **2021**.

20. MENDES, Diego Costa; FILHO, Horacio N. H. TELLECHEA, Justina. A realidade do trabalho *home office* na atipicidade pandêmica. Revista Valore, Volta Redonda, 5 (edição especial): 160-191., **2020**.
21. REPULA, Aline; SILVA, Elvis Meira; MOTTA, Mônica C., A. de Lima. O papel da administração de recursos humanos diante das crises. ConBRepro. **2021**
22. ARGUS, M., PÄÄSUKE, M. Effects of the COVID-19 lockdown on musculoskeletal pain, physical activity, and work environment in Estonian office workers transitioning to working from home. Work. **2021**; p.741-749.
23. KAUSHIK, Meenakshi; GULERIA, Neha. The Impact of Pandemic COVID -19 in the Workplace. Article in European Journal of Business Management and Research, maio de **2020**.
24. DALLABRIDA, Priscilla R. Iriguchi. *Home office* uma alternativa segura diante da pandemia (covid-19) administração e finanças. Rio de Janeiro - RJ: Universidade Estácio de Sá (Estácio), v.1, pg. 1-21.
25. OLIVEIRA, Matheus; KEINE, Sandro. Aspectos e comportamentos ergonômicos no teletrabalho. Revista Produção Online. Florianópolis, SC, v. 20, n. 4, p. 1405-1434, **2020**.
26. LUCAS, André do C.; SANTOS, Rayane L. O trabalho remoto na administração pública brasileira: desafios e perspectivas. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação. São Paulo, v.7.n.4. Abr. **2021**.
27. ANTUNES, Evelise Dias et al. *Home office*, teletrabalho ou trabalho remoto? A importância da ergonomia quando o trabalho se mudou para casa. Engenharia de Produção: Além dos Produtos e Sistemas Produtivos 2, [S.L.], p. 149-154, 12 mar. **2021**.
28. FILARDI, Fernando; CASTRO, Rachel Mercedes P. de; ZANINI, Marco Tulio Fundão. Vantagens e desvantagens do teletrabalho na administração pública: análise das experiências do serpro e da receita federal. Cadernos Ebape.Br, [S.L.], v. 18, n. 1, p. 28-46, jan. **2020**.
29. BRIDI, Maria Aparecida; BOHLER, Fernanda Ribas; ZANONI, Alexandre Pilan. Relatório Técnico Da Pesquisa: O Trabalho Remoto/ Home-Office No Contexto Da Pandemia Covid-19. Curitiba: Universidade Federal do Paraná (UFPR), Grupo de Estudos Trabalho e Sociedade, **2020**, p.1-46.
30. ARAÚJO, Tânia Maria; LUA Iracema. O trabalho mudou-se para casa: trabalho remoto no contexto da pandemia de COVID-19. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, v.46, pg. 1- 11. Maio de **2021**.
31. REIS, João Paulo C. Ergonomia no ambiente administrativo nos moldes da NR 17. Anápolis - GO: Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, outubro de **2020**, pg. 1-24.
32. SILVA, Eduardo J. Trocoli da S.; MENDES, Renata W. B. A preocupação com a ergonomia no serviço público: estudo de caso no âmbito da administração direta federal. São Paulo - SP: Universidade Cruzeiro do Sul (UNICSUL), pg. 1-16. **2020**.
33. ARAÚJO, César Larrea; GRANJA, José Ayala; CABEZAS, A. V. Cabezas; VARGAS, Patricia A. Factores de riesgo ergonómico del

teletrabajo en Ecuador durante la pandemia de COVID-19: un estudio transversal. Int. J. Environ. Res. Saúde pública 2021, 18, 5063.

34. NEVES, Simone Emanuelle da Silva. Adaptação do ambiente doméstico ao trabalho *home office* durante a pandemia de covid-19. Mossoró - RN: Universidade Federal Rural do Semiárido, 2020, p.1-60.

35. SALUM, Fabian; COLETA, Karina; DRUMMOND, Virginia. Novas formas de trabalhar: as adequações ao *home office* em tempos de crise. Material realizado pela Grant Thornton Brasil, abr. **2021**.

36. DUTRA, J. Souza. Pesquisa Gestão de Pessoas na Crise Covid-19. Realizado pela Fundação Instituto de Administração - FIA, 29 abr. **2020**.

Filipe Machado*, João L. Miranda & Marcela A. Andrade

Faculdade Senai Roberto Mange.

*E-mail: filipemac04@gmail.com

Apêndice

Tabela 1: Artigos usados na pesquisa .Fonte: Aatoria própria (2021)

Ano/Citação	Autores	Título	Resultado
Araújo et al., (2021)	César Larrea Araújo; José Ayala Granja; Andrea Vinueza Cabezas; Patricia Acosta Vargas	Factores de riesgo ergonómico del teletrabajo en Ecuador durante pandemia de COVID-19: un estudio transversal	Os resultados mostram que os teletrabalhadores organizaram seus dormitórios para o desenvolvimento de suas atividades. Os entrevistados em cada faixa etária afirmaram não perceber doenças mais significativas do que as experimentadas antes de iniciar o teletrabalho.
(ARAÚJO e LUA, 2020).	Tânia Maria de Araújo; Iracema Lua	O trabalho mudou-se para casa: trabalho remoto no contexto da pandemia de COVID-19	Parte desse modo de operar os processos de trabalho permanecerá, e a vida em sociedade será modulada por essas transformações. Esses desafios deverão mobilizar atenção e intervenção. Serviços administrativos e escolares foram aqueles de maior incremento dessa modalidade de trabalho.
(ARGUS; PAËAËSUKE, 2020)	Martin Argus; Mati Paäaësuke	Effects of the COVID-19 lockdown on musculoskeletal pain, physical activity, and work environment in Estonian office workers transitioning to working from home	O resultado denota que não houve uma piora tão significativa no teletrabalho comparado ao trabalho em escritório. O arquivo ressalta que manter o nível de atividade física habitual e preparar um ambiente de trabalho mais confortável e ergonômico, pode desempenhar um papel em uma transição mais saudável para trabalhar em casa.
(BRIDI; BOHLER e ZANO NI, 2020).	Maria Aparecida Bridi; Fernanda Ribas Bohler; Alexandre Pilan Zanoni;	O Trabalho Remoto/Home-Office No Contexto Da Pandemia Covid-19	Com informações significativas, esse estudo evidencia a realidade de muitos trabalhadores como os do setor administrativo que tiveram que se adaptar no período da pandemia e o impacto dessa mudança na sua vida pessoal e profissional.
(DALLABRIDA, 2020)	Priscilla Ribary Iri-guchi Dallabrida	Home office uma alternativa segura diante da pandemia (Covid-19) administração e finanças	O resultado desta pesquisa, mostrou que existem muitos pontos positivos e negativos em relação ao trabalho em formato <i>home office</i> .

Tabela 1: Artigos usados na pesquisa .Fonte: Autoria própria (2021) - continuação

(DUTRA, 2020)	Joel Souza Dutra	<i>Home office</i> foi adotado por 46% das empresas durante a pandemia	A pesquisa aponta que 67% das companhias relataram dificuldades em implantar o sistema de <i>home office</i> . Poucas empresas ofereceram suporte material aos funcionários para implantação do teletrabalho: 9% ajudaram nos custos de internet e 7%, nos custos com telefone. O artigo mostra que pouco mais de um terço (36%) disse que não pretende manter o trabalho a distância após o fim da pandemia.
(OLIVEIRA; KEINE, 2020)	Matheus de Oliveira; Sandro Keine	Aspectos e comportamentos ergonômicos no teletrabalho	O artigo mostra que muitos dos profissionais receberam orientação da empresa em relação aos cuidados a serem tomados, embora muitos se conscientizaram por conta própria. Por algum motivo, a ginástica laboral é o item mais negligenciado por todos, talvez pelo fato de que muitos empregados podem praticar atividades físicas com relativa frequência.
(REIS, 2020)	João Paulo Caetano Reis	Ergonomia no ambiente administrativo nos moldes da NR 17	Grande parte dos colaboradores do setor administrativo tem consciência sobre postura correta no momento que mais se encontra desvio dessa conduta e quando eles estão na frente do monitor.
(REPULA; SILVA; MOTTA, 2020).	Aline Repula; Elvis Meira Silva; Mônica Cristina Antoniucci de Lima Motta	O papel da Administração de Recursos Humanos diante das crises	Objetivou-se identificar as principais crises já enfrentadas pelo mundo e pela empresa em questão, e quais as estratégias da empresa para superá-las. Conclui-se que a administração adequada dos recursos humanos impacta positivamente nos resultados da empresa diante dos cenários de crise.
(SILVA; MENDES; 2020).	Eduardo José Trocoli da Silva; Renata Wey Berti Mendes	A preocupação com a Ergonomia no serviço público: Estudo de caso no âmbito da administração direta federal	Buscou-se com este artigo, verificar se a administração pública federal, por meio de questionário endereçado aos principais ministérios, está estruturada para garantir condições de segurança e saúde ao seu trabalhador voltadas à ergonomia. Conclui-se que, embora haja alguns avanços a partir da edição da portaria normativa, há necessidade de aprimoramento da gestão.
Antunes et al. (2021)	Evelise Dias Antunes; Frida Marina Fischer	<i>Home office</i> , teletrabalho ou trabalho remoto? A importância da ergonomia quando o trabalho se mudou para casa	Conforme as autoras a ergonomia e trabalho remoto aponta fortemente para fatores cognitivos e organizacionais do trabalho que impactam na execução das atividades. É ressaltado a importância dos profissionais que atuam em ergonomia.

Tabela 1: Artigos usados na pesquisa .Fonte: Autoria própria (2021) - continuação

Filardi, Castro e Zanini (2020)	Fernando Filardi; Rachel Mercedes P. de Castro; Marco Tulio Fundão Zanini	Vantagens e desvantagens do teletrabalho na administração pública: análise das experiências do Serpro e da Receita Federal	Os resultados evidenciaram como vantagens: melhoria da qualidade de vida; maior equilíbrio na relação trabalho x família; maior produtividade; flexibilidade; criação de métricas; redução de custo; estresse; tempo de deslocamento; exposição à violência; e conhecimento da demanda de trabalho. Já as desvantagens foram: não adaptação; falta de comunicação; perda de vínculo com a empresa; problemas psicológicos; infraestrutura; e controle do teletrabalhador.
SALUM Fabian; COLETA, Karina; DRUMMOUD, Virginia.	Fabian Salum; Karina Coleta; Virginia Drummond	Novas formas de trabalhar: as adequações ao <i>home office</i> em tempos de crise	Aprender a manusear novas ferramentas digitais, lidar com um contexto de incerteza e grande volatilidade com o foco na preservação da saúde foram, e ainda são, prioridades na sociedade. Neste cenário, a migração para o trabalho remoto, especialmente em <i>home office</i> , foi praticamente obrigatória.
Kaushik e Guleria (2020)	Meenakshi Kaushik; Neha Guleria	The Impact of Pandemic COVID-19 in Workplace	De acordo com o artigo, para superar a situação atual, as empresas estão tentando administrar escritórios e trabalhos administrativos por meio do modo “Work from Home”. As empresas estão tentando lidar com a turbulência econômica causada pelo COVID 19 por meio do uso de tecnologia disruptiva, trabalhando em casa. Este artigo de pesquisa também enfatiza que os empregadores, bem como os gerentes de RH.
Lucas e Santos (2020)	André do Carmo Lucas; Rayane Leite dos Santos	O Trabalho remoto na administração o público brasileiro	O teletrabalho apresenta desafios importantes a serem superados pelos órgãos públicos e servidores como problemas de adaptação, de comunicação, sensação de isolamento, além de problemas para a gestão de pessoas no que diz respeito à supervisão no teletrabalho. Essa pesquisa mostrou que, apesar dos notáveis avanços, ainda existem muitos desafios a serem superados para que essa forma de trabalho possa alcançar plenamente seu potencial.
Mendes, Filho e Tellechea (2020)	Diego Costa Mendes; Horacio Nelson Hastenreiter Filho; Justina Tellechea	A realidade do trabalho <i>home office</i> na atipicidade pandêmica	Foi possível observar que aqueles que já trabalhavam em <i>home office</i> antes da pandemia, no que lhe concerne, tiveram mais aspectos relacionados ao trabalho que se diferenciam negativamente da média geral. As faixas etárias que abrangem os mais jovens reúnem os que mais registraram prejuízos relacionados às novas condições de trabalho.
Neves (2020)	Simone Emanuelle Da Silva Neves	Adaptação do ambiente doméstico ao trabalho <i>home office</i> durante a pandemia de COVID-19	Como resultados observou-se que o trabalho não está bem adaptado do ponto de vista ergonômico, havendo necessidade de adequação dos postos de trabalho designados nas residências e treinamento dos colaboradores inseridos na modalidade <i>home office</i> para esta nova configuração de trabalho.

LER/DORT em Profissionais Eletricistas de Redes e Técnicos em Telecomunicações

Reginaldo M. Paula

Este artigo apresenta a ergonomia sob forma de ferramenta de manutenção biomecânica e prevenção de acidentes dos trabalhadores de redes elétricas e de telecomunicações. A intenção deste artigo foi de verificar as consequências físicas e cognitivas relacionadas à ocorrência de dores e desconforto postural dos trabalhadores em suas tarefas diárias de trabalho. A pesquisa foi realizada com os profissionais em seu momento de folga, profissionais estes trabalhadores da empresa de energia elétrica e das empresas provedoras de internet na cidade de Anápolis, e sugere modificações no ambiente de trabalho com a intenção de favorecer a saúde e produtividade dos trabalhadores. Por meio da observação direta e entrevista simultânea à execução da tarefa, foram destacadas as posturas mais frequentes em cada função. As imagens registradas dessas posturas foram comparadas ao diagrama de Corlett e Manen.

