



**SECRETARIA DE SEGURANÇA PÚBLICA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS – UEG
COORDENADORIA DE ENSINO
COORDENAÇÃO DE ENSINO PRESENCIAL E DE PÓS-GRADUAÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM ALTOS ESTUDOS EM SEGURANÇA PÚBLICA**

WELLINGTON HENRIQUE BARBOZA GUIMARÃES

**UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE BOWTIE COMO FERRAMENTA DE GESTÃO DE
RISCOS DE SAÚDE DECORRENTES DA EXPOSIÇÃO A AGENTES QUÍMICOS,
DURANTE A REALIZAÇÃO DE EXAMES QUÍMICO-METALOGRAFICOS**

GOIÂNIA-GO

2024



WELLINGTON HENRIQUE BARBOZA GUIMARÃES

UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE BOWTIE COMO FERRAMENTA DE GESTÃO DE RISCOS DE SAÚDE DECORRENTES DA EXPOSIÇÃO A AGENTES QUÍMICOS, DURANTE A REALIZAÇÃO DE EXAMES QUÍMICO-METALOGRAFÍCOS

Artigo científico apresentado como exigência para conclusão do Curso de Especialização em Altos Estudos em Segurança Pública (CAESP) realizado pela Secretaria de Estado da Segurança Pública de Goiás e pela Universidade Estadual de Goiás, sob a orientação da Prof^a. Ma. Bárbara Dumas Santos Silva.

GOIÂNIA-GO

2024

UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE BOWTIE COMO FERRAMENTA DE GESTÃO DE RISCOS DE SAÚDE DECORRENTES DA EXPOSIÇÃO A AGENTES QUÍMICOS, DURANTE A REALIZAÇÃO DE EXAMES QUÍMICO-METALOGRÁFICOS

APPLYING BOWTIE ANALYSIS AS A RISK MANAGEMENT TOOL FOR HEALTH RISKS FROM CHEMICAL EXPOSURE IN CHEMICAL-METALLOGRAPHIC EXAMINATIONS

Wellington Henrique Barboza Guimarães*
Barbara Dumas Santos Silva**

Resumo: O trabalho aborda o uso do método Bowtie para a gestão de riscos ocupacionais associados ao exame químico-metalográfico na superfície suporte de gravação do Número de Identificação Veicular (NIV). O problema central investigou se a ferramenta Bowtie se mostraria eficaz como ferramenta para gerenciar os riscos à saúde ocupacional dos peritos expostos aos agentes químicos durante a realização do exame. O estudo objetivou mapear os agentes químicos, identificar os riscos, propor barreiras preventivas e mitigadoras, e sugerir a padronização de procedimentos operacionais. Utilizou-se uma abordagem qualitativa, baseada em pesquisa bibliográfica, documental e de campo, conduzida no Laboratório de Identificação Veicular do Instituto de Criminalística Leonardo Rodrigues (LIV/ICLR). Os resultados obtidos evidenciaram deficiências na segurança ocupacional, incluindo a ausência de procedimentos operacionais padrão (POP), inadequação dos equipamentos de proteção individual (EPIs) e falta de treinamentos. A aplicação do método Bowtie organizou visualmente causas, consequências e barreiras de controle, permitindo analisar riscos e propor soluções. Como contribuição prática, foram elaborados um POP e recomendações para aquisição de EPIs específicos e implementação de treinamentos. O estudo concluiu que o Bowtie se mostrou uma ferramenta eficaz para a gestão de riscos no âmbito institucional e no contexto da realização dos exames químico-metalográficos, o que conseqüentemente pode promover mais segurança no ambiente de trabalho e contribuir para uma governança mais robusta.

Palavras-chave: Gestão de Riscos; Riscos Químicos; Segurança Ocupacional; Identificação Veicular; Análise Bowtie.

Abstract: This study investigates the use of the Bowtie method for the management of occupational risks associated with the chemical-metallographic examination on the surface recording of the Vehicle Identification Number (VIN). The central problem investigated whether the Bowtie tool would be effective as a tool to manage the occupational health risks of forensic experts exposed to chemical agents during examinations. The study aimed to map chemical agents, identify risks, propose preventive and mitigating barriers and suggest the

* Graduado em Biologia, modalidade Bacharelado (UCG-2008). Perito Criminal da Superintendência de Polícia Técnico-Científica de Goiás (SPTC-GO) desde 2010 e atuando no Laboratório de Identificação Veicular desde 2014. Coordenador do Laboratório de Identificação Veicular entre 2019 e 2020. Especializando em Altos Estudos em Segurança Pública (SSP-GO/UEG). E-mail: wellingtonhenr@gmail.com.

** Mestre em Biologia, com ênfase em Biologia Celular e Molecular, pelo Programa de Pós-graduação em Biologia da Universidade Federal de Goiás (UFG-2011). Graduada em Ciências Biológicas-Modalidade Licenciatura pela Universidade Estadual de Goiás (UEG-2008). Perita Criminal da Superintendência de Polícia Técnico Científica de Goiás (SPTC-GO) desde 2010. Orientadora do Curso de Especialização em Altos Estudos em Segurança Pública (SSP-GO/UEG). E-mail: dumas.barbara@gmail.com.

standardization of operational procedures. A qualitative approach was used, based on bibliographic, documentary, and field surveys conducted at the Laboratory of Vehicular Identification of the Institute of Criminalistics Leonardo Rodrigues. The results showed deficiencies in occupational safety, including the absence of standard operating procedures (SOPs), inadequacy of personal protective equipment (PPE), and lack of training. The application of Bowtie method visually organized causes, consequences and control barriers, allowing us to analyze risks and propose solutions. As a practical contribution, and recommendations for the acquisition of specific EPIs and implementation of training were developed. The study concluded that Bowtie proved to be an effective tool for risk management in the institutional framework and in the context of the chemical-metallographic, which consequently can promote more safety in the work environment and contribute to a more robust governance.

Keywords: Risk Management; Chemical Risks; Occupational Safety; Vehicle Identification; Bowtie Analysis.

1 INTRODUÇÃO

O crime de adulteração e clonagem de veículos no Brasil, especialmente no que diz respeito à adulteração do Número de Identificação Veicular (NIV), é um desafio significativo para a segurança pública. O NIV funciona como uma espécie de "identidade" do veículo e, quando alterado, permite que veículos ilegais circulem sem levantar suspeitas (Nunes; Guerson, 2021; Leiva, 2019). Diante desse cenário, o exame químico-metalográfico destaca-se como uma ferramenta essencial para revelar a numeração original gravada pela montadora (Quintela; Lionello Filho, 1998). No entanto, a realização desse exame envolve o uso de reagentes químicos que podem representar riscos significativos à saúde dos peritos criminais responsáveis pela análise (Ferreira et al., 2019), o que exige uma gestão de riscos eficiente e bem estruturada.

No Instituto de Criminalística Leonardo Rodrigues (ICLR) da Superintendência de Polícia Técnico-Científica de Goiás (SPTC-GO), os peritos criminais do Laboratório de Identificação Veicular (LIV) são responsáveis por realizar exames em veículos e componentes veiculares com sinais identificadores adulterados, utilizando o exame químico-metalográfico para recuperar a numeração original. Nesse ambiente, o contato frequente com substâncias químicas perigosas, como o cloreto cúprico, ácido clorídrico e cloreto férrico, presentes nos reagentes, aumenta o risco de exposição ocupacional. Esse risco está evidenciado no Programa de Gestão de Riscos (PGR) da SPTC-GO, que lista esses reagentes no inventário de perigos à saúde ocupacional (Goiás, 2023).

Com o aumento das adulterações de sinais identificadores de veículos (Nunes; Guerson, 2021), cresce também a exposição dos peritos a agentes químicos, já que a demanda por exames periciais segue a mesma tendência. Isso torna ainda mais urgente a necessidade de

medidas eficazes para gerenciar os riscos envolvidos nessa área. Como Peixoto e Ferreira (2012) aponta, agentes químicos podem causar diversos problemas de saúde, como irritações na pele, lesões oculares e respiratórias, além de efeitos mais graves e sistêmicos. Esses problemas surgem principalmente devido à natureza tóxica de muitos desses produtos e pela falta de proteção adequada durante o manuseio.

A gestão de riscos tem se consolidado como uma ferramenta indispensável em várias organizações. A norma ABNT NBR ISO 31000:2018 apresenta a gestão de riscos como um processo sistemático e estruturado que ajuda a tomar decisões e alcançar objetivos organizacionais. Esse processo envolve identificar, avaliar e tratar os riscos, buscando mantê-los em níveis aceitáveis para garantir a segurança de todos os envolvidos e a sustentabilidade das operações (Junqueira, 2021).

No setor público, a gestão de riscos também desempenha um papel crítico, promovendo o uso eficiente dos recursos e fortalecendo a governança. Instituir uma cultura de prevenção nas organizações públicas melhora o desempenho e mitiga possíveis impactos negativos, garantindo que os objetivos estratégicos sejam alcançados de forma mais segura e previsível (Brasil, 2018). Segundo Junqueira (2021), a ausência de um planejamento adequado e de uma cultura organizacional focada na gestão de riscos pode comprometer a eficácia do processo, sendo essencial o comprometimento tanto da alta gestão quanto de toda a equipe envolvida.

De acordo com o Referencial Básico de Gestão de Riscos do TCU (Brasil, 2018), adotar boas práticas de governança de riscos é essencial para enfrentar incertezas com mais segurança, garantindo alinhamento ético e normativo. A governança de riscos bem implementada aumenta a transparência e fortalece a confiança entre as partes interessadas, o que é vital para a sustentabilidade das instituições públicas.

Entre as metodologias disponíveis para gestão de riscos, destaca-se a análise Bowtie. Essa abordagem visual facilita a compreensão dos eventos críticos, das ameaças e das medidas de controle associadas. A Bowtie tem sido amplamente utilizada em diversos setores para mapear riscos e definir ações preventivas e mitigadoras de maneira clara e objetiva (Junqueira, 2021; Center for Chemical Process Safety, 2018).

O problema central desta pesquisa foi investigar se a ferramenta Bowtie pode ser utilizada como metodologia para gerenciar os riscos à saúde dos peritos expostos a agentes químicos durante a realização de exames químico-metalográficos no LIV/ICLR. Ao responder essa questão, espera-se não apenas contribuir para pesquisas relacionadas ao gerenciamento de

riscos e uso da ferramenta supracitada, mas também propor soluções que promovam um ambiente de trabalho mais seguro e saudável.

Este estudo teve como objetivo geral desenvolver uma proposta de gerenciamento de riscos à saúde relacionados à exposição a agentes químicos durante a realização de exames químicos metalográficos, utilizando a análise Bowtie, no contexto do LIV/ICLR. A pesquisa visou identificar os agentes químicos aos quais os peritos estão expostos durante a realização do exame químico-metalográfico na superfície suporte de gravação do NIV. Além disso, buscou-se identificar os riscos à saúde decorrentes dessa exposição e apresentar, de forma clara e visual, as causas, consequências e as medidas preventivas e de mitigação desses riscos. Outro ponto importante foi avaliar a viabilidade da padronização de procedimentos operacionais para a realização do exame químico-metalográfico em NIV de veículos, considerando as medidas propostas a partir da análise Bowtie.

A relevância do estudo é destacada pelo grande volume de perícias realizadas no LIV/ICLR. De acordo com o Sistema de Informações (ODIN) da SPTC-GO, em 2023, foram realizados 6.899 exames veiculares, muitos envolvendo reagentes químicos para recuperação de NIV adulterados. Esse número expressivo reflete a necessidade urgente de aprimorar o gerenciamento de riscos ocupacionais, garantindo a segurança dos peritos e reduzindo os impactos à saúde. Ainda que existam estudos amplos sobre gestão de riscos ocupacionais, não se identificou a realização de nenhuma pesquisa voltada ao objetivo principal desse projeto, o que justifica a relevância deste trabalho.

A metodologia adotada para a realização desta pesquisa foi dedutiva, fundamentada na abordagem hipotético-dedutiva. Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica e documental para identificar os principais agentes químicos utilizados no exame químico-metalográfico e seus riscos associados. Em seguida, foi conduzido estudo de campo no LIV/ICLR, aplicando-se a ferramenta Bowtie para mapear os eventos críticos, as ameaças e as barreiras de mitigação. A pesquisa teve uma abordagem qualitativa, buscando entender os processos de exposição e mitigação dos riscos no ambiente de trabalho.

Em suma, espera-se que este estudo contribua significativamente para melhorar as condições de trabalho dos peritos criminais, além de introduzir uma ferramenta de gestão de riscos inovadora no contexto institucional. A análise Bowtie pode ter o potencial de aumentar a segurança no ambiente de trabalho, promovendo maior conscientização sobre a importância de medidas preventivas e do uso adequado de equipamentos de proteção individual (EPIs), resultando em um ambiente mais seguro e equilibrado.

