

INSTITUTO FEDERAL

Paraíba

Campus Patos

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
CAMPUS PATOS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM SEGURANÇA NO TRABALHO

JOSÉ GILIARDY PEREIRA DE LUCENA

**IMPACTO DO BENZENO NA SAÚDE DOS FRENTISTAS DE POSTOS DE
COMBUSTÍVEIS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

PATOS - PB

2025

JOSÉ GILIARDY PEREIRA DE LUCENA

**IMPACTO DO BENZENO NA SAÚDE DOS FRENTISTAS DE POSTOS DE
COMBUSTÍVEIS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Tecnologia em Segurança no Trabalho do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - *Campus* Patos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Tecnólogo em Segurança do Trabalho.

Orientador: Prof. Me. Lavoisier Morais de Medeiros.

**PATOS - PB
2025**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CAMPUS PATOS/IFPB

L935i Lucena, José Giliardy Pereira de.
Impacto do benzeno na saúde dos frentistas de postos de combustíveis: uma revisão bibliográfica / José Giliardy Pereira de Lucena. - Patos, 2025.
55 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior em Segurança no Trabalho)-Instituto Federal da Paraíba, Campus Patos-PB, 2025.

Orientador(a): Prof. Me. Lavoisier Moraes de Medeiros.

1. Exposição ocupacional - Benzeno 2. Doenças ocupacionais-frentistas 3. Saúde do trabalhador-Riscos ocupacionais I. Título II. Medeiros, Lavoisier Moraes de III. Instituto Federal da Paraíba.

CDU – 331.472

JOSÉ GILIARDY PEREIRA DE LUCENA

**IMPACTO DO BENZENO NA SAÚDE DOS FRENTISTAS DE POSTOS DE
COMBUSTÍVEIS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Tecnologia em Segurança no Trabalho do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - *Campus* Patos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Tecnólogo em Segurança do Trabalho.

Orientador: Prof. Me. Lavoisier Morais de Medeiros.

APROVADO EM: 16/06/2025

RANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



LAVOISIER MORAIS DE MEDEIROS

Data: 05/08/2025 14:25:30-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Lavoisier Morais de Medeiros - Orientador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

Documento assinado digitalmente



DANILO DE MEDEIROS ARCANJO SOARES

Data: 30/06/2025 19:44:07-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Danilo de Medeiros Arcanjo Soares - Examinador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

Documento assinado digitalmente



ERIKA DO NASCIMENTO FERNANDES PINTO

Data: 09/07/2025 17:54:28-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Ma. Érika do Nascimento Fernandes Pinto - Examinadora

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me conceder forças, sabedoria e perseverança para chegar até aqui, guiando cada passo desta jornada com luz, esperança e propósito. Em meio aos desafios, foi na fé que encontrei o equilíbrio necessário para seguir em frente.

À minha família, em especial aos meus pais, avós e demais familiares, que sempre estiveram ao meu lado oferecendo amor, incentivo e apoio incondicional. Cada palavra de encorajamento, cada gesto de carinho e cada demonstração de confiança foram essenciais para que eu pudesse me manter firme, mesmo nos momentos mais difíceis.

Ao meu orientador, Me. Lavoisier, expresso minha profunda gratidão por sua paciência, dedicação e pelas contribuições valiosas ao longo deste processo. Sua orientação não apenas enriqueceu o conteúdo deste trabalho, mas também ampliou minha visão acadêmica e profissional.

Aos professores da instituição, cujo compromisso com o ensino e paixão pela educação foram fonte constante de inspiração. Cada aula, cada troca de conhecimento e cada conselho contribuíram de maneira significativa para minha formação.

Às equipes administrativas, bibliotecárias e demais colaboradores do IFPB *Campus Patos*, que, de maneira direta ou indireta, facilitaram e apoiaram o desenvolvimento deste trabalho. O cuidado, a organização e a atenção de vocês foram fundamentais ao longo dessa jornada.

Aos colegas de curso, pela convivência, troca de experiências e apoio mútuo, que tornaram essa caminhada mais leve, enriquecedora e humana. E, em especial, ao meu amigo Roberto, que não apenas esteve presente como companheiro de jornada, mas também participou ativamente na construção deste trabalho. Sua parceria e amizade tornaram essa experiência ainda mais significativa.

Por fim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para essa conquista, deixo aqui o meu mais sincero e profundo agradecimento.

Muito obrigado(a)!

“Fazer segurança do trabalho para as pessoas é importante, mas fazer segurança do trabalho com as pessoas é ainda mais”.

Nestor W. Neto, 2025.

RESUMO

O benzeno é um hidrocarboneto aromático altamente volátil, classificado como carcinogênico pela Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC), cuja presença em ambientes laborais representa um risco expressivo à saúde dos trabalhadores. Este estudo teve como objetivo analisar os efeitos da exposição ao benzeno na saúde dos frentistas. A pesquisa baseou-se em uma revisão bibliográfica abrangente, contemplando artigos científicos, legislações, normativas e estudos epidemiológicos. A revisão evidenciou que a inalação é a principal via de exposição ao benzeno nesses ambientes, sendo agravada pela ausência ou uso inadequado de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), jornadas extensas e falta de capacitação adequada. Destaca-se ainda a importância do ácido trans,trans-mucônico (ATTM) como biomarcador relevante no monitoramento biológico da exposição. Conclui-se que a exposição ao benzeno representa um importante problema de saúde ocupacional, exigindo ações efetivas de prevenção, como a intensificação da fiscalização, a promoção de treinamentos contínuos e a garantia de uso correto dos EPI, com vistas à proteção da saúde e melhoria das condições de trabalho dos frentistas.

Palavras-chave: Benzeno; Frentistas; Exposição ocupacional; Riscos; Toxicidade.

ABSTRACT

Benzene is a highly volatile aromatic hydrocarbon, classified as carcinogenic by the International Agency for Research on Cancer (IARC), and its presence in occupational environments poses a significant risk to workers' health. This study aimed to analyze the effects of benzene exposure on the health of attendants. It also describes the routes of benzene absorption in the human body, such as inhalation, dermal contact, and, to a lesser extent, ingestion, as well as the adverse effects associated with its presence in the organism. The research is based on a comprehensive literature review, including scientific articles, legislation, regulations, and epidemiological studies. The review revealed that inhalation is the main route of benzene exposure in these environments, worsened by the absence or improper use of Personal Protective Equipment (PPE), extended working hours, and lack of proper training. The study also highlights the relevance of trans,trans-muconic acid (TTMA) as a key biomarker in the biological monitoring of exposure. It is concluded that occupational exposure to benzene represents a significant occupational health issue, requiring effective preventive actions such as enhanced inspection, continuous training, and ensuring the correct use of PPE, in order to protect the health and improve the working conditions of gas station attendants.

Keywords: Benzene; Gas station attendants; Occupational exposure; Hazards; Toxicity.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Sinais e sintomas encontrados nos estudos.....	30
Quadro 2 - Resultados laboratoriais dos estudos.....	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processos Metabólicos do Benzeno.....	22
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACGIH	- Conferência Americana de Higienistas Industriais Governamentais.
AFM	- Ácido S-fenilmercaptúrico.
AM	- Amazonas.
ATTM	- Ácido Trans,Trans-Mucônico.
AVC	- Acidente Vascular Cerebral.
CAS	- Chemical Abstracts Service.
CE	- Ceará.
CYP2E1	- Citocromo P450 2E1.
DNA	- Ácido Desoxirribonucleico.
EPC	- Equipamento de Proteção Coletiva.
EPI	- Equipamento de Proteção Individual.
FDS	- Ficha de Dados de Segurança.
FUNDACENTRO	- Fundação Jorge Duprat Figueiredo, de Segurança e Medicina do Trabalho.
IARC	- Agência Internacional de Pesquisa em Câncer.
INCA	- Instituto Nacional do Câncer.
LINACH	- Lista Nacional de Agentes Cancerígenos para Humanos.
MG	- Minas Gerais.
NK	- Natural Killer.
NQO1	- NAD(P)H:quinona oxidoreductase.
NR	- Norma Regulamentadora.
PCMSO	- Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional.
PGR	- Programa de Gerenciamento de Riscos.
PL	- Projeto de Lei.
PPM	- Partes Por Milhão.
PPR	- Programa de Proteção Respiratória.

PRC	- Posto Revendedor de Combustível.
PRF	- Posto Revendedor Flutuante.
RPBC	- Refinaria Presidente Bernardes – Cubatão.
SCIELO	- Scientific Electronic Library Online.
SRV	- Sistema de Recuperação de Vapores.
SST	- Saúde e Segurança no Trabalho.
TLV-TWA	- Valor Limite de Exposição - Média Ponderada no Tempo.
VRT-MPT	- Valor de Referência Tecnológico - Média Ponderada pelo Tempo.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	OBJETIVOS.....	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1	BENZENO: PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS.....	15
2.2	HISTÓRICO DO BENZENO: DA DESCOBERTA, AOS ACIDENTES E À EVOLUÇÃO LEGISLATIVA NACIONAL.....	16
2.3	A VULNERABILIDADE DOS FRENTISTAS: EXPOSIÇÃO AO BENZENO E FALTA DE PROTEÇÃO.....	18
2.4	ABSORÇÃO, METABOLIZAÇÃO E DETECÇÃO DO BENZENO.....	21
2.5	EFEITOS DO BENZENO NA SAÚDE HUMANA.....	24
2.6	MEDIDAS DE CONTROLE PARA PROTEGER FRENTISTAS CONTRA O BENZENO.....	26
3	MÉTODOS.....	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5	CONCLUSÃO.....	42
	REFERÊNCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

O benzeno, representado pela fórmula molecular C_6H_6 , é categorizado dentro dos hidrocarbonetos aromáticos. Este composto manifesta-se como um líquido incolor, notável por sua alta volatilidade, significativa inflamabilidade e potencial explosivo (Arcuri *et al.*, 2011). Desde 1982, a Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (*International Agency for Research on Cancer* - IARC, em inglês) tem classificado o benzeno como um agente carcinogênico para humanos, confirmando sua capacidade de provocar o desenvolvimento de neoplasias, incluindo leucemia e outras patologias correlatas. Em atualização recente de suas monografias, a IARC também incluiu a gasolina automotiva entre os agentes carcinogênicos para humanos. A exposição crônica ou em elevadas concentrações ao benzeno está associada ao aumento no risco de incidência de doenças graves (Arcuri *et al.*, 2011; Costa, 2009; IARC, 2025).

Ademais, o benzeno é extensivamente empregado em processos relacionados à produção de petróleo, ao refino e à indústria siderúrgica, elevando o risco de exposição em múltiplos ambientes, incluindo postos de combustíveis (Costa, 2009). A presença do benzeno indica que a exposição a este composto pode ocorrer sob variadas circunstâncias, particularmente em ambientes ocupacionais nas indústrias que manipulam tais substâncias, ou em situações de vazamentos e acidentes envolvendo produtos que contêm benzeno. A exposição prolongada a esse composto está vinculada ao desenvolvimento de uma condição clínica denominada "benzenismo", caracterizada por sérios riscos à saúde (Brasil, 2006).

No contexto brasileiro, a terminologia "benzenismo" é utilizada para caracterizar o conjunto de sinais, sintomas e complicações decorrentes da exposição ao benzeno. Essas complicações podem ser divididas em agudas, ocorrendo quando há exposição a concentrações elevadas de benzeno em um curto período de tempo, ou crônicas, resultantes de exposições prolongadas a concentrações mais baixas, que levam a uma variedade de manifestações clínicas. O quadro clínico associado ao benzenismo inclui uma gama de sinais e sintomas que afetam múltiplos órgãos, com destaque para o comprometimento significativo da medula óssea (Brasil, 2006).

A pesquisa realizada por Moraes *et al.* (2019) com frentistas de postos de combustíveis em várias localidades do Recôncavo Baiano sustenta as preocupações relativas aos riscos à saúde enfrentados por esses profissionais. Os achados da pesquisa revelam que, além das tarefas principais de abastecimento de veículos, os frentistas estão engajados em uma variedade de atividades que os expõem frequentemente ao benzeno. Ademais, é

imperativo considerar as condições laborais desses trabalhadores, uma vez que uma significativa proporção deles atua em jornadas que superam as 8 horas regulamentares diárias, alcançando turnos de até 24 horas consecutivas, que incluem horas extras e escalas de plantão.

Essas extensas jornadas de trabalho podem resultar em consequências graves para a saúde dos frentistas, incluindo um elevado risco de Acidente Vascular Cerebral (AVC), enfermidades cardíacas, síndrome de *burnout* (Brasil, [21--?]; OMS, 2021), além de uma exposição prolongada ao benzeno. Tal exposição contínua compromete significativamente a qualidade de vida dos trabalhadores, bem como seu bem-estar físico e mental. Estas implicações destacam a necessidade urgente de revisão das condições laborais e medidas de proteção mais eficazes para mitigar os riscos à saúde desses profissionais.

Já o estudo de Sousa *et al.* (2022) investigou o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) por frentistas em Fortaleza e Itapipoca, no Ceará (CE), durante 2020 e 2021. Com uma amostra de 50 participantes, constatou-se que a maioria (84%) não utilizava EPI consistentemente, com exceção das máscaras, que eram adotadas universalmente. A pesquisa identificou a falta de treinamento como um fator crucial, visto que apenas 28% dos frentistas haviam recebido orientações sobre o uso adequado de EPI. Adicionalmente, práticas inadequadas, como o uso de flanelas por 58% dos participantes, contribuíam para uma maior exposição ao benzeno. Portanto, o estudo destaca a necessidade urgente de estratégias educativas e de treinamento para implementar uma cultura de segurança e assegurar o uso eficaz de EPI, protegendo assim a saúde dos trabalhadores contra os riscos do benzeno.

Diante do interesse crescente em saúde ocupacional e na necessidade de mitigar os riscos associados à exposição ao benzeno, torna-se imperativo investigar seu impacto específico na saúde dos frentistas em postos de combustíveis. Assim, este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) é orientado pela seguinte questão central: "Como o benzeno afeta a saúde dos frentistas de postos de combustíveis?". Por meio de uma extensa revisão bibliográfica, o trabalho tem como objetivo fornecer informações para a formulação de políticas públicas e a implementação de práticas de trabalho mais seguras. A análise detalhada dos efeitos do benzeno na saúde desses profissionais contribui para o desenvolvimento de estratégias preventivas e mitigadoras mais robustas, visando proteger não somente a saúde e o bem-estar dos trabalhadores, mas também da sociedade como um todo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Abordar os danos que a exposição ao benzeno pode acarretar à saúde dos frentistas de postos de combustíveis.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Apresentar o agente químico benzeno e suas características;
- Identificar a presença de benzeno nos postos de combustíveis e sua influência na saúde dos frentistas;
- Descrever as vias de absorção do benzeno no corpo humano e quais os impactos na saúde.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 BENZENO: PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS

O benzeno (C_6H_6) é um hidrocarboneto aromático amplamente reconhecido por sua estrutura em anel hexagonal, conhecida como anel benzênico, composta por seis átomos de carbono e seis de hidrogênio. Apresenta-se como um líquido incolor ou levemente amarelado à temperatura ambiente, com odor adocicado característico, possuindo vapores mais densos que o ar, sendo altamente inflamável, volátil, lipossolúvel e de baixa solubilidade em água. No *Chemical Abstracts Service* (CAS) o benzeno possui o número 71-43-2, número de risco 33 e enquadra-se na classe de risco 3, com a gasolina possuindo o CAS 8006-61-9 (Arcuri *et al.*, 2011; Braskem, 2017; CCOHS, 2023, 2024; ILO, 2016; Juras, 2005).