Palavras-chave: *ergonomia; doenças muscoesqueleticos e postura.*

This article presents ergonomics in the form of a biomechanical maintenance and accident prevention tool for workers in electrical and telecommunications networks. The intention of this article was to verify the physical and cognitive consequences related to the occurrence of pain and postural discomfort among workers in their daily work tasks. The research was carried out with professionals in their time off, professionals these workers from the electricity company and internet provider companies in the city of Anápolis, and suggests changes in the work environment with the intention of favoring the health and productivity of workers. Through direct observation and interviews simultaneously with the execution of the task, the most frequent postures in each function were highlighted. The recorded images of these postures were compared to the Corlett and Manen diagram.

Keywords: *ergonomics; musculoskeletal diseases and posture.*

Introdução

A energia elétrica e as telecomunicações são um bem vital para a sociedade e para garantir a continuidade desses serviços são necessários vários profissionais, como pro exemplo, os eletricitistas de redes e os técnicos em telecomunicações. A operação e manutenção do sistema elétrico e também das telecomunicações brasileiras, dependem intensivamente da execução de atividades desses profissionais, além de condições ambientais favoráveis, pois este trabalho, em geral, causa desconfortos físicos e até lesões.

De acordo com Seeley e Marhlin. (2003)¹, devido ao esforço intenso exercido por estes profissionais, muitos desenvolvem as lesões por esforço repetitivo LER, ou as doenças relacionadas ao trabalho DORT em pouco tempo de exercício nesta atividade. Além dos eletricitistas, também estão inclusos neste rol os técnicos em telecomunicações. Esses profissionais são bastante suscetíveis a lesões relacionados ao exercício da profissão LER/DORT, por causa de suas tarefas pesadas, manuseio de materiais, postura incorreta e às também por decorrência das condições climáticas.

Segundo Ada Assunção, 2009² LER/DORT designa os distúrbios musculoesqueléticos ocupacionais de origem multifatorial complexa. Ocupam o primeiro lugar nas estatísticas de doenças profissionais nos países industrializados. A LER resulta da diferença entre as tarefas realizadas no trabalho e as capacidades funcionais individuais para responder a essas exigências. Os desequilíbrios são modulados pelas características da organizacionais do trabalho, a qual constitui alvo das medidas de transformação das condições geradoras do adoecimento. Os distúrbios musculoesqueléticos dizem respeito a uma gama de doenças inflamatórias e degenerativas do aparelho locomotor.

O risco para o desenvolvimento de doença profissional pelo eletricitista de rede é máximo e corresponde a três pontos. Entretanto, apesar da pontuação deste setor ser a máxima, existem poucos artigos publicados em relação às doenças musculoesqueléticas, relacionadas a eletricitistas e técnicos e telecomunicações. Alguns estudos realizados na literatura atual, o setor elétrico e de telecomunicações

após as privatizações, não visam à avaliação de saúde e das capacidades motoras desses profissionais.

Segundo o Ministério da Saúde e da Previdência Social, os agravos relativos ao trabalho são grafados como LER/DORT, as lesões ocasionadas pelos esforços repetitivos durante a jornada de trabalho e distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho, ou seja, predisposição a essa doença. Contudo, outro fator que não pode ser descartado é a falta de tempo para recuperação, quando ocorre uma lesão ou um esforço intenso desses profissionais.

O surgimento das doenças osteomusculares relacionadas ao trabalho e à lesão por esforço repetitivo, não se dá apenas por esforço repetitivos, mas se desenvolve também com as posturas inadequadas dos trabalhadores, longas jornadas de trabalho, torções, choques elétricos, quedas entre outros riscos inerentes a profissão dos eletricitistas de redes e dos técnicos em telecomunicações. (BRASIL, 2000)³.

A etiologia e a fisiopatologia das diferentes doenças são multifatoriais, devido à interação entre os diferentes fatores citados. Sabe-se que, a maioria dos riscos físicos podem ser atenuados quando ocorre diminuição da amplitude, da frequência e da duração da exposição que contribuem para reduzir a incidência e a gravidade da doença.

Com o conhecimento dos riscos das funções desempenhadas pelos eletricitistas de redes e dos técnicos em telecomunicações, é possível minimizar os acidentes de trabalho e as lesões osteomusculares desses profissionais. Segundo alguns estudos, se durante o desempenho de suas funções, esses profissionais contarem com uma postura ergonômica adequada, este fato pode contribuir com a segurança no trabalho, diminuindo até os afastamentos do trabalho devido as LER/DORT. (CS Moriguchi, 2009)⁴.

A ergonomia estuda a adaptação recíproca entre o trabalhador e seu ambiente de trabalho, buscando soluções obter o conforto físico e mental para o trabalhador, tornando-a mais objetiva e melhorando o ambiente e as condições de trabalho.

O objetivo geral deste estudo foi identificar os sintomas musculoesqueléticos dos eletricitistas em regiões anatômicas do seu corpo, como a região cervical, ombros, região torácica, cotovelos, punhos e mãos, região lombar, quadris e coxas, joelhos e tornozelos e os pés.

Materiais e Métodos

A obtenção dos dados foi realizada por meio de questionários Nórdico Musculoesquelético nos períodos de 03 de julho a 20 de agosto de 2021. O questionário foi aplicado de forma individual e em local reservado, no momento de folga dos trabalhadores, os quais ficaram cientes dos procedimentos da pesquisa e também concordaram verbalmente e documentalmente, assinando o termo de consentimento formal, livre e esclarecido, assegurando a confidencialidade das informações obtidas, para realização deste artigo foram entrevistados 35 profissionais, sendo 25 eletricitistas de redes elétricas e 10 instaladores de internet.

O questionário apresentava aos profissionais questões como: a idade, o sexo, a altura, o peso, e questões ocupacionais, como, o tempo de serviço na empresa atual. Também foi solicitado que os profissionais que fizessem uma descrição das atividades diárias desempenhadas no emprego atual e das atividades realizadas na empresa anterior, caso houvesse: há quanto tempo exercia a função atual na empresa, o histórico dos afastamentos e o estado de saúde em geral do trabalhador, além de sua capacidade para realizar as atividades físicas e se realizava também algumas atividades domésticas.

Resultados e discussões

Ao realizar qualquer atividade, esses profissionais trabalham com posturas não ergonomicamente confortáveis, empregando, muitas vezes, força, velocidade e movimentos repetitivos por longos períodos. Esses movimentos e posturas podem variar de acordo com a ordem de serviço a ser executada.

A flexibilidade postural, que favorece a variação das posturas corporais pelo sistema musculoesquelético, revezando os pontos principais de exigência e permitindo mobilidade, constitui-se regra essencial da ergonomia e da manutenção da saúde de músculos, tendões, etc.



Figura 1: Eletricista de redes, instalação de aterramento.



Figura 2: Eletricista de redes, movimentação de escada.

Considerando a postura incorreta quando ela não atende ao conforto do trabalhador, exige esforço muscular intenso e oferece risco às estruturas musculoesqueléticas do trabalhador, como a LER/DORT.

Para entender o perfil do adoecimento musculoesquelético associado ao trabalho, é fundamental explorar as condições

laborais e abordar a dor nos seus componentes sensorial e emocional. Essa abordagem é articulada à perspectiva clínica que distingue doença e enfermidade. (ADA ASSUNÇÃO, 2009)².

Poucos profissionais que trabalham nas áreas de eletricitista de redes e de técnico em telecomunicação apresentam o condicionamento físico ideal para executar a sua função durante toda a vida até sua aposentadoria por tempo de serviço que é de 35 anos de contribuição, pois muitos destes profissionais são acometidos de lesões pelo uso excessivo da força no desempenho de suas funções. (SEELEY; MARKLIN, 2003)¹.

Considerando-se que este estudo buscou explorar e identificar os problemas ergonômicos vivenciados por um grupo específico de trabalhadores, aspirando compreender seus comportamentos, experiências, técnicas e práticas na realização de suas atividades diárias, optou-se pela adoção de pesquisa etnográfica.

Entendem que a investigação etnográfica engloba algumas etapas que facilitam o desenvolvimento da investigação, como: elaborar uma questão relevante a ser pesquisada, identificar um grupo para estudá-la, inserir a proposta de incursão ao grupo para obter seu consentimento e envolvimento. A coleta de informações se dá a partir das anotações realizadas em campo, para posterior observação participante e contextualizada e de descrição detalhada, que auxilia na compreensão do problema pesquisado, admitindo, inclusive, o uso de técnicas complementares (entrevistas, narrativas, história de vida, etc).

Também foi solicitado aos trabalhadores a identificação e a ocorrência de sintomas em nove regiões anatômicas, utilizando-se o Questionário Nórdico Padronizado ou Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ), uma versão em português traduzida por Barros e Alexandre (2003)⁵, considerando os doze meses e os sete dias precedentes à entrevista e os afastamentos das atividades no último ano.

As informações solicitadas no questionário nórdico, buscaram correlacionar as dores relatadas pelos profissionais com as funções desempenhadas. Conforme estabelece a

metodologia escolhida⁵⁻¹⁰, procedeu-se o levantamento das atividades no local de trabalho, no período vespertino e em condições climáticas para o exercício da profissão desses trabalhadores

As imagens registradas tiveram a autorização dos profissionais, e teve o objetivo de avaliar as posturas dos mesmos no exercício da profissão.

ANÁLISES DAS ATIVIDADES

A análise da atividade dos eletricitistas e dos técnicos em telecomunicações buscou compreender e analisar as realidades vividas por estes trabalhadores na execução das ordens de serviços diárias. Fatores biomecânicos: as análises feitas no ambiente de trabalho dos eletricitistas de redes e dos técnicos em telecomunicação, foram identificados vários riscos biomecânicos que podem interferir na realização dessas atividades. Durante esta análise, foram identificadas posturas não ergonomicamente confortáveis para estes profissionais.

Os riscos biomecânicos identificados mais significativos ergonomicamente, foram os ângulos de trabalho e as posições inadequadas, com mais ênfases nos troncos e na região dos membros superiores, a realização dessas tarefas principalmente em altura leva a intensas solicitações osteomusculares.

Durante a análise e a aplicação do Questionário Nórdico de Sintomas Osteomusculares, observou-se que para 30% das queixas dos profissionais se encontram em região de coluna cervical, e que a 36% relataram problemas na região lombar. Para 25% dos profissionais as queixas eram na região dos ombros, e outros 9% em outras partes do corpo, como joelhos e tornozelos.

Durante a entrevista e a investigação das queixas de dores musculoesqueléticas desses profissionais, uma das principais atividades identificada com provável causadora de lesão é o transporte das escadas de fibra extensíveis, que tem o seu peso entre 13,9 e 21,3 Kg, dependendo da altura do poste a ser realizado o trabalho.

Com a aplicação do método de Rodgers para a avaliação do risco com a fadiga muscular dos eletricitistas de rede e

DISTÚRBIOS MÚSCULO-ESQUELÉTICOS

Por favor, responda às questões colocando um "X" no quadrado apropriado _ um "X" para cada pergunta. Por favor, responda a todas as perguntas mesmo que você nunca tenha tido problemas em qualquer parte do seu corpo. Esta figura mostra como o corpo foi dividido. Você deve decidir, por si mesmo, qual parte está ou foi afetada, se houver alguma.

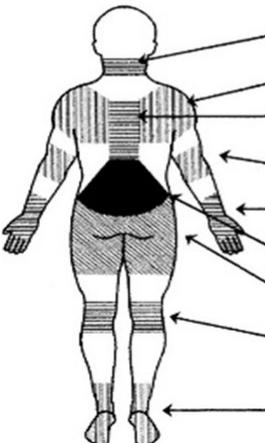
	Nos últimos 12 meses, você teve problemas (como dor, formigamento/ dormência) em:	Nos últimos 12 meses, você foi impedido(a) de realizar atividades normais (por exemplo: trabalho, atividades domésticas e de lazer) por causa desse problema em:	Nos últimos 12 meses, você consultou algum profissional da área da saúde (médico, fisioterapeuta) por causa dessa condição em:	Nos últimos 7 dias, você teve algum problema em?
 PESCOÇO	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim
OMBROS	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim
PARTE SUPERIOR DAS COSTAS	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim
COTOVELO	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim
PUNHOS/MÃOS	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim
PARTE INFERIOR DAS COSTAS	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim
QUADRIL/ COXAS	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim
JOELHOS	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim
TORNOZELOS/ PÉS	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim

Figura 3: Distúrbios Músculo-esqueléticos.

dos técnicos em telecomunicação, foi possível identificar a classificação e o grau de risco das atividades analisadas, e este grau foi muito alto nas regiões da coluna vertebral, ombros, punhos e mãos, o que valida as queixas relatadas pelos profissionais.

FATORES AMBIENTAIS

Os trabalhos realizados nos postes das redes aéreas são realizados em ambientes externos, o deixa estes trabalhadores expostos às intempéries da natureza, como aos riscos de choque por descargas atmosféricas, a queimaduras devido à radiação solar e a chuvas, também durante a realização de suas atividades estão sujeitos a riscos como ataque de animais peçonhentos, como cobras, aranhas e abelhas, além dos riscos com o trânsito, entre outros.

Durante a observação das atividades dos eletricitistas e dos técnicos em telecomunicações foi constatado que

existem também os riscos com declives e obstáculos, o que potencializa as posturas inadequadas desses profissionais, como por exemplo, o transporte e a afixação das escadas nos postes, o que pode aumentar os riscos de lesões.