Este trabalho estará estruturado em cinco capítulos. No primeiro, desenvolvem-se a introdução, a problematização, os objetivos e a justificativa do estudo. No segundo, aborda-se o referencial teórico, que contém as bases teóricas que sustentam o processo investigatório. No terceiro, descreve-se a metodologia da pesquisa. No quarto, procede-se à apresentação e análise dos resultados. E encerrando, no quinto, formulam-se as considerações finais e gerenciais.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura apresenta os fundamentos teóricos e práticos que embasam este estudo, com foco nos conceitos centrais relacionados à identificação veicular, ao uso de reagentes químicos, aos riscos ocupacionais associados à exposição a essas substâncias e, finalmente, às estratégias de gestão de riscos. Esses tópicos fornecem a base necessária para compreender as implicações da aplicação da análise Bowtie no contexto dos exames químico-metalográficos.

2.1 Identificação veicular e exame químico-metalográfico: agentes químicos no cotidiano do perito criminal

A identificação veicular é uma perícia técnica que tem como objetivo examinar detalhadamente um veículo, analisando suas características para confirmar sua autenticidade ou identificar possíveis adulterações. Esse tipo de perícia é fundamental no combate ao crime de adulteração de veículos, que se caracteriza pela alteração fraudulenta das séries identificadoras (Gomes Júnior, 2008).

Um dos métodos utilizados para adulterar veículos é a regravação, que consiste na remoção parcial ou total dos caracteres alfanuméricos do Número de Identificação do Veículo (NIV) para gravar uma nova sequência. Essa adulteração pode ser realizada de forma bastante especializada, o que exige dos peritos constante aprimoramento para identificar tais fraudes (Gomes Júnior, 2008). Outros tipos de adulteração frequentemente observados incluem a remoção do NIV, recobrimento da área original, transplante ou implante, além da remontagem (Miranda; Oliveira, 2022).

Para identificar adulterações como a regravação, os peritos criminais frequentemente recorrem ao exame químico-metalográfico. Esse exame utiliza reagentes químicos específicos aplicados sobre a superfície metálica onde os caracteres originais foram removidos (Gomes Júnior, 2008; Pereira, 2017). Ao gravar os números originalmente, ocorrem deformações

plásticas e tensões residuais no metal. A aplicação do reagente químico provoca uma corrosão controlada nessas áreas, revelando os caracteres suprimidos (Pereira, 2017). Basicamente, a diferença na taxa de corrosão entre a área onde os números foram gravados e as regiões adjacentes cria um contraste que permite visualizar a gravação original (Leiva, 2019).

Um reagente frequentemente utilizado para recuperar números de chassi em aço é o reagente de Fry, conhecido por sua eficácia, baixo custo e facilidade de aplicação (Leiva, 2019; Pereira, 2022). Segundo diversos autores (Ferreira; Pinto; Nunes, 2019; Leiva, 2019; Lima, 2017; Pereira, 2017; Pereira, 2022) a composição química do Fry é:

- 90g de cloreto de cobre II (CuCl_2);
- 120ml de ácido clorídrico (HCl);
- 100ml de água destilada (H_2O).

Antes de aplicar o reagente, é necessário preparar adequadamente a superfície da peça metálica a ser analisada. Isso inclui uma limpeza cuidadosa para remover qualquer sujeira ou substância que possa interferir no reagente e prejudicar a revelação da gravação. Os autores Gomes Júnior (2008) e Miranda e Oliveira (2022) recomendam a utilização de solventes como acetona ou thinner para essa finalidade. O thinner é um solvente composto por acetato de etila, tolueno e álcool anidro (Miranda; Oliveira, 2022).

2.2 Riscos Químicos e vias de contaminação principais

Os riscos químicos estão associados a substâncias, compostos ou produtos que podem entrar no organismo, seja por exposição prolongada ou de forma acidental. O contato com essas substâncias pode gerar uma variedade de consequências, que vão desde irritações leves até doenças graves, como câncer, mutações genéticas e problemas sistêmicos (Mattos; Másculo, 2011).

As substâncias químicas podem ser absorvidas pelo corpo de diferentes formas, sendo as principais vias a ingestão, a inalação e o contato direto, especialmente por meio da pele e dos olhos. No ambiente de trabalho, as vias de exposição mais frequentes são a pele e o sistema respiratório (Mattos; Másculo, 2011). De acordo com Colacioppo (2020), o contato da pele com produtos químicos pode desencadear dois tipos de efeitos principais: a ação tóxica local e a ação tóxica sistêmica. A ação local envolve reações como irritações leves ou, em casos mais graves, ferimentos provocados pela corrosão. Já a ação sistêmica ocorre quando a substância atravessa a pele e entra na corrente sanguínea, podendo causar danos em órgãos internos, mesmo sem necessariamente afetar significativamente a pele.

A penetração e o efeito de substâncias químicas na pele dependem de diversos fatores, como suas características físico-químicas, a área e o tempo de exposição, a integridade da pele e até condições ambientais, como a temperatura. Além disso, fatores como lesões na pele ou a interação com outros agentes químicos podem amplificar os riscos de absorção (Colacioppo, 2020).

A via respiratória, no entanto, é considerada a mais preocupante no que diz respeito à absorção de substâncias químicas no organismo. Colacioppo (2020) destaca três razões principais para isso:

a) Menor número de barreiras: diferente das vias digestiva e cutânea, que apresentam obstáculos para a entrada de substâncias no corpo, a via respiratória permite que gases, vapores e partículas entrem diretamente na corrente sanguínea, sendo rapidamente distribuídos pelos órgãos.

b) Maior exposição: um grande número de substâncias pode estar disperso no ar do ambiente de trabalho, enquanto apenas um grupo restrito de substâncias penetra pelas vias cutânea ou digestiva.

c) Dificuldade de controle: há maior dificuldade em controlar as concentrações de agentes químicos no ar e em garantir a eficácia da proteção respiratória individual.

A gestão eficaz dos riscos químicos envolve a identificação, avaliação e controle desses agentes para proteger a saúde dos trabalhadores. Esse processo inclui desde a implementação de controles de engenharia e administrativos, bem como o uso de EPIs, até a substituição de substâncias perigosas em uso (Schulte et al., 2013).

Outro ponto fundamental é a capacitação dos trabalhadores. Promover treinamentos específicos ajuda a conscientizar sobre os riscos e a garantir o uso correto de medidas de proteção (Mattos; Másculo, 2011).

2.3 Avaliação e gerenciamento de risco no ambiente de trabalho

A avaliação de risco consiste em estimar a extensão de um risco que pode impactar um indivíduo, um grupo, a sociedade ou o meio ambiente. A partir dessa análise, é possível determinar se o risco é ou não aceitável (Fundacentro, 2008).

No contexto da higiene ocupacional - ciência que se dedica ao reconhecimento, avaliação e controle dos riscos ambientais presentes nos locais de trabalho - o gerenciamento das exposições ocupacionais é realizado por meio de ações de antecipação ou previsão de riscos, reconhecimento de riscos existentes, avaliação de riscos existentes e controle da exposição

ocupacional (Colacioppo, 2020; Mattos; Másculo, 2011; Peixoto; Ferreira, 2012; Van der Haar; Goelzer, 2011).

A antecipação de riscos tem como objetivo identificar riscos potenciais à saúde decorrentes dos processos de trabalho e adotar medidas preventivas desde as fases de planejamento e projeto. Isso pode ser feito, por exemplo, pela escolha de tecnologias mais seguras e pela incorporação antecipada de medidas de controle (Van der Haar; Goelzer, 2011).

Já o reconhecimento tem como objetivo identificar fatores de risco, reais ou potenciais, nos ambientes de trabalho. Para isso, é necessário compreender os processos envolvidos, incluindo as matérias-primas, produtos e subprodutos, além dos efeitos adversos que esses agentes e fatores podem causar nos trabalhadores. Esse reconhecimento envolve visitas aos locais de trabalho, onde as condições de exposição são observadas de perto, além da coleta de informações diretamente dos trabalhadores e gestores (Van der Haar; Goelzer, 2011).

A avaliação de riscos, por sua vez, busca confirmar a presença dos riscos, caso haja dúvidas, e determinar a extensão ou gravidade desses riscos. Ela pode ser feita de forma qualitativa, semiquantitativa ou quantitativa. As avaliações qualitativas baseiam-se em observações, experiências anteriores ou modelos teóricos, enquanto as quantitativas comparam medições reais com limites de exposição estabelecidos legalmente ou por recomendações técnicas (Van der Haar; Goelzer, 2011).

Segundo Peixoto e Ferreira (2012) as medidas de controle visam selecionar métodos, ações e procedimentos para eliminar, neutralizar ou reduzir os riscos ambientais a níveis aceitáveis, de modo a preservar a saúde, o bem-estar e o conforto dos trabalhadores. Essas medidas podem ser aplicadas tanto no ambiente de trabalho quanto diretamente ao trabalhador. A ordem de prioridade para sua implementação é a seguinte:

a) Controle na fonte: é a maneira mais eficaz e que deve ser a primeira opção. Envolve a substituição de materiais e produtos ou a execução de manutenção, troca ou modificação de processos e equipamentos.

b) Controle na trajetória do risco: caso o controle na fonte não seja viável, a segunda opção é usar barreiras que impeçam a transmissão do agente de risco, como barreiras isolantes, sistemas de exaustão e outros.

c) Controle no receptor (trabalhador): se as duas primeiras opções forem inviáveis ou em situações emergenciais, deve-se aplicar medidas voltadas diretamente ao trabalhador, como treinamento, uso de EPIs, limitação de exposição e rodízio de tarefas.

A questão da salubridade nos ambientes de trabalho está para além dos problemas de gestão de risco, devendo ser encarada também na perspectiva da promoção de saúde, de forma

globalizante e integradora e refletindo os diversos elementos envolvidos na problemática, desde o modelo organizacional e seu nível de desenvolvimento (socioeconômico e cultural), até as práticas dominantes do serviço e a atuação de seus executores (Uva; Faria, 2000).

2.4 Análise Bowtie

A metodologia Bowtie de avaliação de riscos recebeu esse nome devido ao formato característico do diagrama que se assemelha a uma gravata borboleta. Sua principal vantagem está na capacidade de transmitir informações complexas em um formato simples e visualmente acessível. Essa combinação tornou o Bowtie um dos métodos de análise de risco mais amplamente utilizados e reconhecidos, independentemente do tipo, tamanho ou complexidade da aplicação (Fiorentini, 2021).

Por meio de um recurso gráfico, é possível visualizar todo o panorama de um evento indesejado, desde suas causas até suas possíveis consequências. Isso facilita tanto a prevenção de riscos específicos quanto a tomada de decisões mais estratégicas caso o evento venha a ocorrer (Ferreira, 2021).

O método Bowtie começou a ganhar popularidade no início dos anos 1990, após o acidente na plataforma Piper Alpha, no Mar do Norte, em 6 de julho de 1988, que resultou na morte de 167 pessoas. Esse acidente levou o *Royal Dutch/Shell Group* a desenvolver uma técnica para aprimorar a gestão de atividades de análise de risco. A partir daí, a aplicação do Bowtie se expandiu rapidamente para outras empresas e setores (Fiorentini, 2021).

No contexto dessa metodologia, o conceito de "perigo" se refere a qualquer situação, condição ou elemento que tem o potencial de causar danos, perdas ou consequências indesejadas. Em outras palavras, um perigo é uma fonte de risco que pode levar a um evento indesejado, que é o foco central do diagrama Bowtie (Center for Chemical Process Safety, 2018).

A construção de um diagrama Bowtie começa pela definição do evento principal, ou seja, o risco que se deseja evitar. Esse evento é colocado no centro do diagrama e orienta a construção de toda a sua estrutura. Um evento principal pode ser desencadeado por uma ou várias ameaças, que são posicionadas à esquerda do evento no diagrama. Já as consequências, que podem surgir a partir do evento principal, são dispostas à direita (Ferreira, 2021).

Uma vez definido o evento principal, o próximo passo é identificar as barreiras preventivas, que têm como objetivo impedir que as ameaças se concretizem. Essas barreiras são posicionadas no lado esquerdo do diagrama. Do lado direito, encontram-se as barreiras

protetoras, que são responsáveis por mitigar ou evitar as consequências indesejadas após o evento principal ocorrer (Ferreira, 2021).

O grande diferencial do diagrama Bowtie é sua simplicidade e clareza. Ele permite que todas as partes interessadas, independentemente do nível hierárquico ou área de atuação, entendam os principais perigos e as medidas de controle associadas. Essa característica promove uma comunicação mais eficaz dentro das organizações e ajuda na implementação das medidas de segurança de forma mais assertiva. Embora o método Bowtie seja predominantemente qualitativo, ele pode ser complementado por análises quantitativas sempre que necessário, ampliando ainda mais sua aplicabilidade (Saud; Israni; Goddard, 2014).

3 METODOLOGIA

Abaixo, são descritos detalhadamente os procedimentos específicos adotados para atingir os objetivos desta pesquisa.

