

LUMINOL:
Composição e aplicação na área da química forense

Organização:

João Victor de Oliveira e Costa Conti

Larissa Rafael da Silva



Sorocaba/SP
2022

Organização:

João Victor de Oliveira e Costa Conti

Larissa Rafael da Silva

**LUMINOL: COMPOSIÇÃO E APLICAÇÃO NA
ÁREA DA QUÍMICA FORENSE**

Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado no 6º semestre do ano de 2022 ao Curso de Química Industrial, da Universidade de Sorocaba, como requisito parcial para obtenção do título Bacharel em Química Industrial.

Autores: João Victor de Oliveira e Costa Conti

Larissa Rafael da Silva

Docente Orientador: Ana Carolina Plens

Aos meus pais:

Rodrigo Lazaro Rafael da Silva

e

Denise Aparecida Silva

Minha sincera gratidão a esses dois que sempre me incentivarem e acreditarem que eu seria capaz de superar os obstáculos que a vida me apresentou.

**Aos meus pais e minha namorada:
Rita de Cassia de Oliveira e Costa Conti
Celso Tadeu Conti
e
Bianca Novaes Luther**

Meus honestos agradecimentos aos meus pais, que por toda a vida me apontaram a direção certa a ser seguida para me tornar a pessoa que sou hoje e a minha namorada que sempre me incentivou e ajudou a todo momento.

“Life is an experiment. Test your hypothesis”.

-Desconhecido

RESUMO

Este presente trabalho trata-se de uma revisão sistemática que, a partir de pesquisas de artigos científicos, teve como objetivo apresentar a estrutura/composição e aplicação do luminol na área da perícia química. Tendo como base as informações de artigos de pesquisa e revisão, foi possível aprofundar o conhecimento científico sobre o luminol; constatar a sua importância; suas vantagens e desvantagens de utilização para a área. O luminol é um composto químico que, quando misturado com peróxido de hidrogênio e outros produtos químicos, origina a solução líquida de luminol. Ao entrar em contato com sangue, há uma reação de quimiluminescência e, devido a interação do luminol e do peróxido de hidrogênio com o ferro, presente na hemoglobina do sangue, que catalisa a reação e provoca o surgimento de manchas azuis luminescentes. Ele é usado na área da perícia policial, a química forense, onde seu uso é mais conhecido por se fazer presente em cenas de crimes para evidenciar resquícios de sangue não visíveis, e até mesmo na indústria de brinquedos, os quais tem alguma característica fluorescente – como bastões de festas luminosos.

Palavra-chave: “Análise”, “Perícia”, “Química Forense”, “Luminol”, “Sangue” e “Luminescência”.

ABSTRACT

This present work, based on research of scientific articles, aimed to properly present the structure/composition and applicability of luminol in the area of chemical expertise. Based on informations from articles on studies and tests carried out with luminol, it was possible to verify its importance, its advantages and disadvantages of use for the area. Luminol is a chemical compound that, when mixed with hydrogen peroxide and other chemicals, forms a liquid luminol solution. When in contact with blood, there is a chemiluminescence reaction and, due to the interaction of luminol and hydrogen peroxide with iron, present in blood hemoglobin that catalyzes the reaction, causes the appearance of luminescent blue spots. It is used in the area of police expertise, forensic chemistry, where its use is best known for being present in crime scenes to show traces of blood that are not visible, and even in the toy industry, which has some fluorescent characteristic – like glow sticks.

Keywords: "Analysis", "Forensics", "Forensic Chemistry", "Luminol", "Blood" and "Luminescence".

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fórmula química estrutural do luminol.....	15
Figura 2 – Obtenção do luminol.....	15
Figura 3 – Reação de nitração do anidrido ftálico.....	16
Figura 4 – Esquema geral da reação do luminol na presença de peróxido de hidrogênio.....	18
Figura 5 – Gráfico relacionando a quantidade de publicações por ano relacionando palavras-chaves.....	20
Figura 6 – Fluxograma de busca e seleção de trabalhos.....	21
Figura 7 – Resultados obtidos aço e ferro.....	24
Figura 8 – Resultados obtidos azulejo poroso e não poroso.....	25
Figura 9 – Resultados obtidos tecidos.....	26
Figura 10 – Resultados obtidos tecidos.....	27

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo geral.....	11
2.2 Objetivos específicos	11
3 METODOLOGIA.....	12
4 REFERENCIAL TEÓRICO	13
4.1 Apresentação do luminol.....	13
4.1.1 Informações eco toxicológicas e de transporte	13
4.1.4 Princípio E Composição Do Luminol.....	13
4.2 A história do luminol	14
4.3 A estrutura do luminol	14
4.4 Método de obtenção do luminol	15
4.4.1 Método De Obtenção Alternativo: Nitração Do Anidrido Ftálico.....	15
4.5 O luminol brasileiro	16
4.6 Aplicação na área criminalística	17
4.7 Aplicação na área da saúde	18
5 DISCUSSÕES E RESULTADOS.....	19
6 CONCLUSÃO	30
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	30

1 INTRODUÇÃO

A química forense tem como princípio as seguintes pautas: sorologia, investigações de incêndios criminosos, toxicologia e, principalmente, análises orgânicas e inorgânicas - e suas conclusões têm o poder de respaldar decisões judiciais.

Entretanto, mesmo que as investigações criminais sejam o segmento mais conhecido da Química Forense, a qual não se limita a casos policiais. O químico forense pode atuar em questões trabalhistas - como determinar se uma atividade é insalubre ou perigosa - perícia de alimentos e medicamentos, análise de adulteração de combustíveis e o uso de drogas ilícitas. As amostras colhidas em campo, sejam esses locais de crime, ocorrências, ou de vítimas, são analisadas sob a responsabilidade do químico forense, que visa identificar a natureza de cada prova relacionada a um possível ato criminal. O conhecimento por parte do químico sobre, principalmente, às áreas de orgânica e bioquímica, deve ser bem estruturado, pois serão necessárias análises de fluídos de origem biológica frequentemente. O químico precisa manter-se sempre atualizado para decidir qual o tipo de análise mais adequado para as amostras disponíveis que se buscam provas ou informações adicionais [1].

O luminol foi desenvolvido por O. H. Albrecht, em 1929, durante seu trabalho para o doutorado. Utilizado inicialmente em uma técnica variante da análise química de toque para análises de pequenas quantias de peróxido e íons de ferrocianeto [2]. O luminol, 5-amino-2,3-dihidroftalazina-1,4-diona, segundo a IUPAC, possui a propriedade quimioluminescente, no entanto apenas em 1937 foi utilizado na química forense para a identificação de sangue. O mecanismo complexo de quimioluminescência funciona através de uma reação química de oxirredução quando o ferro da hemoglobina, presente no sangue, se encontra na presença de peróxido de hidrogênio. Diversos fatores podem interferir na eficácia do resultado dessa reação - sejam eles de natureza industrial, doméstica ou ambiental. Contudo, mesmo que esse reagente possua alta sensibilidade para o sangue, seu uso não se torna restrito ao mesmo [3].

Diante das diversas análises disponíveis que um químico forense pode realizar em uma perícia, há uma muito conhecida para a identificação de sangue latente na cena do crime a partir de uma solução líquida que, quando em determinadas condições, reage quimicamente com o sangue, ou resquícios, no local e cria-se um efeito luminescente azul - o luminol - que possivelmente revela evidências, não visíveis a um primeiro momento [4].

A evidência pode até mesmo apontar a direção que a investigação deve seguir para que o caso seja devidamente solucionado como no caso de incêndio criminoso ocorrido em Vitória, capital do Espírito santo, com os irmãos, Kauã Salles Butkovsky e Joaquim Salles Alves [5]. Se

a evidência do sangue for documentada, coletada e armazenada de forma apropriada, pode ser apresentada em uma audiência a um júri ou a um juiz, após longo período do ato criminal [6].

Por se tratar de uma substância que emite luz azulada, permitiu-se a sua divulgação não apenas na área da química, mas também na área da saúde - como em centros médicos e UTI's - em peças teatrais, filmes, eventos artísticos e na indústria de brinquedos – usado nas pulseiras que brilham no escuro. Quando essa mistura entra em contato com íons de ferro presentes em superfícies, materiais ou utensílios metálicos, cria-se o efeito luminescente [7].