FATORES ORGANIZACIONAIS

Os eletricitistas, durante a realização de suas atividades, sempre trabalham em duplas, devido às normas internas de segurança da concessionária. Porém, os técnicos de instalação de redes de internet realizam suas atividades sozinhos, também amparados pela norma. Essas duas classes de profissionais executam suas atividades em jornadas de trabalho de 08 horas diárias, podendo ser necessário de ficar após o horário, desde que não ultrapasse as 02 horas extras diárias, no caso dos técnicos de telecomunicações na necessidade do término de lançamento de fibra ou para reestabelecer uma conexão de internet, desde que também não ultrapasse as 02 horas extras diárias, de acordo com a

lei trabalhista.

RECOMENDAÇÕES

As informações obtidas durante a análise postural, do ambiente de trabalho e dos fatores organizacionais desses profissionais apresentaram os principais riscos e geraram algumas recomendações, como a aplicação da análise preliminar de risco (APR) pelos técnicos em telecomunicações que não utilizam esta ferramenta de gerenciamento de risco em suas atividades e também um aperfeiçoamento na aplicação da APR pelos eletricitistas de redes.

Uma aplicação correta da APR tem sido muito importante para verificar os riscos inerentes a estas profissões, a fim de diminuir ocorrência de acidentes que causam lesões ou mortes desses profissionais, como também melhora os processos tanto no uso de equipamentos quanto o meio ambiente de trabalho, uma ferramenta de gerenciamento de risco já é utilizada pelos eletricitistas para levantamento prévio dos riscos no local de trabalho. No entanto, essa ferramenta de gerenciamento de risco não é aplicada pelos técnicos de telecomunicações, expondo estes profissionais a vários riscos inerentes ao exercício de sua profissão.

É necessário um processo de conscientização com esses profissionais, orientando sobre os riscos e a importância do uso e conservação do uniforme vestimenta anti-chamas, também quanto à importância de não utilização de celulares e a questão do uso dos adornos como relógio, anéis, brincos e correntes. Também é de suma importância a realização de treinamentos periódicos e capacitações ou reciclagem em NR 10 e NR 35, a fim de orientar quanto aos procedimentos de segurança para trabalho em altura e choques elétricos, com intuito de eliminar lesões e acidentes com estes profissionais.

De acordo com as informações obtidas durante os questionários, foi possível identificar os riscos e propor mudanças tanto em questões posturais dos trabalhadores quanto nas questões organizacionais, como sugestões nas adequações de ferramentas e no melhoramento de procedimentos de trabalho, como por exemplo, no

transporte manual e levantamento de escadas de fibra.

Outras sugestões se fazem necessárias, como: o rodízio dos profissionais em trabalhos mais exaustivos, a eliminação de jornadas extensas e a realização de estudos mais aprofundados na área ergonômica desses profissionais.

Conclusão

Por meio das análises e resultados obtidos neste estudo, foi possível identificar as principais queixas de dores e dos afastamentos do trabalho desses profissionais.

Além dos riscos ergonômicos, também foi possível constatar que outros fatores contribuem para o surgimento das doenças musculoesqueléticas: riscos ambientais e organizacionais. Portanto, as recomendações apontadas por este estudo contribuem para a diminuição das LER/DORT, bem como para diminuição de outros acidentes não apresentados neste artigo.

Referências

1. SEELEY, PA.; MARKLIN, RW. Business Case For Implementing Two Ergonomic Interventions At An Electric Power Utility. *Applied Ergonomics* (34): 429-439, **2003**.
2. ASSUNÇÃO, A. A.; VILELA, L. V. O.; Lesão por esforço repetitivo. **2009**.
3. MINISTÉRIO DA SAÚDE.; Protocolo De Investigação, Diagnóstico, Tratamento E Prevenção De LER/DORT. Brasília: **2000**.
4. CASTRO, C. S. M. Avaliação dos fatores de risco biomecânicos presentes na atividade ocupacional de eletricitistas. 2011. 181 f. Tese (Doutorado em Fisioterapia) - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, **2011**
5. BARROS, E. N.; ALEXANDRE, N.M.C. Cross-cultural adaptation of the Nordic Musculoskeletal Questionnaire. *International Nursing Review*, v. 50, n.1, p. 101-108, **2003**.
6. COUTO, H. De A. Ergonomia Aplicada Ao Trabalho. Belo Horizonte: Ergo, **2007**.
7. IIDA, I.; Ergonomia: Projeto E Produção. São Paulo: Blucher, 2005.
8. MINISTÉRIO DA SAÚDE.; LER/DORT, Dilemas, Polemicas e Duvidas. Brasília, **2001**.
9. WACHOWICZ, M. C.; Ergonomia, etcbrasil, **2013**, 21, 95, 137.

10. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Departamento De Segurança E Saúde No Trabalho. Manual Do Setor Elétrico E Telefonia. Brasília: 2002.

Reginaldo M. Paula

Faculdade De Tecnologia Senai Roberto Mange, Rua Engenheiro,
R. Prof. Roberto Mange,nº 239 - Jundiá, Anápolis - GO, 75113-
630.

E-mail: eng_reginaldo@hotmail.com

Processo de Gestão Ergonômica: Adequação do Posto de Trabalho no Setor Central de Pesagem de uma Indústria do Ramo Farmacêutica Localizada em Anápolis - GO

Hamilton L. Silva, Luciana C. Rodrigues
& Edson A. N. Junior

Este artigo visa analisar o impacto que a implementação do processo de gestão ergonômica pode trazer à estrutura de uma empresa, demonstrar possibilidades de ganhos em segurança, produtividade e financeiros, a partir da implantação de metodologia de gestão eficiente que visa melhorar o ambiente de trabalho dos colaboradores. A metodologia consiste em implantar os passos do Processo de Ergonomia em determinado setor de forma piloto.

Palavras-chave: *gestão; ergonomia; produtividade; central de pesagem.*

This article aims to analyze the impact that the implementation of the ergonomic management process can bring to the structure of a company, demonstrate possibilities for gains in safety, productivity and financial results from the implementation of efficient management methodology aimed at improving the working environment of employees. The methodology consists of implementing the steps of the Ergonomics Process in a given sector on a pilot basis.

Keywords: *manangement; ergonomics; productivity; weighing center.*

Introdução

O gerenciamento ergonômico é parte integrante dos procedimentos relacionados à saúde e segurança do trabalhador, proporcionando o cumprimento da Norma Regulamentadora NR-17, que objetiva minimizar ou neutralizar os riscos e estabelecer a melhor relação do trabalhador com o seu ambiente de trabalho. Nesse processo, o envolvimento da alta gestão da empresa é imprescindível para a tomada de decisões, gerando impactos significativos nos índices de desempenho, competitividade e produtividade da empresa. (DIOGO, 2018)¹.

O processo de gestão em ergonomia tem um olhar multidisciplinar, envolvendo os setores de segurança e saúde no trabalho, recursos humanos, jurídico, fisioterapeutas, educadores físicos e representante dos trabalhadores, o objetivo é a personalização dos problemas encontrados e a melhoria contínua dos processos, por meio das revisões e das adequações sugeridas no cronograma de ações da Análise Ergonômica do Trabalho-AET junto ao Comitê de Ergonomia. (DIOGO, 2018)¹.

A AET – Análise Ergonômica do Trabalho deve ser um processo construtivo participativo utilizado para resolução de um problema complexo que exija conhecimento das tarefas, da atividade desenvolvida e das dificuldades enfrentadas para se atingirem o desempenho e produtividade exigidos.

O manual ainda ressalta a necessidade, de quando solicitada a AET, que esta seja realizada por profissional com competência para tal situação (com especialização).

Há, pelo menos, 10 motivos pelos quais a empresa deve praticar a gestão ergonômica, o primeiro deles é compatível com a visão mundial de responsabilidade social e a conscientização do empresário e dos gerentes quanto à necessidade de se preservar a saúde dos trabalhadores, há ainda outros bons motivos: ganhos de produtividade; para se garantir versatilidade das pessoas ao trabalhar, visando à sustentabilidade de seu negócio; à certificação internacional; e à prevenção de acidentes do trabalho. Outros motivos merecem ser destacados: quando o custo de não se fazer a melhoria supera o custo da melhoria;

alto custo e dificuldade administrativas com a reabilitação de trabalhadores lesionados, especialmente, quando não houve melhorias ergonômicas e quando a empresa está muito pressionada pelas autoridades do trabalho, Ministério Público do Trabalho, entidades sindicais e sociais. (COUTO, 2011)².

Este artigo objetiva analisar a implementação do processo de gestão ergonômica em uma indústria farmacêutica.

Materiais e Métodos

A implementação do Processo de Gestão Ergonômica foi desenvolvida no setor específico Central de Pesagem em indústria farmacêutica cujo nome foi omitido pela confidencialidade estabelecida pela empresa.

A metodologia utilizada²⁻¹⁰ foi baseada no processo descrito no livro COMO INSTITUIR A ERGONOMIA NA EMPRESA (COUTO, 2ª Edição, 2011)² no qual, constam as etapas a seguir:

- **Etapa 1** – Início do Processo: nesta etapa, foi realizado o alinhamento com a alta gerência: constituir o comitê de ergonomia, a seleção dos membros e suas atribuições, realizar o seu treinamento, oficializar o comitê, desenvolver o panorama ergonômico do setor, definir indicadores de processo e de resultados.
- **Etapa 2** - Ciclo de melhoria do Trabalho: nesta etapa, foram realizados os levantamentos e classificação das questões ergonômicas no setor e quais questões deveriam ser priorizadas, em conjunto com o comitê de ergonomia. Foi aplicada a análise ergonômica do trabalho e validação das soluções propostas.
- **Etapa 3** – Desenvolvimento a longo prazo: nesta etapa foram estabelecidas, auditorias, revisões e melhorias constante do processo, resoluções das principais dificuldades do processo.
- **Etapa 4** – Controle das questões legais e administrativas: nesta etapa, foram realizados os mapeamentos ergonômicos, e o acompanhamento do absenteísmo médico por questões ergonômicas.

A organização do processo teve como base a análise da documentação fornecida pela empresa para o mapeamento dos setores críticos, nos quais foram observados maior número de absenteísmos médico por questões ergonômicas por meio da aplicação de checklist, entrevistas com os colaboradores, realizadas pelo ambulatório médico durante os exames periódicos, acompanhamento dos processos, formação do comitê de ergonomia-COERGO.

Foi realizada a aplicação da análise ergonômica do trabalho-AET, no posto de trabalho: Transferência de Matéria-Prima dentro do setor Central de Pesagem, e foram identificados e mensurados os riscos aos quais os colaboradores estão expostos.

Para este estudo, buscou-se envolver o grupo de trabalho do serviço especializado em segurança e em medicina do trabalho - SESMT, trabalhadores e gestores do setor, time de manutenção e melhoria contínua, na formação e estruturação do comitê de ergonomia.

Para a formação do Comitê de Ergonomia, foram envolvidos integrantes da alta gerência, assim definidos os integrantes do comitê para o gerenciamento do processo de gestão ergonômica no setor da empresa.

Uma vez formalizado o comitê, foram estabelecidas reuniões mensais para o acompanhamento do plano de ação gerado proveniente dos resultados da análise ergonômica do posto de trabalho.

Resultados e Discussão

O setor analisado realiza a distribuição interna de insumos e matéria-prima para todos os demais setores da empresa. Conta com 135 colaboradores, distribuídos em turnos 03 turnos de trabalho. No setor, a matéria-prima é fracionada, pesada e separada conforme a demanda prevista nas ordens de produção. O setor realiza a atividade de transferência de matéria-prima manualmente, sendo essa uma das etapas mais críticas do processo realizada durante os 03 turnos de trabalho, na qual foi levantado o maior número de queixas durante as avaliações, dos quais os turnos que apresentaram maior número de queixas foram o primeiro e segundo turno.

A transferência de matéria-prima entre paletes consiste em uma tarefa de levantamento manual de peso, na qual o colaborador transfere os volumes de matéria-prima, acondicionados em paletes de madeira para paletes de inox, ambos posicionados em paralelo.

Foram levantados junto ao ambulatório médico a quantidade de atestados médicos recebidos no período de 02 anos que antecederam este estudo. A Tabela 1 representa a quantidade de dias perdidos por questões ergonômicas relacionadas.

Tabela 1: Absenteísmo médico.

Central de Pesagem	Dias Afastamento	Dias Perdidos CID M	% Tempo perdido CID - M	% de Redução
2018	2396	1145	48%	0
2019	1148	216	19%	29%
2020	2034	313	15%	4%
2021	1678	117	7%	8%

As Tabelas 2 e 3 são representações dos resultados obtidos durante o processo de implementação da gestão ergonômica no setor, central de pesagem. Panorama Ergonômico – denominamos panorama ergonômico uma tabela, como a que se segue, na qual se quantifica o número de questões de alto risco e risco ergonômico de uma determinada empresa, detalhando por área daquela empresa. (COUTO,2011)².

Mediante o levantamento realizado do panorama ergonômico dentro do setor, foi identificado a área de transferência de matéria-prima entre paletes, a qual apresentou o maior número de atividades classificadas como de alto risco ergonômico. Uma vez realizada esta classificação do risco no setor, o panorama é apresentado durante reunião do comitê de ergonomia onde se decidiu priorizar a aplicação da AET neste posto de trabalho.

Tabela 2: Panorama da questão ergonômica na Central de Pesagem.