Seu potencial explosivo é elevado, podendo formar misturas inflamáveis com o ar em concentrações entre 1,2% e 8%. Além disso, o benzeno é lipossolúvel, o que implica em sua capacidade de dissolução em gorduras, devido à sua não-polaridade. Também é conhecido por outras denominações, como benzol, ciclohexatrieno, hidreto de fenila e nafta de carvão (Arcuri *et al.*, 2011; Braskem, 2017; CCOHS, 2024; ILO, 2016; Juras, 2005).

Considerando suas propriedades físico-químicas, o benzeno é amplamente disseminado no ambiente e na atividade humana. O benzeno está presente naturalmente em fontes como vulcões e incêndios florestais, também é encontrado no petróleo bruto, na gasolina e na fumaça do cigarro, sendo amplamente utilizado como componente de combustíveis e como solvente em diversos processos industriais. No Brasil, a legislação proíbe o uso de benzeno em produtos acabados para fins industriais e domésticos, permitindo sua presença apenas como contaminante, com limite máximo de 0,1% em volume. Ressalta-se que aproximadamente 500 mil frentistas estão potencialmente expostos ao benzeno em mais de 40 mil postos de combustíveis em todo o país, configurando uma relevante preocupação ocupacional (Arcuri *et al.*, 2011; CDC, 2024; CETESB, 2012; Nazif, 2021).

Nos Estados Unidos, a Conferência Americana de Higienistas Industriais Governamentais (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists* - ACGIH, em inglês) estabelece um Valor Limite de Exposição - Média Ponderada no Tempo (*Threshold Limit Value - Time-Weighted Average* - TLV-TWA, em inglês) de 0,02 partes por milhão (ppm) para o benzeno, enquanto a gasolina possui um limite de 300 ppm (ACGIH, 2025; CCOHS, 2023).

No Brasil, a gasolina contém aproximadamente 1% de benzeno, e o Valor de Referência Tecnológico - Média Ponderada pelo Tempo (VRT-MPT) atualmente estabelecido é de 1 ppm (3,19 mg/m³) para uma jornada de trabalho de 8 horas (Brasil, 1978b, d; CETESB, 2012). Estudos científicos demonstraram, contudo, que concentrações inferiores a 1 ppm já foram associadas a efeitos adversos à saúde em trabalhadores expostos ocupacionalmente (Chaiklieng; Suggaravetsiri; Autrup, 2019; Ekpenyong; Davies; Daniel, 2013; Marchetti *et al.*, 2012), o que reforça a preocupação quanto à toxicidade do benzeno mesmo em baixos níveis de exposição.

Paralelamente, há discussões regulatórias em andamento no país para a possível redução desse valor de referência para 0,5 ppm ou menos, com base em critérios técnicos, políticos e socioeconômicos (Fundacentro, 2024). Apesar da Norma Regulamentadora n.º 15 (NR 15) não considerar o benzeno como agente insalubre, por não atribuir grau de insalubridade a esse composto, é relevante destacar que, por se tratar de agente cancerígeno, considera-se que não há níveis de exposição completamente seguros (Brasil, 1978d), embora essa visão seja debatida por especialistas em segurança e saúde do trabalho (Debate [...], 2024).

O benzeno é classificado como agente cancerígeno para humanos (Grupo 1) tanto pela IARC, quanto pela Lista Nacional de Agentes Cancerígenos para Humanos (LINACH) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), o que o associa a evidências suficientes de carcinogenicidade, assim como a gasolina automotiva, recentemente incluída nessa categoria (Brasil, 2014; IARC, 2024, 2025).

Essas classificações são fundamentais para a avaliação dos riscos ocupacionais enfrentados por frentistas, que estão frequentemente expostos a essas substâncias. Nesse contexto, o conhecimento técnico sobre as propriedades do benzeno torna-se essencial para os profissionais de Saúde e Segurança no Trabalho (SST), a fim de promover práticas preventivas eficazes. A conscientização sobre os riscos e a adoção de medidas de proteção específicas são indispensáveis para assegurar um ambiente laboral seguro e preservar a saúde dos trabalhadores expostos.

2.2 HISTÓRICO DO BENZENO: DA DESCOBERTA, AOS ACIDENTES E À EVOLUÇÃO LEGISLATIVA NACIONAL.

A descoberta do benzeno remonta a 1825, quando Michael Faraday (1791-1867) identificou o composto no gás de iluminação utilizado em Londres, posteriormente, Eilhard

Mitscherlich (1794-1863) determinou sua fórmula molecular (C_6H_6) em 1834, e Friedrich August Kekulé (1829-1896) propôs sua estrutura molecular em 1865 (Martín; Scott, 2015). Ao longo da história, entre os séculos XIX e XX, diversos casos evidenciaram os riscos toxicológicos associados ao benzeno, sendo bem documentados pelos estudos de Greenburg (1926), Infante (2002) e Machado *et al.* (2003).

Entre 1910 e 1914, período que antecedeu a Primeira Guerra Mundial (1914-1918), observou-se um aumento significativo no uso do benzeno como solvente em diversos setores industriais, como na produção de couro artificial, borracha, colas e chapéus. Com o início da guerra, a demanda por tolueno (derivado do benzeno) impulsionou ainda mais a produção e utilização do benzeno, que passou a ser amplamente empregado como matéria-prima na síntese de compostos orgânicos, corantes de anilina, produtos farmacêuticos, químicos fotográficos e combustíveis, inclusive com finalidades bélicas. Essa expansão do uso industrial do benzeno esteve associada ao aumento de casos de intoxicação, frequentemente diagnosticados como anemia (Greenburg, 1926; Infante, 2002).

A relação entre exposição ao benzeno e doenças ocupacionais foi identificada já em 1897, quando o Dr. Santesson relatou casos de anemia aplástica em nove mulheres que trabalhavam com borracha em Uppsala, Suécia. Quatro delas morreram, e todas estavam expostas diariamente ao benzeno como solvente, configurando um dos primeiros registros de toxicidade ocupacional da substância (Santesson, 1897 *apud* Snyder, 2012).

Já em 1928, Dolore e Borgomano relataram o primeiro caso de leucemia associada ao benzeno, além da morte de outro operário por anemia aplástica na mesma fábrica (Infante, 2002). No mesmo ano, Askey descreveu dois novos casos graves de anemia aplástica em trabalhadores expostos ao benzeno (Askey, 1928).

Em 1939, surgiram as primeiras recomendações para substituição do benzeno, embora não tenham sido efetivadas. Somente após a Segunda Guerra Mundial (1939-1945) ocorreu um avanço na regulamentação trabalhista, com a revisão dos limites de exposição ao benzeno, impulsionando medidas mais eficazes de proteção à saúde ocupacional (Infante, 2002).

Arcuri *et al.* (2023) e Costa (2009) abordam de forma abrangente a história da exposição ocupacional ao benzeno no Brasil, destacando eventos marcantes que impulsionaram avanços na proteção à saúde dos trabalhadores. Em 1973, um grave acidente em uma fábrica que utilizava benzeno no processo de colagem de peças plásticas resultou na morte de quatro trabalhadoras e na intoxicação de aproximadamente 100 pessoas, chamando a atenção para os riscos dessa substância. Esse episódio motivou a Fundação Jorge Duprat Figueiredo, de Segurança e Medicina do Trabalho (Fundacentro) a intensificar estudos sobre

os níveis de benzeno em solventes industriais e estimulou a adoção de medidas mais rigorosas de controle (Fundacentro, 2023; Lançamento [...], 2023).

A partir de 1978, com a criação das Normas Regulamentadoras (NR), o Brasil passou a contar com um marco legal mais consistente no enfrentamento desse risco químico (Mendes *et al.*, 2017). As NR consolidaram diretrizes que contribuíram para maior vigilância e controle da exposição ocupacional ao benzeno, promovendo melhorias significativas nas condições de trabalho em setores com potencial de risco.

Outro episódio relevante ocorreu em 2004, com a morte do técnico de operações Roberto Viegas Kappa, vítima de leucemia mieloide aguda associada à exposição ao benzeno na Refinaria Presidente Bernardes – Cubatão (RPBC). A fatalidade resultou no afastamento de diversos trabalhadores e motivou a criação do Dia Nacional de Luta Contra a Exposição ao Benzeno, celebrado em 5 de outubro, com o objetivo de reforçar a conscientização e promover a proteção à saúde dos profissionais expostos (Fundacentro, 2023; Lançamento [...], 2023).

A trajetória histórica do benzeno evidencia a estreita relação entre o avanço científico, a regulamentação industrial e a proteção à saúde pública, desde sua descoberta até o reconhecimento de seus efeitos tóxicos e carcinogênicos. Ao longo dos séculos XIX e XX, relatos de intoxicações fatais e estudos epidemiológicos consolidaram o entendimento sobre os riscos à saúde decorrentes da exposição ao benzeno, impulsionando o desenvolvimento de medidas regulatórias e a redução dos limites de exposição ocupacional. Entretanto, a constante tensão entre interesses econômicos e a proteção à saúde dos trabalhadores, somada à identificação de riscos mesmo em níveis considerados seguros, revela a complexidade da gestão do risco químico (Greenburg, 1928; Infante, 2002; Machado *et al.*, 2003).

Nesse contexto, destaca-se a importância da vigilância contínua, da atualização das normas e da pesquisa científica como pilares fundamentais para a promoção de ambientes de trabalho mais seguros, garantindo a saúde não apenas dos trabalhadores expostos, mas também das gerações futuras e das comunidades ao entorno.

2.3 A VULNERABILIDADE DOS FRENTISTAS: EXPOSIÇÃO AO BENZENO E FALTA DE PROTEÇÃO

Os frentistas de postos de combustíveis estão expostos a uma condição de vulnerabilidade ocupacional marcada pela precariedade nas condições e organização do trabalho, bem como pela exposição contínua a agentes tóxicos presentes nos combustíveis,

especialmente o benzeno, cuja inalação é intensificada por práticas inadequadas durante o abastecimento. Fatores como calor excessivo, ausência de sistemas de exaustão e comportamentos inseguros, como o uso de flanelas contaminadas e a aproximação do rosto ao tanque de combustível, ampliam os riscos (D'Alascio *et al.*, 2014).

Diniz *et al.* (2019), em estudo conduzido pelos autores na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais (MG), demonstraram que a percepção dos riscos relacionados à exposição ao benzeno entre frentistas é influenciada por fatores como experiência prévia, treinamento em EPI e adaptação ao ambiente de trabalho. Dispositivos de segurança, como bicos automáticos, são essenciais para mitigar tais riscos, mas apresentam falhas operacionais, como desarme precoce e interrupções, que exigem intervenção manual dos frentistas, ampliando a exposição aos vapores tóxicos (Diniz *et al.*, 2019).

Apesar da existência de legislações municipais e estaduais que proíbem o abastecimento após o desarme automático, como em Belo Horizonte (Lei n.º 10.943/2016) e na Paraíba (Lei n.º 10.346/2014), essas Normas ainda carecem de padronização nacional, o que o Projeto de Lei (PL) n.º 7.817/2017 busca resolver (Belo Horizonte, 2016; Paraíba, 2014; Portela, 2017). A NR 20 reforça essas medidas ao exigir bicos automáticos e proibir práticas inseguras nos Postos Revendedores de Combustíveis (PRC) (Brasil, 1978e).

Complementarmente, a Lei n.º 9.956/2000 proíbe bombas de autosserviço no Brasil, garantindo que o abastecimento seja realizado apenas por profissionais capacitados (Brasil, 2000). Ainda assim, o estudo evidencia que estratégias individuais adotadas pelos frentistas, como observar a direção do vento, são tentativas paliativas frente à insuficiência dos controles técnicos e normativos, revelando a necessidade contínua de aprimoramento das políticas de segurança e da fiscalização nas atividades com combustíveis (Diniz *et al.*, 2019).

Já Chaves e Seta (2020) investigaram dois Postos Revendedores Flutuantes (PRF) em Manaus, no Amazonas (AM), revelando graves falhas regulatórias e de segurança que expõem os trabalhadores a elevados riscos, especialmente relacionados à presença de benzeno. A pesquisa evidenciou a ausência de documentos essenciais como o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) e o Atestado de Saúde Ocupacional (ASO), além da inexistência de plano de gerenciamento de resíduos e de procedimentos eficazes para contenção de vazamentos, comprometendo tanto a saúde ocupacional quanto o meio ambiente (Chaves; Seta, 2020).

Também foram constatadas deficiências significativas em Equipamentos de Proteção Individual e Coletiva (EPI e EPC), aliadas à falta de treinamentos específicos sobre riscos químicos e combate a incêndios. A precariedade das condições de trabalho foi agravada pela

ausência de infraestrutura básica, como água potável e refeitório, bem como pela prática de armazenamento inadequado de alimentos próximo a produtos químicos (Chaves; Seta, 2020).

A operação irregular de abastecimento por clientes, proibida por Lei (Brasil, 2000), transfere os riscos ocupacionais ao consumidor leigo, elevando a exposição geral ao benzeno. Outras falhas incluem a ausência de proteções contra respingos e guarda-corpos, aumentando os riscos químicos e físicos. Relatos de sintomas compatíveis com intoxicação por benzeno, somados a jornadas excessivas de trabalho, indicam uma grave violação dos direitos trabalhistas e da saúde dos empregados. Além disso, a tendência de responsabilizar os trabalhadores por acidentes, evidencia a negligência dos empregadores quanto à implementação de medidas preventivas adequadas, reforçando a urgência de intervenções regulatórias e ações corretivas eficazes (Chaves; Seta, 2020; Mitri *et al.*, 2015; Santiago *et al.*, 2017; Vilela; Iguti; Almeida, 2004).

Sousa *et al.* (2022), conduziram um estudo realizado em postos de Fortaleza e Itapipoca, no Ceará (CE) e revelaram que 84% dos frentistas não utilizavam EPI durante o trabalho, sendo as máscaras utilizadas apenas em virtude da pandemia de COVID-19, embora ineficazes contra vapores de benzeno. A baixa adesão ao uso adequado dos EPI foi atribuída à ausência de treinamento, visto que apenas 28% dos trabalhadores receberam orientações específicas. Além disso, a prática proibida do uso de flanelas foi reportada por 58% dos participantes (Brasil, 1978e; Sousa *et al.*, 2022).

Apesar da existência de Legislações que regulamentam os procedimentos de abastecimento em postos de combustíveis (Brasil, 2000; Paraíba, 2014), tais Normas ainda não asseguram proteção plena contra os riscos associados à exposição ao benzeno. As estratégias práticas adotadas pelos frentistas, embora baseadas na experiência cotidiana, muitas vezes se mostram insuficientes para eliminar os perigos à saúde (Diniz *et al.*, 2019). Diante disso, torna-se imprescindível um esforço contínuo na implementação de medidas mais eficazes, voltadas à redução da exposição ocupacional ao benzeno, promovendo, assim, melhores condições de trabalho e proteção à saúde dos trabalhadores.

O Projeto de Lei n.º 3.299, de 24 de setembro de 2021, propõe a regulamentação da profissão de frentista, com o objetivo de assegurar direitos mínimos, segurança jurídica e a exigência de capacitação específica para o exercício da função, como a certificação no curso básico de segurança em inflamáveis e combustíveis, conforme estabelecido pela NR 20 (Brasil, 1978e; Nazif, 2021). Tal regulamentação visa definir, legalmente, quem está apto a exercer a profissão, suas atribuições e requisitos, promovendo o reconhecimento e a

valorização de uma categoria que desempenha um serviço essencial à sociedade, frequentemente exposta a riscos significativos à saúde e à segurança.

