**Brazilian Journal of Forensic Sciences,
Medical Law and Bioethics**

Journal homepage: www.ipebj.com.br/forensicjournal

**Escondendo Manchas de Sangue em Locais de Crime: Análise da
Ação Antioxidante dos Chás Verde e Preto Sobre o Luminol**

**Hiding Bloodstains in Crime Scenes: Analysis of Antioxidant Activity of Green
and Black Teas on the Reaction of Luminol**

Douglas Rodrigues Cavalcanti¹, Rodrigo Meneses de Barros²

¹ *Instituto de Criminalística – Superintendência de Polícia Técnico-Científica de Goiás/SPTC, Rua Celso Caldeira, Q-92, lotes 02 a 04 – Parque Laguna II – Formosa – GO, Brasil.*

² *Instituto de Identificação, Polícia Civil do Distrito Federal, SAI Sudoeste, Bloco A — Ed. Sede, 70610-200, Brasília – DF, Brasil*

Received 1 August 2016

Resumo. A aplicação do luminol se destaca como um dos testes presuntivos para sangue mais importantes, sendo amplamente utilizado por investigadores forenses em locais de crime. Ao ser pulverizado sobre uma mancha de sangue, o luminol reage emitindo luz quimiluminescente, permitindo a avaliação ocasional dessas manchas, e possibilitando a reconstrução dos eventos de um crime. Porém, existem diversas substâncias que são capazes de afetar ou alterar a quimiluminescência do luminol induzida pelo sangue, entre essas substâncias estão alimentos e bebidas antioxidantes. Dentre os alimentos funcionais, o chá é uma bebida amplamente utilizada, perdendo apenas para a água como a bebida mais consumida no mundo. As propriedades antioxidantes das catequinas presentes nos chás verde e preto estão relacionadas com sua estrutura química. Produtos alimentares que contêm antioxidantes (como o chá verde e o chá preto) podem ser utilizados em atividades criminosas para ocultar manchas de sangue e evitar resultados em exames de cenas de crime, uma vez que atuam inibindo a reação quimiluminescente do luminol, gerando resultados falso-negativos.

Palavras-chave: Luminol; Manchas de sangue; Antioxidante; Chá verde; Chá preto.

Abstract. The application of luminol stands as one of the most important presumptive tests for blood is widely used by forensic investigators at crime scenes. When sprayed to a bloodstain,

luminol reacts by emitting chemiluminescent light, permitting the occasional assessment of these spots, allowing the reconstruction of the events of a crime. However, there is a wide range of substances that are able to affect or alter the chemiluminescence of luminol induced blood, between these substances are antioxidants foods and drinks. Among the functional foods, tea is a widely used drink, second only to water as the most consumed beverage in the world. The antioxidant properties of catechin present in green and black teas are related to its chemical structure. Food products that contain antioxidants (like green tea and black tea) may be used in criminal activities to hide bloodstains and avoid results in crime scene investigations, since they act by inhibiting the chemiluminescent reaction of luminol, producing false-negative results.

Keywords: Luminol; Latent bloodstains; Antioxidant; Black tea; Green tea.

1. Introdução

A análise do local de crime ou do corpo de delito é o ponto de partida para uma investigação criminal. Nestes locais, quando ocorre um crime contra a vida, é comum observar a presença de manchas de sangue, sendo constante a presença desses vestígios nos crimes que envolvem o emprego de armas de fogo, armas brancas ou outros meios utilizados para causar lesão^{1,2}. Quando esses objetos de impacto de alta energia são utilizados em crimes, podem dispersar grandes volumes de sangue, ao longo de trajetórias relativamente planas³.

A determinação dos padrões de dispersão das manchas de sangue em uma cena de crime pode fornecer importantes elementos para uma investigação, auxiliando a determinação da dinâmica criminosa⁴. Porém, manchas de sangue nem sempre estão explícitas, podendo estar secas pela ação do tempo, disfarçadas em tecidos ou materiais, ou terem sido limpas e escondidas propositalmente. Nesse sentido, foram desenvolvidos no século XX diversos testes de fluorescência e quimiluminescência que vêm auxiliando a identificação de vestígios ocultos ou inconspícuos, e a aplicação do luminol se destaca como um dos testes mais importantes, sendo amplamente utilizado por investigadores forenses em locais de crime¹. A emissão de luz, quando uma solução de luminol é pulverizada sobre uma mancha de sangue, vem sendo utilizada pelos cientistas forenses em investigações envolvendo crimes violentos durante mais de 40 anos⁵.