Posto de trabalho	Peso			
	1 Improvável	2 Desconforto, fadiga	3 Risco	4 Alto risco
Abastecimento do box	-	-	-	x
Transferência entre paletes	-	-	-	x
Box de pesagem	-	x	x	-
Lavagem de utensílios	x			
Preparação/ carregamento	-	x	x	
Devolução	x	x	-	-
Lavagem de paletes	x	-		-
Total	3	6	6	8

Foi realizada a análise ergonômica do trabalho no posto de transferência de matéria-prima entre paletes, onde foram acompanhadas as ações técnicas da atividade, utilizando o checklist de couro, metodologia da NIOSH para levantamento de carga os resultados serão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Resultado da análise ergonômica do trabalho.

Existência Ergonômica	Parte do corpo	Classificação da exigência
Esforço com carga	Coluna	Média exigência
Carregamento carga pesada 25 kg	Coluna	Altíssima exigência
Conclusão	Risco ergonômico – atuação urgente e imediata	

Após a aplicação da AET no posto de trabalho, constatou-se que se trata de atividade com risco ergonômico, especialmente, para a coluna vertebral, o resultado da AET deu origem a um plano de ação para eliminação e/ou minimização do risco, no qual a equipe multidisciplinar do comitê de ergonomia pode contribuir com propostas de soluções para tal. Segue representado na Tabela 4 o plano de ação proveniente da análise ergonômica do trabalho:

Tabela 4: Plano de ação.

Medida de Melhoria Ergonômica Proposta	
SC - Solução Conhecida	Sistema do tipo <i>vacuum lifter</i> para a movimentação de caixas, barricas e sacas de materiais pesados.

Como a solução proposta foi realizada o investimento no sistema de *vacuum lifter*, um sistema de elevação e movimentação a vácuo, sendo instalado no posto de trabalho para garantir que a atividade seja feita com o maior conforto, segurança e produtividade, como apresentado na Figura 1.



Figura 1: Sistema de movimentação a vacuo. Fonte: Autores.

Quais os ganhos em melhoria de condição de trabalho? Ganhos em produtividade? Investimento e em quanto tempo a empresa teve esse valor de retorno? Foi realizada uma avaliação junto aos trabalhadores da área, forma de entrevista após a adequação posto de trabalho. A fim de receber um feedback e mensurando por meio de índice

de satisfação e bem-estar. A ferramenta utilizada para a realização da entrevista foi a plataforma digital “Microsoft forms 3.65”, sendo composta com as seguintes perguntas:

1. Você utiliza o manipulador a vácuo “*Vacum Lifter*” na transferência de matéria prima entre paletes?

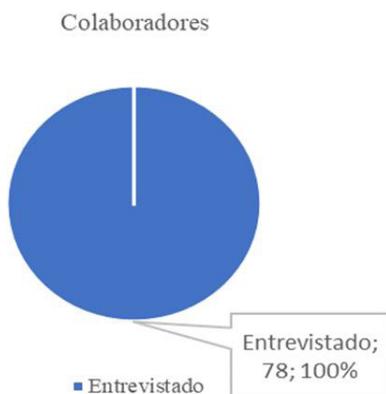


Gráfico 1: Total de colaboradores entrevistados.

2. A solução implementada está melhorando e facilitando a condição de trabalho?

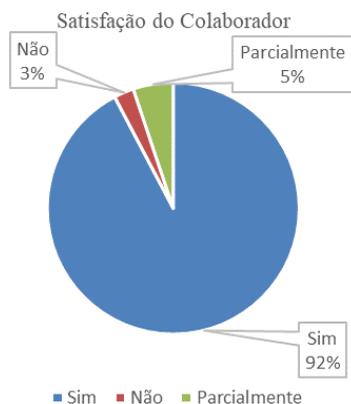


Gráfico 2: Nível de satisfação dos colaboradores.

3. Quais fatores ergonômicos que facilitaram no desenvolvimento de sua tarefa?



Gráfico 3: Fatores ergonômicos impactados.

Após a estratificação dos dados obtidos nos formulários de avaliação dos trabalhadores, foi possível mensurar a melhoria significativa implementada no posto de trabalho com a aprovação de 92% dos trabalhadores. Observou-se melhora na condição ergonômica deste posto de trabalho e maior produtividade com conforto e segurança.

O investimento foi de aproximadamente de R\$ 180.000,00 o qual terá um *PAYBACK* de, aproximadamente 24 meses, em relação à média salarial dos quatro colaboradores que trabalham 8 horas diretamente no setor de transferência de produto. Foi constatado, com a implantação da solução a autoestima e bem-estar dos colaboradores, foram visivelmente notadas devido à nova cultura de segurança e ergonomia que está sendo implementado na empresa.

Conclusão

Por meio da análise dos resultados, conclui-se que com a implantação do equipamento de transferência a vácuo os colaboradores do setor trabalharam com mais qualidade de vida e bem-estar, devido à redução de esforço físico exigido anteriormente para execução da atividade.

Paralelamente o número de atestados de afastamento por CID M na área de transferência de matéria-prima apresenta uma tendência de redução em relação ao período dos últimos 6 meses de 2021.

Os ganhos para a empresa são imensuráveis, visto que a mudança de cultura acontece em conjunto adequações ergonômicas, garantindo produzir mais com conforto e segurança, estabelecendo a qualidade de vida no ambiente de trabalhado e a satisfação do trabalhador.

O processo de gestão ergonômico é um sistema integrado de melhoria contínua que envolve a conscientização da alta gerência, comitê de ergonomia com ações sistematizadas sobre os principais problemas ergonômicos conhecidos, resultando na redução gradativa e na constante das lesões induzidas pela falta de condições ergonômicas.

Referências

1. DIOGO, Thays M. Guedes, Gestão em Ergonomia e seus benefícios. **2018**.
2. COUTO, Hudson de Araujo; Como Instituir a Ergonomia na Empresa. **2011**.
3. COUTO, Hudson de Araujo & COUTO, Dennis Carvalho; Ergonomia 4.0 dos conceitos básicos à 4ª revolução industrial, **2020**.
4. BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria nº 25 de 29.12.1994. Modifica NR-17 Ergonomia. Brasília, **1994**
5. ABERGO (Associação Brasileira Ergonomia). A Disciplina de Ergonomia - Definições – Tradução do Original da IEA (Internacional Ergonomics Association) Rio de Janeiro, **1999**.
6. COUTO, Hudson de Araujo. Ergonomia Aplicada ao Trabalho; O Manual Técnico da Máquina Humana – vol 1 e 2, Belo Horizonte: ergo, **1995**, 353p.
7. FULLER, f.h. The Effectiveness of Preventive Work Shop; in niosh-workshop on recommended heat stress standards, Cincinnati, **1980**.
8. COUTO, Hudson de Araujo, livro Ergonomia do Corpo e do Cérebro no Trabalho, página 133
9. CHAFFIN, DON B, ANDERSSON, gunnar b.j e martin, b.j. biomecânica ocupacional; 3ª.ed. Belo Horizonte: ergo **2001** 570 p
10. ACGIH, (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), Ergonomia. tradução da associação brasileira de higienistas ocupacionais (abho), São Paulo, 2021, 185 p. **2021**.

Hamilton L. Silva*, Luciana C. Rodrigues & Edson A. N. Junior

Faculdade SENAI Roberto Mange. Anápolis-GO.

*E-mail: hamiltonl27@hotmail.com

Bancada Didática para Ensaio em Mecânica dos Fluidos

Alexandre G. de Jesus, Cristiano S. Santos, Davi H.P. Sousa, Matheus S. M. Bertoldo, Diego F. Vieira & Almiro M. S. Neto

Este artigo apresenta o desenvolvimento de um projeto de bancada didática de hidráulica simples e de baixo custo, iniciado por meio da necessidade adquirida pela Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange ligada ao trabalho de conclusão de curso dos acadêmicos de Tecnólogo de Manutenção Industrial. O projeto enfatiza a importância da execução de atividades práticas em conjunto com as aulas teóricas durante a graduação. Além da descrição dos materiais e métodos utilizados, apresentam-se os resultados e discussões provenientes das comparações orçamentárias. A conclusão deste trabalho é positiva, pois se apresenta uma proposta que atende melhor aos cursos de graduação com melhor relação custo-benefício.

Palavras-chave: *bancada didática, mecânica dos fluidos, educação profissional.*

This paper presents the development of a simple and low cost didactic basement project, initiated through the need acquired by the SENAI Technology College, Roberto Mange, linked to the course completion work of the Technologist Industrial Maintenance students. The project emphasizes the importance of practical activity execution in conjunction with theoretical classes during graduation. In addition to the description of the materials and methods used, the results and discussions from the budget comparisons are presented. Conclusion of this work is positive, since we will present a proposal that better suits the course with the best cost-benefit ratio.

Keywords: *didactic workbench, fluid mechanics, professional education.*

Introdução

A educação está inserida na rotina diária do ser humano e da sociedade atual desde os primeiros anos de vida do homem. Segundo Neves (2001)¹, a educação é um dos pilares de maior importância para a formação de uma sociedade equilibrada e justa.

Atualmente, vivencia-se uma educação democrática, por meio da qual, na maioria dos países, pelo menos a educação primária é universal, gratuita e obrigatória. O Brasil segue a tendência mundial de democracia na educação. Segundo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), TÍTULO V, CAPÍTULO I, o ensino brasileiro divide-se em dois níveis. O primeiro nível remete à educação básica, formada pela educação infantil, ensino fundamental e ensino médio. A educação infantil tem como finalidade o desenvolvimento intelectual de crianças de até cinco anos. O ensino fundamental obrigatório, com duração de nove anos, gratuito na escola pública, iniciando-se aos seis anos de idade, tem como objetivo a formação básica do cidadão. O ensino médio com duração mínima de três anos terá como objetivos o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos. O ensino médio, atendida a formação geral do educando, poderá prepará-lo para atuar em profissões técnicas. A educação profissional técnica de nível médio será disponibilizada de forma articulada com o ensino médio ou subsequente, em cursos designados a quem já tenha concluído o ensino médio (BRASIL, 1996)².

O segundo nível do ensino brasileiro remete à educação superior. Este nível abrange os cursos e programas de graduação, disponível a candidatos que tenham concluído o ensino médio ou equivalente e tenham sido classificados em processo seletivo, pós-graduação, abrangendo programas de mestrado e doutorado, cursos de especialização, aperfeiçoamento e outros, disponível a candidatos diplomados em cursos de graduação e que atendam às exigências das instituições de ensino, e de extensão, disponível a candidatos que atendam aos requisitos estabelecidos pelas instituições de ensino (BRASIL, 1996)².

Apesar de a educação possuir toda a importância histórica considerada, ainda existem diversos problemas na educação brasileira, como a grande quantidade de alunos que não chegam a completar doze anos de estudos ou alunos que têm um baixo desempenho nas avaliações de aprendizagem. É importante observar que problemas em educação se estendem também ao nível superior (SANTOS, 2013)³.

A exemplo disso, Pekeman e Mello (2004)⁴ defendem a ideia que alunos oriundos de cursos de graduação em engenharia devem ser capazes de aplicar a ciência e a tecnologia que aprendem nas faculdades em aplicações práticas. Na visão dos autores, para que isso seja possível, as instituições de ensino devem proporcionar aos acadêmicos a oportunidade de interagir, na prática, com os temas que estão sendo estudados em sala de aula. A exemplo deste raciocínio, Selvakumar e Rajaram (2015)⁵ apontam que o sistema escolar indiano, criado entre o final dos anos de 1800 e início de 1900, já se ocupava desde seu início com a integração entre teoria e prática e voltava-se ao atendimento das necessidades da indústria.

Dessa forma, Neves (2011)¹ considera a importância de que os acadêmicos em formação atribuam na prática os conhecimentos teóricos apreendidos no decorrer do curso de graduação. Sendo assim, cabe às universidades dispor de ferramentas necessárias e docentes preparados que dominem as disciplinas estudadas.

Com o intuito de atender à demanda da indústria por profissionais alinhados ao mercado de trabalho, a Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange (FATEC SENAI RM), Unidade Operacional do SENAI Goiás localizada no município de Anápolis, Goiás iniciou a oferta de cursos superiores de tecnologia no ano de 2004. A partir do ano de 2014, iniciou a oferta do Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, como forma de atender à demanda de formação de mão-de-obra de nível superior para o parque industrial goiano.

Entre as diversas disciplinas que compõem a graduação tecnológica em Manutenção Industrial, destaca-se o

Elemento Curricular Manutenção Industrial, do qual faz parte o Componente Curricular Pneumática e Hidráulica, com carga horária de oitenta horas. Esta disciplina desenvolve conhecimentos básicos em Mecânica dos Fluidos e conhecimentos da Pneumática e Hidráulica Industrial (SENAI, 2014)⁶.

Considerando a necessidade de aplicar de forma prática os conteúdos estudados em sala de aula, com o foco constante no desenvolvimento de competências profissionais (SENAI, 2013)⁷, existe a necessidade de desenvolver atividades práticas de laboratório relacionadas à Hidrostática e Hidrodinâmica no laboratório de sistemas hidráulicos e pneumáticos da FATEC.

No entanto, por não haver uma bancada de mecânica de fluidos didática na instituição que permita a realização de diversos experimentos, a exemplo da determinação de perda de carga distribuída em condutos, os acadêmicos do curso Tecnólogo em Manutenção Industrial se deslocam para uma instituição de ensino parceira que dispõe de uma bancada compatível a necessidade apresentada nas aulas teóricas da disciplina

Dessa forma, como meio de suprir a necessidade apresentada, este trabalho remete ao projeto e fabricação de uma bancada didática de mecânica de fluidos para estimular a aprendizagem no componente curricular de Pneumática e Hidráulica. Espera-se que o resultado deste projeto contribua para uma maior interação e entendimento dos acadêmicos com o componente curricular específico, proporcionando assim um processo de ensino aprendizagem adequado à formação do Tecnólogo em Manutenção Industrial oriundo da Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange e condizente e alinhado às necessidades do mercado de trabalho.