2.4 ABSORÇÃO, METABOLIZAÇÃO E DETECÇÃO DO BENZENO

A principal via de absorção do benzeno é a inalação, devido à grande área de superfície do sistema respiratório, com uma taxa de absorção que pode variar de 10% a 50%, dependendo de fatores como dose, metabolismo individual e composição corporal, especialmente o teor de gordura. Atuando também como principal via de eliminação do benzeno não metabolizado. Embora pequenas quantidades sejam eliminadas pela urina, a maior parte do benzeno inalado é excretada pelos pulmões. Em exposições agudas, o benzeno tende a se acumular no sistema nervoso central, enquanto em exposições crônicas distribui-se por diversos tecidos, sendo predominantemente retido na medula óssea, fígado e tecido adiposo (Arcuri *et al.*, 2011; Chepiga; Yang; Snyder, 1991 *apud* Wohlers *et al.*, 2007; Parke, 1989).

Além disso, o benzeno estimula seu próprio metabolismo no fígado e na medula óssea, aumentando a formação de metabólitos tóxicos, cuja produção pode ser influenciada por substâncias que alteram a taxa de sua metabolização (Arcuri *et al.*, 2011; Chepiga; Yang; Snyder, 1991 *apud* Wohlers *et al.*, 2007; Parke, 1989; Wohlers *et al.*, 2007).

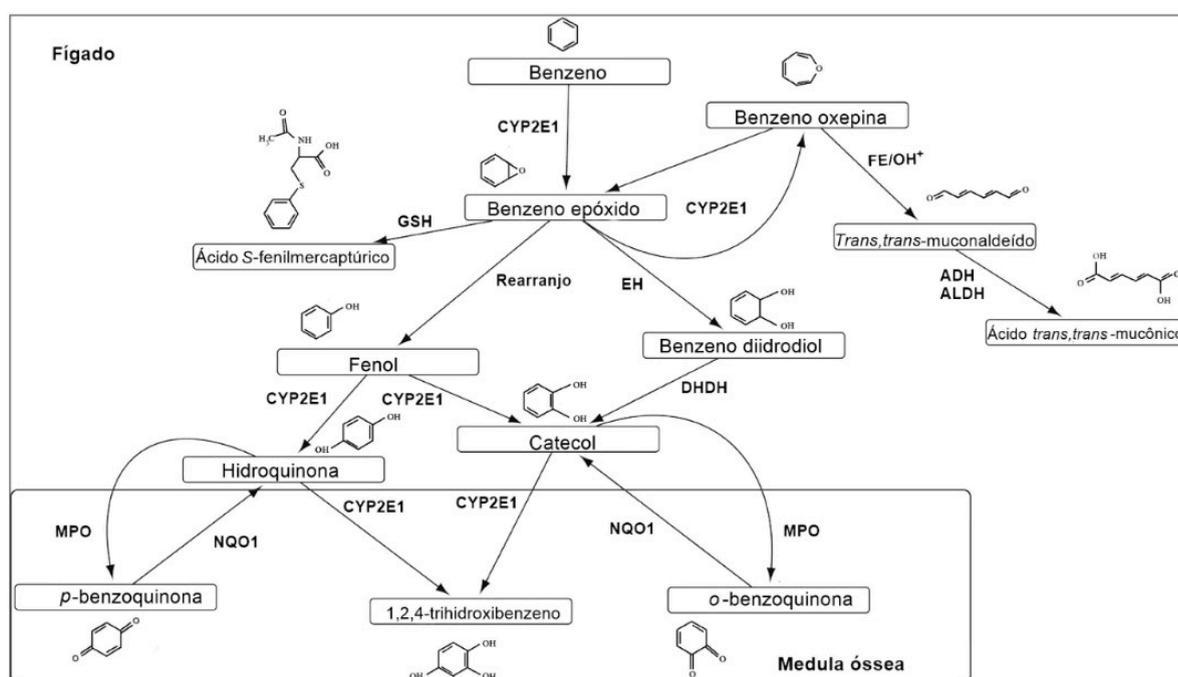
Uma vez absorvido, atravessa os pulmões e entra na corrente sanguínea, acumulando-se preferencialmente em tecidos lipofílicos, como o tecido adiposo e o sistema nervoso central. A ingestão, embora menos frequente, ocorre principalmente em situações de práticas inadequadas no ambiente de trabalho ou pelo consumo de água contaminada. A absorção dérmica, por sua vez, é menos significativa, geralmente inferior a 1% da inalatória, mas pode se intensificar na presença de ferimentos ou em contato com misturas como a gasolina (Arcuri *et al.*, 2011; Hanke; Dutkiewicz; Piotrowski, 2000; Wester; Maibach, 2000; Santos *et al.*, 2017; Smith *et al.*, 2011; Wohlers *et al.*, 2007).

Após sua entrada no organismo, o benzeno é distribuído para tecidos como a medula óssea e a gordura corporal, sendo a medula óssea um local de acúmulo particularmente crítico devido ao seu papel na hematopoese. O metabolismo do benzeno ocorre predominantemente no fígado, por ação da enzima CYP2E1, com formação de metabólitos como fenol, hidroquinona e catecol, os quais são transportados para a medula óssea e convertidos em compostos altamente tóxicos (p-benzoquinona e o-benzoquinona). A metabolização adicional

ocorre nos pulmões e outros tecidos, onde também há expressão de enzimas CYP (Arcuri *et al.*, 2011; Santos *et al.*, 2017; Smith *et al.*, 2011; Wohlers *et al.*, 2007).

A eliminação do benzeno metabolizado se dá principalmente por via urinária, por meio de metabólitos como o Ácido S-fenilmercaptúrico (AFM) e o Ácido Trans,Trans-Mucônico (ATTM), importantes biomarcadores de exposição ocupacional. A maior parte da excreção ocorre em até 48 horas após a exposição, sendo a via biliar menos relevante (Arcuri *et al.*, 2011; Wohlers *et al.*, 2007). A Figura 1 ilustra de maneira mais detalhada e didática o processo de metabolização do benzeno no organismo humano.

Figura 1 - Processos Metabólicos do Benzeno.



Fonte: Santos *et al.*, (2017).

A biotransformação do benzeno em seres humanos é fortemente influenciada pela magnitude da exposição, indicando a existência de duas vias metabólicas distintas: uma mais eficiente em baixas concentrações, possivelmente mediada pela enzima CYP2E1, e outra que entra em saturação em níveis mais elevados de exposição, possivelmente envolvendo as enzimas CYP2F1 ou CYP2A13. Estudos demonstram que a inibição das enzimas do citocromo P450 (CYP) reduz a genotoxicidade induzida pelo benzeno, sugerindo que sua

atividade está diretamente relacionada aos danos genéticos provocados por essa substância (Sato *et al.*, 1975; Wohlers *et al.*, 2007).

Trabalhadores com fenótipo de metabolismo rápido do CYP2E1 são mais suscetíveis à toxicidade do benzeno, enquanto uma menor atividade da enzima NQO1 também está associada a um risco significativamente maior de envenenamento, ressaltando o papel das variações genéticas individuais na suscetibilidade aos efeitos tóxicos do benzeno. Além disso, metabólitos como fenol, hidroquinona, benzoquinona e catecol podem induzir a atividade de CYP em células-tronco hematopoiéticas, agravando os riscos hematotóxicos (Wohlers *et al.*, 2007).

Embora o benzeno e seus metabólitos apresentem meias-vidas curtas, a exposição contínua, como a enfrentada por frentistas, pode levar à acumulação significativa de compostos tóxicos, intensificando os efeitos adversos à saúde. Em exposições típicas de 6 a 8 horas, como ocorre no contexto laboral brasileiro, observa-se que o ácido trans,trans-mucônico, biomarcador urinário da exposição ao benzeno, atinge concentração máxima cerca de 5,1 horas após o início da exposição, representando aproximadamente 3,9% do benzeno absorvido, o que reforça a necessidade de monitoramento regular e adoção de medidas de proteção específicas no ambiente ocupacional (Arcuri *et al.*, 2011; Brasil, 2021; VDH, 2025; Wohlers *et al.*, 2007).

No Brasil, o principal indicador biológico utilizado para monitorar a exposição ao benzeno é o ácido trans,trans-mucônico urinário, sendo esse monitoramento fundamental para a avaliação dos riscos ocupacionais e ambientais, por possibilitar a detecção precoce da exposição ao benzeno, possuindo valor de referência de 750 µg/g de creatinina, na NR 07. Diversos biomarcadores podem ser empregados, cada um apresentando diferentes níveis de sensibilidade, especificidade e aplicabilidade (Arcuri *et al.*, 2011; Brasil, 1978b, 2021; Santos *et al.*, 2017).

Além desses, o hemograma é amplamente recomendado pela Portaria de Consolidação n.º 5, de 28 de setembro de 2017, e também pela NR 20, como ferramenta essencial para identificar alterações hematológicas decorrentes da toxicidade crônica do benzeno, particularmente na hematopoese. Assim, o hemograma complementa a avaliação biológica, sendo indispensável para o diagnóstico precoce e o acompanhamento contínuo da saúde dos trabalhadores expostos (Brasil, 1978e, 2017).

A exposição ocupacional ao benzeno, particularmente entre frentistas, representa um risco relevante à saúde devido ao potencial do composto em causar alterações biológicas adversas. A monitoração biológica, utilizando biomarcadores como o ácido

trans,trans-mucônico na urina, aliada a exames complementares como o hemograma, constitui uma ferramenta fundamental para a detecção precoce da exposição e para a adoção de medidas de controle eficazes. Nesse contexto, é imprescindível que os profissionais de SST estejam atentos à vigilância constante da exposição e atuem proativamente na promoção de ambientes laborais seguros, visando à proteção integral da saúde dos trabalhadores expostos ao benzeno.

2.5 EFEITOS DO BENZENO NA SAÚDE HUMANA

Os efeitos adversos do benzeno à saúde humana têm sido amplamente estudados, e sua ocorrência está diretamente relacionada a diversos fatores, como a intensidade e a duração da exposição, às condições do ambiente laboral e as características individuais dos trabalhadores (Arcuri *et al.*, 2011; Wohlers *et al.*, 2007). No caso dos frentistas, a exposição frequente aos vapores de benzeno durante o abastecimento torna esses fatores especialmente críticos. A variabilidade na intensidade da exposição, influenciada pela frequência e forma de manuseio dos combustíveis, assim como predisposições genéticas e condições de saúde pré-existentes, pode aumentar a suscetibilidade aos efeitos tóxicos do composto (Arcuri *et al.*, 2011; D'Alascio *et al.*, 2014). Assim, compreender essas variáveis é essencial para a formulação e implementação de estratégias preventivas eficazes, visando à proteção da saúde dos trabalhadores e à promoção de ambientes ocupacionais mais seguros.

As complicações decorrentes da exposição ao benzeno podem ser classificadas em agudas ou crônicas, variando conforme a duração e a concentração da exposição. Os efeitos agudos incluem manifestações clínicas como taquicardia, cefaleia, convulsões, coma, dificuldades respiratórias, edema pulmonar, excitação, irritação nas vias aéreas superiores, olhos e pele, além de sintomas como náuseas, vômitos, sonolência, tontura, vertigem, tremores e, em casos extremos, morte (Braskem, 2017; INCA, 2022; NIOSH, 2011; NJ, 2008; Wohlers *et al.*, 2007).

Já os efeitos crônicos estão associados a condições mais graves e persistentes, como abortos espontâneos, anemia, distúrbios cognitivos que afetam diversas funções neurológicas e psicológicas, alterações dermatológicas (como eritema e dermatite irritativa), distúrbios menstruais, hemorragias, imunossupressão e um risco significativamente aumentado para leucemia e outros tipos de câncer (Arcuri *et al.*, 2012 *apud* INCA, 2022; Braskem, 2017; INCA, 2012, 2022; NIOSH, 2011; NJ, 2008; Wohlers *et al.*, 2007).

Os efeitos tóxicos do benzeno variam conforme a via de exposição e a área do corpo afetada, refletindo a gravidade dos riscos à saúde humana. A inalação é a via mais comum e crítica, podendo causar desde sintomas leves, como sonolência, tontura e irritação das mucosas respiratórias, até manifestações graves, como convulsões, arritmias cardíacas, edema pulmonar, coma e óbito, especialmente em concentrações superiores a 3.000 ppm (Borke, 2023; Braskem, 2017; CDC, 2024; NIOSH, 2011).

A ingestão acidental, ainda que menos frequente, provoca irritações gastrointestinais intensas, náuseas, vômitos, arritmias e, em casos mais severos, insuficiência respiratória, coma ou morte. O contato dérmico com benzeno pode gerar desde irritações e dermatites até lesões cutâneas mais severas, sendo que a absorção pela pele contribui para a toxicidade sistêmica. Já o contato ocular provoca irritação, sensação de queimação e, em casos graves, danos à córnea (Borke, 2023; Braskem, 2017; CDC, 2024; NIOSH, 2011).

A exposição ao benzeno pode gerar efeitos adversos diferenciados entre os sexos, impactando significativamente a saúde reprodutiva. Em mulheres, os efeitos incluem abortos espontâneos, distúrbios menstruais, redução do tamanho ovariano, inibição do crescimento uterino, infertilidade, câncer de mama, parto prematuro, baixo peso em recém-nascidos e malformações fetais (AFDC, [21--?]; CDC, 2024; Chen *et al.*, 2000; Costantini *et al.*, 2009; EPA, 1985 *apud* EPA, 1997; INCA, 2022; Santos; Nascimento, 2020; Slama *et al.*, 2009; VDH, 2025).

Já em homens, observa-se associação com infertilidade, caracterizada por diminuição na produção, motilidade e viabilidade dos espermatozoides, além de danos ao Ácido Desoxirribonucleico (DNA) nuclear e redução nos níveis de testosterona (Katukam *et al.*, 2012; Marchetti *et al.*, 2012; Mandani; Desai; Highland, 2013; Rosati *et al.*, 2017).

Outros efeitos causados pela exposição ao benzeno abrangem desde distúrbios hematológicos, como anemia aplástica, câncer pulmonar e renal, diversas formas de leucemia (linfoide e mieloide, agudas ou crônicas), linfomas de Hodgkin e não-Hodgkin, mieloma múltiplo e síndrome mielodisplásica, até manifestações sistêmicas como eosinofilia e neuropatia distal (Wohlers *et al.*, 2007).

Além disso, podem ocorrer alterações neurológicas, como congestão vascular cerebral, e distúrbios do sono. Comprometimentos respiratórios e cardiovasculares, incluindo fibrilação ventricular, também estão entre os efeitos possíveis. Em exposições elevadas, o benzeno pode causar lesões gastrointestinais, como gastrite congestiva por inalação e gastrite tóxica ou estenose pilórica por ingestão. Esses efeitos reforçam a gravidade da toxicidade do benzeno e

a necessidade de estratégias rigorosas de prevenção e monitoramento da exposição ocupacional (Wohlers *et al.*, 2007).

É importante destacar que demais sinais e sintomas relacionados à exposição ao benzeno são detalhadamente analisados na seção de Resultados e Discussão, fundamentados em estudos científicos com frentistas, grupo ocupacional foco deste trabalho. Embora a resposta individual ao benzeno possa variar devido a diferenças metabólicas, os resultados ressaltam a necessidade de monitoramento contínuo da saúde desses trabalhadores e evidenciam a urgência na adoção de estratégias preventivas eficazes. Medidas de controle apropriadas são essenciais para reduzir a exposição ocupacional e garantir a segurança nos ambientes de trabalho frente aos riscos desse agente tóxico.