Tendo isso em vista, este estudo apresentado teve como foco ampliar o conhecimento científico sobre o luminol. A partir das informações contidas em artigos científicos, foi possível conceituar e explicar a aplicação e as propriedades físico-químicas do luminol na área da perícia química.

Primariamente, com o objetivo geral de conceituar, explicar as aplicações e propriedades físico-químicas na área forense e suas especificidades: explicar a composição do luminol; exemplificar as vantagens e desvantagens de seu uso na área da perícia química.

Parte-se da hipótese que o luminol possua grande importância na área da perícia química, devido à sua diversidade de aplicação, uma vez em que ele se torna essencial durante as investigações policiais pois auxilia a perícia forense a verificar a existência de rastros sanguíneos, esses que podem identificar vítimas ou criminosos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho, que se trata de uma revisão sistemática, teve como foco a apresentação da composição do luminol, levando em consideração suas características físico-químicas, seus diferenciais em relação a alguns outros reagentes similares e relatar novas aplicações na área da perícia química.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos do trabalho trataram de apresentar a estrutura e método de obtenção do luminol; evidenciar algumas vantagens e desvantagens da utilização do luminol na área da química forense e aprofundar o conhecimento científico sobre o luminol e elucidar sua

importância de uso para a mesma.

3 METODOLOGIA

O trabalho trata-se de uma revisão sistemática que foi conduzida com a finalidade de compreender a composição e aplicação do luminol na área da química forense, visando a apresentação de maiores informações sobre, que destaca-se para a área de investigações devido às suas propriedades, sendo assim necessário introduzi-lo de forma completa, retratando suas utilizações, prós e contras, para que o conhecimento do assunto, principalmente para a área da perícia química seja expandido e utilizado para melhores aplicações e finalidades, se tratando de uma pesquisa que tem por objetivo aprofundar o conhecimento científico sobre o luminol. Realizada no mês de março de 2022, pesquisou-se artigos publicados no período de 2002 a 2021 utilizando as bases de dados Scientific Electronic Library Online (SCIELO) e NCBI Pubmed, utilizando-se da associação das palavras-chave, em português: “Luminol”, “Perícia”, “Química Forense”, “Quimioluminescência”, “Sangue”, “Hemoglobina”, “Manchas de Sangue” e “Análise”. Utilizando-se das palavras-chave, em inglês: “Luminol”, “Expertise”, “Forensic Chemistry”, “Chemiluminescence”, “Blood”, “Hemoglobin”, “Blood Stains” e “Analysis”. Utilizando-se das palavras-chave, em espanhol: “Luminol”, “Pericia”, “Química Forense”, “Quimioluminescencia”, “Sangre”, “Hemoglobina”, “Manchas de Sangre” e “Análisis”.

Após a realização de pesquisas, os materiais foram catalogados, classificados e como critérios de inclusão para esta pesquisa levou-se em consideração: artigos originais de pesquisa e revisão, escritos no idioma inglês e espanhol. A inclusão de critérios que viabilizassem a determinação de artigos de pesquisa trouxe a sucessão de estudos a serem analisados para o levantamento das informações. Durante a análise de conteúdo dos materiais, foram excluídos os artigos que não discutiam as aplicações dos parâmetros estudados correlacionando as palavras-chave “Luminol”, “Perícia”, “Química Forense”, “Quimioluminescência”, “Sangue”, “Hemoglobina”, “Manchas de Sangue” e “Análise”, em português. “Luminol”, “Expertise”, “Forensic Chemistry”, “Chemiluminescence”, “Blood”, “Hemoglobin”, “Blood Stains” e “Analysis”, em inglês. “Luminol”, “Pericia”, “Química Forense”, “Quimioluminescencia”, “Sangre”, “Hemoglobina”, “Manchas de Sangre” e “Análisis”, em espanhol.

Os artigos selecionados, baseados na estratégia de busca, foram independentemente analisados por dois revisores quanto a elaboração da pesquisa completa, título, subtítulo e resumo. Posteriormente, os seguintes itens foram extraídos de cada artigo: período de publicação, autores, tipo de pesquisa realizada, e aplicação.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Apresentação do luminol

O luminol (5-amino-2,3-dihidroftalazina-1,4-diona) é conhecido há muitos anos, assim como a sua propriedade quimioluminescente, no entanto apenas em 1937 foi utilizado na química forense para a identificação de sangue. O mecanismo, complexo, de quimioluminescência se dá por reação química de oxirredução quando o ferro da hemoglobina, presente no sangue, se encontra na presença de peróxido de hidrogênio. Diversos fatores podem interferir na eficácia do resultado dessa reação, sejam eles fatores de natureza industrial, doméstica ou ambientais. Contudo, mesmo que esse reagente tenha alta sensibilidade para o sangue, seu uso não se torna restrito ao mesmo [4].

4.1.1 Informações eco toxicológicas e de transporte

O serviço de Registo de Efeitos Tóxicos de Substâncias Químicas (RTECS) e a sociedade europeia de toxicologia e patologia, registram Luminol como não apresentando efeito toxicológico a saúde dos seres humanos. Sua dose letal em ratos é superior a 500mg/kg, não sendo citado como substância carcinogênica pela American Conference of Governmental Industrial Hygienists (Conferência Americana Governamental de Higiene Industrial) (ACGIH), International Agency for Research on Cancer (Agência Internacional para Pesquisa do Câncer) (IARC), National Toxicology Program (NTP) ou 1986 California Proposition 65 (CA prop 65). Não foram observados efeitos teratogênicos ou mutagênicos. Não foi observada eco toxicidade para determinação da demanda biológica de oxigênio. Material não controlado pelo Departamento de Transportes Americano. Não são requeridas condições especiais para transporte. (RTECS – “Registry of Toxic Effects of Chemical Substances”, do inglês “Registo de Efeitos Tóxicos de Substâncias Químicas”) [7].

4.1.4 Princípio E Composição Do Luminol

O luminol é um reagente quimioluminescente orgânico em pó, de fórmula molecular $C_8H_7O_2N_3$, e quando utilizado em solução, geralmente preparada com peróxido de hidrogênio, reage com sangue e, ao ser exposto a luz negra, emite um brilho instantâneo por meio de reação

de oxirredução que possui um efeito secundário de quimioluminescência. O uso profissional mais comum do reagente luminol é feito por parte da perícia criminal, em que os peritos borrifam a substância sobre as superfícies das cenas de crimes, em seguida apagam as luzes, fecham as cortinas com a intenção de escurecer o máximo possível o locale aguardam o surgimento de uma luz azul ou esverdeada. Caso haja traços de sangue residuais no local estas luzes serão visíveis [8, 4].

“A utilização do LUM em aplicações forenses é amplamente empregada nos levantamentos periciais, buscando auxiliar na identificação dos envolvidos em um determinado delito. Dessa maneira, torna-se necessário o conhecimento das propriedades desse reagente, desde aspectos químicos e toxicológicos a limitações de uso do mesmo, principalmente em relação a sua alta sensibilidade e baixa especificidade” (RCML, 2017, p.35).

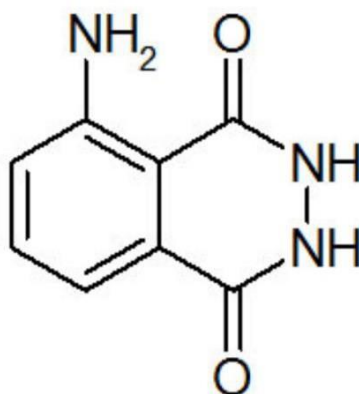
4.2 A história do luminol

O luminol foi desenvolvido por O. H. Albrecht, em 1929, durante seu trabalho para o doutorado. Utilizado inicialmente em uma técnica variante da análise química de toque, para análises de pequenas quantias de peróxido e íons de ferricianeto. Por ser uma substância que emite luz azulada, fez com que fosse divulgada não apenas na área química, mas em peças teatrais e eventos artísticos [2].