Assim, este artigo se propõe a desenvolver o projeto de uma bancada didática de mecânica dos fluidos para a realização de experimentos de quantificação da perda de carga em escoamentos internos em tubos utilizando a água como fluido hidráulico.

Referencial Teórico

FORMAÇÃO POR COMPETÊNCIAS

Perrenoud propõem que professores não podem apenas conhecer e dominar as matérias que lecionam, mas dominar as competências, que antes eram restritas apenas aos inovadores. Atualmente, muitas maneiras de ensinar acabaram ficando ultrapassadas, com isso surge a importância de o educador inovar, inventar novas formas de lecionar, tendo como objetivo redigir a matéria de maneira mais interessante envolvendo e excitando o aluno, fazendo-o buscar, e pensar em soluções para a atividade proposta.

O conceito de competência não é algo novo, porém só começou a ser discutido na área pedagógica a partir de 1990. Logo após este conceito gerou tamanha amplitude que acabou sendo incorporado pelo meio empresarial e industrial, os quais viram esse conceito com bons olhos e como uma forma de retorno de investimentos, pois ele é um grande aliado para o gerenciamento de pessoas.

As competências não são vistas como um caminho, mas como um efeito adaptativo do ser humano às suas condições de existência em que, cada indivíduo, de modo diferente, desenvolveria competências voltadas para a solução de problemas relativos à superação de uma situação vivenciada. O mesmo deverá sempre agir de forma a buscar o desenvolvimento das competências que ainda não foram adquiridas.

CONSTRUTIVISMO

A criança aprende melhor quando é confrontada com tarefas que impliquem um desafio cognitivo, ou seja, que se situem naquilo que ele chama de zona de desenvolvimento próximo. Vygotsky faz parte de uma vasta galeria de intelectuais educacionais com ampla aceitação nas escolas, e a sua obra influenciou de grande forma as políticas e orientações educativas.

Vygotsky partilhou a ideia construtivista firmada de que a única aprendizagem significativa é a que ocorre por

meio da interação entre o sujeito, o objeto e outros sujeitos (colegas ou professores), também pregava a ideia que o aluno aprende melhor quando é confrontado com tarefas.

BANCADAS DIDÁTICAS

Os laboratórios das faculdades ajudam na visão e na aproximação dos alunos das tecnologias e das ferramentas e para o desenvolvimento de suas habilidades que serão disponibilizadas para o atendimento das necessidades humanas. Além disso, os laboratórios também atuam como ferramentas de treinamento e incentivo à criatividade dos estudantes, contribuindo para refletir este aprendizado nas noções e ações realizadas no dia a dia (PEKELMAN; MELLO, 2004)⁴.

As bancadas didáticas além de serem de grande utilidade, são indispensáveis ao ensino, visto que os conceitos compreendidos apenas em sala de aula muitas das vezes são insuficientes para o aprendizado. As bancadas didáticas são dispositivos usados para avaliar e validar os conceitos teóricos vistos em sala de aula. O uso de bancadas didáticas simulando a operação de sistemas reais independente de sua complexidade é também um procedimento amplamente conhecido e extensivamente utilizado para o desenvolvimento de qualquer projeto.

MECÂNICA DOS FLUIDOS

Para Palmieri (1994)⁸, a hidráulica é a disciplina que analisa os fluidos em escoamento e sob pressão. Segundo Linsingen (2003)⁹ os fluidos utilizados atualmente em sistemas hidráulicos são basicamente os derivados de petróleo e os que podem ser enquadrados na categoria de fluidos especiais.

Conforme Fox, Pritchard e McDonald (2008)¹⁰, a definição de fluidos engloba líquidos e gases. Logo, é necessário distinguir estas duas classes: Líquido é a substância que assume a configuração do receptáculo que a envolve apresentando volume delimitado e é quase que incompressível. Já o gás é uma substância que ao ocupar o receptáculo não constitui superfície livre e não tem volume estabelecido, e são compressíveis.

O fluido é uma matéria que tem a capacidade de escoar. Apresentando a capacidade de assumir a forma do recipiente em que são colocados, pois os fluidos não apresentam uma resistência a aplicação de uma força paralela à sua superfície. (HALLIDAY; RESNICK, 2007)¹¹. A (Figura 1) apresenta matematicamente o processo de escoamento de um fluido.

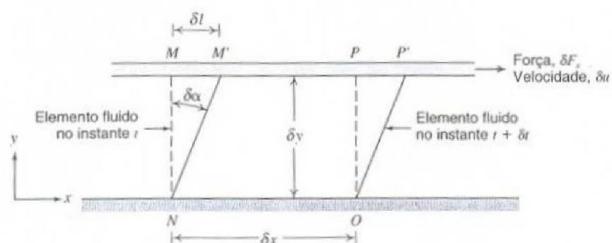


Figura 1: Deformação de um elemento Fluido. Fonte: FOX & MCDONALD¹⁰(2008).

Os fluidos em que ocorre uma afinidade linear entre o valor da tensão de cisalhamento exercida e a velocidade de deformação resultante, são apelidados fluidos newtonianos, incluindo-se a água, líquidos menos viscosos assemelhados e os gases de forma genérica. Os fluidos que não se adequam a essa proporcionalidade são classificados fluidos não-newtonianos e são fartamente deparados nos impasses reais de engenharia civil, como exemplos citam-se: lamas e lodos em geral. Neste tipo de fluido, não acontece um elo linear entre o valor da tensão de cisalhamento empregada e a velocidade de deformação angular.

A pressão é expressa como a associação entre a força empregada, perpendicularmente, sobre uma superfície e a área dessa superfície. Para se mensurar a pressão num definido ponto de uma massa fluida em inércia, supõe-se um pequeno elemento fluido de forma cúbica (VILANOVA, 2011)¹².

A característica de pressão do fluido pode ser pronunciada na forma de pressões absolutas e pressões manométricas. A pressão absoluta é aferida tendo como padrão a pressão de

zero absoluto, linear entre o valor da tensão de cisalhamento exercida e a pressão manométrica e aferida tendo como padrão a pressão atmosférica (VILANOVA, 2011)¹².

A medição da pressão é efetivada com o uso de manômetros. Os manômetros de tubos verticais ou inclinados que empregam colunas de líquidos são um método usual para a mensuração de pressão e podem ser classificados em tubos piezométricos e manômetros de tubo em U. O tubo piezométrico (Figura 2) é um tubo vertical ou inclinado aberto para o ambiente na sua ponta superior e ligado a um tanque cuja pressão se almeja averiguar, conforme a Figura (VILANOVA, 2011)¹².

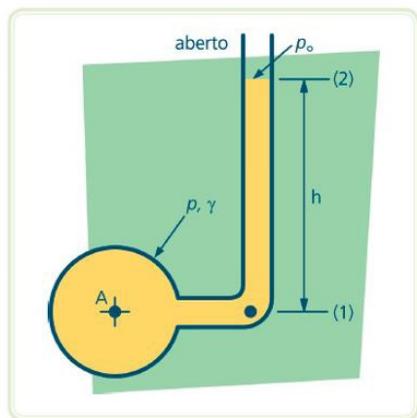


Figura 2: Tubo piezométrico.

A diferença do manômetro em U (Figura 3) é a possibilidade de medir a pressão em recipientes com gases. No entanto, esse aparelho pode ser empregado para regular a diferença de pressão entre dois reservatórios (VILANOVA, 2011)¹².

Os manômetros oferecidos até aqui são vastamente usados, todavia expõem desvantagens em relação à sua aplicação, porque conferidos a outros instrumentos mecânicos ou elétricos, como o medidor de pressão de Borden ou os transdutores piezoelétricos ou de extensores resistivos (VILANOVA, 2011)¹².

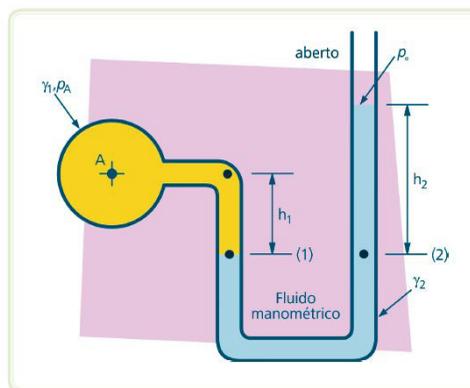


Figura 3: Manométrico de tubo em U.

A quantidade de movimento e da energia em mecânica dos fluidos é o componente da mecânica dos fluidos que observa o deslocamento e a vazão de uma massa fluida entre demarcadas faces sob a atuação da gravidade e ou pressões externas. O deslocamento dos fluidos é um fato entendido como escoamento que pode ser decretado como o processo de agitação de suas moléculas, umas em relação às outras e aos limites definidos ao escoamento. Os escoamentos são apresentados por parâmetros físicos e o comportamento destes ao longo do tempo e do espaço permite separar os escoamentos em categorias o que promove o seu entendimento e a exposição do fato em termos matemáticos (ROMA, 2003)¹³.

As alterações de desempenho dos fluidos em escoamento podem ser justificadas por suas qualidades intrínsecas. Apesar disso, seus desempenhos são bem irregulares quando estão em regime de escoamento (VILANOVA, 2011)¹².

A viscosidade é uma dessas características dos fluidos que intervêm muito na performance dos escoamentos. Portanto, quanto maior a viscosidade do fluido, maiores serão as implicações do atrito viscoso no escoamento (VILANOVA, 2011)¹².

Na prática, fluidos como a água ou o óleo podem ser considerados invíscido, sem viscosidade, como mostra a (Figura 4). Em geral, escoamentos de líquidos podem ser

classificados também como escoamentos incompressíveis, porque o peso específico desses fluidos provoca pouca alteração com a pressão em uma específica condição (VILANOVA, 2011)¹².

Quando as propriedades do escoamento em um volume de controle não modificam com o tempo, o escoamento é chamado de regime permanente ou estacionário. Quando a velocidade do fluido tem o sentido normal ao plano de controle e é a mesma em todo o plano, o escoamento é denominado unidimensional (VILANOVA, 2011)¹².

As linhas de corrente são as linhas que se conservam tangentes, a cada momento, em todos os pontos, às velocidades das partículas e que gozam do atributo de não serem varado por partículas do fluido. Aceitando o campo de velocidade constante, é capaz de estudar um canal de corrente como um todo composto de linhas de corrente. Um tubo de corrente de medidas infinitesimais estabelece o que se constitui filete de corrente (ROMA, 2003)¹³.

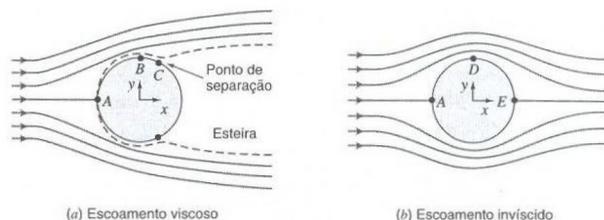


Figura 4: Escoamento viscoso e invíscido. Fonte: FOX & MCDONALD (2008)¹⁰.

A maior parte do emprego da Hidráulica na Engenharia diz respeito à utilização de tubos. Tubo é um canal usado para transporte de fluidos. A especificação dos escoamentos está subordinada a velocidade e está dependente da conduta das moléculas de fluido que seguem um modelo de deslocamento denominada estrutura interna. Em 1883, Osborne Reynolds divulgou uma pesquisa a respeito da constituição dos escoamentos que presentemente é chamado como Experimento de Reynolds, que consiste fundamentalmente na inserção de um corante líquido na localização central de um escoamento de água interno a um tubo circular de vidro transparente (ROMA, 2003)¹³. O

comportamento do filete de corante ao longo do escoamento no tudo define três características distintas.

Reynolds, determinou que o escoamento pode ser laminar, transiente ou turbulento. O escoamento será laminar se $Re < 2100$ a 2300 e será turbulento para $Re > 4000$. Para Re entre esses limites, o escoamento poderá ser turbulento ou laminar, ou seja, transiente (Figura 5 e Figura 6).

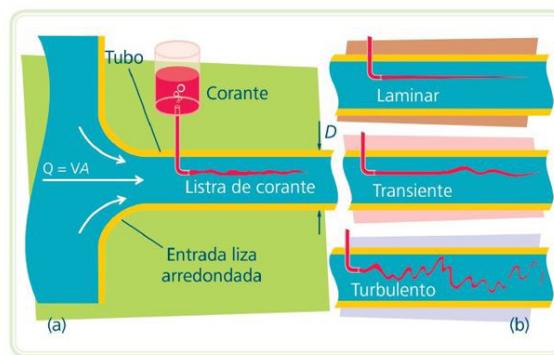


Figura 5: Experimento de Reynolds.

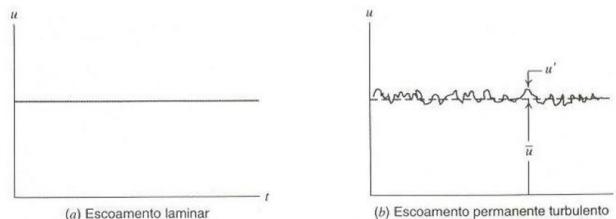


Figura 6: Escoamento Laminar e Turbulento. Fonte: FOX & MCDONALD (2008)¹⁰.

No exame de escoamentos internos em tubos é banal que se precise especificar a perda de carga que a tubulação inflige ao sistema fluido. Essa perda de carga e derivada das implicações da viscosidade do fluido pode ser verificada, contabilizando-se as decorrências localizados atribuídos por elementos como curvas, joelhos, válvulas ou outros artefatos que se encontrarem instalados no fluxo do fluido e pelas implicações viscosas normais atribuídas pela tubulação linear. (ROMA, 2003)¹³.