2.6 MEDIDAS DE CONTROLE PARA PROTEGER FRENTISTAS CONTRA O BENZENO

De acordo com o Decreto n.º 3.048/1999, a exposição ao benzeno deve ser avaliada qualitativamente, sendo sua simples presença no ambiente de trabalho, aliada à possibilidade de contato, suficiente para caracterizar a exposição ocupacional, sem a obrigatoriedade de medições quantitativas. Essa caracterização pode ser descaracterizada apenas mediante a efetiva implementação de medidas de controle que eliminem a nocividade (Brasil, 1999).

Já a NR 09 estabelece que a avaliação da exposição a agentes químicos pode ser qualitativa ou quantitativa, conforme a necessidade, sendo a avaliação quantitativa essencial quando se busca comprovar a eficácia das medidas de controle, dimensionar os riscos e embasar ações preventivas, cujos resultados devem ser incorporados ao inventário de riscos do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR) (Brasil, 1978a).

No caso da gasolina, embora não esteja incluída no Decreto n.º 3.048, na LINACH ou na NR 15 (Brasil, 1978d, 1999, 2014), sua avaliação pode ser realizada de forma qualitativa, desde que a ferramenta utilizada seja eficaz. No entanto, se a avaliação qualitativa indicar risco, pode ser necessária a quantificação, considerando que a gasolina possui limite de exposição definido pela ACGIH em 300 ppm (CCOHS, 2023), valor que já contempla a presença de benzeno, não sendo exigida a quantificação isolada deste último nesse contexto.

A exposição ocupacional ao benzeno em postos de combustíveis ocorre predominantemente por inalação dos vapores liberados durante o abastecimento, exigindo a adoção de medidas de controle fundamentadas na hierarquia de controle de riscos prevista

pela NR 01, que prioriza a eliminação dos riscos, seguida pelas medidas de proteção coletiva, administrativas ou organizacionais e, por fim, individuais (Brasil, 1978a).

A aplicação prática dessas medidas deve ser conduzida por profissional qualificado e/ou legalmente habilitado em SST, considerando a realidade do ambiente laboral, os riscos específicos presentes e a legislação vigente. Entre as estratégias mais eficazes, destaca-se o Sistema de Recuperação de Vapores (SRV), capaz de reduzir em até 80% a concentração atmosférica de benzeno (Brasil, 1978e; Debate [...], 2024). A sinalização adequada também é fundamental, com a utilização de placas informativas que alertem sobre os perigos da substância e orientem quanto às precauções necessárias (Brasil, 1978e, f).

Quanto aos EPI, a NR 20 estabelece que, em atividades críticas com risco de exposição ao benzeno, deve-se utilizar respirador de face inteira com filtro para vapores orgânicos e proteção para a pele. O uso do respirador é exigido também de forma provisória durante manutenções no sistema de exaustão, sendo permitida a substituição por outro modelo, desde que comprovadamente proporcione maior eficácia na proteção do trabalhador. O Programa de Proteção Respiratória (PPR), conforme previsto na Portaria n.º 672/2021, também constitui um instrumento fundamental para sua adequada implementação para a proteção dos frentistas. Embora a Ficha de Dados de Segurança (FDS) possa fornecer recomendações sobre o uso de equipamentos, a avaliação da real necessidade e da adequação dos mesmos é atribuição exclusiva do profissional de SST (Brasil, 1978e, 2021; CPAchem, 2023; Fundacentro, 2016).

Adicionalmente, é recomendado substituir o uso de flanelas por papel toalha absorvente para a remoção de respingos de combustível (Brasil, 1978e). A implementação de um PGR, em conformidade com a NR 01, é indispensável para assegurar um ambiente de trabalho seguro e minimizar os riscos à saúde dos trabalhadores expostos ao benzeno (Brasil, 1978a).

Nesse contexto, destaca-se também a relevância das NR 07 (Anexo I) e 15 (Anexo 13-A), que estabelecem requisitos específicos para a exposição ocupacional ao benzeno. Tais exigências são fundamentais para nortear a atuação técnica dos profissionais de SST, especialmente na proteção e promoção da saúde dos frentistas (Brasil, 1978b, d).

Com base nas informações apresentadas, constata-se que a segurança do trabalho é fundamental na proteção dos frentistas frente aos riscos do benzeno, exigindo o uso adequado de EPC e EPI, boas práticas operacionais, monitoramento da exposição e atuação técnica especializada. Capacitação contínua e conscientização dos trabalhadores são estratégias para a redução de riscos e promoção de ambientes seguros.

3 MÉTODOS

A pesquisa adotou uma abordagem bibliográfica, especificamente uma revisão narrativa, que é amplamente utilizada como método científico por se basear em materiais previamente publicados, como livros, artigos científicos, ensaios e outros documentos. A preferência pelos artigos científicos como fonte principal de investigação se deve à sua capacidade de fornecer conhecimento atualizado e relevante (Marconi; Lakatos, 2017). Para garantir a condução adequada dessa abordagem, o estudo seguirá as etapas metodológicas propostas por Gil (2022).

Primeiramente, a escolha do tema focou nos riscos ocupacionais do benzeno, particularmente para frentistas, refletindo a relevância atual e o conhecimento do autor do estudo. Para uma abordagem adequada, foi necessário ter uma compreensão básica dos aspectos químicos, biológicos e legais do benzeno, adquiridos tanto nas aulas quanto nos materiais de pesquisa, para desenvolver as etapas seguintes da pesquisa.

Durante a busca de fontes, a revisão da literatura foi ampliada para incluir artigos científicos disponíveis em bases de dados especializadas, como a Pubmed Central, *Scientific Electronic Library Online* (Scielo) e Google Acadêmico. Essa abordagem sistemática garantiu uma visão abrangente e comparativa do tema. O objetivo foi explorar a literatura existente para identificar lacunas e oportunidades de aprofundamento, ajudando a refinar a questão de pesquisa e formular um problema claro e objetivo.

Como critério de inclusão, optou-se por selecionar artigos publicados nos últimos cinco anos, priorizando aqueles redigidos em língua portuguesa, sem desconsiderar, no entanto, estudos relevantes em língua inglesa que atendessem à proposta do tema em investigação. Durante o processo, foram encontrados 66 artigos em português, dos quais apenas 6 foram considerados adequados após uma análise criteriosa que considerou se o conteúdo realmente contribuía para os objetivos do estudo. Já em relação aos textos em inglês, 11 publicações foram inicialmente identificadas, mas apenas 4 foram selecionadas por apresentarem dados úteis para aprofundar a compreensão do assunto. Trabalhos com data de publicação anterior ao período estabelecido foram desconsiderados, a fim de garantir atualidade e alinhamento com as discussões contemporâneas sobre o tema.

Após o levantamento bibliográfico, formulou-se a questão central da pesquisa: "Como o benzeno afeta a saúde dos frentistas de postos de combustíveis?" A formulação do problema foi precisa, baseada nos dados da revisão bibliográfica, e visa abordar de forma clara e

conclui os principais riscos da exposição ao benzeno, com foco nos frentistas que lidam diariamente com combustíveis.

Com a definição do problema, foi elaborado um plano provisório de pesquisa, esboçando a estrutura do trabalho com tópicos como: características do benzeno, seu histórico, exposição ocupacional em frentistas, efeitos na saúde, vias de absorção, análise de biomarcadores, e medidas preventivas recomendadas pela legislação. Este plano foi ajustado conforme novas fontes e informações surgiram durante a pesquisa.

Após a coleta de material, foi realizada uma leitura minuciosa e crítica das fontes selecionadas. O foco foi identificar correlações entre os dados e o problema de pesquisa, além de analisar como as abordagens teóricas e metodológicas de outros autores poderiam enriquecer a discussão. A etapa também incluiu o fichamento dos principais textos, organizando citações e informações relevantes para facilitar a redação.

Com base nas leituras e fichamento das fontes, iniciou-se a construção lógica do trabalho. A organização das ideias seguiu os objetivos definidos, estruturando o conteúdo de forma coesa e coerente para responder à questão de pesquisa e atender aos propósitos do trabalho. Foi essencial garantir clareza e consistência dos argumentos, assegurando que cada parte estivesse conectada e contribuísse para a compreensão do tema.

Dessa forma, a metodologia proposta se mostra fundamental para investigar os impactos da exposição ao benzeno na saúde dos frentistas de postos de combustíveis. Ao adotar um processo criterioso na seleção e análise das fontes, este estudo tem como objetivo fornecer dados relevantes que contribuam para a melhoria das condições de trabalho e a proteção da saúde desses profissionais. A organização detalhada do estudo e a redação clara refletem o compromisso com a excelência da pesquisa, visando impactar positivamente as políticas de segurança ocupacional e promover o bem-estar dos trabalhadores expostos ao benzeno.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos ao longo desta pesquisa bibliográfica evidenciam uma série de questões críticas relacionadas à exposição ao benzeno nos postos de combustíveis e os impactos dessa exposição sobre a saúde dos frentistas. A análise aprofundada das fontes e estudos científicos permitiu identificar não apenas os efeitos tóxicos diretos do benzeno no organismo humano, mas também as lacunas nas medidas de segurança aplicadas, além das dificuldades no cumprimento das normativas de proteção. Nesta seção, serão discutidos os principais achados à luz da literatura revisada e suas implicações para a saúde ocupacional. Os Quadros 1 e 2 apresentam os sintomas e os dados clínicos identificados em estudos realizados tanto no contexto nacional quanto no internacional.

Quadro 1 - Sinais e sintomas encontrados nos estudos.

Sinais e sintomas	Autor(es)
Alterações na Memória, Desorientação ou Inconsciência	Pádua <i>et al.</i> , (2021); Silva <i>et al.</i> , (2021); Tongsantia <i>et al.</i> (2021); Sousa <i>et al.</i> , (2022).
Anemia	Pádua <i>et al.</i> , (2021); Tongsantia <i>et al.</i> , (2021).
Anorexia	Pádua <i>et al.</i> , (2021); Tongsantia <i>et al.</i> , (2021).
Ardência, Coceira, Irritação, Vermelhidão nos Olhos ou Visão Turva	Ferla <i>et al.</i> , (2021); Pádua <i>et al.</i> , (2021); Tongsantia <i>et al.</i> , (2021); Sousa <i>et al.</i> , (2022).
Arritmia, Palpitações ou Taquicardia	Ferla <i>et al.</i> , (2021); Tongsantia <i>et al.</i> , (2021); Sousa <i>et al.</i> , (2022).
Asfixia, Cansaço ou Fadiga	Tongsantia <i>et al.</i> , (2021).
Boca Seca ou Irritação	Ferla <i>et al.</i> , (2021); Pádua <i>et al.</i> , (2021); Sousa <i>et al.</i> , (2022).
Bolhas, Coceira, Dermatite, Irritação, Pele Áspera, Rachaduras, Ressecamento ou Vermelhidão na Pele	Pádua <i>et al.</i> , (2021); Silva <i>et al.</i> , (2021); Tongsantia <i>et al.</i> , (2021).
Cãibra	Tongsantia <i>et al.</i> , (2021).
Confusão, Tontura ou Vertigem	Ferla <i>et al.</i> , (2021); Pádua <i>et al.</i> , (2021); Silva <i>et al.</i> , (2021); Tongsantia <i>et al.</i> , (2021); Sousa <i>et al.</i> , (2022).
Congestão, Coriza, Dificuldade Respiratória, Irritação, Rinite ou Sangramento Nasal	Ferla <i>et al.</i> , (2021); Pádua <i>et al.</i> , (2021); Silva <i>et al.</i> , 2021; Tongsantia <i>et al.</i> , (2021); Sousa <i>et al.</i> , (2022); Ferreira <i>et al.</i> , (2023).
Depressão	Pádua <i>et al.</i> , (2021); Tongsantia <i>et al.</i> , (2021).
Diarreia	Pádua <i>et al.</i> , (2021).

Dor de Cabeça	Ferla <i>et al.</i> , (2021); Pádua <i>et al.</i> , (2021) Silva <i>et al.</i> , 2021; Tongsantia <i>et al.</i> , (2021); Sousa <i>et al.</i> , (2022); Ferreira <i>et al.</i> , (2023).
Dor de Garganta, Irritação ou Garganta Seca	Silva <i>et al.</i> , (2021); Tongsantia <i>et al.</i> , (2021); Sousa <i>et al.</i> , (2022).
Dor no Peito	Tongsantia <i>et al.</i> , (2021).
Dormência, Dores, Fraqueza ou Tremores Musculares	Ferla <i>et al.</i> , (2021); Pádua <i>et al.</i> , 2021; Silva <i>et al.</i> , 2021; Tongsantia <i>et al.</i> (2021).
Insônia ou Sonolência	Ferla <i>et al.</i> , (2021); Pádua <i>et al.</i> , (2021); Ferreira <i>et al.</i> , (2023).
Irritação nas Mãos	Sousa <i>et al.</i> , (2022); Ferreira <i>et al.</i> , (2023).
Irritação das Vias Digestivas	Pádua <i>et al.</i> , (2021).
Náuseas ou Vômitos	Silva <i>et al.</i> , (2021); Tongsantia <i>et al.</i> , (2021); Sousa <i>et al.</i> , (2022).
Petéquias	Tongsantia <i>et al.</i> (2021).
Rouquidão ou Tosse	Pádua <i>et al.</i> , (2021); Tongsantia <i>et al.</i> , (2021).
Sangramento	Pádua <i>et al.</i> , (2021); Tongsantia <i>et al.</i> , (2021).

Fonte: Autor, (2025).

Quadro 2 - Resultados laboratoriais dos estudos.

Autor(es), Ano e Resultados
<p>Poça <i>et al.</i>, (2021): O estudo revelou efeitos estatisticamente significativos da exposição ocupacional ao benzeno em frentistas, com evidências de genotoxicidade e imunotoxicidade. No ensaio cometa, observou-se uma maior frequência de danos ao DNA nos trabalhadores expostos, refletida pela menor mediana de células na Classe 0 (94,67%) e maior na Classe 1 (5,33%) em comparação ao grupo controle. O ensaio de micronúcleo reforçou a presença de instabilidade cromossômica, com maior frequência mediana de micronúcleos (7,00 vs. 3,25) e brotos nucleares (0,50 vs. 0,0). O índice elevado de proliferação de citocinese nos frentistas (1,26 vs. 1,23) sugere uma resposta proliferativa compensatória ao dano celular. No aspecto imunotoxicológico, identificou-se uma ativação da imunidade inata, evidenciada pelo aumento de células <i>Natural Killer</i> (NK) (CD56⁺), ao passo que a redução de linfócitos T auxiliares (CD3⁺CD4⁺) e de seus subtipos ingênuos (CD45RA⁺) aponta para um comprometimento da imunidade adaptativa. O aumento dos linfócitos T auxiliares de memória (CD45RO⁺) sugere uma adaptação imunológica à exposição crônica ao benzeno.</p>
<p>Silva <i>et al.</i>, (2021): As análises citológicas evidenciaram que indivíduos expostos ocupacionalmente aos vapores de combustíveis apresentaram uma prevalência significativamente maior de danos genéticos e alterações celulares, como micronúcleos, cariorrexe, binucleação, brotamento e apoptose, em comparação ao grupo controle. As médias das anormalidades celulares nos expostos foram substancialmente superiores (11,72 para cariorrexe; 6,27 para binucleação; 3,44 para brotamento; 8,16 para apoptose) em relação aos controles (1,94; 1,61; 0,16; 3,83, respectivamente). Observou-se ainda uma maior frequência de micronúcleos na faixa etária de 26 a 55 anos, sugerindo um possível efeito cumulativo da exposição ao longo do tempo. Ademais, verificou-se uma correlação positiva entre o tempo de exposição e a incidência de alterações celulares na mucosa oral, indicando que a exposição prolongada ao benzeno potencializa seus efeitos citotóxicos e genotóxicos.</p>

Khaghkagh; Alhosni; Hassan, (2024): O estudo demonstrou alterações significativas nos parâmetros hematológicos de trabalhadores expostos cronicamente à gasolina, em comparação com um grupo controle não exposto. Os empregados apresentaram aumentos estatisticamente relevantes nos níveis médios de glóbulos vermelhos, glóbulos brancos, hemoglobina, hematócrito e concentração média de hemoglobina nas células, indicando possível resposta fisiológica ao estresse químico causado pela exposição aos componentes tóxicos da gasolina. Por outro lado, houve redução significativa no volume médio das células vermelhas, na quantidade média de hemoglobina por célula e na contagem de plaquetas, sugerindo alterações morfológicas e funcionais nas células sanguíneas, possivelmente relacionadas à toxicidade do benzeno. Ademais, observou-se correlação entre a duração da exposição e os valores de glóbulos vermelhos (negativa) e de hemoglobina por célula (positiva), indicando que o tempo de trabalho pode influenciar essas alterações hematológicas.