3.1 Caracterização da pesquisa

Este estudo utiliza o método de raciocínio dedutivo, que parte de premissas gerais para chegar a conclusões específicas. De acordo com Silva e Menezes (2005), o método dedutivo é caracterizado pela análise do geral para o particular, permitindo conclusões a partir de observações práticas no ambiente real, como as condições de exposição a agentes químicos. A partir dessas observações, é possível chegar a conclusões mais amplas sobre os riscos e as medidas de controle necessárias.

A pesquisa é de natureza aplicada, com o objetivo de solucionar problemas específicos relacionados à gestão de riscos ocupacionais em exames químico-metalográficos. O caráter aplicado deste estudo possibilita a geração de conhecimentos voltados para aplicação prática, orientados à resolução de problemas reais. Nesse contexto, a aplicação da metodologia Bowtie é direcionada à identificação de riscos químicos e à proposição de medidas de gerenciamento que contribuam diretamente para a segurança ocupacional.

Com uma abordagem qualitativa, este estudo busca interpretar e compreender os riscos associados aos agentes químicos. A natureza qualitativa é ideal para explorar a complexidade e as interações dos riscos sem se restringir a medições quantitativas (Minayo, 2007).

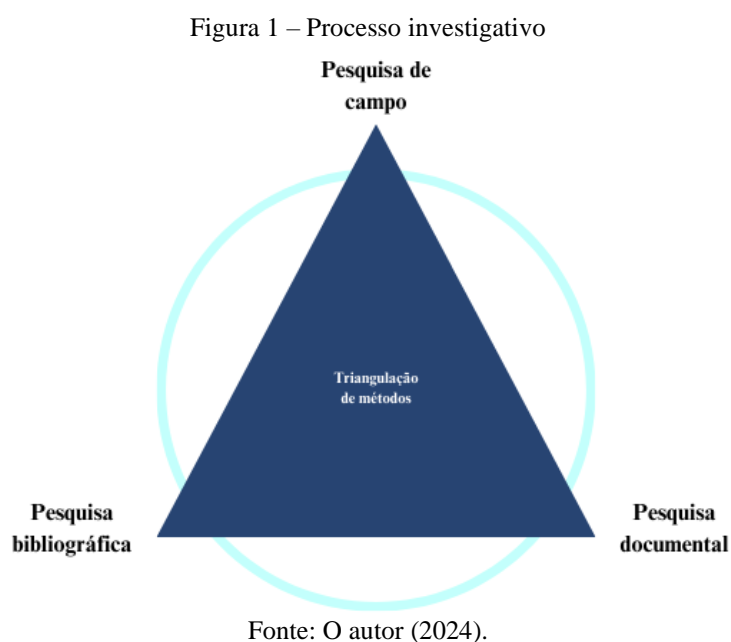
Para alcançar os objetivos propostos, adota-se um modelo de pesquisa exploratória, conforme descrito por Gil (2008), adequado para o entendimento de fenômenos ainda pouco

estudados, como a aplicação da metodologia Bowtie na gestão de riscos químicos enfrentados pelos peritos do Laboratório de Identificação Veicular (LIV) do Instituto de Criminalística Leonardo Rodrigues (ICLR).

A realização da pesquisa recebeu autorização da Superintendência de Polícia Técnico-Científica de Goiás, conforme documentado no evento SEI nº 202400016033867 (Anexo A).

3.2 Coleta de dados

Para o levantamento de dados e informações necessários, este estudo adotou uma abordagem que combinou pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e pesquisa de campo, realizada no ambiente real de atuação do autor. Dessa forma, o processo investigativo foi estruturado em uma abordagem triangular (Figura 1), integrando diferentes fontes de informação para proporcionar uma análise mais completa e detalhada.



A pesquisa bibliográfica incluiu uma ampla análise de fontes como livros, artigos de periódicos e sítios da internet, priorizando plataformas como Google Acadêmico®, SciELO Brasil e Periódicos CAPES. Conforme Gil (2008), o levantamento bibliográfico é fundamental para uma análise abrangente dos fenômenos estudados. Já a pesquisa documental incluiu a análise das Fichas de Informação de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) dos reagentes utilizados nos exames metalográficos e o inventário de perigos e avaliação de riscos elaborados pelo SESMT, conforme descrito no Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR) do LIV/ICLR. Esses documentos foram examinados de forma crítica, com o objetivo de identificar

os perigos relacionados e os procedimentos de segurança recomendados, cruzando essas informações com as práticas observadas no laboratório. Gil (2002) destaca que a análise de documentos é uma ferramenta importante para obter informações detalhadas sobre o objeto de estudo.

Por meio de pesquisa de campo, que envolveu a observação direta dos exames químico-metalográficos realizados pelos peritos criminais do LIV/ICLR, continuou-se a condução do levantamento de dados. Essa abordagem permitiu identificar, na prática, os agentes químicos utilizados e as condições nas quais os exames são executados. As observações foram realizadas ao longo de quatro semanas, com visitas semanais de 12 horas, correspondendo à escala de trabalho do autor.

A pesquisa foi caracterizada pela investigação da execução dos exames químico-metalográficos, abrangendo os seguintes aspectos: detalhamento das práticas de realização dos exames a partir da atuação do autor da pesquisa (perito criminal lotado no LIV há 10 anos), catalogação dos reagentes químicos utilizados, descrição dos ambientes onde os exames ocorrem com mais frequência, levantamento dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) disponíveis e verificação da existência de cópias de Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) adotados. Conforme Gil (2002), a pesquisa de campo é fundamental quando se busca captar as características de um fenômeno tal como ele ocorre na realidade, permitindo ao pesquisador observar de forma direta os fatos.

3.3 Seleção dos locais e identificação dos perigos

O levantamento de dados foi realizado nas dependências da Delegacia Estadual de Repressão a Furtos e Roubos de Veículos Automotores (DERFRVA), que inclui tanto a sala administrativa quanto o pátio. Esses locais foram escolhidos por serem os ambientes onde os peritos criminais do LIV executam suas atividades rotineiramente e, conseqüentemente, onde estão mais expostos aos agentes químicos durante os exames químico-metalográficos.

Após a definição do local de estudo, o levantamento concentrou-se na identificação dos agentes químicos aos quais os peritos criminais estão expostos durante a realização dos exames químico-metalográficos, dos EPIs disponíveis e dos POPs em utilização no LIV. Com essas informações, foi realizado o levantamento dos perigos com base nas FISPQs de cada substância, as quais também permitiram identificar os EPIs recomendados e as medidas de primeiros socorros necessárias. Esses dados foram essenciais para mapear os perigos e direcionar as ações de mitigação de riscos.

3.4 Aplicação da metodologia Bowtie

Com o objetivo de estruturar e propor um modelo de gerenciamento de riscos associados à realização de exames químico-metalográficos no LIV/ICLR, a metodologia Bowtie foi aplicada.

A aplicação da análise Bowtie foi baseada nos dados obtidos nas etapas de pesquisa documental e de campo, o que possibilitou mapear os agentes químicos utilizados pelos peritos criminais e identificar qualitativamente os perigos associados a esses agentes.

Para o estudo, considerando o exame químico-metalográfico como fonte de risco, foi inicialmente selecionado um evento topo. Com o evento definido, realizou-se o levantamento das possíveis ameaças que poderiam levar ao evento indesejado, seguido da identificação das consequências caso o evento ocorra. Em seguida, foram identificadas barreiras de controle para as ameaças apontadas, bem como barreiras de mitigação para reduzir as consequências identificadas.

Para elaboração dos diagramas Bowtie, utilizou-se o software BowTieXP[®], versão 10.2.1.0, da CGE *Risk Management Solutions*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Concluída a etapa de descrição dos procedimentos metodológicos, segue-se à apresentação e a análise dos resultados obtidos durante a pesquisa documental e de campo, e ainda a aplicação da ferramenta Bowtie a partir dos dados levantados.

4.1 Do ambiente de trabalho

Por meio das observações realizadas na pesquisa de campo e da experiência prática do autor como perito criminal atuante no LIV/ICLR, foi possível apresentar os detalhes, características e modelo de funcionamento do ambiente de trabalho dos peritos criminais deste laboratório.

Os Peritos Criminais do LIV/ICLR são responsáveis pela realização de exames periciais em veículos e componentes veiculares, atendendo a requisições de várias delegacias do estado de Goiás. A equipe do laboratório atualmente é composta por 10 peritos criminais, sendo um coordenador e os demais responsáveis pela execução dos exames, em regime de plantão.

Os exames periciais são realizados regularmente nas dependências da Delegacia Estadual de Repressão a Furtos e Roubos de Veículos Automotores (DERFRVA) e, mediante agendamento, em várias outras delegacias distribuídas pelo estado de Goiás. A DERFRVA está situada no complexo de delegacias especializadas de Goiânia, que abriga também outras unidades importantes, como a Delegacia Estadual de Capturas (DECAP), a Delegacia Estadual de Investigações Criminais (DEIC), a Delegacia Estadual de Repressão a Narcóticos (DENARC) e a Delegacia Estadual de Investigações de Homicídios (DIH). Ao lado desse complexo, encontra-se a Central de Flagrantes e Pronto Atendimento ao Cidadão de Goiânia (CGF).

Na DERFRVA, os peritos desempenham suas atividades em dois ambientes principais. Um deles é destinado à realização dos exames periciais, enquanto o outro é utilizado prioritariamente para tarefas administrativas e para o armazenamento de ferramentas e EPIs. O pátio da delegacia conta com uma tenda de lona que cobre uma área de aproximadamente 144 m² e funciona como o principal espaço para a realização das perícias nos veículos apresentados (Figura 2). Além disso, quando necessário, as perícias podem ser realizadas em outras delegacias do complexo e na CGF, geralmente ao ar livre. A execução dos exames no pátio da DERFRVA ou em locais abertos em outras delegacias assegura que os exames químico-metalográficos sejam conduzidos em ambientes ventilados, o que é essencial para minimizar a exposição dos peritos aos vapores liberados pelos reagentes químicos. Segundo Vieira, Santos e Martins (2008), os vapores liberados pelo uso de reagentes químicos podem saturar a atmosfera dos ambientes, especialmente em locais com sistemas de ventilação inadequados. Quando associados à ausência de equipamentos de proteção respiratória, esses vapores podem causar problemas respiratórios graves.

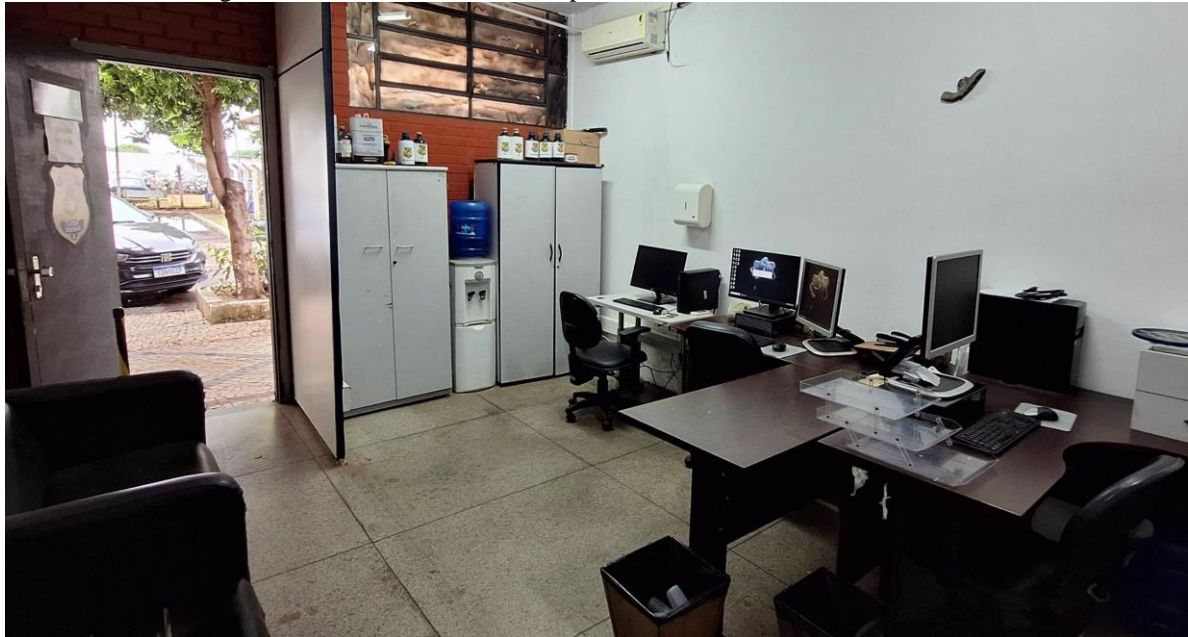
Figura 2 – Tenda onde são realizadas perícias



Fonte: O autor (2024).