As perdas de cargas normais acontecem em consequência da propriedade viscosa do fluido em escoamento e está amarrado a causas como a velocidade do escoamento, a geometria da tubulação, a rugosidade da parede da tubulação e dos atributos de viscosidade e massa específica do fluido. As perdas de cargas localizadas são acarretadas pelos itens ou geometrias que integram a tubulação que não sejam o tubo reto (VILANOVA, 2011)¹².

PROCESSOS DE FABRICAÇÃO

Processo de fabricação é a descrição de procedimentos para a construção ou transformação e é geralmente produzido com o auxílio de uma máquina de fabricação.

Os processos de fabricação com remoção de cavaco são realizados com ferramentas de corte sendo fixa ou giratória dando forma geométrica na peça fabricada.

O processo de torneamento mecânico se caracteriza pelo uso do torno mecânico e uma máquina rotativa utilizada para execução de operação de usinagem cilíndricas, externas e internas e outras operações feitas por máquinas como fresadoras entre outras, utilizando acessórios de fácil instalação. A principal característica do torno é movimento contínuo rotativo, realizado pelo eixo árvore, conjugando com o movimento de avanço da ferramenta de corte.

O processo de fresamento se caracteriza pela obtenção de superfícies geométricas na qual, utilizam-se ferramentas com mais de uma aresta de corte, em que a ferramenta exerce um movimento rotativo contínuo e a máquina (fresadora) realiza o deslocamento nas demais direções.

O processo de furação se caracteriza pela obtenção de um furo geralmente cilíndrico. Em alguns casos, podendo ser cônico, entre outros. O processo de retificação se caracteriza pela retirada de material da peça por meio de grãos abrasivos (rebolo), podendo ser frontal ou tangencial. O processo de mandrilhamento se caracteriza pela obtenção de superfícies de revolução (cônicas, cilíndricas ou esféricas), com o auxílio de uma ou mais ferramentas monocortantes.

O processo de rosqueamento se caracteriza pela obtenção de filetes de rosca, por meio da abertura de um ou vários sulcos helicoidais de passo uniforme, em

superfícies cilíndricas ou cônicas de revolução, em que essa Constância resultará em uma saliência com perfil uniforme. Os processos de fabricação sem remoção de cavaco podem ser realizados com material em estado líquido colocando em uma fôrma dando sua forma ou pode ser processo de soldagem, união de peças ou estruturas metálicas.

O processo de fundição se caracteriza por utilizar o material (geralmente metal), em estado líquido para fabricar uma peça com formato definido, na qual é derramado o líquido em uma fôrma cuja cavidade é conformada de acordo com o que deseja produzir.

O processo de soldagem se caracteriza por ser a união de duas peças metálicas, em que essas ficam com a superfície em estado plástico ou liquefeitas, sofrendo por ação de calor ou pressão constante. Os processos de soldagem tornam-se vantajosos para a indústria, pois proporcionam um baixo custo em situações de emergência além, de uma resistência mecânica de 100% contra 80% comparando com juntas por rebites.

O processo de metalúrgica do pó se caracteriza por ser no qual ocorre a compactação de dois materiais metálicos em pó ou não. Para que ocorra essa compactação, o material é colocado em moldes pré-formados, nos quais ocorrem a mistura e a compactação dos dois materiais, elevando a temperatura próximo ao ponto de fusão dos materiais compostos.

COMANDOS ELÉTRICOS

Comandos elétricos são dispositivos elétricos ou eletrônicos usados no acionamento de equipamentos elétricos. São compostos de uma ampla variedade de componentes e peças como, por exemplo: contatores, disjuntores, reles térmicos, fusíveis, entre outros. Além disso, os comandos elétricos auxiliam e permitem um controle sobre o funcionamento das máquinas, em geral, ajudando e evitando ao mesmo tempo uma utilização inadequada pelo usuário. Permitem também controle remoto das máquinas, eliminando e prevenindo-se, com isso, a comutação manual de linhas de alimentação e cargas de alta potência.

Os comandos elétricos são encarregados de realizar o uso devido da energia gerada após todo o processo de redução de tensão e transporte para o consumo mais comum. Além também de evitar o contato direto do operador com componentes energizados.

Os comandos elétricos têm grande importância independente do seguimento no qual está sendo empregado. Um dos pontos fundamentais para o entendimento de tamanha importância é de que um dos objetivos principais dos componentes que agregam comandos elétricos é que esses componentes protegem o operador e disponibilizam uma lógica de comando programada de acordo com a lógica de cada circuito elétrico.

OS TIPOS DE COMANDOS ELÉTRICOS SÃO:

- **Selo:** utilizado quando o comando utiliza botoeira pulsante. O contato de selo é sempre ligado em paralelo com o contato de fechamento da botoeira. Sua finalidade é de manter a corrente circulando pelo contator, mesmo após o operador ter retirado o dedo da botoeira.
- **Intertravamento:** Processo de ligação entre os contatos auxiliares de vários dispositivos, onde as posições de operação desses dispositivos são dependentes umas das outras. Através do intertravamento, evita-se a ligação de certos dispositivos antes que os outros permitam essa ligação.
- **Partida direta:** É o método de partida mais simples, pois possibilita a alimentação do motor com plena tensão no instante da partida.
- **Partida com reversão:** Tem como objetivo Acionar, de forma automática o motor elétrico possibilitando à reversão do sentido de rotação, além de introduzir o conceito de “intertravamento”.
- **Partida estrela-triângulo:** É uma forma de suavizar os efeitos de partida dos motores elétricos. Porém, só é possível se o motor possuir seis terminais e dispor de dupla tensão nominal, tal como 220/380 V ou 380/660 V.

- **Partida através de chave compensadora:** Normalmente, é usado esse tipo de partida em motores de potência elevada. São compostas, basicamente, de um autotransformador com várias derivações, destinadas a regular o processo de partida.
- **Soft-starter:** Dispositivo eletrônico disposto a controlar a corrente de partida de motores de corrente alternada trifásicos. Utilizada normalmente em motores de elevada potência que não necessitem de variação de velocidade.
- **Inversores de frequência:** São dispositivos eletrônicos que controlam totalmente a velocidade do motor de zero até a frequência máxima nominal ou superiores. Além disso, convertem a tensão da rede alternada em tensão contínua.

Métodos

Para o projeto e desenvolvimento da bancada didática de Mecânica dos Fluidos buscou-se cumprir diversas tarefas.

A (Figura 7) ilustra o fluxograma de atividades que orienta a realização deste projeto.

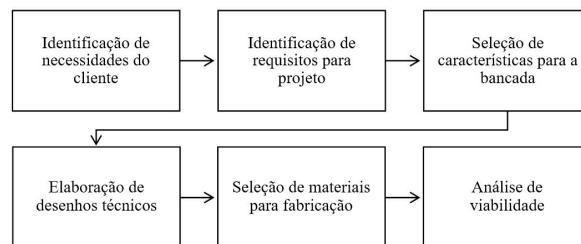


Figura 7: Diagrama da metodologia. Fonte: Adaptado do acervo próprio.

IDENTIFICAÇÃO DE NECESSIDADES DO CLIENTE

Os parâmetros de desenvolvimento da bancada didática de fluidos, foram baseados na necessidade dos cursos do SENAI Goiás e seja viável financeiramente

para a instituição, prevendo-se assim economia na compra de uma bancada de ensino de mecânica de fluidos. Por conseguinte, pretende-se alcançar melhoria na estrutura do curso de Tecnologia em Manutenção Industrial com o desenvolvimento deste projeto.

IDENTIFICAÇÃO DE REQUISITOS PARA PROJETO

Inicialmente, foram estabelecidas as capacidades de análise que a bancada irá possibilitar aos acadêmicos por meio dos fundamentais conceitos de mecânica dos fluidos. Em um segundo passo, buscou-se avaliar os materiais existentes no laboratório da faculdade, pois para não gerar alto custo. A bancada foi adaptada de acordo com alguns componentes concedidos pelo laboratório, o restante dos materiais necessários foi desenvolvido por meio de fornecedores, como a bancada terá fins exclusivamente didáticos, não sofrerá elevados esforços, dispensando a necessidade de materiais especiais para sua fabricação.

SELEÇÃO DE CARACTERÍSTICAS PARA A BANCADA

Aplicando em prática os conhecimentos adquiridos, definiu-se o modelo a ser seguido da bancada de fluidos didática a ser desenvolvida. Priorizando que a bancada possa ser operada pelos acadêmicos e professores da instituição, primeiramente, foi feito um comparativo entre três modelos diferentes de bancadas, com o intuito de montar uma bancada que atenda aos requisitos existentes no PPC do curso e que tenha um custo baixo.

ELABORAÇÃO DE DESENHOS TÉCNICOS

Após ser feito todo o comparativo e identificação dos componentes que serão utilizados na fabricação da bancada. Deu-se então início ao desenvolvimento dos desenhos técnicos, utilizando o software Autodesk Inventor Professional 2016 – *English* e o CADe_SIMU 3.0.

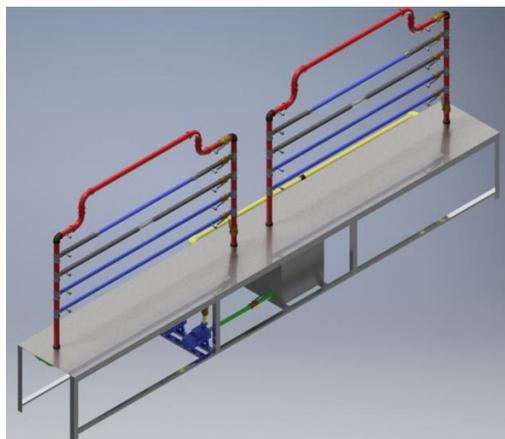


Figura 8: Desenho técnico. Fonte: Arquivo pessoal.

SELEÇÃO DE MATERIAIS PARA FABRICAÇÃO

Os materiais a serem utilizados nas linhas de tubulações serão os de PVC e de metal, devido ao seu baixo custo e uma admissível relação para os cálculos de perda de carga em projetos. Consequentemente, serão utilizados os diâmetros de 2", 1^{1/2}" e 1^{1/4}", devido à sua grade aplicabilidade em construções de redes hidráulicas.

Em relação à escolha dos tipos de acessórios, serão utilizados aproximadamente 70% dos principais disponíveis em mercado comercial, dentre os quais é possível citar:

- Cotovelos e curvas de 90°;
- Registro de esfera.

A bancada será formada de dez linhas de tubulações, sendo cinco de cada lado, em que uma linha é com diâmetro 2", com acessórios como, joelho de 90°, outra com redução de 1^{1/2}" para 1^{1/4}". Contando, mais uma tubulação de diâmetro de 1^{1/4}" com rugosidade interna. Finalizando com a tubulação de diâmetro de 1^{1/4}" sem rugosidade interna.

Com propósito de que o aluno possa comparar os diferentes valores de perda de carga, referentes a cada tipo de tubulação.

ANÁLISE DE VIABILIDADE

A bancada proposta se torna viável se for comparada com bancadas disponíveis no mercado, pois seu custo é de R\$ 10.019,00. As outras bancadas vendidas por outros fabricantes, possuem valores de venda que ultrapassam a quantia de R\$ 50.000,00, conforme orçamentos realizados.

Resultados e Discussão

Como meio de suprir a necessidade de dispor de uma bancada de fluidos didática, este trabalho remete ao projeto e fabricação de uma bancada para estimular a aprendizagem no componente curricular de Pneumática e Hidráulica, disponibilizando todo o conteúdo apresentado no PPC (Projeto Pedagógico de Curso). A fabricação da bancada será importante para agregar mais conhecimento e entendimento dos acadêmicos com o componente curricular específico, proporcionando assim um processo de ensino e aprendizagem adequado e também condizente e alinhado às necessidades do mercado de trabalho.

A hidráulica é a disciplina que analisa os fluidos sob pressão em escoamento. Fluidos englobam líquidos e gases. Logo a definição de fluidos é a de que o fluido é uma matéria que tem a capacidade de escoar. Apresentando a capacidade de assumir a forma do recipiente em que são colocados. Neste trabalho foram considerados fluidos newtonianos, especificamente a água.

Para construção do protótipo será utilizado o Laboratório de Processos de Fabricação do SENAI Roberto Mange que fornece as máquinas e as ferramentas necessárias para a fabricação da bancada didática de mecânica de fluidos. Para a fabricação das roscas dos tubos, será utilizado o torno que o SENAI Roberto Mange ofereceu. E para construção e montagem da estrutura da máquina, será utilizado chapa de aço onde será utilizado processo de soldagem.

Será utilizado o laboratório de Eletricidade para fazer as instalações de motores elétricos, para testes em comando, cabeamento conforme as normas em instalações. Para melhorar os testes na bancada didática o laboratório reserva possibilidade de amplos testes dentro do padrão de segurança.

A fabricação e disponibilização de uma bancada de fluidos didática irá melhorar o processo de ensino-aprendizagem, pois os acadêmicos têm que confrontar os ensinamentos teóricos com os práticos para assim ter um melhor entendimento do conteúdo estudado.

A aprendizagem deve ser entendida como que o aluno seja capaz de planejar suas ações, tome atitudes perante os fatos presenciados, assuma responsabilidades, entre outros. Tudo isso para que ele possa assim desenvolver noções do dia a dia que são vivenciadas no mercado de trabalho. Para que isso possa acontecer, cabe às instituições disponibilizar ferramentas necessárias e docentes preparados que dominem as disciplinas estudadas.