Martínez-Salinas *et al.*, (2024): A pesquisa evidenciou que frentistas expostos ocupacionalmente à gasolina apresentaram níveis significativamente mais elevados de danos ao DNA quando comparados ao grupo controle não exposto. Os resultados indicaram que jornadas de trabalho prolongadas, especialmente de 12 e 24 horas, estão associadas a um aumento na extensão dos danos genotóxicos, ressaltando que a duração da exposição é um fator determinante na gravidade dos efeitos sobre o material genético.

Purbomurti; Susilowati; Jonarta, (2024): Os resultados do estudo indicaram que frentistas expostos ocupacionalmente à gasolina apresentaram uma incidência significativamente maior de micronúcleos nas células epiteliais da mucosa bucal em comparação ao grupo controle ($p = 0,0001$), sugerindo a ocorrência de danos citogenéticos associados à exposição ao benzeno presente nos vapores de gasolina. A média de micronúcleos foi de 15,20 por 1000 células no grupo exposto, contra 8,73 no grupo controle, com alta significância estatística ($p = 0,000$), reforçando a robustez dos achados. Tais resultados corroboram a associação entre a exposição ocupacional ao benzeno e o aumento de alterações genéticas, apontando para um risco elevado de efeitos adversos à saúde, inclusive com potencial carcinogênico.

Fonte: Autor, (2025).

De acordo com o Instituto Nacional do Câncer (INCA), os sintomas mais frequentemente relatados por trabalhadores de postos de combustíveis incluem tontura, cefaleia, náuseas, xerostomia e irritação ocular (INCA, 2022). Esses sinais clínicos também foram identificados nos trabalhadores avaliados nos estudos apresentados no Quadro 1, demonstrando uma forte associação entre a exposição ocupacional ao benzeno e o surgimento dessas manifestações.

Na análise dos estudos, observou-se que determinados sintomas clínicos, como cefaleia, tonturas e alterações respiratórias (Silva *et al.*, 2021; Sousa *et al.*, 2022), apresentaram maior recorrência em comparação a outras manifestações menos frequentes, como anemia ou petéquias (Tongsantia *et al.*, 2021). No entanto, é fundamental destacar que, mesmo os sintomas considerados menos prevalentes, não devem ser desconsiderados, uma vez que podem indicar efeitos adversos individuais relevantes e contribuir para a compreensão mais ampla dos impactos à saúde decorrentes da exposição crônica a esse composto tóxico.

Nesse contexto, outro ponto relevante a ser considerado diz respeito à conscientização dos próprios trabalhadores quanto aos riscos associados à exposição ao benzeno, aspecto que ainda se configura como um desafio significativo. Muitos frentistas não estabelecem uma

relação direta entre os sintomas iniciais e a intoxicação por benzeno, o que compromete o reconhecimento precoce dos agravos à saúde (Poça *et al.*, 2021). Essa limitação, aliada à diversidade na manifestação clínica, com sintomas mais prevalentes e outros de baixa frequência, pode dificultar a identificação de padrões consistentes de adoecimento. Conseqüentemente, essa condição pode comprometer a atuação do profissional de SST, na medida em que torna menos evidente a existência de um risco ocupacional relevante, atrasando intervenções adequadas e a adoção de medidas de vigilância e prevenção.

Estudos recentes têm demonstrado que a exposição ocupacional ao benzeno também pode provocar alterações genotóxicas, ou seja, danos ao material genético das células, conforme apresentado no Quadro 2. Ensaio como o teste do micronúcleo e o ensaio cometa vêm sendo utilizados para avaliar quebras no DNA em células sanguíneas de trabalhadores expostos. Esses testes têm mostrado aumento significativo na frequência de anomalias nucleares em frentistas de postos de combustíveis (Costa-Amaral *et al.*, 2019; Poça *et al.*, 2021).

A análise dos dados apresentados no Quadro 2 revela a presença de alterações nucleares como micronúcleos, brotos nucleares, binucleação e cariorrexe em células de trabalhadores expostos ao benzeno, indicando danos genotóxicos significativos (Silva *et al.*, 2021). Esses achados indicam a ação clastogênica do benzeno (capacidade de causar quebras cromossômicas) e sua possível ação aneugênica, associada a alterações no número de cromossomos. Ambas as alterações são consideradas eventos precoces no processo de carcinogênese hematológica, com destaque para a leucemia mieloide (Smith *et al.*, 1998).

A identificação desses efeitos genotóxicos em frentistas reforça a importância de medidas preventivas baseadas na avaliação contínua da saúde dos trabalhadores, que possibilitem a detecção precoce de alterações celulares antes do aparecimento de sinais clínicos evidentes.

É importante considerar que a ocorrência de determinadas manifestações clínicas entre frentistas de postos de combustíveis pode estar relacionada não apenas à presença de agentes químicos perigosos, mas também à ausência ou à ineficácia de medidas de controle ocupacional.

Nesse sentido, diversos estudos destacam fatores que contribuem para a baixa adesão ao uso de EPI, por exemplo, comprometendo a proteção da saúde dos trabalhadores. No estudo de Pádua *et al.* (2021), a principal justificativa para a não utilização dos EPI foi a ausência de fornecimento por parte da empresa (68,7%), seguida da falta de informação (18,7%) e da alegação de falta de tempo (12,5%), evidenciando o descumprimento das

exigências estabelecidas pela NR 20, que determina o fornecimento obrigatório dos equipamentos de proteção, treinamento e capacitação dos trabalhadores, além de outros requisitos específicos aplicáveis aos trabalhadores expostos ao benzeno (Brasil, 1978e).

Além disso, aspectos relacionados ao desconforto também influenciam essa adesão. Conforme relatado por Silva *et al.* (2021), 37,5% dos trabalhadores afirmaram sentir incômodo ao utilizar os equipamentos, enquanto 62,5% não relataram dificuldades. Apesar da maioria não demonstrar resistência, a parcela que refere desconforto representa um grupo mais vulnerável, devido à maior propensão à relutância no uso contínuo e adequado dos EPI.

Corroborando esses achados, Sousa *et al.* (2022) identificaram que 84% dos trabalhadores não utilizavam EPI durante a jornada de trabalho, demonstrando uma grave falha nas práticas de proteção individual. Ainda segundo os autores, 72% dos entrevistados afirmaram não ter recebido qualquer tipo de orientação ou treinamento sobre o uso correto dos EPI. Além disso, 58% relataram utilizar flanela para a limpeza de respingos gerados durante o abastecimento, prática expressamente proibida pela NR 20 (Brasil, 1978e), uma vez que o uso da flanela, ao absorver combustíveis, pode aumentar os riscos de contato dérmico e facilitar a inalação de vapores de gasolina, e conseqüentemente, de benzeno.

Curiosamente, todos os participantes declararam conhecer os riscos associados à exposição à gasolina (Sousa *et al.*, 2022). Essa discrepância entre o conhecimento dos riscos e a adoção de medidas de proteção sugere que a mera consciência dos riscos nem sempre é o suficiente para promover comportamentos seguros, sendo necessário uma revisão das medidas de controle a fim de melhorar a segurança ocupacional desses trabalhadores.

Nesse contexto, é importante considerar que a intensificação da exposição ocupacional ao benzeno pode estar relacionada não apenas ao comportamento individual, mas também a fatores organizacionais, como a carga horária excessiva. Alguns estudos previamente citados, também evidenciaram que parte dos trabalhadores de postos de combustíveis exercem jornadas superiores ao limite diário de 8 horas estabelecido pela Constituição (Brasil, 1988), o que implica em uma exposição prolongada a agentes químicos perigosos, como o benzeno.

Para fundamentar essa constatação, Ferla *et al.* (2021) relataram que 20% dos frentistas realizavam horas extras regularmente. De forma ainda mais preocupante, Silva *et al.* (2021) identificaram que 62,5% dos trabalhadores permaneciam expostos entre 9 e 12 horas por dia. Resultados semelhantes foram encontrados por Sousa *et al.* (2022), em que 22% dos entrevistados relataram jornadas superiores a 8 horas diárias. A ampliação do tempo de exposição ao benzeno, independentemente da concentração presente no ambiente, eleva

significativamente os riscos à saúde, especialmente diante dos efeitos crônicos dessa substância no organismo humano (NIOSH, 2011).

As longas jornadas de trabalho, combinadas com os sintomas de fadiga, tontura e dores musculares (Tongsantia *et al.*, 2021), presentes no Quadro 1, podem exercer um impacto ainda mais negativo sobre a saúde dos frentistas, intensificando os efeitos adversos tanto no bem-estar físico quanto no desempenho laboral. A interação entre a sobrecarga física e mental e a exposição contínua a substâncias tóxicas, como o benzeno, pode agravar significativamente o quadro de saúde dos trabalhadores. Esse contexto é preocupante, pois a exposição prolongada ao benzeno, associada às longas jornadas de trabalho, pode potencializar os riscos de danos crônicos ao organismo, comprometendo a eficiência dos processos fisiológicos de metabolização e eliminação dessa substância (Asefaw *et al.*, 2020; Teklu *et al.*, 2021).

Ademais, os artigos analisados também identificaram a ocorrência de acidentes de trabalho nos postos de combustíveis estudados, os quais constituem um fator agravante da exposição ocupacional dos frentistas ao benzeno. Segundo o estudo de Pádua *et al.* (2021), 84,7% dos trabalhadores entrevistados relataram ter sofrido algum tipo de acidente envolvendo contato direto com combustíveis.

Os episódios mais frequentes de exposição ocupacional incluem respingos de combustível sobre a pele (68,2%), que estão associados à absorção cutânea do benzeno; inalação direta dos vapores (27,3%), responsável pela absorção respiratória; e, em menor proporção, ingestão acidental (4,5%), que contribui para a absorção gastrointestinal (Pádua *et al.*, 2021). Essas vias de exposição aumentam a absorção sistêmica do benzeno, elevando o risco de efeitos adversos à saúde, tais como alterações hematológicas, comprometimentos neurológicos e potenciais complicações carcinogênicas (Wohlers *et al.*, 2007).

A gestão inadequada desses acidentes também contribui para o aumento da exposição, visto que 46,1% dos frentistas permanecem trabalhando com o uniforme contaminado até o fim do expediente, e apenas 11,5% interrompem a atividade imediatamente para trocar a vestimenta (Pádua *et al.*, 2021). Esses dados evidenciam a necessidade de protocolos mais rígidos de segurança no trabalho, treinamentos contínuos e políticas efetivas de prevenção e resposta a acidentes para mitigar os impactos da exposição ao benzeno nesse ambiente laboral.

Nesse contexto, surge uma questão adicional que agrava ainda mais a segurança dos trabalhadores: a responsabilização individual dos frentistas pelos acidentes. Essa prática, ainda que muitas vezes implícita, transfere a culpa para o trabalhador (Chaves; Seta, 2020;

Vilela; Iguti; Almeida, 2004), desconsiderando falhas estruturais na gestão da segurança, deficiências nos treinamentos ou na organização do trabalho (Pádua *et al.*, 2021; Sousa *et al.*, 2022).

Tal postura não apenas fragiliza as ações preventivas, como também compromete o clima organizacional e desestimula a cultura de segurança. Nessas situações, o profissional de segurança no trabalho exerce um papel essencial, atuando como mediador entre as responsabilidades da empresa e a proteção do trabalhador. Mesmo que essa atuação ultrapasse, em certa medida, suas funções técnicas mais comuns, ela mantém forte conexão com os princípios da prevenção e promoção da saúde ocupacional.

No cenário da exposição ao benzeno, essa tendência de atribuir culpa ao frentista é particularmente preocupante, pois pode mascarar a gravidade dos riscos associados à substância, cujos efeitos são muitas vezes cumulativos e silenciosos (Chaves; Seta, 2020; Wohlers *et al.*, 2007), como os apresentados no Quadro 2.

Situações como o contato frequente com combustíveis ou a permanência com uniformes contaminados (Pádua *et al.*, 2021) não devem ser tratadas como falhas individuais, mas analisadas à luz de possíveis lacunas nas medidas de controle, como ausência de treinamentos adequados, falhas no fornecimento de equipamentos de proteção ou deficiências na organização do trabalho que possam expor os trabalhadores de forma inadequada ao risco (Sousa *et al.*, 2022).

Nesse sentido, cabe ao profissional de segurança no trabalho adotar uma postura justa, identificando as verdadeiras causas dos acidentes, sejam elas decorrentes de falhas por parte da gestão ou do próprio trabalhador, reconhecendo que ambos os lados estão sujeitos a erros e que a solução exige um olhar técnico, ético e equilibrado, capaz de promover mudanças estruturais e comportamentais que realmente protejam a saúde e a segurança dos envolvidos.

Os dados apresentados em alguns estudos, como os de Ferla *et al.* (2021), Sousa *et al.* (2022) e Ferreira *et al.* (2023) evidenciam inconformidades relevantes em relação às exigências da NR 20 (Brasil, 1978e), especialmente no que tange ao monitoramento da saúde dos trabalhadores expostos ao benzeno. A Norma determina a obrigatoriedade da realização de hemograma completo com contagem de plaquetas e reticulócitos, com periodicidade mínima semestral para todos os trabalhadores expostos ocupacionalmente ao benzeno, independentemente de outros exames previstos no Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) (Brasil, 1978e). No entanto, verifica-se uma defasagem preocupante no cumprimento dessa diretriz, o que pode comprometer significativamente a detecção precoce de agravos à saúde decorrentes da exposição a essa substância.

No estudo de Ferla *et al.* (2021), observou-se que apenas 15% dos frentistas relataram receber acompanhamento médico semestral, conforme exigido pela Norma. A maioria dos trabalhadores (70%) declarou ser acompanhada apenas anualmente, enquanto outros sequer recebem acompanhamento (8,3%) ou são atendidos apenas na admissão (3,3%). Além disso, mais da metade dos frentistas entrevistados (66,7%) nunca foram submetidos a exames laboratoriais para quantificação de metabólitos do benzeno na urina, o que evidencia uma grave omissão por parte das empresas no cumprimento das ações de vigilância à saúde exigidas pela Legislação Trabalhista (Brasil, 2021).

Os dados de Sousa *et al.* (2022) corroboram essa deficiência, ao apontar que somente 34% dos trabalhadores realizam exames laboratoriais anualmente, enquanto 32% afirmaram realizá-los em intervalos superiores a dois anos, e 10% nunca realizaram qualquer exame. Considerando o potencial tóxico do benzeno, especialmente seus efeitos hematotóxicos e leucemogênicos, essa negligência pode resultar em atrasos na identificação de alterações laboratoriais indicativas de agravos à saúde, como leucopenia, trombocitopenia e anemia (Wohlers *et al.*, 2007).