Diversas substâncias são capazes de afetar ou alterar a quimiluminescência do luminol induzida pelo sangue, e a interferência provocada por essas substâncias pode apresentar causas como ação catalítica, possuir propriedades antioxidantes,

reatividade química com componentes do luminol ou com moléculas de ferro nas manchas de sangue⁶.

Com o objetivo de ocultar vestígios e dificultar a aplicação do luminol em cenas de crime, produtos alimentares que contêm antioxidantes (como o chá verde e o chá preto) podem atuar inibindo a detecção do sangue a partir da reação quimiluminescente do luminol, impedindo ou bloqueando a produção das espécies reativas de oxigênio no sangue, gerando resultados falso-negativos⁷. As bebidas como os chás têm atraído muita atenção nos últimos anos devido a sua capacidade antioxidante e a abundância na dieta de milhares de pessoas em todo o mundo, sendo ricas em catequinas e flavonoides, que apresentam propriedades biológicas como atividades antioxidantes e sequestradoras de radicais livres⁸.

Assim, o presente estudo tem por objetivo avaliar, por meio de revisão bibliográfica integrativa, a hipótese de que chás antioxidantes sobre as manchas de sangue em locais de crime geram efeito falso-negativo, inibitório, para a reação de quimiluminescência do luminol. No critério estabelecido para análise dos trabalhos da literatura, não foi utilizado limite temporal para inclusão de artigos científicos, porém, quando conflitantes e/ou repercutidos, utilizou-se, como referência, de estudos com análises e informações mais recentes.

2. Caracterização do luminol e sua aplicação em locais de crime

No campo das práticas forenses, o luminol pode ser utilizado para detectar a presença de pequenas manchas de sangue, despercebidas ou ocultas, diluídas em uma razão de $1:10^6$ (1 μ L de sangue em 1 L de solução)^{5,7,9}. Esse reagente possui a capacidade de revelar a distribuição de padrões espaciais de manchas de sangue em um local de crime, permitindo a avaliação ocasional de gotículas, possibilitando a reconstrução dos eventos de um crime através da visualização desses padrões¹⁰. Alguns trabalhos relatam que uma grande vantagem do teste de luminol é a ausência de danos significativos para o material genético (DNA), especialmente quando modernas técnicas de PCR são utilizadas para analisar os DNA-microsatélites (STR), individualizando uma mancha de sangue^{11,12}. Entretanto, outros estudos afirmam que, diante de exposições prolongadas ao teste, poderá ocorrer degradação das amostras de DNA, comprometendo as análises dos STRs no perfil genético^{13,14}.

O teste com luminol baseia-se em uma reação de quimiluminescência (emissão de luz por meio de uma reação química), devido à quebra de uma ligação que contém

energia armazenada⁶. A emissão de luz para a oxidação do luminol é um complexo processo multi-etapas, cuja etapa principal é a formação da molécula intermediária (3-aminofalato), que em um estado eletronicamente excitado (3-APA)*, adapta-se perfeitamente ao espectro de quimiluminescência do luminol. Na presença de um oxidante forte (na maioria dos casos, o peróxido de hidrogênio – H_2O_2), e de um catalisador suave, como um metal iônico (p.ex. Ferro da hemoglobina) ou de algum tipo de enzima oxidorredutase, o estado excitado 3-aminofalato diânion (3-APA*) retorna ao estado fundamental (3-APA), liberando energia luminosa⁵ (Figura 1).

Figura 1. Resumo da reação quimiluminescente do luminol, utilizando a molécula de ferro presente na hemoglobina do sangue como um catalizador.

Várias preparações de luminol já foram descritas e, nos últimos anos, novas preparações, utilizando modificações patenteadas da molécula de luminol ou potenciadores de quimiluminescência do sangue foram propostas, visando melhorar a sensibilidade, a especificidade e a duração da emissão de luz¹⁵. No entanto, a formulação de Grodsky¹⁶ e a formulação de Weber¹⁷ continuam a ser os compostos mais utilizados por peritos, devido ao seu bom desempenho, simplicidade de preparação, baixo custo e pronta disponibilidade dos ingredientes⁵. A formulação de Grodsk¹⁶ utiliza carbonato de sódio (Na_2CO_3) como base e o perborato de sódio como agente de oxidação, ao passo que a formulação Weber¹⁷ utiliza hidróxido de sódio ($NaOH$) como base e o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) como agente oxidante¹⁸.