O desenvolvimento da bancada de fluidos didática permite fazer um comparativo com as bancadas já existentes no mercado, além de proporcionar a oportunidade de utilizar apenas componentes que serão vistos na grade do curso. A bancada proposta dispõe das seguintes possibilidades de realização de ensaios:

- Associação de bombas;
- comparação de perda de carga por curvas e joelhos;
- comparação de perda de cargas por tubulação com rugosidade induzida;
- comparação de perda de carga por tubulação lisa;
- medição de vazão e velocidade com tubo de Venturi.

O modelo proposto dessa bancada didática proporciona a utilização simultânea de dois grupos de acadêmicos ao mesmo tempo (exceto na utilização de associação de bombas). Pois a mesma possui lados simétricos possibilitando assim ganho de tempo nas atividades práticas.

A bancada permitirá realizar estudos de mecânica dos fluidos relacionados à perda de carga distribuída por tubulação lisa, tubulação com rugosidade induzida por meio de uma Mola introduzida na tubulação, perda de carga localizada por tubulação composta por joelhos e curvas, tubulação com redução de bitola, e curva de medidores de vazão e velocidade por meio de tubulação com tubo de

venture. Estudos relacionados a experimentos *Reynolds*; manometria, através de manômetros de Bourdon. Além disso, a bancada também disponibiliza a oportunidade de se fazer a associação de bombas tanto em paralelo como em série.

A utilização do equipamento como, por exemplo, o passo a passo da utilização dela irá depender da criatividade do docente e seus alunos, visto que ela atende ao PPC.

A comparação realizada entre as bancadas disponíveis no mercado e a bancada proposta por este trabalho demonstra uma enorme variação de custos tendo em consideração que um dos critérios adotados foi à redução de custos. Tendo em vista que essa bancada teve um custo orçado de cerca de 19,6% do preço de venda da bancada de menor custo que foi encontrada no mercado.

Considerações Finais

Levando-se em conta o que foi observado neste trabalho, percebe-se que a bancada didática na Instituição de ensino é de suma importância para que o aluno tenha conhecimentos e habilidades específicos referentes às tecnologias e ferramentas que serão disponibilizadas para o atendimento das necessidades acadêmicas.

Além disso, os laboratórios também atuam como método de treinamento e incentivo à criatividade dos estudantes, contribuindo para expor este aprendizado nas noções e ações realizadas no dia a dia. Levando-se em consideração esses aspectos, foi necessário realizar identificação dos materiais utilizados na fabricação, também em fornecedores externos, pois, a bancada possui fins exclusivamente didáticos, de forma que ela possa atender às necessidades da Faculdade.

Dessa forma reforça-se alguns pontos tidos como essenciais para se obter os resultados, são eles:

- Identificação das necessidades dos clientes;
- Seleção de materiais para fabricação;
- Elaboração dos desenhos técnicos;
- Software para desenvolvimento do protótipo;
- Teste para validar a funcionalidade da bancada.

Dado o exposto, cita-se o déficit e ou dificuldade da necessidade de aplicar de forma prática os conteúdos estudados em sala de aula, com foco constante no desenvolvimento de competências profissionais relacionadas à Hidrostática e Hidrodinâmica no laboratório de sistemas hidráulicos e pneumáticos da FATEC SENAI Roberto Mange.

Sendo assim, por não haver uma bancada didática para ensaios em mecânica dos fluidos na instituição, que permitiria a realização de diversos experimentos, os acadêmicos do curso Tecnólogo em Manutenção Industrial tiveram que deslocar para uma instituição de ensino parceira, que dispõe de uma bancada compatível a necessidade apresentada em aulas teóricas da disciplina.

Propõe-se que, como meio de suprir a necessidade acadêmica apresentada neste trabalho, outros pesquisadores possam retomar o projeto e darem continuidade a fabricação da bancada didática de mecânica de fluidos, no intuito de oferecerem um diferencial a aprendizagem prática no componente curricular de Pneumática e Hidráulica. Espera-se que o resultado deste projeto contribua para uma maior interação e entendimento dos acadêmicos, proporcionando assim um processo de formação adequado aos futuros Tecnólogos em Manutenção Industrial oriundos da Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange e também condizente às necessidades do mercado de trabalho.

Referências

1. NEVES, Erika Zoraia Venâncio. DA TEORIA À PRÁTICA: uma ponte a ser construída desde a formação inicial. 2011.86 f. TCC (Graduação) – Curso de Licenciatura em Letras, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.
2. BRASIL. Lei nº 9.349, de 20 de dezembro de 1996. LEI Nº 9.394, DE 20 DE DEZEMBRO DE 1996. Lei Nº 9.394, de 20 de Dezembro de 1996.
3. SANTOS, Joedson Brito dos. Avanços e desafios da educação. In: XXVI Simpósio brasileiro de política e administração da educação, 26., 2013,
4. PEKELMAN, Hélio; MELLO JUNIOR, Antônio Gonçalves. A importância dos laboratórios no ensino de engenharia mecânica. In:

COBENGE, 32., **2004**, Brasília. DANDO FORMA A UMA NOVA REALIDADE. Brasília: Abenge, 2004. p.1-9.

5. SELVAKUMAR, S, RAJARAM, Kanchana. Achieving excellence in engineering education through improved teaching-learning process. 2015 IEEE International Conference On Teaching, Assessment, And Learning For Engineering (tale), Zhuhai, p246-252, dez. **2015**. Institute of Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tale.2015.7386052>.

6. SENAI Projeto Pedagógico de Curso de Graduação Tecnológica – Tecnólogo de Manutenção Industrial. Anápolis Departamento Regional de Goiás. **2014**

7. SENAI. Metodologia Senai de Educação Profissional. Brasília: CNI, 2013.

8. Palmieri, A. C. (**1994**), Manual de Hidráulica Básica, Brasil, Porto Alegre.

9. Linsingen, I. V. (2003), Fundamentos de Sistemas Hidráulicos, Brasil, Florianópolis. NETTO, José Martiniano de Azevedo et al. Manual de Hidráulica. 8°. ed. São Paulo - SP: Edgard Blücher LTDA, **2007**. 342 p.

10. FOX, Robert W.; PRITCHARD, Philip J.; MCDONALD, Alan T. Introdução à mecânica dos fluidos. Sétima Edição. ed. Rio de Janeiro: Grupo Editorial Nacional, **2008**. 733 p.

11 HALLIDAY, David; RESNICK, Robert. Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 8°. ed. Rio de Janeiro: Grupo Editorial Nacional, **2007**. 314 p. v. 2.

12. VILANOVA, Luciano Caldeira. Mecânica dos Fluidos. 3. edição. ed. Santa Maria - RS: Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, **2011**. 82 p.

13. ROMA, Woodrow Nelson Lopes. Fenômenos de Transporte para Engenharia. 2°. ed. São Paulo - SP: Rima, **2003**. 145 p.

Alexandre G. Jesus, Cristiano S. Santos, Davi H.P. Sousa, Matheus S. M. Bertoldo, Diego. Vieira & Almiro M. S. Neto*

Faculdade SENAI Roberto Mange. Anápolis-GO.

* almiro.senai@fieg.com.br

A importância da Segurança do Trabalho para a Indústria

Para entender a importância da Segurança do Trabalho, é necessário fazer uma breve reflexão da evolução histórica do trabalho. O significado de trabalho e sua origem vem com o homem primitivo por meio do uso da força do seu corpo e intervenção na natureza, buscando elementos essenciais à sua sobrevivência. Ele era livre e a vida era caracterizada pelo nomadismo. Predominava a caça e a pesca passando, em seguida, pela fase de consumo de legumes e frutas existentes na natureza. Com o despejo dos restos alimentares e a germinação das sementes, este nômade percebeu a possibilidade de cultivar seus alimentos, sem grandes deslocamentos. Este é o início da agricultura com a intervenção humana na natureza. Talvez seja este o primeiro modelo de organização do trabalho. A evolução desde a atividade predatória, agricultura e o pastoreio chegando à fase do artesanato e, assim, à era industrial sempre submeteram o homem aos riscos de acidentes e doenças.

O trabalho que antecede à Revolução Industrial era predominantemente artesanal. Esta fase era caracterizada como um sistema doméstico de fabricação de bens, com produção voltada para a subsistência, utilizando-se basicamente de recursos manuais, ferramentas rudimentares em pequenas oficinas. A partir da matéria-prima o trabalhador (artesão), com auxílio de ferramentas e do fogo davam conformação até obter o produto acabado. Este sistema era caracterizado pela baixa produtividade.

A Revolução Industrial, iniciada na Inglaterra em meados do século XVIII, expandiu-se para o mundo a partir do século XIX, alterando profundamente as relações sociais e econômicas no meio urbano e as condições de vida dos trabalhadores. A substituição da manufatura pela maquinofatura provocou enormes transformações no modo de trabalho do homem. Antes, realizado em oficinas

manualmente, e atividades agrícolas, passaram por um grande processo de mecanização. A aplicação da força motriz do vapor passa a substituir o esforço humano. Neste contexto, havia o emprego de menores, mulheres, e com jornada excessiva. Assim, começaram a surgir as doenças decorrentes do trabalho e com ela as primeiras legislações de proteção ao trabalho.

No Brasil, o conceito de prevenção de acidentes, e os cuidados com a segurança ocupacional e com a saúde do trabalhador, já era conhecido pelas organizações brasileiras desde o final da década de 70, em função das exigências das Normas Regulamentadoras – NRs – do Ministério do Trabalho. Estabelecidas a partir da Portaria 3.214/78¹ essas normas são de observância obrigatória pelas empresas brasileiras, de caráter público ou privado, pela administração direta e indireta, bem como pelos órgãos dos poderes legislativo e judiciário, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho - CLT².

Além das normas Regulamentadoras, o Brasil conta também com as Legislações Previdenciárias que pautam todas as atividades no que tange às atividades especiais, ou mais conhecida por conceder Aposentadoria Especial. Segundo Maria Helena C. A. Ribeiro (2020)³, ao longo dos anos, a legislação previdenciária procurou garantir ao segurado essa compensação, criando a aposentadoria especial que, em parte, veio lhe proporcionar um ganho pelo desgaste resultante do tempo de serviço prestado em condições prejudiciais.

Para se ter a percepção da amplitude da regulação trabalhista brasileira, e compreender o progresso desta legislação, segue um breve histórico dos principais marcos da cronologia:

Tabela 1: Principais marcos da regulação trabalhista brasileira.

1919	15/01/1919 – Lei nº 3.724 – 1ª Lei de indenização por acidente
1967	Decreto – Lei nº 229 – 28/02/1967 – Modifica o Capítulo V CLT – Obrigatoriedade do serviço de segurança e CIPA.
1972	Portaria nº 3.237 – 17/07/1972 – Obrigatoriedade de SESMT (Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho) nas empresas.
1977	Lei nº 6.514 – 22/12/1977 – Altera o Capítulo V, Título II, da CLT – Obrigação de a empresa cumprir e fazer cumprir as Normas de Segurança e Medicina do Trabalho.
1978	Portaria nº 3.214 no MTb – Institui as Normas Regulamentadoras (NRs)
1991	Lei nº 8.213 – 24/07/1991 – Institui o Plano de Benefícios da Previdência Social e redefine acidente do trabalho.
1996	PPRPS – Programa de Prevenção de Riscos em Pressões e Similares.
1999	DECRETO No 3.048, DE 6 DE MAIO DE 1999. Aprova o Regulamento da Previdência Social, e dá outras providências.
2010	Nova NR12 – Segurança no Trabalho com Máquinas e Equipamentos.
2011	Decreto nº 7.602 – 07/11/2011 – Dispõe sobre a Política Nacional de Segurança e Saúde do Trabalhador (PNSST)
2011 a junho de 2015	Alteração das NRs existentes até então e aprovação das novas NRs 34, 35 e 36.
2017	Sancionada em 13 julho de 2013 a Lei Nº 13.467 de 2017 – Reforma Trabalhista. Alterações significativas na jornada de trabalho, férias, negociações em contratos de trabalho entre outras.
2020 e 2021	Nova Atualização da Normas Regulamentadoras (NRs) - Inúmeras alterações, visando a melhoria constante dos processos e a segurança total dos trabalhadores.

As atualizações e evoluções da legislação de Segurança e Saúde no Trabalho, como vêm ocorrendo, é um processo de modernização da legislação trabalhista, citando como exemplo o GRO (Gerenciamento de Riscos Ocupacionais)

previsto na NR1, atualizada recentemente e vigência prevista para janeiro de 2022. São importantes para tornar o atendimento legal mais fácil e adequado.

A legislação brasileira é bem rigorosa, sendo 37 o número atual de NRs, com a observação que a NR 02 foi revogada pela Portaria SEPRT 915, de 30 de julho de 2019⁴. Todas tratam de atividades específicas de forma bem detalhada, e dificilmente haverá algum setor industrial que não será coberto por elas. Por um lado, com tamanha abrangência, o que as normas trabalhistas amparam é o bom cumprimento pelo empregador daquelas prescrições voltadas à segurança e medicina do trabalho, a fim de que os acidentes ou doenças ocupacionais sejam evitados ou, pelo menos, minimizados, de modo a adotar as medidas mais apropriadas para isso. Por outro lado, cabe aos funcionários ficar bem atentos às normas de segurança e medicina do trabalho, colaborando com a empresa nas suas ações protetivas e observando as instruções e o bom uso de equipamentos.

Segurança do Trabalho no Brasil e a Indústria

Nos últimos anos, é comum ver a afirmação que o Brasil ocupa o 4º lugar em acidentes do trabalho no mundo. Esta informação é frequentemente divulgada nos mais diversos sites e revistas especializadas do país, entretanto, não há uma confirmação por parte do atual Ministério do Trabalho. Veja no Gráfico 1 abaixo que há uma redução significativa de ocorrências, ao longo dos anos, em números absolutos registrados pela Secretaria Inspeção do Trabalho SIT, do Ministério do Trabalho e Previdência.