Ferreira *et al.* (2023) demonstraram que, embora o hemograma completo seja realizado a cada seis meses em 71% dos trabalhadores, nenhum dos postos avaliados incluía a análise dos metabólitos do benzeno na rotina dos exames periódicos. Essa omissão compromete o monitoramento biológico eficaz da exposição, uma vez que biomarcadores específicos como o ácido trans,trans-mucônico são fundamentais para detectar exposições recentes ao benzeno (Brasil, 1978b, 2021), permitindo avaliar o nível de exposição dos trabalhadores e fornecendo informações que podem embasar a revisão das estratégias de prevenção adotadas pela empresa.

Além disso, com base nos dados analisados nos artigos, como os apresentados no Quadro 1, é importante destacar que os efeitos da exposição ao benzeno podem variar significativamente entre os trabalhadores, mesmo diante de exposições semelhantes. Essa variabilidade pode ser influenciada por fatores genéticos, condições de saúde, hábitos de vida como o consumo de álcool e cigarro (Nourozi *et al.*, 2017; Sun *et al.*, 2008), além do sexo biológico, já que há evidências de que mulheres podem ser mais sensíveis aos efeitos tóxicos do benzeno (Brown; Shelley; Fisher, 1998; Wang *et al.*, 2021). Por isso, a avaliação da exposição não deve se basear apenas em medições ambientais ou em exames laboratoriais convencionais, mas também considerar características individuais que podem aumentar a vulnerabilidade dos trabalhadores expostos.

Em aspectos legais e técnicos, a exposição dos frentistas ao benzeno presente na gasolina envolve diferentes interpretações normativas que impactam diretamente seus direitos trabalhistas e previdenciários. É importante esclarecer que nem todas as fontes utilizadas na avaliação de riscos ocupacionais possuem o mesmo peso jurídico. A NR 15, a LINACH e o Decreto n.º 3.048/1999 são instrumentos com força legal no Brasil, sendo utilizados para definir adicional de insalubridade, agentes cancerígenos reconhecidos e o direito à aposentadoria especial, respectivamente (Brasil, 1978d, 1999, 2014).

Já documentos como os limites de exposição da ACGIH e a classificação da IARC são referências técnico-científicas internacionais (ACGIH, 2025; IARC, 2024), sem força de lei, mas amplamente adotadas como suporte técnico por profissionais de SST (ACGIH, 2002; IARC, 2019), especialmente na ausência de limites nacionais atualizados ou específicos (Wakahara, 2020).

A gasolina, embora contenha substâncias tóxicas como o benzeno, não está incluída na NR 15, portanto, não é reconhecida como agente insalubre (Brasil, 1978d). Também não está listada no Anexo IV do Decreto n.º 3.048/1999, o que, à primeira vista, não garante ao trabalhador o direito à aposentadoria especial (Brasil, 1999). Além disso, não consta na LINACH (Brasil, 2014). No entanto, a gasolina possui limite de exposição ocupacional definido pela ACGIH, com valor de 300 ppm (CCOHS, 2023), o que confirma seu potencial de risco químico nos ambientes de trabalho. Ademais, é classificada pela IARC no Grupo 1, como agente comprovadamente cancerígeno para humanos (IARC, 2025).

O benzeno, por sua vez, é amplamente reconhecido na legislação brasileira. Está presente no Anexo 13-A da NR 15, ainda que sem grau de insalubridade (Brasil, 1978d). Consta também no Anexo IV do Decreto n.º 3.048/1999, o que garante o direito à aposentadoria especial após 25 anos de exposição permanente ao benzeno. No entanto, com a Emenda Constitucional n.º 103/2019, mais conhecida como Reforma da Previdência, passaram a ser exigidos requisitos adicionais, não sendo suficiente a aplicação isolada da norma anterior (Brasil, 1999, 2019).

O composto benzeno também integra na LINACH, no Grupo 1, como agente comprovadamente cancerígeno para humanos, classificação que também é atribuída pela IARC (Brasil, 2014; IARC, 2024). Além disso, a ACGIH estabelece um limite de exposição ocupacional de 0,02 ppm para o benzeno (ACGIH, 2025), demonstrando sua elevada toxicidade mesmo em concentrações muito baixas.

Tendo em vista o reconhecimento da periculosidade do benzeno, torna-se ainda mais evidente uma contradição normativa relevante: embora a gasolina não esteja diretamente

incluída no Anexo IV do Decreto n.º 3.048/1999, o benzeno presente em sua composição está (Brasil, 1999; CETESB, 2012). Consequentemente, ainda que a gasolina, por si só, não dê direito à aposentadoria especial, a exposição ao benzeno nela contido pode, sim, gerar esse direito, desde que a exposição seja devidamente comprovada por meio de critérios técnicos e legais.

Considerando a elevada toxicidade do benzeno e de sua presença na composição da gasolina (CETESB, 2012; Wohlers *et al.*, 2007), torna-se fundamental considerar essas informações no contexto da saúde ocupacional dos frentistas. Conforme evidenciado nos Quadros 1 e 2, a exposição contínua a esse agente pode desencadear diversos efeitos adversos à saúde, reforçando a necessidade de reconhecimento e controle adequado desses riscos. A compreensão detalhada do enquadramento legal e dos parâmetros técnicos apresentados não apenas evidencia a relevância da exposição ao benzeno, como também sustenta a importância de medidas preventivas e de vigilância em saúde para a proteção desses trabalhadores.

Diante disso, o papel do profissional de SST é essencial. Cabe a ele identificar, avaliar e documentar a presença de agentes nocivos como o benzeno, mesmo quando diluídos em misturas comerciais como a gasolina (CETESB, 2012). No âmbito do PGR, a análise qualitativa pode evidenciar riscos passíveis de quantificação (Brasil, 1978a). Quando isso ocorre, é recomendável realizar a avaliação quantitativa da exposição, considerando a gasolina como um todo, pois ela já incorpora o benzeno e outros compostos presentes, que também podem representar riscos ocupacionais (CCOHS, 2023).

A proteção à saúde dos frentistas exige uma atuação técnica qualificada e atenta à realidade dos postos de trabalho. A exposição ao benzeno está associada a doenças graves, conforme mostrados nos Quadros 1 e 2. Assim, garantir o reconhecimento da exposição e os direitos legais desses trabalhadores não é apenas uma exigência normativa, mas também uma questão de justiça, de saúde ocupacional e de respeito à vida.

É relevante destacar que, embora as concentrações de benzeno na gasolina sejam relativamente baixas e a NR 15 não classifique o benzeno como agente insalubre (Brasil, 1978d; CETESB, 2012), não existem limites considerados totalmente seguros para essa substância, assim como para outros agentes cancerígenos em geral (NIOSH, 2014).

Contudo, essa perspectiva não é unânime, sendo objeto de contestação por diferentes pesquisadores. No âmbito dessas discussões, Gilmar Trivelato, pesquisador da Fundacentro, questiona a ideia de que não exista um limite seguro para a exposição ao benzeno. Ele explica que essa concepção foi válida nas décadas de 1990 e início dos anos 2000, quando os estudos disponíveis ainda eram limitados. No entanto, ele observa que, atualmente, o debate científico

evoluiu, tornando-se mais amplo e complexo. Por isso, segundo Trivelato, é necessário revisar a literatura recente antes de se afirmar que qualquer quantidade de benzeno é automaticamente perigosa, visto que novos entendimentos e evidências precisam ser considerados (Debate [...], 2024).

Por outro lado, Arline Arcuri, também da Fundacentro e atualmente aposentada, compartilha uma perspectiva que reconhece a complexidade do tema. Ela afirma que, embora existam estudos que defendem a existência de um limite seguro de exposição ao benzeno (um chamado “limiar”), isso não significa que não haja risco. O que esses estudos indicam, segundo ela, é que, em determinadas concentrações, a probabilidade de ocorrência de cânceres é tão baixa que se aproxima da taxa observada em pessoas não expostas ocupacionalmente, ou seja, na população em geral. Dessa forma, esse “limiar” é entendido como uma concentração abaixo da qual o risco adicional é considerado desprezível, e não como uma garantia de ausência total de efeitos adversos à saúde (Debate [...], 2024).

Essa análise é corroborada por evidências científicas que reforçam a preocupação com exposições a concentrações muito abaixo dos limites tradicionalmente adotados. Diversos estudos demonstraram que até concentrações inferiores a 1 ppm já foram associadas a efeitos adversos à saúde em trabalhadores (Chaiklieng; Suggaravetsiri; Autrup, 2019; Ekpenyong; Davies; Daniel, 2013; Marchetti *et al.*, 2012).

Esse achado é particularmente relevante para os frentistas, cuja exposição ao benzeno pode ocorrer de forma contínua e cumulativa, conforme já evidenciado em alguns estudos citados (Ferla *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2021; Sousa *et al.*, 2022), podendo ocorrer mesmo em níveis aparentemente baixos. Esses dados sustentam a compreensão de que não há um limiar seguro universal para a exposição ao benzeno, o que reforça a necessidade da adoção de medidas de prevenção e controle mais rigorosas nos ambientes de trabalho onde essa substância está presente.

Nesse sentido, observa-se que o benzeno ainda apresenta certa ambiguidade na área de segurança do trabalho, uma vez que, em determinadas situações, pode haver divergências entre a legislação vigente e as evidências científicas, bem como entre profissionais da área, devido a diferentes interpretações do tema. Independentemente dessas discrepâncias, é essencial que o foco principal seja a proteção dos trabalhadores, garantindo um consenso mais claro sobre os riscos do benzeno. Esse alinhamento contribuirá para um conhecimento mais aprofundado de seus efeitos na saúde humana e possibilitará a implementação de medidas de controle eficazes, especialmente para frentistas, assegurando condições de trabalho seguras e minimizando impactos à saúde.

Diante dos achados, torna-se evidente que a exposição ocupacional ao benzeno representa um risco significativo à saúde dos frentistas, sobretudo devido aos efeitos crônicos dessa substância, resultantes de exposições frequentes a baixos níveis ao longo do tempo (CDC, 2024; Wohlers *et al.*, 2007). Os resultados revelam não apenas manifestações clínicas recorrentes, mas também falhas estruturais nas práticas de prevenção, monitoramento e gestão de riscos nos postos de combustíveis (Sousa *et al.*, 2022).

Nesse contexto, a atuação do profissional de segurança no trabalho é essencial para reconhecer os perigos envolvidos, implementar medidas eficazes de controle, garantir o cumprimento da legislação vigente e promover um ambiente de trabalho comprometido com a proteção da saúde dos empregados. Assim, reforça-se a urgência de estratégias integradas que combinem vigilância ativa, capacitação contínua e fortalecimento da responsabilidade das empresas na gestão dos riscos, de modo a reduzir os impactos adversos associados à exposição ao benzeno e assegurar condições laborais mais seguras e saudáveis.

5 CONCLUSÃO

A presente pesquisa, por meio de uma revisão sistemática da literatura, analisou os impactos da exposição ocupacional ao benzeno na saúde dos frentistas de postos de combustíveis, considerando suas propriedades químicas, vias de absorção, efeitos na saúde, bem como o uso de biomarcadores no monitoramento biológico ou exames laboratoriais. Os dados evidenciam que os frentistas estão cronicamente expostos ao benzeno, principalmente por inalação, mas também por vias dérmica e oral, o que pode resultar em alterações no DNA, no sistema hematopoético e na imunidade adaptativa.

Outro aspecto relevante refere-se à variabilidade individual na resposta biológica à exposição ao benzeno, influenciada por fatores genéticos, metabólicos e de estilo de vida. Essa heterogeneidade pode afetar a suscetibilidade aos efeitos tóxicos e a precisão dos biomarcadores atualmente utilizados. Portanto, é fundamental ampliar pesquisas que considerem esses determinantes individuais, de modo a aprimorar a avaliação do risco ocupacional e permitir a implementação de medidas preventivas mais personalizadas. A incorporação de abordagens genômicas e proteômicas emergentes pode contribuir para a identificação de subgrupos populacionais mais vulneráveis, potencializando a eficácia das estratégias de proteção e monitoramento em postos de combustíveis.

Diante dessa variabilidade individual na suscetibilidade aos efeitos do benzeno, a pesquisa enfatiza a urgência de intensificar os esforços voltados à proteção da saúde dos frentistas por meio da adoção de medidas regulatórias mais rigorosas, capazes de contemplar essa diversidade biológica. Isso inclui o investimento em tecnologias que reduzam a exposição ocupacional, a utilização efetiva de EPI adaptados às necessidades específicas dos trabalhadores, bem como a promoção adequada e eficaz de programas contínuos de educação e conscientização, que considerem as diferentes vulnerabilidades presentes no grupo exposto.

Nesse sentido, a implementação de políticas de segurança integradas pelas empresas torna-se fundamental, assegurando não apenas o fornecimento e o uso adequado dos EPI, mas também a capacitação técnica personalizada, o que garante uma proteção efetiva e o monitoramento da saúde dos trabalhadores de maneira abrangente e individualizada.

Diante disso, destaca-se a importância do investimento contínuo na validação de biomarcadores mais sensíveis e específicos, os quais possibilitam um diagnóstico precoce e mais preciso da exposição ocupacional. Ademais, o aprimoramento das estratégias de detecção e mitigação dos efeitos adversos da exposição revela-se imprescindível para a promoção da saúde laboral.

Assim, o fortalecimento das medidas de controle, como a seleção criteriosa e o uso rigoroso de EPI adequados, juntamente com melhorias na segurança ocupacional, constitui uma ação indispensável. O avanço dessas frentes de pesquisa e intervenção contribuirá significativamente para o desenvolvimento de políticas públicas mais eficazes, para a melhoria das condições de trabalho nos postos de combustíveis e para o surgimento de novas estratégias de cuidado à saúde que minimizem os danos decorrentes da exposição ao benzeno, assegurando maior proteção à saúde e qualidade de vida aos trabalhadores expostos.

REFERÊNCIAS

- ACGIH. Important Note Regarding the ACGIH TLV. **American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)**, 01 mar. 2002. Disponível em: <https://www.osha.gov/annotated-pels/note>. Acesso em: 11 maio 2025.
- ACGIH. Benzene. **American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)**, 2025. Disponível em: <https://www.acgih.org/benzene-2/>. Acesso em: 05 mar. 2025.
- AFDC. Pollutants and Health. **Alternative Fuels Data Center (AFDC)**, [21--?]. Disponível em: <https://afdc.energy.gov/vehicles/emissions-pollutants>. Acesso em: 12 fev. 2025.
- ARCURI, A. S. A. *et al.* Benzeno não é flor que se cheire. **Associação de Medicina do Trabalho (ANAMT)**, p. 01-150, mar. 2011. Disponível em: http://www.anamt.org.br/site/upload_arquivos/sugestoes_de_leitura_17122013112044533424.pdf. Acesso em: 03 out. 2022.
- ARCURI, A. S. A. *et al.* Acordo e Legislação sobre o Benzeno 25 anos. **Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (Fundacentro)**, p. 01-288, 2023. Disponível em: http://arquivosbiblioteca.fundacentro.gov.br/exlibris/aleph/a23_1/apache_media/7DM266S23SXPE7R3DXCVVQMIP9DX6F.pdf. Acesso em: 30 abr. 2024.
- ASEFAW, T. *et al.* Assessment of liver and renal function tests among gasoline exposed gas station workers in Mekelle city, Tigray region, Northern Ethiopia. **Plos One**, v. 15, n. 10. p. e0239716, 09 out. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239716>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7546501/>. Acesso em: 12 maio 2025.
- ASKEY, J. M. Aplastic Anemia Due to Benzol Poisoning: Report Of Two Cases. **Western Journal of Medicine**, v. 29, n. 4, p. 262-263, out. 1928. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1656013/>. Acesso em: 10 ago. 2024.
- BELO HORIZONTE. Lei n.º 10.943, de 30 de junho de 2016. Proíbe que postos de combustíveis permitam preencher o tanque de combustível dos veículos após o desarme automático de segurança da bomba de abastecimento. **Câmara Municipal de Belo Horizonte**, 01 jul. 2016. Disponível em: <https://www.cmbh.mg.gov.br/atividade-legislativa/pesquisar-legislacao/lei/10943/2016>. Acesso em: 01 abr. 2025.
- BORKE, J. Benzene poisoning. **MedlinePlus**, 02 nov. 2023. Disponível em: <https://medlineplus.gov/ency/article/002720.htm>. Acesso em: 12 fev. 2025.
- BRASIL. NR 01 - Disposições gerais e gerenciamento de riscos ocupacionais, 06 jul. 1978. **Diário Oficial da União (DOU)**, 06 jul. 1978a. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/nr-1>. Acesso em: 10 mar. 2025.