No ambiente da sala da DERFRVA, destinada às atividades administrativas - equipada com três mesas, computadores, bancos e armários (Figura 3) -, observou-se que, sobre os armários, estavam presentes duas latas de 5 litros de thinner, uma lata de removedor pastoso e sete frascos de vidro âmbar, todos etiquetados com o brasão da Polícia Científica de Goiás, nome do reagente, data de fabricação e a inscrição LIV/ICLR (Figura 4). Dentre os frascos, três (dois vazios e um cheio) estavam identificados como “FRY” e quatro (dois cheios, um com aproximadamente 100 ml e dois vazios) estavam rotulados como “MURIÁTICO”.

Figura 3 – Sala administrativa dos peritos criminais do LIV na DERFRVA



Fonte: O autor (2024).

Figura 4 – Agentes químicos armazenados na sala dos peritos na DERFRVA



Fonte: O autor (2024).

Sob os bancos, encontravam-se maletas individuais destinadas ao armazenamento de instrumentos de uso frequente pelos peritos criminais. Essas maletas continham itens como algodão, espátula, lixa, chave de parafusos e garrafas plásticas sem identificação, que armazenavam líquidos diversos, incluindo agentes químicos como Fry, thinner e ácido muriático (Figura 5).

Figura 5 – Maleta e seu conteúdo



Fonte: O autor (2024).

A ausência de rotulagem adequada nas garrafas plásticas chamou atenção, especialmente porque muitos destes frascos eram reutilizados de embalagens originalmente destinadas a água ou refrigerante. Essa prática representa um risco significativo, considerando que a identificação clara de produtos químicos é essencial para prevenir acidentes e proteger a saúde dos trabalhadores. Conforme destaca Ribeiro, Pedreira Filho e Riederer (2007), a rotulagem apropriada é indispensável para informar os usuários sobre os perigos envolvidos, sendo uma medida básica de segurança no manuseio de substâncias potencialmente perigosas. A ausência dessa identificação pode levar à exposição inadvertida e aumentar consideravelmente o risco de acidentes no ambiente de trabalho.

Quanto aos EPIs, foi constatada a presença de equipamentos nos armários da sala administrativa, incluindo óculos de segurança, aventais descartáveis de manga longa

confeccionados em TNT (tecido não tecido), luvas nitrílicas para procedimentos gerais e luvas cirúrgicas de látex de borracha natural (Figura 6).

Figura 5 – EPIs disponíveis na sala administrativa dos



Fonte: O autor (2024).

Atualmente, de acordo com as cópias controladas armazenadas fisicamente em uma das gavetas da sala do LIV na DERFRVA, o laboratório não possui um POP específico para a realização do exame químico-metalográfico. Os únicos POPs disponíveis e validados são aqueles voltados para a Cadeia de Custódia de Placas e Componentes Veiculares, e para a Cadeia de Custódia de Veículos e Componentes Veiculares Examinados *In Loco*. Essas cópias controladas têm como objetivo garantir que as informações oficiais e atualizadas dos POPs estejam acessíveis aos servidores que as utilizam no desempenho de suas funções.

4.2 Identificação dos agentes químicos, perigos relacionados e EPIs necessários

No âmbito do Laboratório de Identificação Veicular (LIV), durante a realização dos exames químico-metalográficos em NIV de veículos, identificou-se o uso dos seguintes agentes químicos com potencial risco à saúde dos peritos criminais: removedor pastoso, thinner e o reagente Fry. Esse último é formulado a partir de cloreto de cobre II (CuCl_2) e ácido clorídrico (HCl).

Em relação à aplicação desses produtos, o thinner e o removedor pastoso são utilizados para a limpeza da superfície metálica onde o NIV está gravado, preparando-a para o exame químico-metalográfico com o uso do Reagente Fry.

A análise realizada com base nas Fichas de Informação de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) de cada substância permitiu uma compreensão abrangente dos riscos associados. Os Quadros 1, 2, 3 e 4 apresentam uma síntese desses perigos, incluindo as medidas de primeiros socorros e os EPIs recomendados.

Quadro 1 – FISPQ do removedor pastoso

Seção	Descrição
Identificação de Perigos	Corrosão/irritação à pele. Toxicidade aguda, inalação. Toxicidade aguda, dérmico. Toxicidade à reprodução (suspeita-se que prejudique a fertilidade ou o feto). Toxicidade para órgãos-alvo específicos – exposição única. Causa danos aos órgãos respiratórios, ao sistema nervoso, ao sistema hematopoiético e ao fígado através da exposição prolongada. Pode provocar câncer. Provoca irritação ocular grave. Pode provocar sonolência ou vertigem.
Medidas de Primeiros Socorros	Inalação: Remova a vítima para local fresco e ventilado e a mantenha em repouso numa posição que não dificulte a respiração. Se não respirar providencie respiração artificial. Caso haja dificuldade para respirar, deve-se administrar oxigênio sob supervisão de uma pessoa qualificada. Contato com a pele: Remova as roupas contaminadas. Lave com água corrente em grande quantidade por pelo menos 15 minutos. Lave as roupas e calçados contaminados antes de reutilizá-los. Contato com os olhos: O atendimento imediato é fundamental. Lave com água corrente em abundância, mantendo as pálpebras abertas, por pelo menos 15 minutos. Se a vítima estiver usando lentes de contatos, remova-as.
Proteção Individual	Proteção dos olhos/face: Óculos de segurança de ampla visão. Proteção da pele e do corpo: Luvas de Neoprene ou resistentes a solventes. Avental ou macacão impermeável, sapatos de segurança ou outros de acordo com as condições de trabalho. Proteção respiratória: Quando houver necessidade de proteção respiratória para algumas operações, utilize máscara com filtro químico para proteção de vapores orgânicos.

Fonte: Adaptado de Maxi Rubber Indústrias Químicas Ltda (2018).

Quadro 2 – FISPQ do Cloreto de Cobre (II) (CuCl₂)

Seção	Descrição
Identificação de Perigos	Toxicidade dérmica aguda. Provoca irritação à pele. Provoca lesões oculares graves.
Medidas de Primeiros Socorros	Inalação: Remover para local ventilado, buscar atenção médica imediata. Contato com a pele: Enxaguar a pele com água. Consultar um médico. Contato com os olhos: Enxaguar com água em abundância por, no mínimo, 15 minutos.
Proteção Individual	Proteção respiratória: Máscara contra vapores. Proteção das mãos: Luvas resistentes a produtos químicos (borracha de nitrilo com espessura mínima de capa de 0,11mm). Proteção da pele e do corpo: Roupas protetoras (Avental de segurança). Proteção ocular: Óculos de segurança química.

Fonte: Adaptado de Neon Comercial Reagentes Analíticos Ltda (2023).

Quadro 3 – FISPQ do ácido clorídrico (HCl)

Seção	Descrição
Identificação de Perigos	Provoca lesões oculares graves. Toxicidade sistêmica de órgão-alvo específico - exposição única. Provoca queimadura severa à pele. Pode provocar irritação das vias respiratórias.
Medidas de Primeiros Socorros	Inalação: Se a vítima estiver respirando, leve-a para o ar fresco. Se a vítima não estiver respirando, aplique respiração artificial. Chamar imediatamente um médico. Contato com a pele: Em caso de contato, lavar a pele imediatamente com sabão e água em abundância. Consultar um médico. Contato com os olhos: Em caso de contato com os olhos, lavar com água em abundância por, no mínimo, 15 minutos. Separar as pálpebras com os dedos para garantir uma lavagem adequada. Chamar um oftalmologista.
Proteção Individual	Proteção respiratória: Necessária em caso de formação de vapores e ou aerossóis. Filtro P1 Proteção dos olhos: Necessária, como óculos de segurança química. Proteção das mãos: Luvas compatíveis resistentes a produtos químicos. Aconselha-se a utilização do material borracha de nitrilo com espessura mínima de capa de 0,11mm. Proteção da pele e do corpo: Roupas protetoras (Avental de segurança).

Fonte: Adaptado de Neon Comercial Reagentes Analíticos Ltda (2023).

Quadro 4 – FISPQ do thinner

Seção	Descrição
Identificação de Perigos	Provoca lesões e irritação ocular grave, lacrimejamento e vermelhidão. Corrosão / Irritação à pele. Mutagenicidade em células germinativas. Toxicidade à reprodução. Toxicidade para órgãos-alvo específicos – Exposição única. Toxicidade para órgãos-alvo específicos – Exposição repetida. Pode provocar irritação das vias respiratórias, provocando tosse e dor de garganta. Pode causar efeitos narcóticos como tontura, confusão mental, perda de consciência e sonolência. Pode prejudicar a fertilidade ou o feto. Provoca danos ao sistema nervoso central, fígado e rins por exposição repetida ou prolongada. A exposição repetida ou prolongada pode causar danos ao sistema nervoso provocando dor de cabeça, náusea, irritabilidade, perda de memória, distúrbios do sono, distúrbios visuais.
Medidas de Primeiros Socorros	Inalação: Remover a vítima para local arejado. Se a vítima não estiver respirando, aplicar técnica de respiração artificial. Procurar assistência médica imediatamente. Contato com a pele: Retirar roupas contaminadas. Lavar a pele com água em abundância e sabão, por pelo menos 20 minutos, preferencialmente sob chuveiro de emergência. Procurar assistência médica imediatamente. Contato com os olhos: Lavar os olhos com água em abundância, por pelo menos 20 minutos, ou até que não se perceba mais sensação de irritação, mantendo as pálpebras separadas. Se a pessoa estiver usando lentes, removê-las. Procurar assistência médica imediatamente.
Proteção Individual	Proteção respiratória: Máscara com filtro químico contra gases. Proteção para as mãos: Luvas de Neoprene, borracha nitrílica, PVA ou PVC. Proteção para os olhos: Óculos de proteção ou máscara panorâmica contra borrifos químicos. Não se recomenda o uso de lente de contato quando se trabalha com este produto.

Fonte: Adaptado de Thinsol Química Indústria e Comércio LTDA (2023).

A análise das FISPQs revelou que os agentes químicos utilizados no LIV apresentam riscos ocupacionais consideráveis, especialmente devido às suas propriedades corrosivas e tóxicas. A exposição a esses produtos pode causar uma série de efeitos adversos, como irritação severa na pele e nos olhos, lesões oculares graves e toxicidade aguda ou sistêmica. Entre os danos potenciais, inclui-se prejuízos ao sistema respiratório, sistema nervoso central, fígado e

rins, especialmente em casos de exposição prolongada ou repetida. Além disso, esses agentes também podem causar sonolência, vertigens e, em altas concentrações, perda de consciência.

As FISPQ após analisadas ainda contribuíram para a análise de dois aspectos relacionados à prevenção de risco ocupacional, decorrente da exposição à agentes químicos: (1) o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e (2) a necessidade de aquisição e instalação de equipamentos necessários à efetivação de medidas de primeiros socorros.

Para garantir a segurança dos peritos que trabalham no LIV/ICLR, é fundamental o uso dos EPIs recomendados nas FISPQs. Esses incluem óculos de ampla visão ou máscaras panorâmicas para proteção ocular, máscaras respiratórias com filtros para vapores orgânicos e ácidos, luvas resistentes a produtos químicos e aventais impermeáveis.

Já para os casos de exposição acidental aos agentes químicos utilizados no LIV, as FISPQs trazem como medidas de primeiros socorros recomendadas para minimizar os danos à saúde dos profissionais:

a) Inalação de vapores: deve-se levar o trabalhador imediatamente para um local fresco e bem ventilado, garantindo suporte para respiração artificial, se necessário, e buscando assistência médica urgente em casos mais graves.

b) Contato com a pele: é fundamental que o local de trabalho disponha de lavatórios com água corrente, chuveiros de emergência e sabão adequado. Recomenda-se também avaliação médica para identificar possíveis danos à saúde.

c) Exposição ocular: deve-se disponibilizar lava-olhos e assegurar condições de atendimento médico oftalmológico imediato.

4.3 Especificação e Adequação dos EPIs Utilizados no LIV

A adequação dos EPIs disponíveis aos peritos criminais do LIV, previamente apresentados no subtítulo 4.1, foi avaliada a partir de uma análise criteriosa de suas indicações de uso. Para realizar essa verificação, foram consultados os números dos Certificados de Aprovação (CA) de cada item por meio do sistema CAEPI (Certificado de Aprovação de Equipamento de Proteção Individual), vinculado à Secretaria de Inspeção do Trabalho (SIT). No caso específico do avental, que não possuía CA registrado, as informações técnicas foram obtidas no site da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a partir de número de registro. O Quadro 5 apresenta a relação dos EPIs disponíveis, indicando suas aprovações e respectivas finalidades de proteção.

Quadro 5 - Relação dos EPIs disponíveis, com suas aprovações e finalidades de proteção.

Equipamento de Proteção Individual (EPI)	Certificado de Aprovação (CA) / Registro	Finalidade e Proteção
Óculos de segurança	CA nº 6136	Proteção dos olhos contra impactos de partículas volantes e raios ultravioletas
Luvas nitrílicas para procedimento não cirúrgico	CA nº 31288	Proteção das mãos contra agentes biológicos
Luvas cirúrgicas de látex	CA nº 40360	Proteção das mãos contra agentes biológicos
Avental de manga longa	Registro nº 80441390019	Proteção do usuário e do paciente contra possível contaminação em procedimentos laboratoriais e exames

Fonte: Dados compilados pelo autor a partir do sistema CAEPI e da ANVISA.