Um reagente comercial, muito popular, análogo ao luminol é o Bluestar® Forensic, podendo, dependendo da aplicação, ser mais sensível e estável quando

comparado às formulações de luminol². Alguns trabalhos relatam que, as propriedades do Bluestar® o tornam mais eficiente para a aplicação em investigações forenses, quando comparado ao luminol, uma vez que produz luminescência mais intensa e mais duradoura^{19,20}. Porém, estudo recente comparou a sensibilidade de três formulações (Hemascein®, Bluestar®, e o luminol) verificando que os três reagentes são altamente sensíveis às manchas de sangue latentes, destacando que os três testes possuem sensibilidades específicas que são dependentes da superfície onde a mancha de sangue é analisada²¹.

Esses estudos demonstram que há discordância entre os diversos autores no que diz respeito aos limites de sensibilidade do luminol, o qual pode variar significativamente dependendo do tipo de substrato aplicado. A variação na sensibilidade de detecção é provavelmente devida às diferenças nas concentrações dos reagentes, na preparação da amostra e no substrato sobre o qual a mancha de sangue é depositada¹⁰.

Recentemente, alguns estudos vêm relatando a utilização de nanomateriais quantum dotz (QDs), combinado com a reação de luminol, na amplificação de sinal e na detecção de proteínas e fármacos, como a crisoidina²², a hidroquinona²³, a trombina²⁴, e a fenacetina²⁵. Esses estudos, utilizando nanomateriais, podem futuramente impactar as análises de locais de crime e a detecção de vestígios biológicos.

A estrutura física e química do luminol pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1: Estruturas física e química do Luminol²⁶.

Nome IUPAC:	5-amino-2,3-dihydrophthalazine-1,4-dione
Fórmula Estrutural:
Fórmula Molecular:	C ₈ H ₇ N ₃ O ₂
Massa Molecular:	177,16 g/mol

Enquanto a preparação e a aplicação do luminol são bastante simples, a interpretação dos resultados é mais complexa, demandando certa experiência do perito. A análise das características de quimiluminescência do luminol e os padrões na cena do crime devem levar em consideração a estrutura física do substrato sobre o qual as manchas de sangue são encontradas, sua composição química e quaisquer outras substâncias interferentes presentes sobre o substrato⁵.

2.1 Ação do luminol sobre as manchas de sangue

As principais células do sangue, os glóbulos vermelhos, também chamados de eritrócitos ou hemácias, possuem o citoplasma constituído principalmente por hemoglobina, a qual participa no processo de troca gasosa que ocorre no organismo²⁷.

A molécula de hemoglobina é formada por quatro subunidades, cada uma contendo um grupo heme, ligado a um polipeptídio, consistindo, assim, de uma protoporfirina IX-Fe²⁺. O grupo heme é um derivado porfirínico contendo Fe²⁺, sendo este ligado no meio do anel da protoporfirina IX por quatro átomos de pirrol²⁸. O átomo de Fe²⁺ do grupo heme isolado, quando exposto ao oxigênio, é oxidado de maneira irreversível a Fe³⁺, uma forma que não liga O₂. A porção proteica da hemoglobina constantemente utiliza mecanismos intracelulares que impedem essa oxidação e torna possível a ligação reversível do O₂ ao grupo heme²⁹.

Quando ativa na circulação sanguínea, a hemoglobina torna-se protegida contra a desnaturação, pois se encontra inserida nos glóbulos vermelhos do sangue e os íons de ferro do grupamento heme são mantidos no estado ferroso (Fe²⁺) por diversos mecanismos intracelulares³⁰.

Em uma cena de crime, quando há uma lesão e a consequente exposição de sangue sobre um substrato, ocorrerá uma série de processos de degradação sobre a substância hematóide exposta. A maioria dos eritrócitos sofrerá hemólise e as moléculas biológicas estarão envolvidas em reações de hidrólise e/ou oxido-redução, principalmente catalisadas por suas próprias enzimas intracelulares, ou a partir de enzimas de microrganismos que povoam o ambiente externo³¹. Neste caso ocorrerá a degradação da porção polipeptídica da hemoglobina, e a oxidação espontânea do íon Fe²⁺, contido no anel tetrapirrólico do grupo prostético heme, à íon Fe³⁺, uma vez que, nesta condição, os mecanismos intracelulares de redução do ferro no grupamento heme não existem mais²⁸. As moléculas de hemoglobina em manchas de

sangue fora do corpo humano transformam-se de oxi-hemoglobina para meta-hemoglobina, e em seguida para hemicromo³².

Assim, quando uma formulação de luminol é aplicada sobre uma mancha de sangue em um local de crime, os grupos heme de íons férricos (Fe^{3+}) em uma mancha de sangue são capazes de catalisar tanto as reações de decomposição do peróxido e da oxidação do luminol, como outros substratos do peróxido, emitindo luz⁵.

3. Ação antioxidante dos chás verde e preto

Dentre os alimentos funcionais, o chá é uma bebida bastante utilizada, possuindo consumo mundial *per capita* de, aproximadamente, 120 mL/dia, perdendo apenas para a água como a bebida mais consumida no mundo³³. Os chás verde e preto são derivados da mesma planta (*Camellia sinensis*), entretanto, a diferença entre ambos reside principalmente no processo de preparação³⁴. Os métodos de fabricação utilizados na produção desses chás incluem fermentação (chá preto), não-fermentação (chá verde) e semi-fermentação (oolong)³⁵.

Os polifenóis são provavelmente os mais importantes antioxidantes extraídos do processo de fermentação do chá verde³⁶. Seus componentes polifenólicos incluem flavanóis, flavandióis, flavonóides e ácidos fenólicos, totalizando cerca de 30% do peso seco de suas folhas. A maioria dos polifenóis do chá verde se apresenta como flavanóis, e dentre estes, predominam as catequinas. As quatro principais catequinas do chá verde são epicatequina (EC), galato de epicatequina (GEC), epigalocatequina (EGC) e galato de epigalocatequina (GEGC)³³.

A propriedade antioxidante das catequinas está relacionada com sua estrutura química, sendo potencializada pela presença de radicais ligados aos anéis e à presença de grupos hidroxila em sua estrutura (Figura 2). As catequinas podem capturar as espécies reativas de oxigênio, como o radical superóxido (O_2^-), o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e o radical hidroxila ($\text{OH}^\cdot$)³⁷ (Figura 3), alterando a reação química do luminol.

Figura 2. Catequinas do chá verde^{38, 39, 40, 41}.

3.1 Ação antioxidante do chá verde/preto em resultados falso-negativos na detecção de manchas de sangue

Quickenden⁴², e Creamer e colaboradores⁴³ testaram cerca de 250 substâncias, em busca de interferentes falso-positivos que pudessem mimetizar e induzir a reação de luminescência do luminol, quando na ausência de sangue. Das substâncias testadas, os estudos apontaram algumas frutas e vegetais com características potencialmente interferentes, as quais poderiam imitar essa luminescência e confundir os peritos nas análises de locais de crime. Porém, o estudo é omissivo quanto aos chás e seus possíveis resultados falso-negativos, onde agentes antioxidantes podem impedir ou dificultar a ação do luminol sobre manchas de sangue, escondendo e ocultando esses vestígios nas cenas de crime.

Um antioxidante é definido como qualquer substância que, presente em baixas concentrações, quando comparada à concentração do substrato oxidável, atrasa ou inibe a oxidação deste substrato de maneira eficaz⁴⁴.

Figura 3. Esquema da atuação das catequinas na captura das espécies reativas de oxigênio ($\text{H}_2\text{O}_2/\text{OH}^-$), interferência na reação de luminol.

Na reação química envolvendo o luminol, a decomposição do peróxido de hidrogênio (H_2O_2) é normalmente o primeiro passo da reação quimiluminescente. Os produtos dessa decomposição – as espécies reativas de oxigênio – são capazes de induzir a quimiluminescência. Porém, produtos alimentares que contêm antioxidantes (como o chá verde e o chá preto) podem atuar inibindo a detecção do sangue a partir da reação quimiluminescente do luminol⁷ (Figura 3).