BRASIL. NR 07 - Programa de controle médico de saúde ocupacional - PCMSO, 06 jul. 1978. **Diário Oficial da União (DOU)**, 06 jul. 1978b. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-7-nr-7>. Acesso em: 04 jul. 2024.

BRASIL. NR 09 - Avaliação e controle das exposições ocupacionais a agentes físicos, químicos e biológicos, 06 jul. 1978. **Diário Oficial da União (DOU)**, 06 jul. 1978c. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-9-nr-9>. Acesso em: 31 mar. 2025.

BRASIL. NR 15 - Atividades e operações insalubres, 06 jul. 1978. **Diário Oficial da União (DOU)**, 06 jul. 1978d. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-15-nr-15>. Acesso em: 04 mar. 2025.

BRASIL. NR 20 - Segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis, 06 jul. 1978. **Diário Oficial da União (DOU)**, 06 jul. 1978e. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-20-nr-20>. Acesso em: 04 jun. 2023.

BRASIL. NR 26 - Sinalização de segurança. 06 jul. 1978. **Diário Oficial da União (DOU)**, 06 jul. 1978f. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-26-nr-26>. Acesso em: 03 jun. 2025.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Edição administrativa do texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, compilado até a Emenda Constitucional n.º 135/2024. **Diário Oficial da União (DOU)**, 05 out. 1988. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/685819/CF88_EC135_2025.pdf. Acesso em: 07 maio 2025.

BRASIL. Decreto n.º 3.048, de 6 de maio de 1999. Aprova o Regulamento da Previdência Social, e dá outras providências. **Diário Oficial da União (DOU)**, 06 maio 1999. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3048compilado.htm. Acesso em: 29 mar. 2025.

BRASIL. Lei n.º 9.956, de 12 de janeiro de 2000. Proíbe o funcionamento de bombas de auto-serviço nos postos de abastecimento de combustíveis e dá outras providências. **Diário Oficial da União (DOU)**, 12 jan. 2000. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/norma/551832/publicacao/15674413>. Acesso em: 23 maio 2024.

BRASIL. **Risco químico**: atenção à saúde dos trabalhadores expostos ao benzeno. Saúde do Trabalhador: Protocolos de Complexidade Diferenciada 7, Série A: Normas e Manuais Técnicos, p. 01-48, Brasília: Ministério da Saúde (MS), 2006. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/risco_saude_trabalhadores_expostos_benzeno.pdf. Acesso em: 04 jun. 2023.

BRASIL. Portaria Interministerial n.º 9, de 7 de outubro de 2014. Publica a Lista Nacional de Agentes Cancerígenos para Humanos (LINACH), como referência para formulação de políticas públicas, na forma do anexo a esta Portaria. **Diário Oficial da União (DOU)**, 08 out. 2014. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=08/10/2014&jornal=1&pagina=140&totalArquivos=164>. Acesso em: 30 mar. 2025.

BRASIL. Portaria de Consolidação n.º 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Diário Oficial da União (DOU)**, 28 set. 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/saes/dahu/atencao-domiciliar/legislacao/anos-antiores/2017>. Acesso em: 04 jun. 2024.

BRASIL. Emenda Constitucional n.º 103, de 12 de novembro de 2019. Altera o sistema de previdência social e estabelece regras de transição e disposições transitórias. **Diário Oficial da União (DOU)**, 13 nov. 2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/emenda-constitucional-n-103-227649622>. Acesso em: 19 jun. 2024.

BRASIL. Portaria n.º 672, de 8 de novembro de 2021. Disciplina os procedimentos, programas e condições de segurança e saúde no trabalho e dá outras providências. **Diário Oficial da União (DOU)**, 11 nov. 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-672-de-8-de-novembro-de-2021-359091010>. Acesso em: 03 jun. 2024.

BRASIL. Síndrome de Burnout. **Ministério da Saúde (MS)**, [21--?]. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/s/sindrome-de-burnout>. Acesso em: 09 set. 2024.

BRASKEM. Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico (FISPQ): Benzeno. **Braskem**, 15 ago. 2017: Disponível em: <https://www.braskem.com.br/cms/Principal/produto/download?id=9oNIhMDvIcw=&produto=true>. Acesso em: 10 mar. 2025.

BROWN, E. A.; SHELLEY, M. L.; FISHER, J. W. A Pharmacokinetic Study of Occupational and Environmental Benzene Exposure with Regard to Gender. **Risk Analysis**, v. 18, ed. 2, n. 205-213, abr. 1998. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1998.tb00932.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1539-6924.1998.tb00932.x>. Acesso em: 14 out. 2024.

CCOHS. Chemical Profiles: Gasoline. **Canadian Centre for Occupational Health and Safety (CCOHS)**, 10 fev. 2023. Disponível em:

https://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/chem_profiles/gasoline.html. Acesso em: 23 mar. 2025.

CCOHS. Chemical Profiles: Benzene. **Canadian Centre for Occupational Health and Safety (CCOHS)**, 14 ago. 2024. Disponível em: https://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/chem_profiles/benzene.html. Acesso em: 23 mar. 2025.

CDC. Benzene. **Centers for Disease Control and Prevention (CDC)**, 06 set. 2024. Disponível em: <https://www.cdc.gov/chemical-emergencies/chemical-fact-sheets/benzene.html>. Acesso em: 12 fev. 2025.

CETESB. Benzeno. **Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB)**, jan. 2012. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/24/2021/05/Benzeno.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2025.

CHAIKLIENG, S.; SUGGARAVETSIRI, P.; AUTRUP, H. Risk Assessment on Benzene Exposure among Gasoline Station Workers. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 14, p. 2545, 16 jul. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph16142545>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6678808/>. Acesso em: 16 out. 2019.

CHAVES, S. O. de C.; SETA, M. H. de. Vigilância Sanitária em Saúde do Trabalhador em postos revendedores flutuantes de Manaus, Amazonas. **Vigilância Sanitária em Debate**, v. 8, n. 2, p. 75-83, 2020. DOI: 10.22239/2317-269X.01432. Disponível em: <https://visaemdebate.incqs.fiocruz.br/index.php/visaemdebate/article/view/1432>. Acesso em: 13 abr. 2023.

CHEN, D. *et al.* Exposure to benzene, occupational stress, and reduced birth weight. **Occupational & Environmental Medicine**, v. 57, n. 10, p. 661-667, out. 2000. DOI: <https://doi.org/10.1136/oem.57.10.661>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1739869/>. Acesso em: 20 out. 2024.

COSTA-AMARAL, I. C. *et al.* Environmental Assessment and Evaluation of Oxidative Stress and Genotoxicity Biomarkers Related to Chronic Occupational Exposure to Benzene. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 12, p. 972240, 25 jun. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph16122240>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6617122/>. Acesso em: 11 set. 2024.

COSTA, D. F. Prevenção da exposição ao benzeno no Brasil. **Universidade de São Paulo**, p. 01-179, São Paulo, 19 jun. 2009. DOI: <https://doi.org/10.11606/T.5.2009.tde-25092009-135349>. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/5/5144/tde-25092009-135349/pt-br.php>. Acesso em: 07 fev. 2024.

COSTANTINI, A. S. *et al.* Exposure to Benzene and Risk of Breast Cancer among Shoe Factory Workers in Italy. **Tumori Journal**, v. 95, n. 1, p. 08-12, jan. 2009. DOI:

<https://doi.org/10.1177/030089160909500102>. Disponível em:
<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/030089160909500102>. Acesso em: 21 out. 2024.

CPACHEM. Ficha de dados de segurança em conformidade com 1907/2006/CE, Artigo 31°. CPAchem, 23 maio 2023. Disponível em:
https://www.cpachem.com/msds?num=SB98&dnl=sd_-Benzene_%5BCAS_71-43-2%5D_%28SB98%29_%28PT%29.pdf. Acesso em: 26 maio 2025.

D'ALASCIO, R. G. *et al.* Sintomas relacionados à exposição ocupacional ao benzeno e hábitos ocupacionais em trabalhadores de postos de revenda de combustíveis a varejo na região sul de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Medicina do Trabalho (RBMT)**, v. 12, n. 1, p. 22-29, 2014. DOI: 21-29. Disponível em: <https://rbmt.org.br/details/56/pt-BR>. Acesso em: 04 jun. 2023.

DEBATE público sobre a regulamentação do benzeno. Assistente: Claudia Marchiano. Direção: Remígio Todeschini. Participantes: Eduardo Martinho Rodrigues, Gilmar da Cunha Trivelato, Arline Sydneia Abel Arcuri, Marcia Sarpa, Anderson Medeiros, Carlos Eduardo Ferreira Domingues, Ana Gabriela Vieira de Paula. [Local: Centro Técnico Nacional (CTN), da Fundacentro em São Paulo, *s. n.*], 20 set. 2024. 1 vídeo (3 horas). Publicado pelo canal Fundacentro. 20 set. 2024. Disponível em:
<https://www.youtube.com/watch?v=Qnm9k0iJjOY>. Acesso em: 21 mar. 2025.

DINIZ, M. M. *et al.* A Eficácia Relativa das Normas e dos Dispositivos de Segurança para a Prevenção da Exposição dos Frentistas ao Benzeno. **Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO)**, 2019. DOI:
http://dx.doi.org/10.14488/ENEGEP2019_TN_STO_297_1677_38707. Disponível em:
<https://www.abepro.org.br/publicacoes/artigo.asp?e=enegep&a=2019&c=38707>. Acesso em: 14 abr. 2023.

EKPENYONG, C. E.; DAVIES, K.; DANIEL, N. Effects of Gasoline Inhalation on Menstrual Characteristics and the Hormonal Profile of Female Petrol Pump Workers. **Journal of Environmental Protection**, v. 4, n. 8A, p. 65-73, ago. 2013. DOI:
<http://dx.doi.org/10.4236/jep.2013.48A1009>. Disponível em:
<https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=35728>. Acesso em: 01 nov. 2024.

EPA. **Toxicity Profiles**. Vermont: Environmental Protection Agency (EPA), v. 2, n. 26-1BB5, abr. 1997. Disponível em: <https://semspub.epa.gov/work/01/4040.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2025.

FERREIRA, A. F. *et al.* Risco de mielotoxicidade associada ao benzeno em trabalhadores de postos de combustíveis. **Hematology, Transfusion and Cell Therapy**, v. 45, p. S842, out. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.htct.2023.09.1517>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2531137923016930>. Acesso em: 14 abr. 2025.

FERLA, L. G. *et al.* Percepção sobre o risco de intoxicações por combustíveis automotivos em frentistas. **Revista Brasileira de Medicina do Trabalho**, v. 20, n. 3, p. 422-429, 2021. DOI: 10.47626/1679-4435-2022-745. Disponível em:
<https://rbmt.org.br/details/1704/en-US/percepcao-sobre-o-risco-de-intoxicacoes-por-combustiveis-automotivos-em-frentistas>. Acesso em: 08 abr. 2023.

FUNDACENTRO. **Programa de proteção respiratória**: recomendações, seleção e uso de respiradores. p. 01-207, São Paulo: Fundação Jorge Duprat Figueiredo, de Segurança e Medicina do Trabalho (Fundacentro), 2016. Disponível em: http://arquivosbiblioteca.fundacentro.gov.br/exlibris/aleph/a23_1/apache_media/TVBBD65RVMUX25NF4DFJ7K8VKDIM2I.pdf. Acesso em: 10 mar. 2025.

FUNDACENTRO. Dia Nacional de Luta Contra a Exposição ao Benzeno marca outubro. **Fundação Jorge Duprat Figueiredo, de Segurança e Medicina do Trabalho (Fundacentro)**, 06 out. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/fundacentro/pt-br/comunicacao/noticias/noticias/2023/outubro/dia-nacional-de-luta-contra-a-exposicao-ao-benzeno-marca-outubro>. Acesso em: 20 mar. 2025.

FUNDACENTRO. Nota Técnica n.º 3, de 2024. Por que manter o valor de referência tecnológico para o Benzeno?. **Fundação Jorge Duprat Figueiredo, de Segurança e Medicina do Trabalho (Fundacentro)**, 19 nov. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/fundacentro/pt-br/comunicacao/noticias/noticias/2024/novembro/nota-tecnica-da-fundacentro-defende-valor-de-referencia-tecnologico-para-benzeno>. Acesso em: 04 mar. 2025.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. ed. 7, p. 01-186, São Paulo: Atlas, 2022.

GREENBURG, L. Benzol Poisoning as an Industrial Hazard: Review of Studies Conducted in Cooperation with the Subcommittee on Benzol of the Committee on Industrial Poisoning of the National Safety Council. **Public Health Reports**, v. 41, n. 27, p. 1357-1375, 02 jul. 1926. DOI: <https://doi.org/10.2307/4577927>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/4577927>. Acesso em: 07 mar. 2024.

HANKE, J.; DUTKIEWICZ, T.; PIOTROWSKI, J. The absorption of benzene through human skin. **International Journal of Occupational and Environmental Health**, v. 6, ed. 2, p. 104-111, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1179/oeh.2000.6.2.104>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/10.1179/oeh.2000.6.2.104>. Acesso em: 23 mar. 2025.

IARC. IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans: Questions and Answers. **International Agency for Research on Cancer (IARC)**, 10 dez. 2019. Disponível em: <https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/07/IARCMonographs-QA.pdf>. Acesso em: 11 maio 2025.

IARC. List of Classifications. **International Agency for Research on Cancer (IARC)**, 29 abr. 2024. Disponível em: <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications/>. Acesso em: 15 maio 2024.

IARC. IARC Monographs evaluation of the carcinogenicity of automotive gasoline and some oxygenated gasoline additives. **International Agency for Research on Cancer (IARC)**, 21 mar. 2025. Disponível em: <https://www.iarc.who.int/news-events/iarc-monographs-evaluation-of-the-carcinogenicity-of-automotive-gasoline-and-some-oxygenated-gasoline-additives/>. Acesso em: 25 mar. 2025.

ILO. International Chemical Safety Cards (ICSC): 0015 - Benzeno. **International Labour Organization (ILO)**, nov. 2016. Disponível em: https://chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=pt&p_card_id=0015&p_version=2. Acesso em: 23 abr. 2023.

INCA. **Diretrizes para a vigilância do câncer relacionado ao trabalho**. p. 01-187, Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Câncer (INCA), fev. 2012. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/inca/diretrizes_vigilancia_cancer_trabalho.pdf. Acesso em: 23 abr. 2023.