4.3 A estrutura do luminol

O luminol é um composto sólido; orgânico; de coloração branca à amarelada; possui temperatura de fusão entre 319°C e 320°C; muito pouco solúvel em água; sensível à luz e estável a temperatura ambiente. No entanto, a solução de luminol, que geralmente é preparada utilizando peróxido de hidrogênio, é considerada instável, logo, o seu preparo deve ser feito no momento de sua utilização. A figura 1 apresenta a fórmula química estrutural do luminol, que possui fórmula molecular $C_8H_7O_2N_3$ e apresenta um anel aromático e funções orgânicas amina ($R-NH_2$) e amida ($R-NH-C=O$) em sua composição [3].

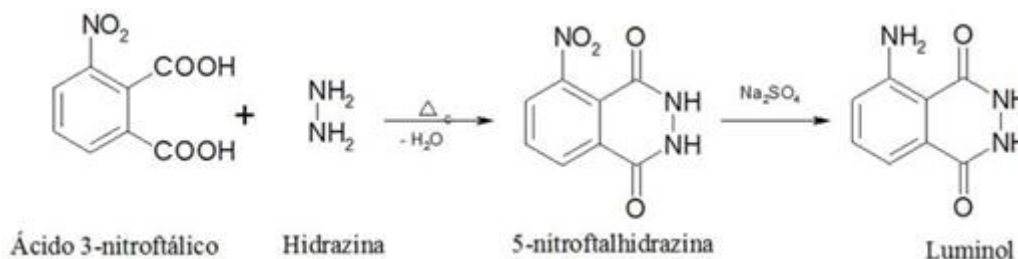
FIGURA 1. Fórmula química estrutural do luminol (SOUZA; FERREIRA, 2018).



4.4 Método de obtenção do luminol

Um dos métodos mais utilizados para a obtenção do luminol é por meio da reação da hidrazina com o ácido 3-nitroftálico, sob aquecimento seguido da redução do grupamento nitro do 5-nitroftalhidrazina para a formação do produto final (figura 2) [4]. A figura 2 apresenta a reação do Ácido 3-nitroftálico com a hidrazina, através de aquecimento e a redução do grupamento nitro do seu produto (5-nitroftalhidrazina) que origina o Luminol.

FIGURA 2. Obtenção do luminol [4] (editado).

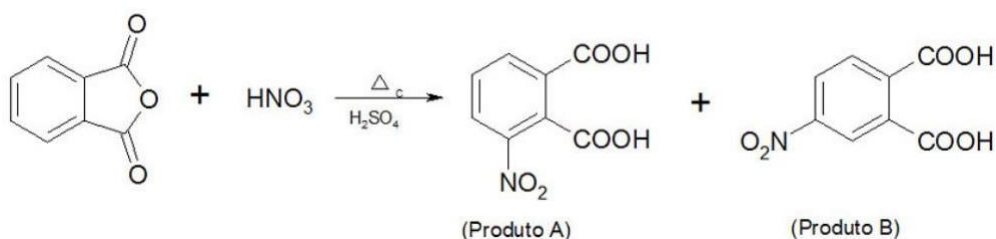


4.4.1 Método De Obtenção Alternativo: Nitração Do Anidrido Ftálico

Outro modo sintético de obtenção foi criado em 2007, em que a primeira etapa da síntese do luminol consiste na nitração do anidrido ftálico. A reação é realizada com a mistura de ácido sulfúrico e ácido nítrico que formam o eletrófilo dióxido de nitrogênio. O anel aromático reage com o eletrófilo resultando na mistura dos isômeros (figura 3) [4]. O produto ácido 3-nitroftálico (produto A) é de menor rendimento e é menos solúvel em água do que o isômero (produto B). A separação dos isômeros é realizada com a adição da água no meio reacional, contudo, devido à diferença de solubilidade dos produtos, essa separação não é satisfatória pois mantém uma mistura impura. A segunda etapa da síntese é a formação do 3-nitroftalhidrazina a partir da reação do ácido 3-nitroftálico com a hidrazina (figura 2) [4]. A figura 3 apresenta a reação de nitração

do anidrido ftálico.

FIGURA 3. Reação de nitração do anidrido ftálico [4].



4.5 O luminol brasileiro

Desenvolvido pelo farmacêutico e professor do Instituto de Química Claudio Cerqueira Lopes, nos laboratórios da UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro), para melhor atender a demanda da polícia civil dos estados nacionais, visto que na maioria dos crimes de homicídio ocorridos nas capitais do Brasil, em destaque para o estado do rio de janeiro, ocorrem em áreas não urbanas, onde muitas das vezes não há energia elétrica disponível [9].

De maneira oposta aos países de primeiro mundo como os Estados Unidos, em grande maioria os delitos ocorrem em áreas urbanizadas, por mais carentes que sejam os locais, há uma presença maior de urbanização em comparação ao Brasil. Visto que a carência de energia elétrica estava ocasionando notáveis problemas para a utilização da substância química, no Brasil, devido à necessidade de utilização da luz negra, a qual deve estar conectada a uma fonte de energia podendo ser uma tomada ou até mesmo uma bateria externa, para que haja funcionamento. Foi desenvolvido um aprimoramento na substância no Brasil, o qual se destaca em comparação aos demais reagentes similares disponíveis atualmente no mercado, devido sua nova vantagem, o conteúdo vem em um frasco de polietileno com spray, com a solução já ativa na composição, dispensando assim a utilização da luz negra em cenas de crime, sendo necessário apenas que o local do ocorrido esteja escuro, sua bioluminescência tem a duração de até 3 minutos depois de espirrado no local desejado [10].

Segundo consta na matéria do jornal “correios brasilienses”, o novo produto, um composto em pó feito de nitrogênio, hidrogênio, oxigênio e carbono misturado a um líquido contendo um peróxido (água oxigenada, por exemplo), que, quando em contato com um catalisador, sofre uma reação química que fica azul claro quando completo, geralmente azul. No caso do sangue, o catalisador é o ferro contido na hemoglobina, proteína do sangue responsável pelo transporte de oxigênio no organismo. Esse fenômeno é chamado de quimioluminescência porque durante a reação, as moléculas se dividem e os átomos se recombina para formar novas

moléculas. As moléculas originais dos reagentes têm mais energia do que as moléculas produzidas pela reação, e o excesso de energia é liberado na forma de fótons. Os fótons emitidos por quimioluminescência são responsáveis pela luz azul luminol. A eficiência do Alfa-Luminol foi comprovada em testes na unidade CSI (Crime Scene Investigation) localizada em Miami, nos Estados Unidos. O produto, é fabricado pela empresa Alfa Rio Química, em menos de um mês de seu lançamento no mercado, com o nome comercial de Alfa-Luminol, já estava sendo utilizado nas perícias de Minas Gerais, do Rio Grande do Norte, de São Paulo e do Paraná [11].

4.6 Aplicação na área criminalística

Grande parte das investigações criminalísticas tem como base a noção que nenhuma prova desaparece da cena do crime sem deixar rastros, mais especificamente nos casos de crimes hediondos. O criminoso pode se livrar do corpo e limpar as manchas de sangue do local e de seus objetos, no entanto, sem a utilização dos produtos químicos apropriados, sempre haverá a presença de algum resquício de sangue, por menor que seja sua quantidade; podendo assim, a evidência, permanecer imperceptível por décadas no local [2].

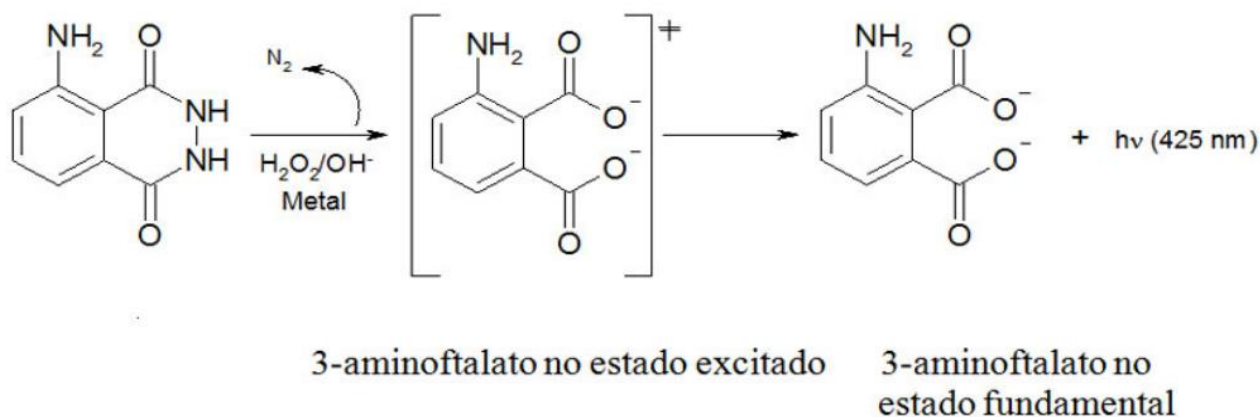
Para a ocorrência da quimioluminescência utilizando luminol são necessários:

- reagente oxidante, H_2O_2 , O_2 , ClO^- por exemplo;
- catalisador, como os metais de transição;

O luminol apresenta maior eficiência em meio básico, utilizando solventes próticos ou dipolares apróticos (como, por exemplo, dimetilsulfóxido). O comprimento de onda máximo da reação quimioluminescente depende do solvente utilizado, com 431nm para água, 502nm para dimetilsulfóxido, 499nm para dimetilformamida e 500nm para acetonitrila.

O metal de transição que age como catalisador realiza a conversão do luminol em diazoquinona, que é atacada pelo ânion proveniente do peróxido de hidrogênio hidrolisado, formando um endoperóxido, perdendo uma molécula de nitrogênio (N_2) e formando o diânion ácido 3-aminoftálico, que já é produzido no estado excitado. Essa é a espécie que sofrerá liberação de fótons, gerando a quimioluminescência por meio da emissão de luz em 425-430nm. A reação do luminol na presença de peróxido de hidrogênio é descrita na figura 4 [4].

FIGURA 4. Esquema geral da reação do luminol na presença de peróxido de hidrogênio [4].



4.7 Aplicação na área da saúde

A utilização do Luminol na área da saúde tem como principal foco a investigação de resíduos hemáticos, porque o luminol atua como ferramenta de controle nos processos de higienização destes ambientes, atestando a remoção de sangue e a eficiência do processo de desinfecção. O principal meio de cultura para o crescimento de microrganismos patogênicos, presentes em ambientes clínicos e hospitalares são resíduos hemáticos, logo o luminol se faz de suma importância [11].

Os locais que o luminol pode ser utilizado são as centrais de material esterilizado, centros cirúrgicos, unidades de terapia intensiva, aparelhos de endoscopia, cateteres e outros pontos designados pela Comissão de Controle da Contaminação Hospitalar. O sangue oculto na área hospitalar será detectado, através do limnômetro portátil da marca Hygiena, System Sure II. Com a obtenção de medidas de emissão de fótons em URL, pode-se mensurar de forma semiquantitativa a concentração de sangue presente nos ambientes [7].

Centros cirúrgicos:

- Mesa cirúrgica;
- Chão em torno à mesa cirúrgica;
- Handle do iluminador;
- Roupas colocadas sobre o paciente;
- Painéis eletrônicos em geral.UTI's:
- Camas e roupas;
- Cadeiras e Armários;
- Maçanetas;
- Equipamentos em geral.

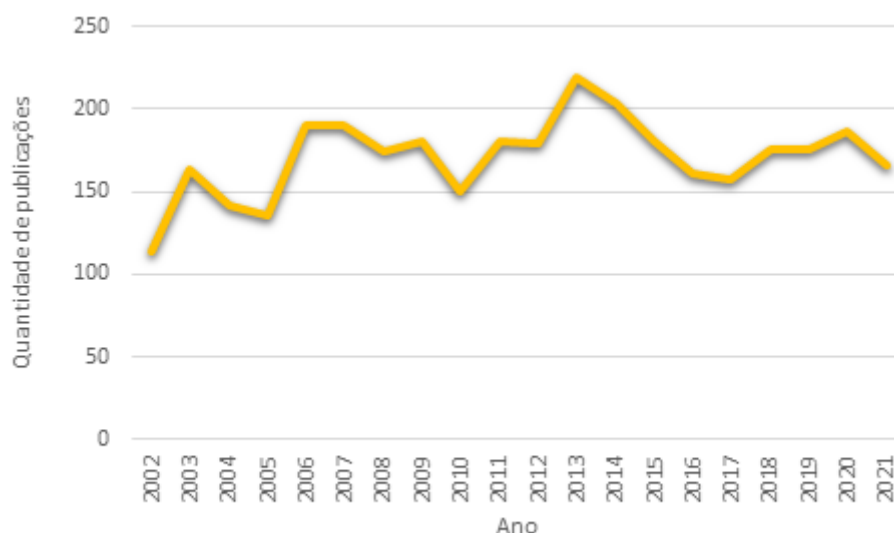
Materiais que mantêm contato direto com o paciente

- Bombas de hemodiálise;
- Bombas de transfusão de sangue;
- Cateteres;
- Instrumentos cirúrgicos em geral;
- Equipamentos e acessórios. Unidades odontológicas:
- Instrumentos cirúrgicos utilizados na arcada bucal;
- Instrumentos de rotina para remoção de dentes e tratamento de canal;
- Instrumentos para implante dentário;
- Uniformes e EPIs etc.

5 DISCUSSÕES E RESULTADOS

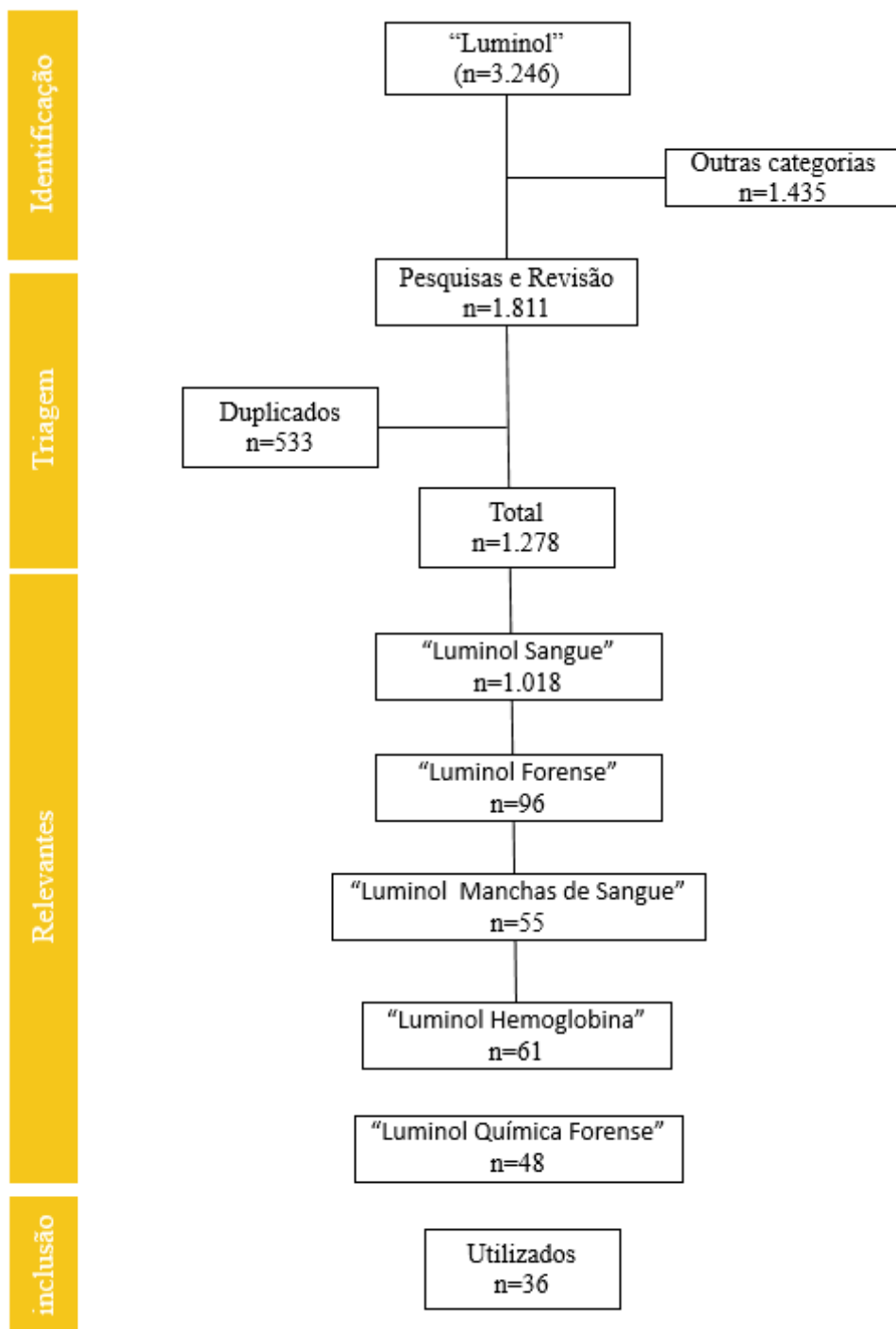
Inicialmente, foram identificados 3.246 artigos ao longo de todo o levantamento quantitativo, referente a associação das palavras chaves, em português, “Luminol”, “Perícia”, “Química Forense”, “Quimioluminescência”, “Sangue”, “Hemoglobina”, “Manchas de Sangue” e “Análise” e ,em inglês, “Luminol”, “Expertise”, “Forensic Chemistry”, “Chemiluminescence”, “Blood”, “Hemoglobin”, “Blood Stains” e “Analysis”. A figura 5 mostra a quantidade de publicação de artigos referentes ao tema, dado no período entre os anos de 2002 e 2021.

FIGURA 5. Gráfico relacionando a quantidade de publicações por ano relacionando palavras-chaves (arquivo pessoal).



Nota-se que a associação não apresenta grande evolução no período de 2002 a 2005. Em contrapartida, a partir de 2006, é possível constatar evolução, tendo alto desenvolvimento no período de 2013 a 2014, alcançando o patamar de cerca de 219 publicações anuais, aproximadamente. O fluxograma de pesquisa e seleção de artigos é apresentado na figura 6.

FIGURA 6. Fluxograma de busca e seleção de trabalhos (arquivo pessoal).



A inclusão de critérios que viabilizassem a determinação de artigos de pesquisa trouxe a sucessão de estudos a serem analisados classificados e como critérios de inclusão para esta pesquisa levou-se em consideração: artigos originais de pesquisa e revisão, escritos no idioma inglês e espanhol. Durante a análise de conteúdo dos materiais, foram excluídos e desconsiderados artigos repetidos encontrados nas bases de dados utilizadas, artigos que não abordassem a utilização do luminol na química forense, foram excluídos ainda os artigos que não discutiam as aplicações dos parâmetros estudados com, correlacionadas com as palavras-chave, em português, “Luminol”, “Perícia”, “Química Forense”, “Quimioluminescência”, “Sangue”,

“Hemoglobina”, “Manchas de Sangue” e “Análise”. Em inglês, “Luminol”, “Expertise”, “Forensic Chemistry”, “Chemiluminescence”, “Blood”, “Hemoglobin”, “Blood Stains” e “Analysis”. Em espanhol: “Luminol”, “Pericia”, “Química Forense”, “Quimioluminescencia”, “Sangre”, “Hemoglobina”, “Manchas de Sangre” e “Análisis”.

Em uma investigação forense a análise de rastros de sangue encontrados nos locais de crime é um dos fatores orgânicos com maior relevância para elucidar um crime, a evidência de sangue até mesmo a falta da mesma, pode ser utilizada para reforçar ou invalidar uma declaração de uma testemunha ou até mesmo contradizer declarações dadas pelos suspeitos [12].

Na atualidade, os produtos químicos mais utilizados no momento das investigações na área do judiciário, são o Luminol e o Bluestar forensic. O luminol é um produto químico que ao ser aplicado em manchas de sangue mesmo que muito diluídas, fara que quando exposto a luz negra surja um aspecto de caráter azulado gerado pela de quimiluminescência do produto se dá pela canalização da hemoglobina contida no sangue. O reagente 5-amino-2,3-dihidroftalazina-1,4-diona, reage com o grupo “heme” da hemoglobina [13, 6, 12].

O 5-amino-2,3-dihidroftalazina-1,4-diona, segundo a IUPAC, ou luminol, é um reagente em pó e, quando utilizado em solução, ao entrar em contato com íons de Fe, no sangue geralmente presentes no grupo “heme” da hemoglobina [12], possui potencial de agente catalizador, apresenta, como resultado de uma reação de quimiluminescência, brilho de coloração azul vibrante, quando exposto à luz negra. A obtenção desse composto em pó pode ser realizada por duas vias, a amis comum, por meio da reação da hidrazina com o ácido 3-nitroftálico, sob aquecimento seguido da redução do grupamento nitro do 5-nitroftalhidrazina para a formação do produto final; ou através da nitração do anidrido ftálico, onde a reação é realizada com a mistura de ácido sulfúrico e ácido nítrico que formam o eletrófilo dióxido de nitrogênio, onde o anel aromático reage com o eletrófilo resultando na mistura dos isômeros, logo em seguida a separação dos isômeros é realizada com a adição da água no meio reacional e devido à diferença de solubilidade dos produtos, essa separação não é satisfatória pois mantém uma mistura impura, se fazendo necessário uma segunda etapa da síntese é a formação do 3- nitroftalhidrazina a partir da reação do ácido 3-nitroftálico com a hidrazina [4], conforme demonstrado na figura 2. Para a sua utilização, a solução de luminol deve ser preparada logo antes do seu uso, por tratar-se de um composto instável.

Uma das grandes preocupações para a utilização dos testes de presunção é que os componentes aplicados sobre as substâncias que serão analisadas (evidências em cenas de crime como resquícios de sangue), possam danificar a estrutura da amostra, podendo apresentar

alteração nos resultados das análises laboratoriais, como por exemplo a extração do DNA, que é um dos ensaios de maior importância para as atividades do judiciário. Com o objetivo de verificar as eventualidades destes casos, foi publicado um artigo no ano de 2002, por Ana Castelló Ponce e Fernando A. Verdú Pascual, com o objetivo de analisar as possíveis interferências do luminol em extrações e extensão do DNA. A experimentação foi regida em tecidos de algodão na cor branca, os tecidos foram lavados com detergente comum em lavadora, postos para secar ao ar livre; em seguida um dos panos foi separado para testes aplicando o luminol e outra para realizar ampliações de DNA por PCR. O tecido testado com o luminol foi lavado, seco e testado diversas vezes até que fossem obtidos resultados negativos, ocorrido somente na décima lavagem do tecido. Após cada lavagem foi realizada a extração do DNA, tendo resposta positiva até a terceira lavagem. Tendo assim o entendimento que não há diferença nos resultados de ampliações de amostras do DNA sem a preparação previa do luminol, sendo assim o mesmo não interfere em ampliações de DNA por PCR [13].

A sensibilidade quimiluminescência é extremamente elevada, sendo possível identificar a presença do analito em ensaios submetidos a até dez lavagens, demonstrando capacidade de detectar sangue em pequenas quantidades, descrito bibliograficamente como sendo 1:100.000, em superfícies não absorventes [15, 16, 17] e 1:5.000.000 em tecido de algodão [18].

A exposição de vestígios hemáticos a fatores ambientais, influencia substancialmente nos resultados de testes de presunção. Resíduos submetidos a condições adversas como longos períodos após o ocorrido, mal armazenamento como submersos em água ou enterramento, no entanto é de conhecimento que a eficiência do luminol para indicação de presença de sangue em vestígios desta natureza é alta, segundo mostram os resultados do estudo de 2010 realizado por Pitar, Pascual, Ponce e Muñoz.

O sangue foi obtido por punção venosa e não foi adicionado nenhum conservante, e as manchas foram formadas depositando uma gota de sangue sobre o suporte selecionado; utilizando os materiais duas superfícies impermeáveis: aço e ferro (chapas metálicas de 3 x 3 e 4 x 4 cm); oito substratos porosos: dois tipos de azulejos, um mais rugoso e outro com uma superfície menos porosa; tecidos de diferentes tipos: denim, algodão, sintéticos brancos e sintéticos estampados, também tecido felpudo (toalha) e finalmente papel (tecidos de celulose); reagentes utilizados: Phenolphthalein (PHENOLPHTHALEIN DISCHAPS™ Sirchie, Cat. No. DCB100); Leucomalachite green (Leuco-Malachite DISCHAPS™ Sirchie, Cat. No. DCB200); Luminol (Merck); Carbonato de potássio (Panreac); Perborato de sódio (Panreac); Água destilada. Para a preparação do reagente Luminol, foram seguidas as instruções e métodos de laboratório descritos

na literatura.

Os resultados obtidos em função do luminol: No aço (acero), o luminol dá um resultado positivo até 80 dias, independentemente do meio em que é encontrado; durante o período de quatro meses, os resultados positivos só são obtidos com luminol, exceto nas amostras submersas, conforme exposto na figura 7. Em ferro (hierro) e para amostras submersas, os reagentes de orientação utilizados não têm qualquer utilidade se as manchas forem recentes, mesmo com dez dias de idade. O mesmo se aplica a amostras ao ar livre, expostas à chuva e a outros fatores atmosféricos; neste caso, o luminol dá os melhores resultados para amostras até 25 dias de idade; não se obtêm resultados positivos após esta data, conforme exposto na figura 7 [19].

As tabelas 1 a 4 mostram os resultados obtidos em função do apoio.

FIGURA 7. Resultados obtidos aço e ferro [19].

TABLA 1													
Soportes impermeables metálicos													
Soporte	Ambiente	Reactivo	Tiempo en días										
			5	10	15	20	25	40	50	70	80	125	
Acero	Agua	FEN	+	+	+	+	+	+	+	+	∅		
		LEU	∅										
		LUM	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	∅
	Aire libre descubierto	FEN	+	+	+	+	+	+	+	+	+	∅	
		LEU	+	+	+	+	+	+	+	+	+	∅	
		LUM	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Aire libre cubierto	FEN	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		LEU	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		LUM	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Enterradas	FEN	+	+	+	+	+	+	+	+	+	∅	
		LEU	+	+	+	+	+	∅					
		LUM	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Laboratorio	FEN	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		LEU	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		LUM	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Hierro	Agua	FEN	+	∅									
		LEU	∅										
		LUM	+	∅									
	Aire libre descubierto	FEN	+	∅									
		LEU	+	∅									
		LUM	+	+	+	+	∅						
	Aire libre cubierto	FEN	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		LEU	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		LUM	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Enterradas	FEN	+	+	+	+	∅						
		LEU	+	+	∅								
		LUM	+	+	+	+	+	+	+	+	∅		
	Laboratorio	FEN	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		LEU	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		LUM	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

+ Reacción positiva

∅ Reacción negativa

muito sensíveis, esses não são específicos. Sendo assim, testes utilizando apenas o luminol que positivem a presença de sangue, sem considerar outros métodos de perícia, não devem ser entendidos como 100% de exatidão para o resultado, no entanto o resultado negativo é prova da ausência de uma quantidade detectável de hemoglobina, ou derivados [20, 21].

Laux e Grispino, através de seus artigos, constataram que, o luminol, por ser tratar de um produto diluído em água, pode causar manchas latentes e diluir ainda mais uma mancha já inicialmente diluída, podendo levar a evidência além dos limites de detecção para análise de marcadores genéticos, assim, inutilizando a mancha de sangue obtida, pois, comprovou-se que o luminol causará a perda de vários marcadores genéticos, em manchas que forem submetidas repetidamente à análises utilizando o luminol [22, 23]. Dado o fato do luminol ser tão sensível a manchas de sangue já diluídas, é usado para ressaltar impressões de sangue, como impressões digitais e de calçados. O luminol não é o melhor reagente para melhorar essas impressões devido a sua base aquosa. Métodos como merbromina e orto-tolidina que são solventes orgânicos de rápida evaporação que se tornam mais apropriados para tais ocasiões [6].

Kent, Elliot, e Miskelly, mostraram que por meio de uma técnica de adição de aminas primárias e secundárias ao preparo do material reagente foi possível inibir a quimioluminescência oxidativa do luminol, causado pelo hipoclorito. No entanto deve-se ter atenção no preparo pois a utilização de aminas terciárias causa o efeito inverso e potencializam a quimioluminescência, ocasionando a formação de íons cloreto alquil amônio que atuam como oxidante. Constatou-se também, que a interferência positiva por lixívia diminui se a área a ser pulverizada for isolada por vários dias, portanto, sempre que possível, um atraso antes de pulverizar a solução de peróxido de luminol pode reduzir significativamente a interferência positiva por lixívia [24].

Segundo pesquisas realizadas por Creamer e colaboradores, estabilizantes voláteis presentes na formulação dos alvejantes, acabam evaporando com o passar do tempo, sendo assim a quimioluminescência, provocada pelo hipoclorito, já não é mais vista como uma interferência após oito horas de aplicação do alvejante na superfície que será analisada. A literatura especifica o preparo do reagente com 0,05 mol/L de glicina ($C_2H_5NO_2$) à preparação que é apontada como a amina mais adequada para impedir a oxidação do luminol pelo hipoclorito. [25, 26, 27, 28].

Em suma, de acordo com as informações contidas no trabalho, foi possível identificar as seguintes vantagens em relação à utilização do luminol:

1. O preparo da solução de luminol

A preparação da sua solução para uso é simples, pois consiste na diluição do reagente

luminol em peróxido de hidrogênio.

2. Detecção de manchas

Possui grande eficiência para detectar manchas latentes, deterioradas e/ ou antigas.

3. Utilização em tecidos

O luminol é um dos reagentes mais utilizados para a utilização em manchas de tecidos, sendo superado apenas pelo desempenho da fenolftaleína.

4. Interferências

A utilização não apresenta interferência nos resultados de testes de sangue, como de DNA, que posteriormente podem ser realizados utilizando o sangue revelado pelo luminol, assim, não inutilizando as evidências encontradas e possibilitando novos rumos para uma investigação policial.

Contudo, suas desvantagens identificadas foram:

1. A solução de luminol

A solução de luminol é considerada instável, pois a partir do momento em que o reagente luminol entra em contato com uma substância oxidante, o peróxido de hidrogênio, a reação da mistura começa a ocorrer e devido a perda de nitrogênio e hidrogênio que são substituídos por oxigênio, após um certo período a propriedade quimioluminescente pode se perder, sendo necessário um novo preparo. Logo, como solução para o problema, a compra de soluções industrializadas já prontas de luminol, como o Alfa-Luminox, o luminol brasileiro, ou o luminol da empresa Blue Star Forensic, no entanto, essas soluções tornam-se muito caras e inviáveis.

2. Falso positivo

A utilização do luminol possui a capacidade de gerar resultados falso-positivos por algumas interferências, como: reagentes metálicos (ferro, cobre e permanganato de potássio) e a presença de alguns reagentes, como o hipoclorito de sódio, em produtos sanitizantes, que geralmente são utilizados para limpar manchas de sangue em cenas de crime, no entanto, a falsa resposta positiva observada quando as soluções de luminol são pulverizadas sobre uma área que foi limpa com água sanitária podem ser evitadas acrescentando aminas como o 1,2-diaminoetano para a solução de luminol, uma vez que as aminas reagem rapidamente com os íons hipoclorito, formando as cloramidas, o efeito de quimioluminescência oxidativo é inibido, entretanto mesmo

com a adição de tais reagentes a solução de luminol, ela ainda possui intensidade suficiente e longevidade de emissão de luz que é útil para o contexto forense.

6 CONCLUSÃO

O objetivo geral deste trabalho foi compreender a aplicação e o uso do luminol na área da perícia investigativa e apresentar suas vantagens e desvantagens para a área. Para que o conhecimento científico sobre o luminol fosse devidamente aprofundado foram utilizados alguns artigos que tratam de informações importantes do composto, como sua estrutura e composição, os dois principais métodos de obtenção – um deles que se faz como uma alternativa utilizando de diferentes sínteses de produtos químicos, além do método comumente utilizado – e suas melhores utilizações.

O luminol é um composto que possui eficácia comprovada quando se trata de detectar manchas de sangue envelhecidas e de má qualidade de conservação – especialmente se forem latentes – pois ele possui alta sensibilidade e um limite de detecção muito baixo para a localização de manchas não visíveis a olho nu, devido principalmente à sua reação quimioluminescente. Entretanto, sua especificidade – cujo não é apenas para sangue humano – pode vir a se tornar um empecilho para o seu uso pois ele ainda é possibilitado de reagir com alguns metais – ferro em especial – e alvejantes domésticos, apontado resultados falso-positivos.

Ensaio comprovam moderada eficiência em superfícies metálicas – como o ferro e o alumínio – e a possibilidade de resultar em falsos-positivos, além de o prazo de comprovação ser significativamente maior. Comprovam, também, maior eficiência do luminol em superfícies porosas e de maior absorção de líquidos – como os azulejos e tecidos – e se testado em manchas antigas ou deterioradas.

Contudo, o uso do luminol para determinações na química forense ainda é validado como útil a partir do momento em que, quando usado para detectar manchas de sangue não visíveis, ele não alterará resultados de análises de sangue, como testes de DNA posteriores a sua utilização. Sendo assim, infere-se que o luminol mesmo que em alguns poucos casos se faça limitado, possua relevância e seja de grande utilidade para perícias policiais.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

[1] REGIAO, Conselho Regional de Química - IV. **Química Forense**: o que fazem os químicos

forenses? O que fazem os químicos forenses? 2011. Disponível em: https://www.crq4.org.br/qv_forense#:~:text=O%20qu%C3%ADmico%20forense%20trabalha%20analisando,relacionada%20a%20um%20poss%C3%ADvel%20crime. Acesso em: 06 set. 2022.

[2] CARVALHO FILHO, José Rocha de. **Luminol**: descubra como esse produto é utilizado em cenas de crime. Descubra como esse produto é utilizado em cenas de crime. 2021. Disponível em: <https://blog.ipog.edu.br/tecnologia/luminol/>. Acesso em: 14 jun. 2022.

[3] SOUZA, Beatriz S.; FERREIRA, Julieta A. Funcionamento do Luminol e sua utilização para a identificação de Sangue Latente. Revista Científica da FHO|UNIARARAS. v. 6, nº. 1/ 2018. Disponível em: http://www.uniararas.br/revistacientifica/_documentos/art.007-2018.pdf. Acesso em: 13 de junho de 2021.

[4] VASCONCELLOS, Flávia Armani de; PAULA, Washington Xavier de. APLICAÇÃO FORENSE DO LUMINOL – UMA REVISÃO. 2017. Disponível em: <http://revistacml.com.br/wp-content/uploads/2018/04/RCML-2-04.pdf>. Acesso em: 8 set. 2022.

[5] LUMINOL, DNA e testes: perícia desvendou morte de Kauã e Joaquim: Para solucionar o crime que chocou o Espírito Santo, foram realizadas cinco perícias na casa onde um incêndio matou os irmãos Kauã e Joaquim. Trabalho foi fundamental para nortear as investigações. Para solucionar o crime que chocou o Espírito Santo, foram realizadas cinco perícias na casa onde um incêndio matou os irmãos Kauã e Joaquim. Trabalho foi fundamental para nortear as investigações. A Gazeta. Espírito Santo, p. 1-1. out. 2019. Disponível em: <https://www.agazeta.com.br/es/policia/luminol-dna-e-testes-pericia-desvendou-morte-de-kaua-e-joaquim-0419>. Acesso em: 8 set. 2022.

[6] Schiro G. (2002). Collection and preservation of blood evidence from crime scenes: <http://www.crime-scene-investigator.net/phoblood.html>.

[7] PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA -QI UFRJ. Luminol Brasileiro: luminol ufrj. LUMINOL UFRJ. Disponível em: <https://pgqu.iq.ufrj.br/luminol-brasileiro-2/>. Acesso em: 20 jun. 2022.

[8] REVISTA RCML CRIMINALÍSTICA E MEDICINA LEGAL. Belo Horizonte: Valor Editora, v. 2, 2017. Disponível em: <http://revistacml.com.br/wp->

content/uploads/2020/04/RCML-V2-2017.pdf. Acesso em: 10 jul. 2022.

[9] LUMINOL UFRJ. Roteiro: Claudio Cerqueira Lopes. Federal University Of Rio de Janeiro: Lasape Iq/Ufrj, 2015. (10 min.), color. Disponível em: <https://lasape.iq.ufrj.br/luminol.html>. Acesso em: 21 jun. 2022.

[10] PROGRAMA do Jô - Entrevista com o Professor Claudio Cerqueira Lopes. Rio de Janeiro: Sbt, 2012. Son., color.

[11] COSTA, Janey. Pesquisadores desenvolvem versão nacional mais barata e sofisticada do luminol: a substância reage ao contato com sangue e pode ajudar em investigações criminais, além de servir para aplicações em áreas como a saúde. Correios Brasilienses. Brasília, p. 1-1. 9 ago. 2010. Disponível em: https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/ciencia-e-saude/2010/08/09/interna_ciencia_saude,206687/pesquisadores-desenvolvem-versao-nacional-mais-barata-e-sofisticada-do-luminol.shtml. Acesso em: 9 set. 22.

[12] QUISPE, Sergio; FLORES, Andrés. Detección de manchas de sangre mediante la Prueba de Luminol en la investigación forense: luminol test to blood samples detection in forensic investigation. Con-Ciencia, La Paz, v. 2, n. 1, p. 1-9, jul. 2014. Disponível em: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-02652014000100010&lang=pt. Acesso em: 28 out. 2022.

[13] F. Barni, S.W. Lewis, A. Berti, G.M. Miskelly, G. Lago. Forensic application of the luminol reaction as a presumptive test for latent blood detection. Talanta 72, 896-913, 2007. Disponível em: <http://www.themurderofmeredithkercher.net/docupl/filelibrary/docs/forensics/2006-12-22-Study-Barni-Berti-et-al-Luminol-Forensics.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2022.

[15] ALMEIDA, Juliana Piva de. Influência dos testes de triagem para detecção de sangue nos exames imunológicos e de genética forense. 2009. 49f. Dissertação (Pós-Graduação em Biologia Celular e Molecular). Disponível em: <https://tede2.pucrs.br/tede2/bitstream/tede/5356/1/418143.pdf>. Acesso em: 31/10/2022.

[16] Fregeau CJ, Germain O, Fourney RM. Fingerprint enhancement revisited and the effects of blood enhancement chemicals on subsequent profiler Plus fluorescent short tandem repeat DNA

analysis of fresh and aged bloody fingerprints. J Forensic Sci. Disponível em: https://projects.nfstc.org/workshops/resources/literature/Amplification/42_Fingerprint%20Enhancement%20Revisited%20and%20the.pdf. Acesso em: 31/10/2022.

[17] Tobe SS, Watson N, Daeid NN. Evaluation of six presumptive tests for blood, their specificity, sensitivity, and effect on high molecular-weight DNA. J Forensic Sci. 2007. Disponível em: <https://www.bluestar-forensic.com/wp-content/uploads/2021/03/Evaluation-of-Six-Presumptive-Tests-for-Blood-Their-Specificity-Sensitivity-and-Effect-on-High-Molecular-Weight-DNA.pdf>. Acesso em: 31/10/2022.

[18] Blum LJ, Esperança P, Rocquefelte S. A new high-performance reagent and procedure for latent bloodstain detection based on luminol chemiluminescence. Canadian Society of Forensic Science. Disponível em: [file:///C:/Users/Larissa/Downloads/BRIGURAJBARRELLY%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Larissa/Downloads/BRIGURAJBARRELLY%20(1).pdf). Acesso em: 31/10/2022.

[19] PITARCH, Pascual Gil; PASCUAL, Fernando Verdú; PONCE, Ana Castelló; MUÑOZ. Maria del Carmen Negre. Técnicas de criminalística en manchas de sangre: fator ambiental em las pruebas de orientación. Disponível em: <https://docplayer.es/39300459-Tecnica-de-criminalistica-en-manchas-de-sangre-factor-ambiental-en-las-pruebas-de-orientacion.html>. Acesso em: 31/10/2022.

[20] Lee, HC "Identification and Grouping of Bloodstains", em Forensic Science Handbook , Saferstein, R., ed., Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1982.

[21] Manual do Curso de Sorologia Forense do FBI.

[22] Laux, DL, Effects of Luminol on the Subsequent Analysis of Bloodstains, Journal of Forensic Sciences , Vol. 36, No. 5, Set. 1991, pp. 1512-1520.

[23] Grispino, RRJ, "Os Efeitos do Luminol na Análise Sorológica de Manchas de Sangue Seco". Crime Laboratory Digest , Vol. 17, No. 1, Jan. 1990, pp. 13-23.

[24] KENT, Erina J. M. ELLIOT. Douglas A.; MISKELLY, Gordon M. Inhibition of bleach-Induced luminol chemiluminescence. Disponível em:

<http://www.themurderofmeredithkercher.net/docupl/filelibrary/docs/forensics/2002-07-24-Article-Kent-et-al-Inhibition-bleach-luminol.pdf>. Acesso em: 31/10/2022.

[25] CREAMER, J. 1.; QUICKENDEN, T. L.; APANAH, M. V.; KERR, K. A.; ROBERTSON, P. A comprehensive experimental study of industrial, domestic and environmental interferences with the forensic luminol test for blood. Disponível em: <https://www.yumpu.com/en/document/read/3008132/a-comprehensive-experimental-study-of-industrial-domestic-and->. Acesso em: 31/10/2022.

[26] Castello A, Frances F, Verdu F. Bleach interference in forensic luminol tests on porous surfaces: more about the drying time effect. Talanta. 2009. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19084679/>. Acesso em: 31/10/2022.

[27] CREAMER. Jonathan 1; QUICKENDEN, Terence L.; CRICHTON, Leah B.; ROBERTSON Patrick; RUHAYEL, Rasha A. Attempted cleaning of bloodstains and its effect on the forensic luminol teste Disponível em: <https://www.yumpu.com/en/document/read/8199385/attempted-cleaning-of-bloodstains-and-its-effect-on-the-forensic->. Acesso em: 31/10/2022.

[28] King R, Miskelly GM. The inhibition by amines and amino acids of bleachinduced luminol chemiluminescence during forensic screening for blood. Talanta. 2005. Disponível em: file:///C:/Users/Larissa/Downloads/The_forensic_luminol_test_for_blood_unwa.pdf. Acesso em: 31/10/2022.

APPLICATION OF FORENSIC LUMINOL FOR BLOOD DETECTION IN ENDODONTIC FILES. Brasil: Rev Odontol Unesp, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rounosp/a/NHSWwwCq3FXKpjDbZVFVFDmb/?lang=en&format=pdf>. Acesso em: 16 out. 2022.

BLUESTAR FORENSIC (Estados Unidos da America) (org.). BLUESTAR FORENSIC. Disponível em: <https://www.bluestar-forensic.com/>. Acesso em: 17 out. 2022.

CLEGG, Brian. Luminol. Disponível em: <https://www.chemistryworld.com/podcasts/luminol/7272.article>. Acesso em: 10 jun. 2022.

COMPORTAMENTO DO REAGENTE BLUESTAR[®] EM MANCHAS DE SANGUE

FRENTE AS DIFERENTES TEMPOS, SUPERFÍCIES E LAVAGEM. Porto Alegre, Rs, set. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/312213563_Comportamento_do_Reagente_BluestarR_em_Manchas_de_Sangue_Frente_a_Diferentes_Tempos_Superficies_e_Lavagem. Acesso em: 17 out. 2022.

F. Ramsthaler, P. Schmidt, R. Bux, S. Potente, C. Kaiser, M. Kettner. Drying properties of bloodstains on common indoor surfaces. *Int. J. Legal Med.* 126:, 739- 746, 2012. Acesso em: 15 out. 2022.

FORENSIC LUMINOL BLOOD TEST FOR PREVENTING CROSS-CONTAMINATION IN DENTISTRY: AN EVALUATION OF A DENTAL SCHOOL CLINIC. Ponta Grossa State University, Brazil, 24 fev. 2014. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/51bb/25b0f62731b7a76254130b58592d0baac634.pdf>. Acesso em: 17 out. 2022.

HOJE, Es. Kauã e Joaquim: dois anos depois, relembre as mortes que chocaram o ES. Es Hoje. Espírito Santo, p. 1-1. 19 abr. 2020. Disponível em: <https://eshoje.com.br/2020/04/kaua-e-joaquim-dois-anos-depois-relembre-as-mortes-que-chocaram-o-es/>. Acesso em: 8 set. 2022.

Induced luminol chemiluminescence. Disponível em: <http://www.themurderofmeredithkercher.net/docupl/filelibrary/docs/forensics/2002-07-24-Article-Kent-et-al-Inhibition-bleach-luminol.pdf>. Acesso em: 29 out. 2022.

KENT, Erina J. M.; ELLIOT, Douglas A.; MISKELLY, Gordon M. Inhibition of bleach-
Lima, A.S. 1; Santos, L.G.P 1 ; Lima, A.A. 2 ; Arçari, D.P. 3 ; Zanin, C.I.C.B. 4. Disponível em: http://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2018/06/11qui_forense.pdf. Acesso em: 5 jun. 2022.

MILESKI, Thayse Campos. APLICAÇÃO DE CORANTES BENZAZÓLICOS FLUORESCENTES POR ES IPT PARA A REVELAÇÃO DE MANCHAS DE SANGUE EM CENAS DE CRIME E A SÍNTESE DO LUMINOL. 2016. 105 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Química, Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/147171/000999076.pdf?sequence=1>. Acesso

em: 14 jun. 2022.

PONCE, Ana Castelló; PASCUAL, Ferando A. Verdú. Critical revision of presumptive Tests for bloodstains. Disponível em:

https://projects.nfstc.org/workshops/resources/literature/Screening/10_Critical%20Revision%20of%20Presumptive%20Tests%20for%20Bloodstains.pdf. Acesso em: 29 out. 2022.

Quickenden TI, Ennis CP, Creamer JJ. The forensic use of luminol chemiluminescence to detect traces of blood inside motor vehicles. Luminescence. 2004 Sep-Oct;19(5):271-7. doi: 10.1002/bio.780. PMID: 15449350. Acesso em: 15 out. 2022.

QUÍMICA NOVA INTERATIVA. Sociedade Brasileira de Química. Luminol, C₈H₇N₃O₂. Disponível em:

http://qnint.s bq.org.br/qni/popup_visualizarMolecula.php?id=2eLGFd_XXUgSeHHije-NELsm90_5K5cJ9WW6kav-5rHZOiZWY-qFIWyOKxwCd6lYFU8FOIG96GJ_ws_EWrXJA==. Acesso em: 14 jun. 2022.

R.E. Gaensslen, Sourcebook in Forensic Serology, Immunology, and Bio-chemistry, Departamento de Justiça dos EUA, Washington, DC, 1983. Acesso em: 17 out. 2022.

RAMALINGAM, Sundar; AL-EID, Raniahabdullah; SUNDAR, Chalini; ALDAWSARI, Mona; NOOH, Nasser. Detection of visually imperceptible blood contamination in the oral surgical clinic using forensic luminol blood detection agent. Journal Of International Society Of Preventive And Community Dentistry, [S.L.], v. 8, n. 4, p. 327, 2018. Medknow. http://dx.doi.org/10.4103/jispcd.jispcd_10_18.

S.K. Gill, Aldrichim. Acta 16 (1983) 59-61. Disponível em: <https://www.sigmaaldrich.com/deepweb/assets/sigmaaldrich/marketing/global/documents/187/633/acta-vol16.pdf>. Acesso em: 17 out. 2022.

SILVA, Rafaela Rogiski da; AGUSTINI, Bruna Carla; SILVA, André Luís Lopes da; FRIGERI, Henrique Ravanhol. Luminol in the forensic science. Journal Of Biotechnology And Biodiversity. Curitiba, p. 172-177. nov. 2012. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/JBB/article/view/417/282>. Acesso em: 29 out. 2022.

Webb JL, Creamer JI, Quickenden TI. A comparison of the presumptive luminol test for blood with four non-chemiluminescent forensic techniques. *Luminescence*. 2006. Disponível em: file:///C:/Users/Larissa/Downloads/Luminol_2006_Benecke_Arch_Kriminol.pdf. Acesso em: 31/10/2022.

YAMADA, Denise Satie; SCHLICHTING, Carmen Lúcia Ruiz. A UTILIZAÇÃO DO LUMINOL EM LOCAIS DE CRIME CONTRA A VIDA: ASPECTOS TOXICOLÓGICOS E A IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL PELOS PROFISSIONAIS DA ÁREA FORENSE. 2013. Disponível em: https://www.mastereditora.com.br/periodico/20131101_095426.pdf. Acesso em: 17 out. 2022.