Dyke e colaboradores³⁴ testaram o efeito antioxidante do chá verde e alguns de seus constituintes contra a quimiluminescência luminol-dependente ativada por peroxinitrito. Uma vez que o peroxinitrito oxida o luminol, gerando um intermediário (3-aminoftalato) que produz luz, agentes antioxidantes (como chás) vão inibir a reação química, por interferir com a oxidação do luminol. Na conclusão dos autores, em comparação com outras catequinas, a epicatequina (EC) presente no extrato do chá verde demonstrou o maior montante global de inibição da luz do peroxinitrito, seguida pela galato de epicatequina (GEC), que é um éster gálico de epicatequina. Ambos os compostos flavínicos demonstraram-se ativos em diluições acima de 1:1.000 vezes, com inibição da luz quimiluminescente em cerca de 50%.

Bancirova⁷ testou três diferentes formulações quimiluminescentes – Bluestar® Forensic, formulação de Grodsky¹⁶ e formulação de Weber¹⁷ – quando manchas de sangue estavam na presença dos chás antioxidantes. O estudo concluiu que as amostras de chá verde e preto demonstraram diminuir a emissão de luz quimiluminescente produzida em todas as três formulações quimiluminescentes testadas. Porém, a capacidade de detecção utilizando Bluestar® Forensic foi a menos

afetada pelos antioxidantes, demonstrando o melhor desempenho na detecção de manchas de sangue ocultas. A capacidade dos chás verde e preto para diminuir a intensidade da luz da reação de luminol após a adição das formulações quimiluminescentes – Grodsky¹⁶ e Weber¹⁷ foi mais nítido com o chá verde, sendo dependente do tempo para ambos os chás antioxidantes.

Ao testar os resultados falso-negativos na detecção de manchas de sangue, e quantificar o decréscimo na emissão de luz da mistura quimiluminescente preparada de acordo com a formulação de Weber¹⁷, avaliando as capacidades antioxidantes dos chás preto, verde e do vinho branco sobre as manchas de sangue, Bancirova⁹ (2013) concluiu que as amostras do chá verde e preto podem ocultar manchas de sangue em locais de crime, sendo capazes de minimizar (mas não absolutamente extinguir) a emissão de luz quimiluminescente durante a detecção dessas manchas. Observou-se também que a eficiência para diminuição ou para o atraso da emissão quimiluminescente do luminol foi claramente maior nas amostras de manchas de sangue secas ao ar livre, cobertas por chá verde e preto, quando comparado ao vinho branco (antioxidante considerado fraco). Essa análise demonstra que o vinho branco também pode interferir nas análises com luminol, porém em menor intensidade que os chás avaliados no estudo.

4. Considerações Finais

A importância da localização de manchas de sangue em locais de crime, através da pulverização do luminol é notória. A sensibilidade e a simplicidade da aplicação do teste permitiu, nos últimos anos, um significativo aumento da utilização do luminol em cenas de crime. O crescente interesse da mídia, sobre técnicas e métodos aplicados em investigações e procedimentos periciais, estimulou questionamento sobre possíveis interferentes na ação do luminol que camuflassem ou inibissem a detecção de manchas de sangue em locais de crime. Muitos autores desenvolveram pesquisas na tentativa de elucidar os principais interferentes nos testes de luminol que causassem resultados falso-positivos. Porém, a principal dificuldade do presente trabalho foi a de encontrar estudos que abordassem de forma ampla os interferentes que podem causar resultados falso-negativos, ocultando manchas de sangue em locais de crime.

Bebidas e alimentos, que são fontes naturais de antioxidantes, quando despejadas sobre manchas de sangue, podem atuar como interferentes, alterando a

análise dos resultados com luminol. No caso dos chás antioxidantes, a totalidade dos estudos encontrados na literatura concluiu que a alta capacidade antioxidante dos chás verde e preto pode minimizar a emissão de luz quimiluminescente do luminol, quando analisado sobre manchas de sangue, podendo gerar resultados falso-negativos.

Portanto, conhecer tais substância e o modo como atuam é fundamental para uma correta análise e interpretação dos resultados provenientes dos testes de luminol em locais de morte violenta, sendo essencial para se evitar falhas perante os órgãos judiciais.

Referências

1. Dorea LE, Quintel V, