

**ANÁLISE DA CONTAMINAÇÃO POR ÁCIDO CLORÍDRICO E  
HIDRÓXIDO DE SÓDIO EM TRABALHADORES DE INDÚSTRIA  
DE PAPEL DO SUL DO BRASIL**

**ANALYSIS OF CONTAMINATION BY HYDROCHLORIC ACID AND  
SODIUM HYDROXIDE IN WORKERS OF PAPER INDUSTRY IN SOUTH  
BRAZIL**

**Régis Carlos Benvenuti  
Edimar Oliveira de Castilho  
Eloiza Zatta  
Cristian Alex Dalla Vecchia  
Jessica Tombini**

Recebido em 02 de outubro, 2023 aceito em 09 de fevereiro, 2024  
Registro DOI: <http://dx.doi.org/10.22280/revintervol17ed2.558>



## RESUMO

A toxicologia ocupacional em indústria de papel tem como objetivo estudar os riscos de trabalho à exposição de compostos químicos, físicos e biológicos utilizados no local de trabalho, além disso, auxiliar e prevenir o possível surgimento de efeitos adversos à saúde dos trabalhadores, devido à exposição aos mesmos. As indústrias do ramo de papel e celulose utilizam vários agentes químicos na produção de embalagens, demandando atenção ao manuseio devido sua ação tóxica, atualmente pesquisas nessa área são escassas. Por sua vez, este artigo procurou evidenciar por meio de questionários e análise química a contaminação por ácido clorídrico e hidróxido de sódio em trabalhadores durante sua atividade laboral em uma indústria de papel localizada no sul do Brasil. Buscando incrementar os estudos, averiguou-se o conhecimento dos trabalhadores sobre os agentes, bem como o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e a contaminação destes indivíduos com os agentes supracitados. Para atingir esses objetivos foram aplicadas entrevistas aos colaboradores de quatro expedientes diferentes e analisadas as vestimentas após o final do turno por meio de titulação e análise de pHmetria. Os resultados das análises apontaram falta de conscientização dos trabalhadores, indícios de contaminação e vestígios de hidróxido de sódio nas vestimentas dos colaboradores. Esses resultados implicam na reflexão sobre a indispensabilidade dos equipamentos de proteção individual. Realçando a necessidade do uso rotineiro dos EPIs, bem como oferecer qualificação necessária para os trabalhadores, com intuito de prevenir e minimizar acidentes ocupacionais.

**Palavras-chave:** Ácidos e Bases. Acidente Ocupacional. Intoxicação. Proteção individual.

## ABSTRACT

Occupational toxicology in the paper industry aims to study the occupational risks of exposure to chemical, physical and biological compounds used in the workplace, in addition to helping and preventing the possible appearance of adverse effects on the health of workers due to exposure to themselves. The pulp and paper industries use several chemical agents in the production of packaging, demanding attention to handling due to their toxic action, currently research in this area is scarce. In turn, this article sought to demonstrate, through questionnaires and chemical analysis, contamination by hydrochloric acid and sodium hydroxide in workers during their work activity in a paper industry located in southern Brazil. Seeking to increase the studies, the workers' knowledge about the agents was investigated, as well as the use of Personal Protective Equipment (PPE) and the contamination of these individuals with the aforementioned agents. To achieve these objectives, interviews were applied to employees from four different shifts and the clothes were analyzed after the end of the shift through titration and pHmetry analysis. The results of the analyzes showed a lack of awareness among the workers, evidence of contamination and traces of sodium hydroxide on the employees' clothing. These results imply reflection on the indispensability of personal protective equipment. Highlighting the need for the routine use of PPE, as well as offering the necessary qualification for workers, in order to prevent and minimize occupational accidents.

**Keywords:** Acids and Bases. Occupational Accident. Intoxication. Individual protection.



## 1 INTRODUÇÃO

No mundo, anualmente, ocorrem cerca de 2,3 milhões de mortes devido ao trabalho, sendo cerca de 318 mil mortes por acidentes e 2 milhões por doenças relacionadas ao trabalho. Além disso, 317 milhões envolvem ocorrências não fatais (MALTA et al., 2017).