Na análise dos EPIs atualmente disponíveis no LIV (Figura 6), constatou-se que, apesar de oferecerem uma proteção básica, eles não atendem integralmente às exigências especificadas nas FISPQ para o manuseio dos agentes químicos utilizados na realização do exame.

Figura 6 – Autor realizando exame químico metalográfico utilizando os EPIs disponíveis



Fonte: O autor (2024).

Um exemplo crítico são os óculos de segurança, que não possuem vedação completa no rosto. Essa característica compromete a proteção contra vapores orgânicos e ácidos, deixando os olhos dos peritos expostos a riscos. Além disso, as luvas disponíveis, projetadas para proteção biológica, não oferecem a resistência necessária para lidar com substâncias químicas corrosivas, como os componentes do reagente Fry. Esse cenário representa uma fragilidade na proteção das mãos, que estão constantemente expostas durante os procedimentos. Assim, é recomendável a aquisição de óculos de ampla visão, com vedação completa, e de luvas de neoprene ou nitrílicas com espessura mínima de 0,11 mm e resistência comprovada a

produtos químicos corrosivos. Essa substituição é fundamental para garantir a segurança adequada dos profissionais que atuam no LIV.

Outro ponto crítico observado foi a ausência de máscaras com filtro químico para vapores orgânicos e ácidos, essenciais para a manipulação segura de substâncias como o thinner, o removedor pastoso e o reagente Fry. Durante o exame químico-metalográfico, o perito criminal precisa se aproximar da superfície analisada, o que aumenta significativamente a exposição aos vapores liberados por esses agentes. Conforme indicado nas FISPQs, máscaras equipadas com filtros específicos são indispensáveis para reduzir os riscos associados à inalação desses vapores tóxicos. Dessa forma, a disponibilização de máscaras apropriadas com filtros químicos torna-se uma medida prioritária para assegurar a proteção respiratória dos operadores e minimizar os efeitos adversos à saúde.

A ausência de aventais impermeáveis e resistentes a produtos químicos foi também um ponto relevante. O avental atualmente disponível, embora adequado para proteção contra contaminação biológica, não oferece a proteção necessária contra substâncias corrosivas ou solventes manipulados no LIV. Essa limitação compromete a segurança dos peritos criminais, especialmente no caso de contato acidental com agentes químicos como o reagente Fry. A aquisição de aventais específicos, resistentes a produtos químicos corrosivos, conforme recomendado nas FISPQs, proporcionaria uma proteção mais eficaz ao tronco e aos membros superiores, reduzindo o risco de queimaduras químicas e lesões cutâneas.

Além do observado em relação aos EPIS, ainda se soma aos pontos críticos detectados, a ausência de um chuveiro de emergência com lava-olhos instalado, o que compromete a resposta a emergências. A instalação desses equipamentos garantiria a possibilidade de uma resposta imediata de intervenção, em casos de contato acidental com agentes irritantes ou corrosivos, minimizando lesões e garantindo a rápida aplicação de primeiros socorros.

A aquisição e implementação do uso desses EPIs e equipamentos adicionais atenderia aos critérios de segurança especificados nas FISPQ, reforçando a proteção dos profissionais e promovendo um ambiente de trabalho seguro e em conformidade com as melhores práticas para o manejo de agentes químicos. Por outro lado, a ausência desses recursos denota que o ambiente de trabalho do LIV encontra-se em não-conformidade com as práticas de gestão de risco ocupacional, relacionadas à exposição a agentes químicos.

4.4 Análise crítica das práticas institucionais atuais na gestão de risco ocupacional no LIV/ICLR

O inventário de perigos e a avaliação de riscos, elaborado pelo Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho (SESMT) para o LIV/ICLR, apresenta uma visão geral dos fatores de risco existentes no ambiente de trabalho. O documento, estruturado em formato de tabela, identifica a fonte geradora do perigo, os meios de propagação, os danos potenciais, as medidas de controle existentes e as ações propostas para minimizar os efeitos da exposição. A avaliação, no entanto, é meramente qualitativa, limitando-se a uma análise descritiva dos perigos.

O inventário inclui diferentes classes de risco, como físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e mecânicos. No contexto deste estudo, que foca nos riscos químicos, o Quadro 6 apresenta um resumo dos dados relacionados aos riscos químicos associados ao exame químico metalográfico.

Quadro 6 – Resumo do inventário de perigos e avaliação de riscos.

Caracterização do Perigo (Fatores de Riscos)		Descrição dos Danos Associados (Consequências)	Ações				Procedimentos e Medidas de Controle (existentes)
Descrição do perigo (Fatores de Riscos)	Meios de propagação		Priorização (dias)	1ª ação (principal)	2ª ação (opcional)	3ª ação (opcional)	
Ácido clorídrico	Ar - contato	Conforme FISPQ do produto químico	365	0016	0018	0035	IN 004/2016 - SEGPLAN; POP
Cloreto de cobre	Ar - contato	Conforme FISPQ do produto químico	365	0016	0018	0035	IN 004/2016 - SEGPLAN; POP
Tolueno (Thinner)	Ar - contato	Conforme FISPQ do produto químico	365	0016	0018	0035	IN 004/2016 - SEGPLAN; POP

Fonte: Adaptado de Goiás (2023).

Conforme analisado no quadro, constatou-se que não há uma descrição detalhada dos danos específicos associados aos agentes químicos utilizados no LIV. Em vez disso, há apenas uma indicação de que essas informações podem ser consultadas nas respectivas FISPQ. Embora as FISPQs sejam documentos técnicos essenciais, essa abordagem pode representar um risco significativo no ambiente de trabalho. A falta de informações detalhadas e acessíveis diretamente no local de manipulação pode dificultar a tomada de decisões rápidas, especialmente em situações de emergência. Essa limitação ficou ainda mais evidente durante a pesquisa de campo, quando foi constatado que as FISPQs não estavam fisicamente disponíveis na sala da DERFRVA. A falha verificada representa uma vulnerabilidade na gestão de riscos, pois, em emergências, os profissionais podem não ter tempo ou meios para acessar informações críticas contidas nesses documentos.

O quadro também menciona os Procedimentos Operacionais Padrão (POP) como uma medida de controle implementada no LIV. No entanto, durante o levantamento de campo, foi identificado que o laboratório não possui POPs específicos para os exames que envolvem a manipulação de agentes químicos. A adoção de POPs desempenha um papel fundamental na redução de riscos, na otimização da produtividade e na criação de um padrão seguro nas operações diárias. A padronização dos procedimentos contribui para reduzir a variabilidade nas atividades, diminuindo a probabilidade de erros humanos e prevenindo acidentes (Campos, 2004).

Em relação ao plano de ação, estão indicados os códigos 0016, 0018 e 0035, cujas descrições correspondentes estão disponíveis em uma planilha separada do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR). O Quadro 7 apresenta um resumo das informações contidas nessa tabela.

Quadro 7 – Resumo do plano de ação.

Nº da ação	O que fazer?	Por que fazer?	Como fazer?
0016	Realizar treinamento sobre os perigos e riscos conforme a atividade e o uso adequado de EPIS(s), quando necessário sua utilização.	Promover a conscientização dos servidores sobre os perigos e as variáveis de risco no seu ambiente de trabalho e capacitá-los para minimizar os efeitos negativos para a sua saúde física e mental.	Conscientização dos servidores; Reuniões para explicar a importância da ação.
0018	Elaborar e se orientar pelo Procedimento Operacional Padrão (POP) da atividade.	Minimizar os riscos inerentes ao trabalho; Melhor aproveitamento e produtividade no trabalho.	Conscientização dos servidores; Reuniões para explicar a importância da ação.
0035	Ao manusear produtos químicos, utilizar EPIs: óculos, luvas; macacão/jaleco impermeáveis, calçado impermeável; Proteção respiratória: Máscaras e respiradores PFF2 (ou N95) ou respirador com filtros conjugados para gases ácidos e vapores orgânicos, conforme o recomendado pela FISPQ ou fabricante do produto.	Minimizar os riscos inerentes ao trabalho; Melhor aproveitamento e produtividade no trabalho.	Realizar a aquisição de EPIs através de processo licitatório.

Fonte: Adaptado de Goiás (2023).

A realização de treinamentos sobre os perigos e riscos associados aos agentes químicos, bem como o uso adequado de EPIs é destacada como a principal ação para minimizar os efeitos da exposição a essas substâncias. Com o objetivo de verificar a implementação dessa medida, foi realizada uma consulta à Coordenadoria de Ensino da SPTC, que respondeu, por meio do Despacho nº 417/2024 (Processo SEI nº 202400016033867, evento nº 67030677), que não há registros de cursos ou treinamentos direcionados especificamente aos peritos criminais

do LIV sobre os perigos e riscos associados às suas atividades, nem sobre o uso adequado de EPIs durante o desempenho de suas funções.

A Coordenadoria também destacou que não foi identificada qualquer manifestação por parte da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) ou dos responsáveis pelo Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR) do ICLR acerca da necessidade de realização desse treinamento. A ausência de treinamento representa uma falha importante na prevenção de riscos ocupacionais, pois conforme Batista e de Andrade (2022) grande parte das ações preventivas para acidentes envolvendo produtos químicos requer a capacitação dos colaboradores, incluindo palestras, treinamentos, conscientização e a implementação de medidas de proteção coletiva e individual.

Outro ponto crítico identificado foi a abordagem apresentada no inventário de riscos do PGR, que classifica a elaboração de POPs como uma ação opcional. Isso cria uma evidente contradição, já que o POP consta no inventário como uma medida de controle existente.

A utilização EPIs durante o manuseio de produtos químicos é indicada como uma terceira ação opcional. Porém, como discutido no subtítulo anterior, os EPIs atualmente disponíveis no LIV não atendem integralmente aos requisitos das Fichas de Informação de Segurança de Produtos Químicos (FISPQs) para proteção contra os agentes químicos manuseados, o que evidencia necessidade de adequação. Mattos e Másculo (2011) ressaltam que os EPIs representam a última barreira de proteção para o trabalhador, atuando na prevenção de lesões ou na minimização de sua gravidade e protegendo o organismo contra agentes nocivos, como substâncias tóxicas e alergênicas. Portanto, o uso de EPIs não deve ser tratado como opcional, mas como uma exigência indispensável para a segurança no trabalho.

4.5 Diagrama Bowtie

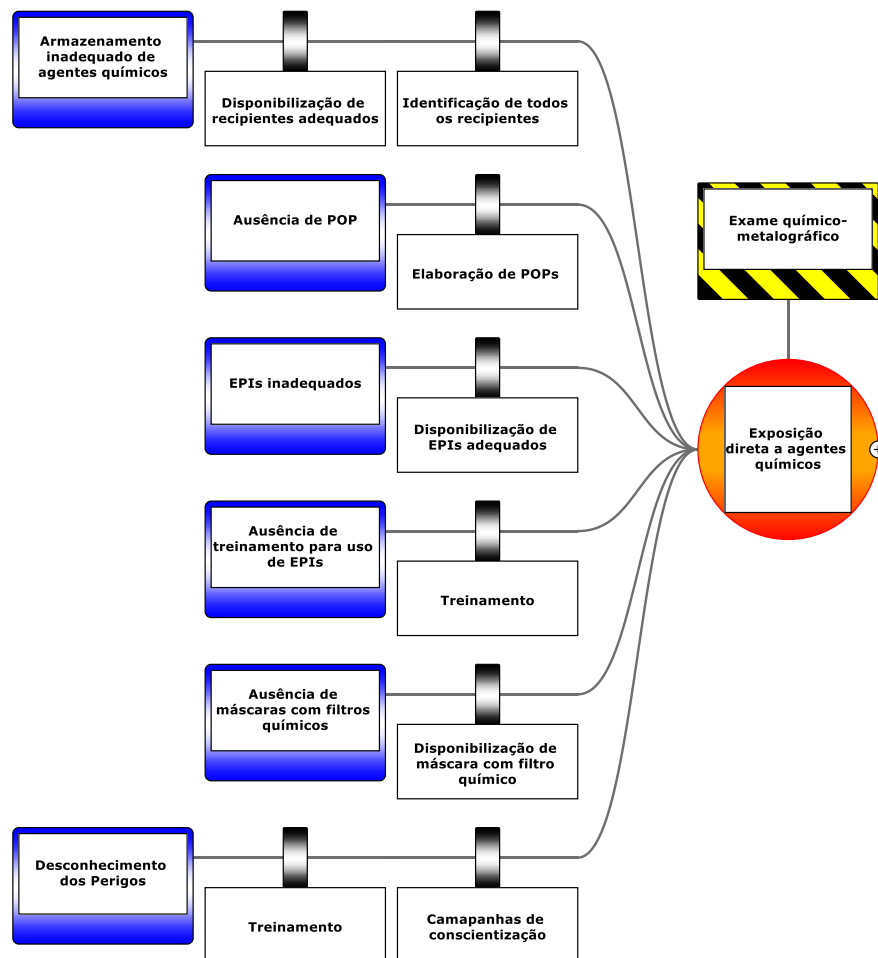
A partir da identificação dos agentes químicos utilizados durante o exame químico-metalográfico, da análise das respectivas FISPQs, da verificação dos POPs existentes e da avaliação dos EPIs disponíveis no LIV, foram levantados os elementos necessários que permitiram elaborar uma proposta de diagrama Bowtie aplicável ao exame químico-metalográfico realizado pelos peritos criminais do LIV (Apêndice A).