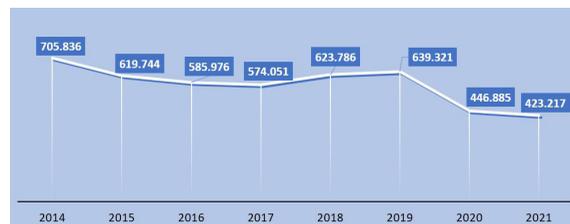


Gráfico 1: Evolução histórica acidentes do Trabalho. Fonte-<https://radarsit.economia.gov.br/extensions/RadarSIT/RadarSIT.html>.

Essa redução não é motivo de comemoração, uma vez que os números divulgados são aqueles registrados de forma oficial, ou seja, o cenário pode ser bem maior do que o apresentado. E isso pode ser agravado pela constante redução dos números vínculos trabalhistas que o país vem passando, mesmo antes da pandemia de Covid-19. O Gráfico 2, mostra uma relação entre a taxa de incidência de acidentes por 1000 trabalhadores, e o número médio de vínculos trabalhistas (CLT)².

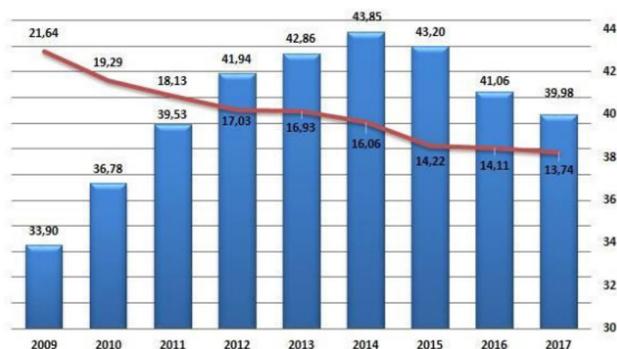


Gráfico 2: Incidência de acidentes trabalho e número médio de vínculos por 1000 vínculos. Fonte - Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho – AEAT.⁵

Esse cenário retratado pelo Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho – AEAT⁵ – da previdência social mostra apenas a classe trabalhadora com registros formais, e que há possibilidade de subnotificação, causada, principalmente, pela falta de registro e também pela fiscalização. Há também as ausências de registros pela informalidade que cresce exponencialmente. Esta última classe está cada vez mais desamparada de proteção social, com ausência de direitos trabalhistas e previdenciários. É praticamente impossível mensurar os números quantitativamente face aos números de informais. Isso mostra que uma boa parcela da população continua a adoecer e, em muitos casos, a morrer com péssimas condições de trabalho.

Quando se avaliam os segmentos de negócios a indústria de transformação lidera o ranking apresentado pela Secretaria Inspeção do Trabalho - SIT²⁰, conforme mostra o Gráfico 3:



Gráfico 3: Ranking de Acidentes por Segmento de Negócio. Fonte – Dashboard Secretaria Inspeção do Trabalho – MT.

De acordo com o Gráfico 3, o volume de acidentes oriundos da indústria é bem superior aos demais seguimentos de negócio. As principais ocorrências estão relacionadas à não manutenção periódica adequada nos equipamentos e máquinas, reposição ou troca de maquinários obsoletos, não utilização e/ou correta utilização dos Equipamento de Proteção Individual e Coletivo, EPI e EPC, respectivamente, negligência de instruções, falta de treinamento e conhecimentos técnicos, atitudes imprudentes e ausência ou insuficiência de fiscalização. O não cumprimento das leis trabalhistas e negligência aos direitos dos trabalhadores completam o rol de principais motivos.

Vale destacar que todo o estudo e aplicação dessas normas deve ser feito por profissionais de Segurança do Trabalho e saúde. São eles os responsáveis por preparar os programas de prevenção de risco de acidentes, cuidar de todo sistema de gestão de saúde e segurança ocupacional, Gerenciamento de Riscos Ocupacionais – GRO, bem como os procedimentos e fiscalização do seu cumprimento dentro das empresas. Podemos entender, então, que a legislação brasileira acerca do tema é completa, mas ainda há uma falta de cumprimento por parte das empresas e fiscalização das autoridades.

Segurança do Trabalho na Indústria

Entre os principais aspectos causadores dos acidentes de trabalho estão: a falta de equipamentos de segurança e o não cumprimento de regras. O impacto pela negligência chega a R\$ 22,171 bilhões na economia brasileira, desde 2012. Estes números são devido aos afastamentos de profissionais que sofreram ferimentos durante o trabalho, onerando cofres públicos com gastos da Previdência Social, como auxílio-doença, aposentadoria por invalidez, pensão por morte e auxílio-acidente para pessoas que ficaram com sequelas. Atualmente, o financiamento dos benefícios por incapacidade laborativa, bem como a aposentadoria especial, se dá pelas empresas, por meio do Fator Acidentário de Prevenção (FAP). Vale destacar ainda que ao incluir os acidentes em empregos informais, esse montante poderia ser de cerca de R\$ 40 bilhões, de acordo com dados do Ministério da Economia.

Esses números já dão uma ideia de como a segurança no trabalho é uma questão de extrema relevância e que merece atenção em nosso país. O não cumprimento da legislação referente a segurança no trabalho pode gerar enormes danos e prejuízos às indústrias. Um deles é a possibilidade de embargo da fábrica, paralisando a produção e consequentemente rendendo perdas financeiras muitas vezes irreversíveis. Em alguns casos, as fábricas podem ficar interditadas até meses, tentando se adequar às NRs para conseguir o aval e voltar a funcionar. Além disso, as indústrias estão sujeitas a multas milionárias que podem ser aplicadas para as diversas irregularidades encontradas. A melhor solução para evitar esses riscos é a prevenção no que diz respeito aos agentes nocivos, que sempre são monitorados pelos profissionais de segurança do trabalho, dentre outros aspectos que possam contribuir para evitar os acidentes.

Além das perdas financeiras referentes à produção paralisada, há ainda os altos gastos com as consequências, tendo que arcar com indenizações morais e materiais ao profissional acidentado, e ainda a imagem negativa

associada à empresa que não obedece à legislação específica, e, portanto, será vista como imprudente e/ou negligente. A Segurança do Trabalho, auxiliada pela higiene ocupacional, pode proporcionar condições laborais favoráveis na indústria prevenindo acidentes e garantindo cumprimentos legais.

Este artigo teve como objetivo principal apresentar um panorama da importância da Segurança do Trabalho na indústria, a partir de conceitos históricos, evolução da legislação trabalhista e previdenciária e também dos indicadores que nos mostram números ruins do Brasil. O conjunto de dados existentes permitem uma grande variedade de estudos e ações em prol da segurança e saúde dos trabalhadores, de uma maneira geral, e, em especial, da indústria. Ainda há distância de um banco de dados único para visualização da real situação do país. Isso não impede que os trabalhos de conscientização, a aplicação das regras, o seguimento da legislação e as campanhas motivacionais sejam implementadas massivamente nas indústrias para que esta incômoda posição de liderança, deste ranking de acidentes e mortes, seja melhorada.

A saúde e segurança dos trabalhadores é indispensável para a conquista de um crescimento sustentável de todos seguimentos de negócio, em especial, da indústria que ocupa posição de destaque negativo nos indicadores de acidentes. Para isso, a atualização das Normas Regulamentadoras é de fundamental importância neste processo. O custo para se fazer Segurança do Trabalho é alto para as empresas, em virtude do complexo rol de legislações a serem seguidas. Para a indústria com o volume de empregados geralmente muito alto, onde tornam as atividades cada vez mais caras e, com isso, ocorrem as negligências, descumprimento das leis e normas. É importante salientar que a contribuição dos trabalhadores, cumprindo regras e engajados nas ações de prevenção, é fundamental. Diante disso, cabe ao corpo técnico de Saúde e Segurança do Trabalho trabalhar em prol do bem-estar das pessoas e em contrapartida encontrar caminhos saudáveis para que as empresas mantenham um ambiente seguro e sustentável.

Referências

1. BRASIL/ MINISTÉRIO DO TRABALHO. Normas Regulamentadoras da Portaria nº 3.214 de **1978**.
2. CONSOLIDAÇÃO DAS LEIS DO TRABALHO – CLT (Decreto-Lei Nº 5.452, de 1º de maio de **1943**).
3. RIBEIRO, Maria Helena C. Alvim. Aposentadoria Especial. 10ª Edição. Curitiba: JURUÁ, **2020**.
4. PORTARIA SEPRT 915, de 30 de julho de **2019** Ministério da Economia/Secretaria Especial de Previdência e Trabalho/Secretaria de Previdência.
5. MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA - Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho – AEAT.

Erylson Souza*

Engenheiro Mecânico e Engenheiro de Segurança do Trabalho
Membro do Conselho da Inspeção Anápolis - CREA-GO – Gestão
2021/23

*erylson@gmail.com

Instruções para Envio de Artigos para a Revista Processos Químicos

Prezado(a) autor(a),

Para que seu artigo possa entrar em nosso processo de avaliação, visando à possível publicação na revista Processos Químicos, o texto deverá satisfazer às seguintes condições:

- ▶ Utilizar somente o editor Microsoft Word, numerando todas as páginas;
 - ▶ Conter, no máximo, 40 laudas, incluindo Figuras, Tabelas, Esquemas etc.;
 - ▶ Conter Resumo e *Abstract*, ambos com até 100 palavras;
 - ▶ Conter Palavras-chave e *Keywords*, ambos com até 3 palavras;
 - ▶ Título com, no máximo, 20 palavras;
 - ▶ Titulação do autor (créditos). Dados pessoais do autor: endereço, telefone, e-mail;
- ▶ As figuras, tabelas, esquemas etc. devem ser colocados após as referências e devidamente identificados. Se escaneados, devem ser em alta resolução (800 dpi/ bitmap para traços) com extensão TIF ou JPEG. As fotos ou desenhos com cor (300 dpi/grayscale) devem ser enviados com extensão tif/jpg, para não termos problemas ao aplicá-las no padrão da Revista. Outras extensões possíveis: CDR, EPS ou CDX. No caso particular de esquemas contendo estruturas químicas, estas deverão ter sempre a mesma dimensão, para que possam ser reduzidas uniformemente. Considerar que as figuras deverão ter largura máxima de uma coluna (8,5 cm) ou, excepcionalmente, de 2 colunas (17,5 cm).
- ▶ As figuras (gráficos, esquemas, etc.) deverão ter qualidade gráfica adequada (usar somente fundo branco).

► A primeira página deverá conter o título do trabalho, nome e endereço dos autores (para a revista, a menor unidade é o departamento). Havendo autores com diferentes endereços, estes deverão se seguir imediatamente ao nome de cada autor. Os autores devem ser agrupados por endereço. Indicar com asterisco(*) o autor para correspondência, colocando seu e-mail no rodapé desta página (um só e-mail). A segunda página deverá conter o título, o resumo e o *abstract* do trabalho;

► As referências bibliográficas deverão ser numeradas e todas citadas ao final do artigo. Será utilizada a abreviatura da revista como definida no *Chemical Abstracts Service Source Index* (ver <http://www.cas.org/sent.html>). Caso a abreviatura autorizada de uma determinada revista não possa ser localizada e não for óbvio como o título deve ser abreviado, deve-se citar o título completo. Exemplos de citações:

1. Varma, R. S.; Singh, A. P.; J. Indian Chem. Soc. **1990**, 67, 518.
2. Provstyanoi, M. V.; Logachev, E. V.; Kochergin, P. M.; Beilis, Y. I.; Izv. Vyssh. Uchebn. Zadev.; Khim. Khim. Tekhnol. **1976**, 19, 708.
3. Lemos, T. L. G.; Andrade, C. H. S.; Guimarães, A. M.; Wolter-Filho, W.; Braz-Filho, R.; J. Braz. Chem. Soc. **1996**, 7, 123;
4. Ângelo, A. C. D.; de Souza, A.; Morgon, N. H.; Sambrano, J. R.; Quim. Nova **2001**, 24, 473.
5. Regitz, M. Em Multiple Bonds and Low Coordination in Phosphorus Chemistry; Regitz, M.; Scherer, O. J., eds.; Georg Thieme Verlag: Stuttgart, **1990**, cap. 2.
6. Cotton, F.A.; Wilkinson, G.; Advanced Inorganic Chemistry, 5th ed., Wiley: New York, **1988**.

► Espaço duplo entre linhas;

► Fonte: *Times New Roman* 12;

► A linguagem empregada deve ser atual. Isso implica a não utilização de termos, tais como: destarte, outrossim, descrever-se-á.

► O texto deve apresentar discurso impessoal, ou seja, expressões, tais como: constatamos, verificamos, utilizamos devem ser substituídas por constatou-se, foi verificado, utilizou-se.

► Enviar uma cópia do artigo, acompanhada de carta de encaminhamento à Editoria da Revista Processos Químicos, por meio do site www.rpqsenai.org.br. Mais informações podem ser obtidas mediante endereço eletrônico: revistapq.senai@fieg.com.br.

70 Anos Faculdade SENAI Roberto Mange



Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange
polimorfismo.senai@fieg.com.br
 (62) 3902-6227 | (62) 9 9866-1638

SENAI
 PELO FUTURO DO TRABALHO

70
 ANOS
 FORMANDO CAMPEÕES

FIEG
 Federação das Indústrias do Estado de Goiás
 PELO FUTURO DA INDÚSTRIA