A toxicologia ocupacional estuda a exposição laboral a produtos químicos e seus biomarcadores biológicos, com o objetivo principal de prevenir prejuízos à saúde dos trabalhadores expostos a estes agentes. Além disso, procura-se entender as relações causais entre exposição e efeito para que se possa, desta forma, atuar nas etapas iniciais do processo, quando as alterações fisiológicas ainda são reversíveis (ALVES; ROSA, 2003).

Dentre os ramos industriais, abordam-se os operários das indústrias de papel e celulose, considerando que estão imersos em ambiente de trabalho que inclui a presença de vários produtos químicos que podem provocar efeitos adversos à saúde humana (CETESB, 2008). Em meio aos produtos químicos da atividade que podem gerar dados em ambiente ocupacional, destacam-se o ácido clorídrico (HCl) e o hidróxido de sódio (NaOH).

O HCl é de grande importância na indústria pesada. Embora não seja fabricado em quantidades tão altas como o ácido sulfúrico, o ácido clorídrico é um produto químico de igual importância, utilizado inclusive, pela indústria papelreira (CAMPOS, 2010). Funcionários expostos a este xenobiótico podem apresentar tosse, rouquidão, inflamação e ulceração do trato respiratório ou dor no peito. Em contato com a pele, desenvolvem queimaduras graves, ulceração ou até mesmo cicatrizes. Outros efeitos agudos incluem vômitos, diarreia ou náusea (RODRIGUES, 2018).

O NaOH é um sólido esbranquiçado, de pH básico, com utilização frequente na indústria em questão. Pela irritação direta sobre os tecidos, provoca destruição decorrente da alta temperatura das reações químicas exotérmicas ao reagir com os produtos essenciais das células. Esta ação culmina em necrose com liquefação através da saponificação das gorduras e solubilização das proteínas permitindo a penetração profunda dos xenobióticos nos tecidos. A inalação pode causar patologias respiratórias e gastrointestinais e em casos severos induzir ao óbito (CORSI et al., 2000; MAMEDE et al., 2000).



A partir dos riscos potenciais, o estudo almejou avaliar a contaminação por ácido clorídrico e hidróxido de sódio em trabalhadores de uma indústria de papel, culminando na aplicação das boas práticas e na segurança laboral.

## 2 METODOLOGIA

### **CARACTERIZAÇÃO**

O artigo abrangeu trabalhadores em contato com os agentes tóxicos durante sua atividade laboral em indústria de papel localizada no sul do Brasil. Avalizado pela empresa, o estudo junto ao termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) foi submetido ao comitê de ética em pesquisa da Universidade (CEP) e aprovado sob número 5968102. Após esta etapa, o trabalho decorreu em dois momentos: Entrevista e determinação de acidez e basicidade residuais nas vestimentas dos colaboradores expostos aos xenobióticos (Ácido Clorídrico e Hidróxido de Sódio). Ao final do estudo, obtiveram-se quatro entrevistados expostos em quatro horários diferentes de trabalho, condizentes com as amostras avaliadas. Com a aquisição dos dados, estes passaram pelo processamento do software estatístico SPSS®.

### **ENTREVISTA**

Após o aceite e assinatura do TCLE, realizou-se análise quantitativa exploratória, onde se investigou sinais e sintomas presentes nos trabalhadores expostos às substâncias alvo para rastreamento de intoxicação aguda e crônica. Nesta entrevista, realizada pelos pesquisadores, os colaboradores foram indagados sobre fatores como tempo de exposição, sinais e sintomatologia, histórico de acometimento por patologias, utilização dos equipamentos de proteção individual e coletiva, entre outros aspectos relevantes.

### **DETERMINAÇÃO DE ACIDEZ E BASICIDADE**

Na última fase, realizou-se as titulações dos resquícios de hidróxido de sódio (NaOH) e ácido clorídrico (HCl) nas vestimentas dos funcionários responsáveis pelo manuseio dessas substâncias.

Iniciou-se o processo através da orientação do experimento e dos preparativos acerca dele aos responsáveis pela empresa. Em seguida, as vestimentas foram



disponibilizadas pela segurança do trabalho da empresa e submetidas a lavagem prévia com substância neutra a fim de evitar contaminação por outros agentes ácidos ou básicos que promoveriam falso positivo. Com o auxílio de fitas de pH, indicando neutralidade ( $\text{pH}=7$ , como exposto na figura 1), na água, as vestimentas foram entregues aos colaboradores ao início do expediente.

**Figura 1** - Fita de pH com indicando o valor 7



Fonte: Autoria própria, 2023.

Ao final do turno, os uniformes retirados pelos funcionários ( $n=4$ ) foram retidos pelos acadêmicos. As vestes foram direcionadas ao laboratório de química da Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC), onde permaneceu em repouso, submersas em cinco litros de água destilada por 3 horas. Após, procedeu com a determinação da concentração das substâncias de acordo com as metodologias de Vogel (2002), visto na figura 2.



**Figura 2** - Titulação das amostras



Fonte: Autoria própria.

### Determinação de Acidez

A acidez é a medida da capacidade da água de neutralizar bases. A determinação da acidez é realizada adicionando à solução problema uma quantidade estequiométrica de OH<sup>-</sup> (base). Colocou-se 50 ml de amostra em análise (água das vestimentas) num erlenmeyer de 125ml. Após, acrescentou-se o indicador de fenolftaleína (3 gotas). A titulação da amostra ocorreu com NaOH (hidróxido de sódio) padrão 0,02N até a persistência da cor rosa claro (imagem 3), realizou-se a anotação do volume de base (NaOH). Com estes valores, procedeu com seguinte cálculo:

$$\text{Acidez em mg de CaCO}_3 / \text{L} = \frac{V_{\text{NaOH}} (\text{ml}) \times \text{Norm. base} \times 50.000}{V_{\text{amostra}} (\text{ml})}$$

Sendo:

V(ml) de NaOH: Volume gasto de Hidróxido de Sódio para titular a amostra; Norm. base: Normalidade do Hidróxido de Sódio (0,02N).

**Figura 3** - Ponto de viragem de amostras de Ácido clorídrico



Fonte: Autoria própria, 2023.

### Determinação de basicidade

A alcalinidade é uma medida da capacidade que as águas têm de neutralizar ácidos. A alcalinidade à fenolftaleína também chamada de alcalinidade a carbonato (alcalinidade decorrente da presença de OH-) é determinada em amostras com pH acima de 8,3. Este é acusado pela mudança de coloração do indicador fenolftaleína, de rosa (cor básica) para incolor (cor ácida). Despejou-se num erlenmeyer 50 ml da amostra em análise (água das vestimentas), medidos com proveta graduada. Em seguida, foi adicionado 3 gotas do indicador fenolftaleína. A titulação da amostra realizou-se com ácido sulfúrico padrão 0,02 N. Após, foi observado o ponto de viragem (passagem do indicador de rosa para incolor). Ao final, anotado a quantidade de ácido gasto e com estes valores, procedeu com aplicação da fórmula:

$$\text{Alcalinidade à Fenolftaleína em mg de CaCO}_3 / \text{L} = \frac{V_{\text{H}_2\text{SO}_4}(\text{ml}) \times \text{Norm. Ácido} \times 50.000}{V_{\text{amostra}}(\text{ml})}$$

Sendo:

V(ml) de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: Volume de Ácido Sulfúrico gasto para titular a amostra; Norm. ácido: Normalidade do Ácido Sulfúrico(0,02N).



### Verificação do Potencial Hidrogeniônico

Após a avaliação da acidez e basicidade pelos métodos expostos, as amostras foram submetidas a avaliação por pHmetro. Esse equipamento é composto basicamente por um eletrodo conectado a um potenciômetro, que possibilita a conversão do valor de potencial do eletrodo em unidades de pH. Quando o eletrodo é submerso na amostra, ele produz milivolts que são transformados para uma escala de pH (PROLAB, 2014).

## 3 RESULTADOS

Os entrevistados (n=4) foram indagados sobre aspectos do cotidiano de trabalho e ciência dos riscos envolvidos. Todos os responsáveis pelo manuseio dos produtos químicos no setor foram homens com faixa etária entre vinte a quarenta anos de idade e que desempenham diferentes funções durante sua jornada. Diante das respostas, produziu-se os seguintes dados:

**Tabela 1** - Tempo de desempenho nesta função na empresa

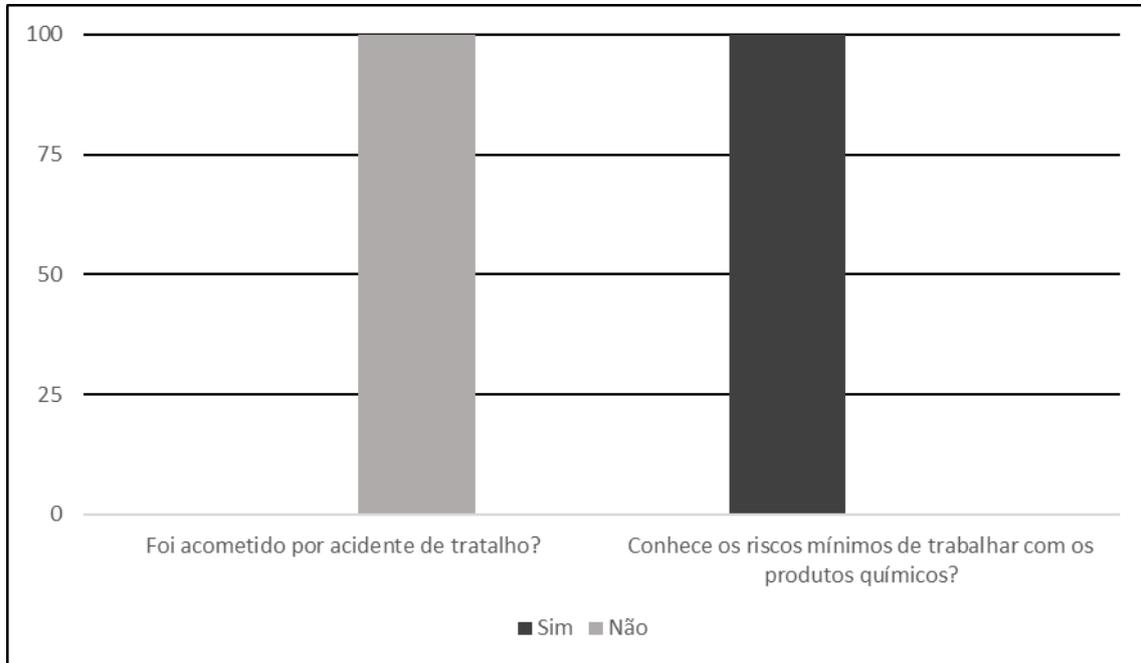
Tempo	Total (%)
De um a dois anos.	50
De dois a três anos.	25
Mais de cinco anos.	25

Fonte: Autoria própria, 2023.

Indagados sobre o tempo de exposição diária aos produtos citados, todos os colaboradores abordados indicaram que realizam esta atividade entre 40 a 60 minutos diariamente.