O primeiro passo na criação do diagrama Bowtie foi a definição do “Perigo”, que, neste contexto, correspondeu à execução do exame químico-metalográfico em si. Esse exame envolve o manuseio de agentes químicos como removedor pastoso, thinner e reagente Fry, cuja toxicidade apresenta riscos potenciais à saúde dos peritos criminais.

Na sequência, definiu-se o "Evento Principal", que é o evento crítico que se deseja evitar. Neste caso, foi identificado como “exposição direta aos agentes químicos”. Essa exposição pode ocorrer por inalação ou contato com pele e olhos, resultando em uma série de consequências adversas.

No lado esquerdo do diagrama, foram listadas as ameaças que podem levar ao evento principal. Essas ameaças representam as condições que aumentam a probabilidade de uma exposição direta aos agentes químicos. Para cada ameaça identificada associou-se uma ou mais barreiras de prevenção para reduzir a probabilidade de ocorrência do evento principal (Figura 7).

Figura 7 – Lado esquerdo do diagrama Bowtie

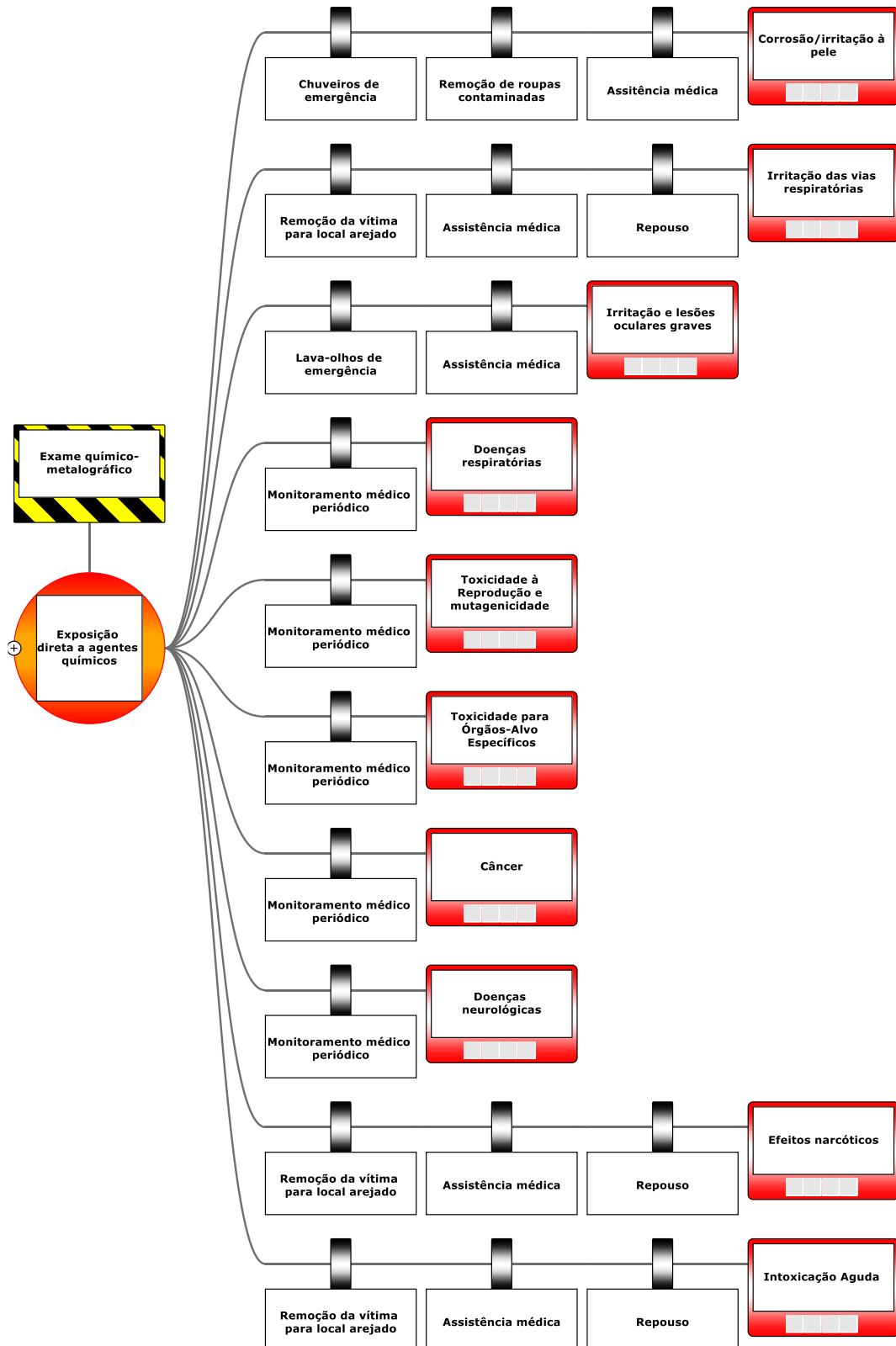


Fonte: O autor (2024)

No lado direito do diagrama Bowtie, foram listadas as consequências potenciais decorrentes da exposição direta aos agentes químicos, conforme descrito nas FISPQs. Para cada

consequência identificada, foram associadas barreiras de mitigação, representando as medidas destinadas a minimizar os danos caso o evento principal ocorra (Figura 8).

Figura 8 – Lado direito do diagrama Bowtie



Fonte: O autor (2024).

Os resultados obtidos nesta análise corroboram observações de diversos autores sobre a eficácia do método Bowtie como uma ferramenta de análise de riscos e visualização das suas causas e consequências. Assunção, Arcipreste e Gomes (2023) destacaram que a simplicidade e o apelo visual do Bowtie tornam mais fácil compreender os riscos envolvidos nos processos analisados – o que também ficou evidente neste estudo. De forma semelhante, Silva e Araújo (2022) apontaram o Bowtie como uma metodologia prática e informativa, especialmente útil para identificar os pontos mais críticos de sistemas de segurança e os aspectos que demandam maior controle e atenção. Os resultados obtidos aqui reforçam essas conclusões.

Outro ponto relevante é que os resultados deste estudo estão alinhados com os de Muniz et al. (2018). Assim como naquele trabalho, identificou-se áreas que precisam de melhorias no gerenciamento de riscos, além de ações concretas para mitigar ameaças. Entre os aspectos mais críticos encontrados, destaca-se a ausência de POPs específicos para a realização de exames químico-metalográficos, a inadequação dos EPIs atualmente disponíveis para o manuseio de agentes químicos perigosos e a falta de treinamentos voltados à conscientização dos profissionais sobre os riscos envolvidos.

No geral, o diagrama Bowtie resultante desta pesquisa mostrou resultados consistentes com os de outros estudos, comprovando seu valor como ferramenta de gestão de riscos. Sua aplicação no contexto do exame químico-metalográfico reforça a importância de métodos visuais e simples para identificar ameaças e barreiras. Isso não só ajuda a proteger a saúde dos peritos criminais, mas também contribui para a melhoria contínua das práticas de segurança ocupacional.

4.6 Elaboração de POP para os exames químico-metalográficos como medida de controle de riscos

Como evidenciado na pesquisa, o LIV atualmente não dispõe um POP específico para a realização dos exames químico-metalográficos, embora ele esteja indicado como uma medida de controle no inventário de perigos e avaliação de riscos do LIV. A análise Bowtie realizada reforçou a importância do POP como uma barreira essencial para reduzir a probabilidade de exposição direta dos peritos criminais aos agentes químicos manipulados durante os exames. Assim, para suprir essa lacuna de segurança, o presente trabalho propôs um POP (Apêndice B) com o objetivo de orientar os peritos criminais na realização segura e eficiente do exame químico-metalográfico na superfície de gravação do Número de Identificação Veicular (NIV) em veículos automotores, reboques e semirreboques.

O POP elaborado organizou o fluxo de trabalho relacionado ao exame químico-metalográfico em uma sequência clara e detalhada, indicando o uso correto dos EPIs. Mais do que um simples guia de procedimentos e recursos necessários, ele é uma ferramenta essencial para padronizar práticas e reduzir variáveis que possam afetar tanto a segurança dos peritos quanto a qualidade das análises. Com isso, o documento estabelece uma abordagem sistemática e segura para a realização dos exames químico-metalográficos em NIVs no LIV, além de fortalecer as práticas de gestão de riscos da SPTC.

Conforme destacado por Silva e Araújo (2022), a elaboração e revisão dos POPs devem ser realizadas de forma minuciosa, garantindo que estejam bem escritos, estruturados e livres de ambiguidades ou interpretações dúbias. Qualquer falha nesse processo pode acabar gerando erros ou mesmo incidentes, o que compromete tanto a segurança quanto a eficiência das operações. Para que sejam realmente eficazes, os POPs precisam ser o mais detalhados possível, garantindo que todos os envolvidos compreendam perfeitamente as informações ali contidas. Esses documentos não podem ser ignorados ou tratados com descaso pela gestão, já que desempenham um papel essencial no funcionamento adequado das atividades e na execução segura dos procedimentos dentro da organização.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo conseguiu atingir seu principal objetivo, que se pautava no desenvolvimento de uma proposta de gerenciamento de riscos relacionados à exposição a agentes químicos durante a realização de exames químico-metalográficos no Laboratório de Identificação Veicular do Instituto de Criminalística Leonardo Rodrigues, utilizando a análise Bowtie. O diagrama Bowtie demonstrou ser uma ferramenta eficaz para a visualização e compreensão dos riscos, permitindo uma análise estruturada das ameaças e suas possíveis consequências, sendo assim ferramenta útil às fases de análise, avaliação e tratamento de riscos.

Foram identificadas lacunas importantes nas práticas de segurança de saúde ocupacional do Laboratório de Identificação Veicular (LIV). A ausência de Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) específicos para os exames químico-metalográficos, a falta e inadequação de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e a inexistência de treinamentos direcionados aos peritos criminais foram questões críticas evidenciadas. Esses problemas não apenas comprometem a segurança dos profissionais, mas também colocam em risco a eficácia das medidas de controle. Por isso, ficou evidente a necessidade de revisar e atualizar as práticas institucionais, com atenção especial à modernização dos processos.

Como contribuição prática, o estudo apresentou um POP detalhado para padronizar e orientar a execução dos exames químico-metalográficos. Esse documento proporciona um fluxo de trabalho mais seguro, diminuindo a variabilidade operacional e reduzindo os riscos associados à manipulação de substâncias químicas perigosas. A implementação desse POP, aliada à aquisição de EPIs adequados, como máscaras com filtros químicos, contribuirá para um ambiente de trabalho mais seguro e alinhado com as melhores práticas de gestão de riscos.

Embora os objetivos principais tenham sido alcançados, vale ressaltar que o diagrama apresentado pode ser significativamente aprimorado caso a fase de identificação de riscos conte com a participação ativa dos peritos do LIV nesse processo. Uma limitação institucional relacionada à metodologia de pesquisa impediu a adoção de uma abordagem participativa que envolvesse todos os servidores do laboratório. Essa participação teria sido extremamente valiosa para enriquecer a ferramenta, incorporando experiências práticas e o conhecimento especializado da equipe. Para estudos futuros, sugere-se a realização de sessões de *brainstorming* com toda a equipe do LIV, ou mesmo a aplicação de questionários (semi)estruturados. A aplicação dessas ferramentas poderia resultar em um modelo ainda mais robusto e representativo.

É importante ressaltar que, apesar do escopo principal deste trabalho tenha sido focado na análise dos riscos associados à realização do exame químico-metalográfico, durante a pesquisa de campo foram identificadas outras situações preocupantes relacionadas à saúde ocupacional. Por exemplo, na sala administrativa do laboratório, foi observado o armazenamento inadequado de reagentes químicos, que estavam sobre armários e próximos ao bebedouro. Isso também representa um risco à saúde dos servidores, mesmo em áreas que, a princípio, não são destinadas à realização do exame propriamente dito, mas envolvem a presença e manipulação de substâncias perigosas.

Esses achados mostram que a questão da segurança no laboratório em estudo vai muito além do escopo inicial deste trabalho. Por isso, seria importante conduzir, adicionalmente, estudos complementares para abordar o armazenamento seguro de reagentes químicos, avaliar os riscos em áreas administrativas e criar protocolos específicos para o manuseio adequado dessas substâncias em todos os espaços em ambientes de trabalho do LIV/ICLR.

A pesquisa evidenciou a necessidade de se repensar o papel da gestão de riscos na instituição. A adoção de ferramentas modernas, como o Bowtie, precisa ser acompanhada de um compromisso mais amplo para fortalecer a cultura organizacional de segurança em saúde. Isso exige o envolvimento ativo tanto de gestores quanto de servidores, trabalhando juntos para

identificar, analisar e mitigar riscos de forma mais integrada. A segurança precisa ser uma prioridade no planejamento e na execução das atividades diárias.

Por fim, este trabalho deixa como legado a aplicação prática de uma metodologia inovadora para a gestão de riscos no contexto, representando uma mais-valia para a instituição, não só no âmbito das perícias de identificação veicular, demonstrando que o uso de ferramentas visuais e acessíveis pode contribuir significativamente para a proteção dos profissionais e a melhoria das condições de trabalho. Espera-se que este estudo incentive a continuidade das discussões sobre o tema e inspire novas pesquisas que explorem outras abordagens complementares para aprimorar a gestão de riscos em diferentes contextos.

Com a aplicação das recomendações apresentadas e o desenvolvimento de estudos futuros, acredita-se ser possível construir um ambiente de trabalho mais seguro, sustentável e alinhado às melhores práticas de gestão de riscos. Além disso, espera-se que a metodologia Bowtie seja progressivamente incorporada à rotina institucional, contribuindo para o fortalecimento da governança e para a promoção da segurança e bem-estar dos profissionais que atuam em atividades de risco.

REFERÊNCIAS

ASSUNÇÃO, H. E. A.; ARCIPESTE, C. M.; GUIMARÃES, I. F. G. Gestão de riscos na construção civil: estudo de aplicabilidade da metodologia Bowtie. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, 31., 2021, Curitiba. Anais [...]. Rio de Janeiro: ABES, 2021.

BATISTA, V. S. C.; DE ANDRADE, S. C. Identificação dos riscos químicos inerentes à saúde e segurança do trabalho dos operadores de uma estação de tratamento de água no sul-fluminense: estudo de caso. **Revista Teccen**, v. 15, n. 1, p. 66-73, 2022.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Manual de gestão de riscos do TCU**. Brasília: TCU, Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão (Seplan), 2018.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Registro de produtos para saúde. Disponível em: <https://consultas.anvisa.gov.br/#/saude/>. Acesso em: 02 nov. 2024.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Sistema CAEPI**: Certificado de Aprovação de Equipamento de Proteção Individual. Disponível em: <https://caeipi.mte.gov.br/internet/ConsultaCAInternet.aspx>. Acesso em: 2 nov. 2024.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços, 2004.

CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY (CCPS). **Bow ties in risk management: a concept book for process safety**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018.

COLACIOPPO, S. **Higiene e Toxicologia Ocupacional**. 1. ed. São Paulo: ABHO, 2020.

FERREIRA, A. F. **Aplicando a análise Bow Tie no gerenciamento do risco de perda de eficiência energética em um data center de uma Instituição Federal de Ensino Superior**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021.

FERREIRA, R. M.; PINTO, A. A.; NUNES, T. S. Caracterização metalográfica de aços através do estudo de reagentes para revelação. In: **ENCONTRO DE DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS AGROINDUSTRIAIS**, 3., 2019, Uberaba. Anais [...]. Uberaba: UNIUBE, 2019.

FIORENTINI, L. **Bow-Tie Industrial Risk Management Across Sectors: A Barrier-Based Approach**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2021.

FUNDACENTRO. **Introdução à Higiene Ocupacional**. São Paulo: Fundacentro, 2004.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOIAS. Secretaria de Estado da Segurança Pública. **Programa de Gestão de Riscos:** Instituto de Criminalística Leonardo Rodrigues. Goiânia: Secretaria de Estado da Segurança Pública de Goiás, 2023.

GOMES JÚNIOR, A. P. **Adulteração de Veículos e a Perícia de Identificação Veicular.** 2008. Monografia (Especialização em Políticas e Gestão em Segurança Pública) Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

JUNQUEIRA, F. de A. **A influência do processo de gestão de riscos da ABNT NBR ISO 31000-2018 na tomada de decisão:** um estudo com profissionais da área de saúde e segurança do trabalho. 2021. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração) Fundação Pedro Leopoldo, Pedro Leopoldo, 2021.

LEIVA, C. R. **Identificação veicular:** técnicas de recuperação de códigos suprimidos, processos de gravação do número de identificação veicular e métodos de adulteração. 2019. Artigo (Especialização em Engenharia Automotiva) Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador, 2019.

LIMA, E. B. **Determinação do grau de encruamento ocasionado pela gravação do Número de Identificação Veicular (NIV) e suas consequências.** 2017. Dissertação (Mestrado em Fenômenos de transporte; Mecânica dos sólidos) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

MATTOS, U. A. O.; MASCULO, F. S. (Org.) **Higiene e Segurança do Trabalho.** Rio de Janeiro: Elsevier/Abepro, 2011.

MAXI RUBBER INDÚSTRIAS QUÍMICAS. **Ficha de informação de segurança de produto químico - FISPQ:** Removedor Pastoso. Diadema, 2023

MINAYO, M. C. de S. **O desafio do conhecimento:** pesquisa qualitativa em saúde. 10. ed. São Paulo: Hucitec, 2007.

MIRANDA, L. de P.; OLIVEIRA, L. T. Exame Químico-Metalográfico e Identificação Veicular em Automotor do Tipo Motocicleta: Relato de Caso. **Brazilian Journal of Forensic Sciences, Medical Law and Bioethics**, v. 11, p. 128-135, 2022.

MUNIZ, M. V. P.; LIMA, G. B. A.; CAIADO, R. G. G.; QUELHAS, O. L. G. Bow tie to improve risk management of natural gas pipelines. **Process Safety Progress**, v. 37, n. 2, p. 169-175, 2018.

NEON COMERCIAL REAGENTES ANALÍTICOS. **Ficha de informação de segurança de produto químico - FISPQ:** Ácido Clorídrico 37%. São Paulo, 2024

NEON COMERCIAL REAGENTES ANALÍTICOS. **Ficha de informação de segurança de produto químico - FISPQ:** Cloreto de Cobre II Dihidratado. São Paulo, 2023

NUNES, L. de C.; GUERSON, L. R. da S. C. Um estudo sobre adulteração de sinais identificadores de veículo automotor. **Pesquisa & Educação a Distância**, n. 21, 2021.

PEIXOTO, N. H.; FERREIRA, L. S. **Higiene ocupacional I**. Santa Maria: UFSM, CTISM; Rede e-Tec Brasil, 2012.

PEREIRA, R. M. **Aplicação das técnicas de exames residuográfico e metalográfico em análises periciais**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

PEREIRA, W. N. **Uso do sal inorgânico persulfato de amônio e do ácido FRY na identificação de adulterações em chassis de automóveis no instituto de criminalística de Timon/MA**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Teresina, 2017.

QUINTELA, V. M.; LIONELLO FILHO, O. L. **Veículos automotores: vistoria e perícia**. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1998.

RIBEIRO, M. G.; PEDREIRA FILHO, W. R.; RIEDERER, E. E. **Avaliação qualitativa de riscos químicos: princípios básicos para o controle das substâncias nocivas à saúde em fundições**. São Paulo: Fundacentro, 2007.

SAUD, Y. E.; ISRANI, K.; GODDARD, J. Bow-tie diagrams in downstream hazard identification and risk assessment. **Process Safety Progress**, v. 33, n. 1, p. 26-35, 2014.

SCHULTE, P. A. et al. Occupational safety and health, green chemistry, and sustainability: a review of areas of convergence. **Environmental Health**, Hoboken: John Wiley & Sons, 2013.

SILVA, F. B. de S.; ARAÚJO, R. T. F. de. **Inserção de fatores humanos em análise Bow Tie**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. rev. e atual. Florianópolis: UFSC, 2005.

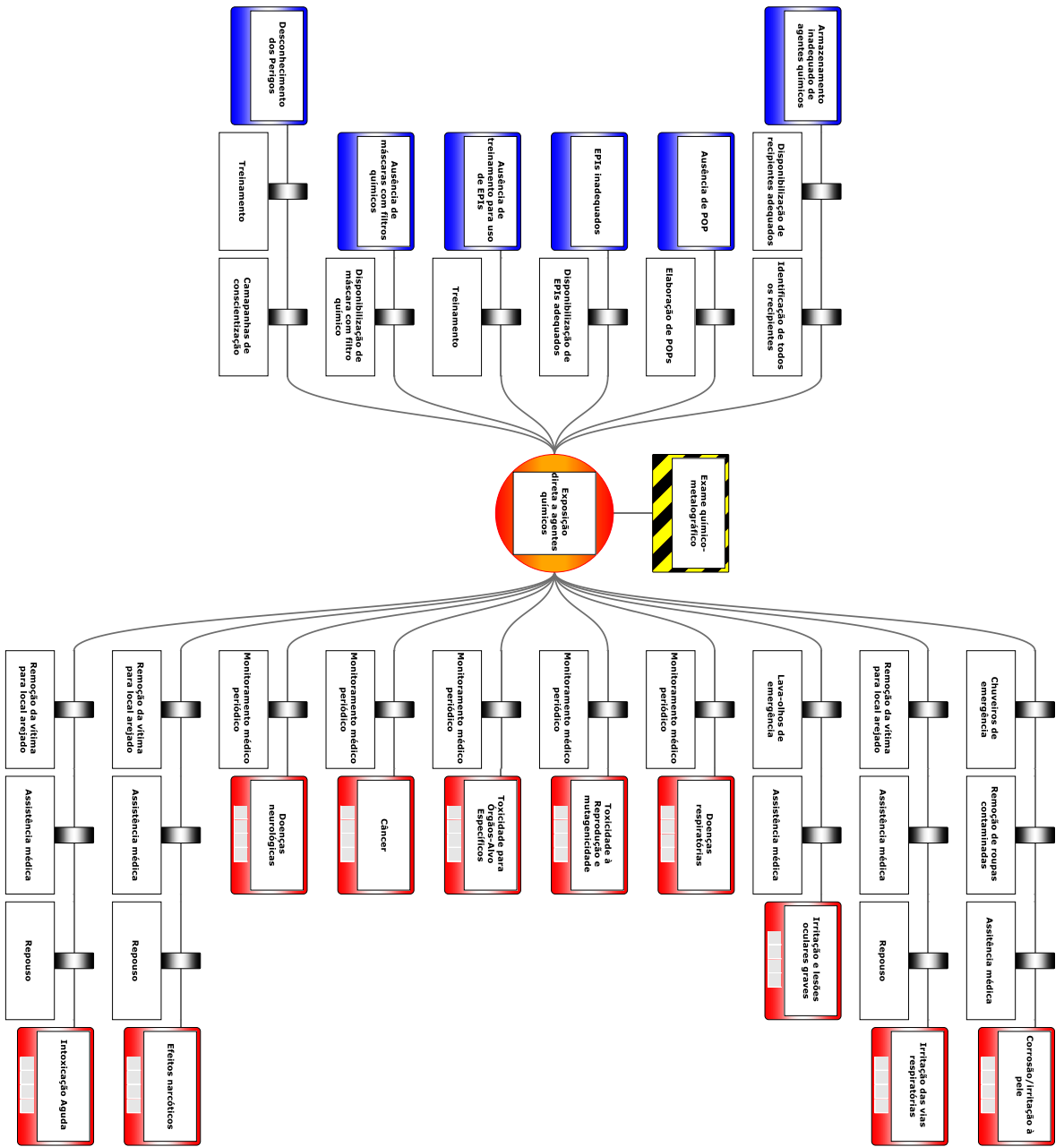
THINSOL QUÍMICA INDÚSTRIA E COMÉRCIO. **Ficha de informação de segurança de produto químico - FISPQ: Thinner 125 Limpeza**. Pederneiras, 2023.

UVA, A.; FARIA, M. Exposição profissional a substâncias químicas: diagnóstico das situações de risco. **Revista Portuguesa de Saúde Pública**, v. 18, n. 1, p. 5-10, 2000.



VAN DER HAAR, R.; GOELZER, B. (Ed.). **A Higiene Ocupacional na América Latina: Um Guia para seu Desenvolvimento**. Tradução e adaptação de Berenice Goelzer. São Paulo: ABHO, 2011.

VIEIRA, R. G. L.; SANTOS, B. M. de O.; MARTINS, C. H. G. Riscos físicos e químicos em laboratório de análises clínicas de uma universidade. **Medicina (Ribeirão Preto)**, v. 41, n. 4, p. 508-515, 2008.

APÊNDICE A – DIAGRAMA BOWTIE



APÊNDICE B – PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO

	Estado de Goiás Secretaria de Estado da Segurança Pública Superintendência de Polícia Técnico-Científica			
	Versão n.º 01	Data 19/10/2024	Código POP-LIV-003	
ÁREA / UNIDADE EMITENTE: LIV/ICLR/SPTC				

Conteúdo:	Exame Químico-metalográfico na Superfície de Gravação do Número de Identificação Veicular (NIV)
------------------	---

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROVADO POR
Wellington Henrique Barboza Guimarães		
19/10/2024	XX/XX/XXXX	XX/XX/XXXX

1. OBJETIVO

Proporcionar ao Perito Criminal de natureza oficial a orientação para realizar com segurança e eficiência o exame químico-metalográfico na superfície de gravação do Número de Identificação Veicular (NIV) em Veículos Automotores, Veículos Reboques e Veículos Semirreboques.



2. CAMPO DE APLICAÇÃO

Peritos Criminais lotados no Laboratório de Identificação Veicular Forense (LIV), do Instituto de Criminalística Leonardo Rodrigues (ICLR), da Superintendência de Polícia Técnico-Científica de Goiás (SPTC-GO).

3. DEFINIÇÕES, SIGLAS E ABREVIATURAS

3.1. Definições:

- Exame Químico-metalográfico: procedimento que consiste na aplicação de reagentes químicos específicos sobre a superfície metálica onde a gravação original foi removida. Ao aplicar o reagente, ocorre uma corrosão controlada que destaca os caracteres suprimidos, revelando a numeração original. A diferença nas taxas de corrosão entre a área tensionada (onde os caracteres foram gravados) e a área adjacente gera um contraste visual que permite a visualização da gravação original.
- Número de Identificação Veicular: combinação de caracteres atribuída pelo fabricante a um veículo para fins de identificação.

	Estado de Goiás Secretaria de Estado da Segurança Pública Superintendência de Polícia Técnico-Científica			
	Versão n.º 01	Data 19/10/2024	Código POP-LIV-003	
ÁREA / UNIDADE EMITENTE: LIV/ICLR/SPTC				



- Veículo automotor: veículo a motor de propulsão a combustão, elétrica ou híbrida que circula por seus próprios meios e que serve normalmente para o transporte viário de pessoas e coisas ou para a tração viária de veículos utilizados para o transporte de pessoas e coisas, compreendidos na definição os veículos conectados a uma linha elétrica e que não circulam sobre trilhos (ônibus elétrico).
- Reboque: veículo destinado a ser engatado atrás de um veículo automotor.
- Semirreboque: veículo de um ou mais eixos que se apoia na sua unidade tratora ou é a ela ligado por meio de articulação.
- Superfície Alvo: superfície metálica onde a gravação original do Número de Identificação Veicular foi suprimida, ou alterada.
- Adulteração: ação em que o Número de Identificação Veicular é suprimido de sua superfície suporte ou alterado. Essa ação pode alterar o relevo da superfície alvo, o que requer uma preparação cuidadosa antes da realização do exame químico-metalográfico para aumentar as chances de sucesso na revelação dos caracteres originais.

3.2. Siglas:

- EPI: Equipamento de Proteção Individual
- ICLR: Instituto de Criminalística Leonardo Rodrigues
- LIV: Laboratório de Identificação Veicular
- NIV: Número de Identificação Veicular
- POP: Procedimento Operacional Padrão
- SPTC: Superintendência de Polícia Técnico-Científica

4. RECURSOS NECESSÁRIOS

- Água
- Algodão
- Ambiente com iluminação adequada, preferencialmente luz natural
- Ambiente livre de trânsito de pessoas ou veículos
- Antioxidante pastoso



	Estado de Goiás Secretaria de Estado da Segurança Pública Superintendência de Polícia Técnico-Científica			
	Versão n.º 01	Data 19/10/2024	Código POP-LIV-003	
ÁREA / UNIDADE EMITENTE: LIV/ICLR/SPTC				

- Avental resistente a produtos químicos
- Calçado fechado
- Chave de parafusos
- Discos de desbaste para esmerilhadeira, específicos para superfícies metálicas
- Esmerilhadeira a bateria
- Espátula de metal
- Chapéu ou boné com proteção de pescoço e proteção UV, para trabalhos ao ar livre
- Lanterna tática
- Lixas para ferro de diferentes granulometrias (80, 100 e 200)
- Luvas de neoprene ou nitrílicas com espessura mínima de 0,11m
- Maleta para o acondicionamento e transporte de EPI's
- Maleta para o acondicionamento e transporte de ferramentas
- Máquina fotográfica ou outro equipamento que permita a obtenção e armazenamento de imagens
- Máscara respiratória com filtro combinado para vapores orgânicos e ácidos (AB1)
- Óculos de segurança de ampla visão com vedação completa
- Protetor solar
- Reagente Fry
- Removedor de tinta pastoso
- Thinner

5. DESCRIÇÃO

5.1. Ações iniciais



- 5.1.1. Realizar o exame em locais abertos ou com boa ventilação, para garantir melhor dissipação de vapores.
- 5.1.2. Registrar imagens da superfície alvo e das áreas adjacentes antes de qualquer intervenção.
- 5.1.3. Manter as portas do veículo abertas, se o NIV estiver localizado no interior, para melhor ventilação durante o exame.

	Estado de Goiás Secretaria de Estado da Segurança Pública Superintendência de Polícia Técnico-Científica			
	Versão n.º 01	Data 19/10/2024	Código POP-LIV-003	
ÁREA / UNIDADE EMITENTE: LIV/ICLR/SPTC				

5.1.4. Vestir os EPIs (avental, luvas, máscara e óculos de segurança) antes de iniciar o exame.

5.2. Limpeza e uniformização da superfície

- 5.2.1. Proceder à limpeza da superfície alvo com solvente ou acetona para remover impurezas, óleo ou graxa.
- 5.2.2. Remover a pintura da superfície alvo, que não foi eliminada com solvente, utilizando elementos auxiliares (removedor pastoso, algodão, espátula).
- 5.2.3. Iniciar o lixamento da área de exame com lixa de granulometria grossa, progredindo para lixas mais finas, com o objetivo de se obter uma superfície mais uniforme, tomando cuidado para não comprometer a sua integridade.
- 5.2.4. Considerar que a uniformidade e o grau de degradação da superfície alvo são fatores decisivos para o sucesso do exame químico-metalográfico. Quanto mais uniforme a superfície estiver no momento de início do exame químico-metalográfico, maior será a chance de sucesso desse exame, e quanto maior a degradação da referida superfície, menor será o sucesso do procedimento.
- 5.2.5. Escolher a lixa adequada com base nas condições da superfície alvo, equilibrando a necessidade de dano mínimo com a uniformização da superfície.
- 5.2.6. Optar pela granulometria da lixa conforme o grau de irregularidade da superfície alvo: quanto mais irregular (como resultado da adulteração), maior será o esforço necessário para sua uniformização e mais grossa deve ser a granulometria da lixa (entre 80 e 100).
- 5.2.7. Usar a esmerilhadeira apenas em casos de irregularidades profundas, evitando danos adicionais à superfície.
- 5.2.8. Utilizar lixas de granulometria fina (preferencialmente 200) para superfícies com pouca alteração.

	Estado de Goiás Secretaria de Estado da Segurança Pública Superintendência de Polícia Técnico-Científica			
	Versão n.º 01	Data 19/10/2024	Código POP-LIV-003	
ÁREA / UNIDADE EMITENTE: LIV/ICLR/SPTC				

5.2.9. Realizar nova limpeza da superfície alvo com água após a conclusão do processo de uniformização, para remover partículas de metal da região de exame.



5.3. Aplicação do reagente Fry

- 5.3.1. Envolver um chumaço de algodão na ponta de uma chave de parafusos, embebê-lo no reagente e esfregar suavemente sobre a superfície alvo.
- 5.3.2. Observar atentamente as mudanças na superfície alvo sob iluminação adequada, buscando identificar vestígios remanescentes dos caracteres originais suprimidos.
- 5.3.3. Monitorar constantemente a ação do reagente, para evitar a perda da revelação de algum caractere.
- 5.3.4. Verificar o resultado da revelação, limpando periodicamente a superfície com algodão, para avaliação visual. Caso a revelação não ocorra, reaplicar o reagente.
- 5.3.5. Registrar, por escrito, os caracteres à medida que sejam revelados.
- 5.3.6. Fotografar a superfície durante a revelação, ajustando a iluminação e o foco para garantir uma boa captura dos detalhes.
- 5.3.7. Ao final da revelação dos caracteres, remover o excesso do reagente com algodão e tirar novas fotografias da superfície.

5.4. Finalização

- 5.4.1. Aplicar antioxidante pastoso na superfície alvo ao concluir o exame para proteger a superfície metálica contra corrosão.
- 5.4.2. Liberar o veículo somente após convicção plena sobre os resultados, fundamentada nos dados coletados e na análise das evidências.
- 5.4.3. Limpar e organizar os instrumentos, ferramentas, EPIs e recipientes de reagentes, deixando-os prontos para uso futuro.

6. DOCUMENTOS E MATERIAIS RELACIONADOS

	Estado de Goiás Secretaria de Estado da Segurança Pública Superintendência de Polícia Técnico-Científica			
	Versão n.º 01	Data 19/10/2024	Código POP-LIV-003	
ÁREA / UNIDADE EMITENTE: LIV/ICLR/SPTC				

POP-SQG-001 Gestão de Documentos

7. REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei n.º 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 24 set. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9503.htm. Acesso em: 10 out. 2024.

LEIVA, C. R. **Identificação veicular**: Técnicas de recuperação de códigos suprimidos, processos de gravação do Número de Identificação Veicular e métodos de adulteração. 2019. Artigo (Especialização em Engenharia Automotiva) - Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador, 2019.

PEREIRA, W. N. **Uso do sal inorgânico persulfato de amônio e do ácido FRY na identificação de adulterações em chassis de automóveis no instituto de criminalística de Timon/MA**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Teresina, 2017.

8. HISTÓRICO DE REVISÕES

Versão	Data	Descrição
01	XX/XX/XXXX	Emissão inicial.

ANEXO A - AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL PARA REALIZAÇÃO DA PESQUISA



Referência: Processo nº 202400016033867

Interessado(a): SUPERINTENDÊNCIA DE POLÍCIA TÉCNICO-CIENTÍFICA

Assunto: Autorização para realização de pesquisa no LIV/ICLR - CAESP 2024

DESPACHO Nº 2217/2024/SSP/SPTC-02891

Trata-se do Ofício n. 30672/2024–SSP/ICLR-LIV (evento SEI n. [65206067](#)), no qual o servidor **Wellington Henrique Barboza Guimarães**, Perito Criminal, solicita autorização para realização de pesquisa no âmbito do CAESP – Curso de Especialização em Altos Estudos em Segurança Pública.

A pesquisa visa abordar e desenvolver uma proposta de gerenciamento de riscos à saúde, decorrente da exposição a agentes químicos, no Laboratório de Identificação Veicular do Instituto de Criminalística Leonardo Rodrigues (LIV/ICLR), por meio da análise Bowtie e a viabilidade da proposição de uma padronização de procedimentos operacionais para a realização do exame químico-metalográfico em NIV de veículos.

Consta nos autos o projeto de pesquisa (evento SEI n. [65263597](#)), termo de compromisso e sigilo (evento SEI n. [65426732](#)), termo de anuência (evento SEI n. [65425221](#)) e declaração de isenção de ônus financeiro (evento SEI n. [65426169](#)).

O Núcleo de Inteligência manifestou-se favoravelmente à realização do trabalho (evento SEI n. [65655904](#)), ressaltando a importância de salvaguardar informações de acesso restrito.

A Coordenadoria de Ensino, por sua vez, também se manifestou favoravelmente (evento SEI n. [65639953](#)), destacando o potencial da pesquisa em sugerir processos de aprimoramento relacionados à saúde dos servidores.

Diante do exposto, esta Superintendência de Polícia Técnico-Científica – SPTC **manifesta-se favoravelmente** à realização da pesquisa proposta pelo servidor Wellington Henrique Barboza Guimarães.

Encaminhem-se os autos ao Laboratório de Identificação Veicular do Instituto de Criminalística Leonardo Rodrigues – LIV/ICLR para ciência do servidor, observando-se as recomendações do Núcleo de Inteligência quanto à salvaguarda de informações sensíveis.

Solicita-se ao servidor que encaminhe o trabalho concluído à Coordenadoria de Ensino no prazo máximo de 60 dias após sua conclusão, conforme orientação contida no Despacho n. 372/2024/SSP/COORDENADORIA DE ENS (evento SEI n. [65696271](#)).

Goiânia/GO, 07 de outubro de 2024.

PC MARIANA FLAVIA DA MOTA
Delegação de Competência
Portaria nº 002/2024 (Evento SEI nº 55274268)



Documento assinado eletronicamente por **MARIANA FLAVIA DA MOTA, Perito (a) Criminal**, em 07/10/2024, às 11:02, conforme art. 2º, § 2º, III, "b", da Lei 17.039/2010 e art. 3ºB, I, do Decreto nº 8.808/2016.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site http://sei.go.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=1 informando o código verificador **65767320** e o código CRC **198C2C73**.



Referência: Processo nº 202400016033867



SEI 65767320