INCA. Benzeno. **Instituto Nacional de Câncer (INCA)**, 24 maio 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/causas-e-prevencao-do-cancer/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/solventes/benzeno>. Acesso em: 23 abr. 2023.

INFANTE, P. F. Benzene: an historical perspective on the American and European occupational setting. Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896-2000. **European Environment Agency (EEA)**, p. 38-46, 09 jan. 2002. Disponível em: https://www.eea.europa.eu/publications/environmental_issue_report_2001_22. Acesso em: 09 jun. 2023.

JURAS, I. da A. G. M. Impacto à Saúde e ao Meio Ambiente do Aumento Irregular de Solventes na Gasolina. **Câmara dos Deputados**, p. 01-21, 2005. Disponível em: https://bd.camara.leg.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/1027/impacto_saude_juras.pdf. Acesso em: 15 mar. 2024.

KATUKAM, V. *et al.* Effect of benzene exposure on fertility of male workers employed in bulk drug industries. **Genetic Testing and Molecular Biomarkers**, v. 16, n. 6, p. 592-597, 20 jun. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1089/gtmb.2011.0241>. Disponível em: <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/gtmb.2011.0241>. Acesso em: 20 out. 2024.

KHAGKHAG, S. S.; ALHOSNI, M. A.; HASSAN, E. A. M. Changes in the Complete Blood Counts Measurements of Gas Stations Workers in Eastern Libya. **African Journal of Advanced Pure and Applied Sciences (AJAPAS)**, v. 3, ed. 1, p. 169-175, 03 mar. 2024. Disponível em: <https://www.aasjournals.com/index.php/ajapas/article/view/712>. Acesso em: 14 abr. 2025.

LANÇAMENTO de Publicações: “Acordo e Legislação sobre o Benzeno - 25 anos”. Mediação: Gláucia de Menezes Fernandes. Participantes: Patrícia Moura Dias, Arline Sydneia Abel Arcuri. [s. l.: s. n.], 11 set. 2023. 1 vídeo (1 hora). Publicado pelo canal Fundacentro. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=L13qeubqM_A&t=2039s. Acesso em: 20 mar. 2025.

MACHADO, J. M. H. *et al.* Alternativas e processos de vigilância em saúde do trabalhador relacionados à exposição ao benzeno no Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 8, n. 4, p. 913-921, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232003000400014>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/dvLjswHyQxY4tHw9WNskPqR>. Acesso em: 19 jun. 2023.

MANDANI, P.; DESAI, K.; HIGHLAND, H. Cytotoxic Effects of Benzene Metabolites on Human Sperm Function: An In Vitro Study. **ISRN Toxicology**, v. 2013, p. 01-06, 12 dez.

2013. DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/397524>. Disponível em:

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3874944/>. Acesso em: 12 fev. 2025.

MARCHETTI, F. *et al.* Occupational Exposure to Benzene and Chromosomal Structural Aberrations in the Sperm of Chinese Men. **Environmental Health Perspectives (EHP)**, v. 120, n. 2, p. 229-234, fev. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1289/ehp.1103921>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3279447/>. Acesso em: 03 set. 2024.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. ed. 8, São Paulo: Atlas, 2017. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7237618/mod_resource/content/1/Marina%20Marconi%20Eva%20Lakatos_Fundamentos%20de%20metodologia%20cient%C3%ADfica.pdf. Acesso em: 16 fev. 2024.

MARTÍN, N.; SCOTT, L. T. Challenges in aromaticity: 150 years after Kekulé's benzene. **Chemical Society Reviews**, v. 44, p. 6397-6400, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1039/C5CS90085A>. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2015/cs/c5cs90085a>. Disponível em: 26 maio 2025.

MARTÍNEZ-SALINAS, R. I. *et al.* Genotoxic Effects on Gas Station Attendants in South-southeastern México due to Prolonged and Chronic Exposure to Gasoline. **Safety and Health at Work**, v. 15, n. 2, p. 236-241, 9 fev. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2024.02.001>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11255961/>. 18 dez. 2024.

MENDES, M. Normas ocupacionais do benzeno: uma abordagem sobre o risco e exposição nos postos de revenda de combustíveis. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional (RBSO)**, v. 42, p. e3s, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-6369000127515>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbso/a/NSxq4tBB6cqj4czFgJYLz4K/>. Acesso em: 19 mar. 2025.

MITRI, S. *et al.* Metabolic Polymorphisms and Clinical Findings Related to Benzene Poisoning Detected in Exposed Brazilian Gas-Station Workers. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 12, n. 7. p. 8434-8447, 21 jul. 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph120708434>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4515729/>. Acesso em: 13 abr. 2023.

MORAES, L. G. da S. *et al.* Percepção dos frentistas de postos de combustíveis de municípios do recôncavo da Bahia sobre suas condições de trabalho. **Textura**, v. 13, n. 21, p. 83-92, 20 ago. 2019. DOI: <https://doi.org/10.22479/desenreg2019v13n21p83-92>. Disponível em: <https://textura.emnuvens.com.br/textura/article/view/345> Acesso em: 01 out. 2022.

NAZIF, M. Projeto de Lei n.º 3.299, de 24 de setembro de 2021. Regulamenta a profissão de frentista e dá outras providências. **Câmara dos Deputados**, 24 set. 2021. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2300232>. Acesso em: 06 abr. 2025.

NIOSH. Benzene: Systemic Agent. **National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)**, 12 maio 2011. Disponível em: https://www.cdc.gov/niosh/ershdb/emergencyresponsecard_29750032.html. Acesso em: 12 fev. 2025.

NIOSH. NIOSH Chemical Carcinogen Policy. **National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)**, 05 jun. 2014. Disponível em: <https://www.cdc.gov/niosh/cancer/about/niosh-chemical-carcinogen-policy.html>. Acesso em: 17 mar. 2025.

NJ. Right to Know: Hazardous Substance Fact Sheet. **New Jersey Department of Health**, 2008. Disponível em: <https://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0197.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2025.

NOUROZI, M. A. *et al.* Association between polymorphism of GSTP1, GSTT1, GSTM1 and CYP2E1 genes and susceptibility to benzene-induced hematotoxicity. **Archives of Toxicology**, v. 98, n. 2, p. 1983-1990, 04 dez. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00204-017-2104-9>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6002464/>. Acesso em: 09 maio 2025.

OMS. **Global Monitoring Report: WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury, 2000–2016**. p. 01-79, Genebra: Organização Mundial de Saúde (OMS), 17 set. 2021. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034945>. Acesso em: 5 set. 2023.

PÁDUA, K. M. *et al.* Análise da exposição ocupacional aos combustíveis automotivos em frentistas de um posto de revenda de Luz-MG. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 8, p. 81969–81988, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n8-418. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/34644>. Acesso em: 18 dez. 2024.

PARAÍBA. Lei Ordinária n.º 10.346, de 09 julho de 2014. Dispõe sobre a proibição de postos de combustível abasteçam combustível nos veículos após ser acionada a trava de segurança da bomba de abastecimento. **Assembleia Legislativa do Estado da Paraíba**, 10 jul. 2014. Disponível em: <https://sapl3.al.pb.leg.br/norma/11505>. Acesso em: 13 maio 2024.

PARKE, D. V. Introduction: Session on Metabolism. **Environmental Health Perspectives (EHP)**, v. 82, p. 7-8, jul. 1989. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1568108/>. Acesso em: 18 jun. 2024.

POÇA, K. S. da. *et al.* Gasoline-station workers in Brazil: Benzene exposure; Genotoxic and immunotoxic effects. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 865, p. 503322, maio 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2021.503322>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383571821000139>. Acesso em: 10 set. 2024.

PORTELA, L. Projeto de Lei n.º 7817, de 06 jun. 2017. Proíbe a continuidade do abastecimento de veículos automotores após o acionamento da trava de segurança das bombas de abastecimento. **Câmara dos Deputados**, 06 jun. 2017. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2140452>. Acesso em: 13 maio 2024.

PURBOMURTI, Y. A.; SUSILOWATI, H.; JONARTA, A. L. The Micronuclei Frequency in Buccal Epithelial Cells of Gas Station Attendants in Yogyakarta (Indonesia). **Malaysian Journal of Medicine and Health Sciences**, v. 20, p. 91-96, jun. 2024. Disponível em: https://medic.upm.edu.my/upload/dokumen/2024062809094017_1299.pdf. Acesso em: 18 dez. 2024.

ROSATI, di M. V. *et al.* Correlation between benzene and testosterone in workers exposed to urban pollution. **La Clinica Terapeutica**, v. 168, n. 6, 2017. DOI: 10.7417/T.2017.2038. Disponível em: http://www.seu-roma.it/riviste/clinica_terapeutica/apps/autos.php?id=1670. Acesso em: 12 fev. 2025.

SANTIAGO, F. *et al.* Benzene poisoning, clinical and blood abnormalities in two Brazilian female gas station attendants: two case reports. **BMC Pharmacology and Toxicology**, v. 10, n. 52, p. 01-05, 18 jan. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13104-016-2369-8>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5241924/>. Acesso em: 18 dez. 2024.

SANTOS, M. V. C. dos. *et al.* Aspectos toxicológicos do benzeno, biomarcadores de exposição e conflitos de interesses. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional (RBSO)**, v. 42, p. e13s, 28 set. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-6369NOTA00017>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbso/a/TSVBcgQ4VqdgT463n3g77jx/>. Acesso em: 30 maio 2024.

SANTOS, D. A. A. dos; NASCIMENTO, L. F. C. Maternal exposure to benzene and toluene and preterm birth. A longitudinal study. **São Paulo Medical Journal**, v. 137, n. 6, p. 486-490, 06 mar. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-3180.2019.0224170919>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9754275/>. Acesso em: 12 fev. 2025.

SATO, A. *et al.* Kinetic studies on sex difference in susceptibility to chronic benzene intoxication--with special reference to body fat content. **British Journal of Industrial Medicine**, v. 32, n. 4, p. 321-328, nov. 1975. DOI: <https://doi.org/10.1136/oem.32.4.321>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1008083/>. Acesso em: 24 out. 2024.

SILVA, B. R. *et al.* Avaliação da exposição ocupacional de trabalhadores frentistas de postos de combustíveis utilizando como biomarcadores celulares frequência de micronúcleos e alterações citogenéticas. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais (RICA)**, v. 12, n. 1, p. 153-160, 2021. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.001.0013>. Disponível em: <https://sustenere.inf.br/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2021.001.0013>. Acesso em: 18 dez. 2024.

SLAMA, R. *et al.* Maternal Personal Exposure to Airborne Benzene and Intrauterine Growth. **Environmental Health Perspectives (EHP)**, v. 117, n. 8, p. 1313-1321, 01 abr. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1289/ehp.0800465>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2721878/>. Acesso em: 20 out. 2024.

SMITH, M. T. *et al.* Increased Translocations and Aneusomy in Chromosomes 8 and 21 Among Workers Exposed to Benzene. **Cancer Research**, v. 58, ed. 11, p. 2176-2181, 15 maio 1998. Disponível em: <https://aacrjournals.org/cancerres/article-abstract/58/10/2176/504128/Increased-Translocation-s-and-Aneusomy-in>. Acesso em: 13 maio 2025.

SMITH, M. T. *et al.* Benzene, the exposome and future investigations of leukemia etiology. **Chemico Biological Interactions**, v. 192, n. 1-2, p. 01-11, 30 jun. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016%2Fj.cbi.2011.02.010>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3461963/>. Acesso em: 30 maio 2024.

SNYDER, R. Leukemia and Benzene. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 9, n. 8, p. 2875-2893, 14 ago. 2012. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph9082875>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3447593/>. Acesso em: 13 out. 2024.

SOUSA, É. O. de. *et al.* Riscos da exposição ao benzeno para a saúde do trabalhador: um olhar para o cumprimento da legislação nos postos de combustível. **Diálogos & Ciência**, v. 2, n. 1, p. 60-70, 04 mai. 2022. DOI: <https://doi.org/10.7447/1678-0493.2022v2n1p60-70>. Disponível em: <https://periodicos.unifc.edu.br/index.php/dialogoseciencia/article/view/140>. Acesso em: 01 out. 2022.

SUN, P. *et al.* Polymorphisms in phase I and phase II metabolism genes and risk of chronic benzene poisoning in a Chinese occupational population. **Carcinogenesis**, v. 29, n. 12, p. 2325-2329, dez. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1093/carcin/bgn208>. Disponível em: <https://academic.oup.com/carcin/article-abstract/29/12/2325/2476401>. Acesso em: 09 maio 2025.

TEKLU, G. *et al.* Effect of Gasoline Exposure on Hematological Parameters of Gas Station Workers in Mekelle City, Tigray Region, Northern Ethiopia. **Journal of Blood Medicine**, v. 12, p. 839-847, 16 set. 2021. DOI: <https://doi.org/10.2147/JBM.S286743>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8453173/>. Acesso em: 12 maio 2025.

TONGSANTIA, U. *et al.* Factors Affecting Adverse Health Effects of Gasoline Station Workers. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 19, p. 10014, 23 set. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph181910014>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8508572/>. Acesso em: 11 set. 2024.

VDH. Benzene. **Virginia Department of Health (VDH)**, 31 jan. 2025. Disponível em: <https://www.vdh.virginia.gov/environmental-health/public-health-toxicology/benzene/>. Acesso em: 12 fev. 2025.

VILELA, R. A. G.; IGUTI, A. M.; ALMEIDA, I. M. Culpa da vítima: um modelo para perpetuar a impunidade nos acidentes do trabalho. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 20, n. 2, p. 570-579, mar. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2004000200026>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/n9YJ9gXknCxCpBztHLB9LG/>. Acesso em: 10 maio 2024.

WAKAHARA, R. Aplicação dos limites de exposição ocupacional a agentes insalubres da ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) no direito brasileiro. **Revista do Tribunal Regional do Trabalho da 10ª Região**, v. 24, n. 2, p. 53-67, Brasília, dez. 2020. Disponível em: <https://juslaboris.tst.jus.br/handle/20.500.12178/182670>. Acesso em: 10 maio 2025.

WANG, B. *et al.* Gender differences in hematotoxicity of benzene-exposed workers, three cross-sectional studies on 218,061 subjects. **Environmental Science and Pollution Research International**, v. 28, n. 40, p. 57297-57307, out. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14657-0>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-14657-0>. Acesso em: 18 jun. 2024.

WESTER, R. C.; MAIBACH, H. I. Benzene Percutaneous Absorption: Dermal Exposure Relative to Other Benzene Sources. **International Journal of Occupational and Environmental Health**, v. 6, ed. 2, p. 122-126, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1179/oeh.2000.6.2.122>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1179/oeh.2000.6.2.122>. Acesso em: 23 mar. 2025.

WOHLERS, D. *et al.* **Toxicological profile for benzene**. p. 01-382, Atlanta: Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), ago. 2007. Disponível em: https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-03/documents/benzene_toxicological_profile_tp_3_3v.pdf. Acesso em: 06 maio 2023.

	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus Patos - Código INEP: 25281925
	Br 110, S/N, Alto da Tubiba, CEP 58700-000, Patos (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0006-80 - Telefone: None

Documento Digitalizado Restrito

Entrega do TCC

Assunto:	Entrega do TCC
Assinado por:	Jose Giliardy
Tipo do Documento:	Projeto
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Restrito
Hipótese Legal:	Informação Pessoal (Art. 31 da Lei no 12.527/2011)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Jose Giliardy Pereira de Lucena, DISCENTE (202116010017) DE TECNOLOGIA EM SEGURANÇA NO TRABALHO - PATOS**, em 11/08/2025 12:32:01.

Este documento foi armazenado no SUAP em 11/08/2025. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1570465

Código de Autenticação: 6cbc4ce850