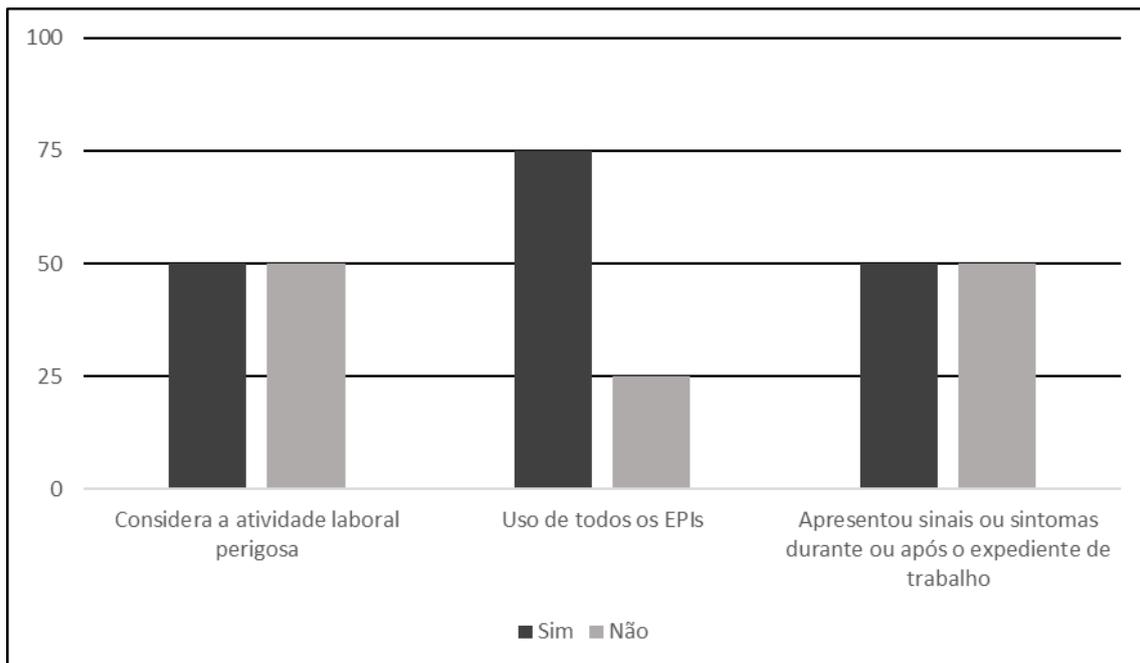


**Gráfico 1** – Ciência do risco e acometimento por acidente de trabalho pelos xenobióticos.



Fonte: Autoria Própria, 2023.

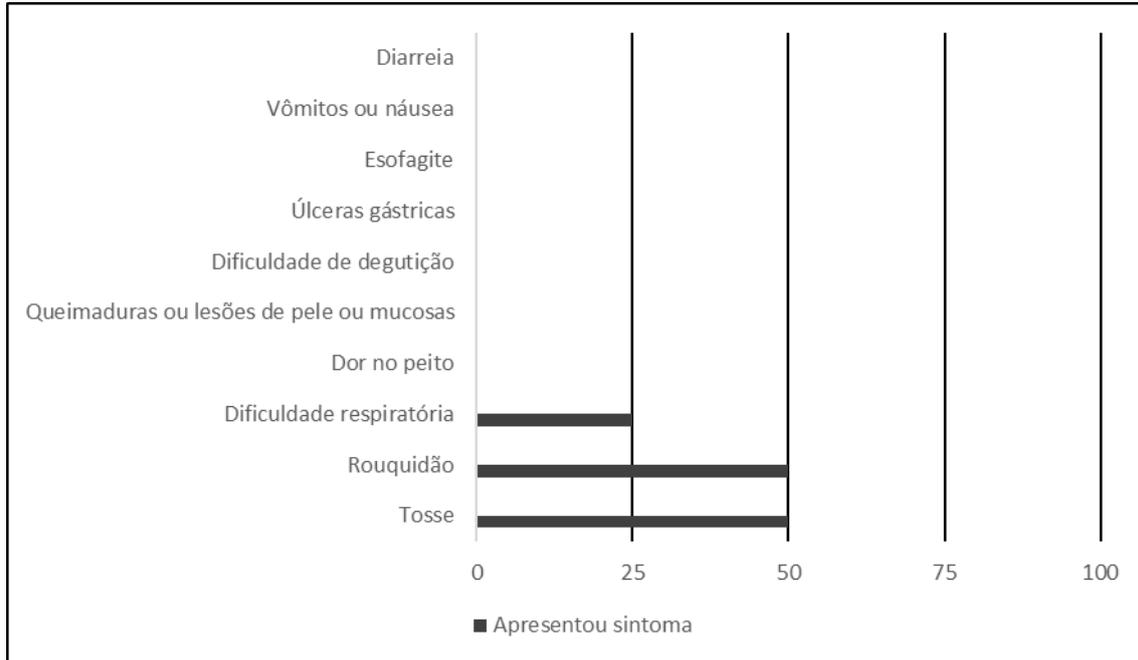
**Gráfico 2** – Consideração da periculosidade da atividade laboral, Utilização dos Equipamentos de Proteção Individual e Apresentação de sinais esintomas durante ou após o expediente de trabalho.



Fonte: Autoria própria, 2023.



**Gráfico 3** – Sintomatologia desencadeada durante ou após atividade laboral



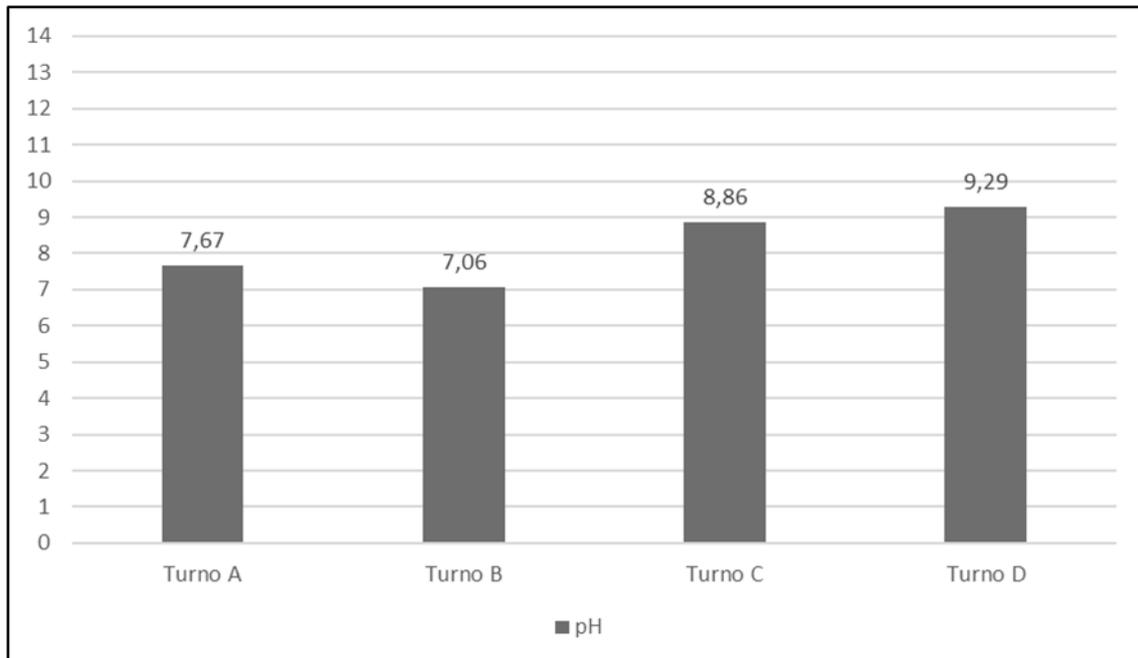
Fonte: Autoria própria.

A partir da análise descrita na metodologia de determinação de acidez e basicidade pelo método de titulação, não foi identificada concentração significativa nas quatro amostras testadas. Acredita-se que o analito (água de lavagem das vestimentas) não apresentou concentrações suficientes para atingir o limiar mínimo do método.

No entanto, quando submetidos ao pHmetro percebeu-se que as amostras apresentaram os seguintes resultados (Gráfico 4):



**Gráfico 4** – Valor de pH obtido nas amostras através do pHmetro



Fonte: Autoria própria, 2023.

## 4 DISCUSSÃO

A despeito da relevância, investigações da contaminação por hidróxido de sódio e ácido clorídrico em colaboradores de indústria de papel são escassas, fomentando o estudo, apesar do número amostral reduzido ( $n=4$ ).

Anteriormente à determinação química, buscou-se traçar o perfil dos trabalhadores expostos na indústria citada. Todos os participantes possuíam no mínimo doze meses de trabalho, o que se permite deduzir, que conheciam a periculosidade da atividade. Apesar do gráfico 1 indicar que todos os expostos possuíam ciência dos riscos assumidos, o gráfico 2 demonstra que 50% dos indivíduos entrevistados não consideravam sua função perigosa, demonstrando falsa sensação de confiança, talvez pela ausência de acidentes registrados (gráfico 1).

De acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (2008), deve-se lembrar que os perigos ocupacionais nas indústrias de papel e celulose estão relacionados não só aos poluentes gerados, mas também aos produtos químicos utilizados. Diante disso, é necessário se preocupar em combater os riscos ocupacionais inerentes ao recebimento, transferência e manuseio dessas



substâncias, não abrindo mão em hipótese nenhuma do uso de equipamentos de proteção individual (EPI) e coletiva (EPC).

Seguindo a legislação trabalhista, reforçada pela Norma regulamentadora nº 6, o empregador assume responsabilidades quanto à integridade física do empregado assim que o contrata. Neste passo, o empregador deve obedecer a todos os requisitos legais pertinentes à segurança e medicina do trabalho para não sofrer penalidades. Quando as medidas de prevenção de acidentes não são suficientes para a efetiva proteção dos empregados, se faz necessário o fornecimento dos equipamentos de proteção individual (EPI) pela empresa ao seu empregado (BRASIL, 2015).

Aos colaboradores indagou-se sobre os EPIs disponibilizados pela indústria para o trabalho com os produtos químicos, citou-se luvas, óculos de proteção específico, máscara com filtro de carbono, botas de borracha, aparelho auricular e conjunto impermeável. Entretanto, mesmo com a obrigatoriedade do uso, orientação pela empresa e riscos de medidas punitivas, como observado no gráfico 2, um pesquisado relatou não utilizar os EPIs fornecidos pela empresa. Observou-se que no dia da coleta, todos vestiram os EPIs, com tempo médio de paramentação de quinze minutos entre os quatro turnos coletados, podendo ser o tempo, uma das causas da não adesão ao uso de EPIs, além do desconforto ao utilizá-los, como descrito por Rossi et al (2017). Ressalta-se, que previamente a aplicação das ferramentas de pesquisa, a responsável pela empresa alertou aos entrevistados sobre a realização do estudo.

Os operários das indústrias de papel e celulose estão submetidos a um ambiente de trabalho que inclui a presença de vários produtos químicos que podem provocar efeitos adversos à saúde humana. De acordo com a CETESB (2008), na lista de poluentes, presentes nas emissões brutas de fábricas desse setor, estão os compostos como o ácido clorídrico e o hidróxido de sódio, temas deste trabalho.

Visando identificar possíveis contaminações, inquiriu-se os colaboradores sobre sinais e sintomas da absorção dérmica ou inalatória de hidróxido de sódio ou ácido clorídrico, reportados por Rodrigues (2018) citados no gráfico 3. Dois funcionários relataram o acometimento frequente por sintomas respiratórios como tosse, rouquidão e dispneia.

Estes resultados se aproximam do encontrado por Satar (2004) em internações após exposição ao hidróxido de sódio, acrescentados de ardência e queimação na



garganta. Stedtler e Hermanns-Clausen (2016) indicaram resultados similares em pacientes tratados após submissão a vapores do mesmo composto. Neste último caso, demonstrou-se irritação das vias respiratórias superiores, náuseas ou vômitos, tosse, irritação dos olhos, tontura, dispnéia, dor de cabeça e irritação nasal. Salienta-se que a sintomatologia indicada na pesquisa pode ter fundamentação em ações prejudiciais ao trato gastrointestinal alto, concordando com Chibishev et al. (2010), que estabeleceu alta frequência destes sintomas em intoxicações voluntárias ou involuntárias através das duas substâncias citadas na pesquisa.

Em casos de exposição aguda, a inalação de hidróxido de sódio (sob forma de aerosol) houve evidência do aparecimento de edema pulmonar, corrosão das mucosas, necrose brônquica e até a morte (CORSI et al., 2000; MAMEDE et al., 2000).

Após a aplicação das entrevistas, procedeu-se a determinação dos vestígios de hidróxido de sódio e ácido clorídrico nas vestimentas dos colaboradores. Conforme expresso no gráfico 4, apesar do método de titulação não sugerir concentração significativa de Hidróxido de Sódio ou Ácido Clorídrico, através do pHmetro, obteve-se indícios da presença de substância básica nas vestimentas utilizadas sob os equipamentos de proteção individual nos turnos C (8,86) e D (9,29), sugerindo a contaminação por hidróxido de sódio.

Este resultado implica na reflexão sobre a indispensabilidade dos equipamentos de proteção individual, trabalho de conscientização frequente e estreitamento das medidas de fiscalização.

## 5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, revelaram-se indícios da presença de substância básica nas vestimentas utilizadas sob os equipamentos de proteção individual nos trabalhadores expostos nos turnos C (8,86) e D (9,29), sugerindo a contaminação por hidróxido de sódio, confirmando a indispensabilidade do uso dos equipamentos de proteção individual para a minimização dos riscos.

Outro ponto do estudo que chamou atenção foi a necessidade de conscientização e implantação de medidas de fiscalização quanto ao uso correto e contínuo dos EPIs, escancarando a relevância da prática estratégica de



intervenções baseadas na realidade vivenciada no ambiente de trabalho e que sensibilizem os profissionais.

Destaca-se que o conhecimento oferecido aos trabalhadores é fundamental, contudo, não é suficiente para transformar as práticas de trabalho e prevenção de acidentes. É necessária a inserção destes no processo de avaliação e implementação das normas de biossegurança, implicando em mudanças de comportamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES, A; ROSA, H. Exposição ocupacional ao cobalto: aspectos toxicológicos. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*. 2003, v. 39, n. 2, pp. 129-139. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-93322003000200003>. Acesso em 20 de junho de 2023.
2. BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 06 – Equipamento de Proteção Individual – EPI. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2015
3. CAMPOS, D. S. Papéis e fibras curtas. Curso básico de fabricação de papel com ênfase nas propriedades dos papéis de fibra curta. 2010. Disponível em: [http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2010\\_Papel\\_FibraCurta\\_Eucalipto.pdf](http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2010_Papel_FibraCurta_Eucalipto.pdf). Acesso em: 20 de jun de 2023.
4. CHIBISHEV, A.; SIMONOVSKA, N.; SHIKOLE, A. Post-corrosive injuries of upper gastrointestinal tract. *Prilozi*, 2010; 31(1), 297–316
5. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. Guia Técnico Ambiental da Indústria de Papel e Celulose - Série P+L. São Paulo, 2008. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB.
6. Guia Técnico Ambiental da Indústria de Papel e Celulose - Série P+L. São Paulo, 2008.
7. CORSI, P. R. et al. Lesão aguda esôfago-gástrico causada por agente químico. *Revista Associação Médica do Brasil*. São Paulo, p. 98-105, 2000.
8. MALTA, D. C. et al. Acidentes de trabalho autorreferidos pela população adulta brasileira, segundo dados da Pesquisa Nacional de Saúde, 2013. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 22, n. 1, p. 169–178, jan. 2017.
9. MAMEDE, R. C. M.; MELLO F. F. V. Incidência e Diagnóstico da Ingestão de Cáustico. *Rev. Brasileira de Otorrinolaringologia*. 66. Parte 1, p. 208-213, 2000.



11. PROLAB - Materias para laboratórios. PHmetros e eletrodos. Manual Kasvi. São Paulo, 2014.
12. RODRIGUES, A.K.A. Indústrias de papel celulose: Riscos ambientais à saúde. UNILAB: Universidade da Integração Internacional Lusofonia Afro-Brasileira. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia). 2018
13. ROSSI, D. et al. A importância do uso de EPI para uma produção segura. In: COSTA, Francisco P.S.; LARIOS, Mario Roberto B.; KUNZ, Vanderlei Clarice (org.). Praticando uma engenharia mais segura: segurança do trabalho além da técnica. São Paulo: [s.n.], 2017.p 37-45.
14. SATAR, S; TOPAL, M.; KOZACI, N. Ingestion of caustic substances by adults. American J Of Therap. 2004;11:258–261.
15. STEDTLER, U.; CLAUSEN, M.H. Inhalation injury by chlorine generated by mixtures of hypochlorite [abstract]. Clin Toxicol (Phila). 2016;56:39.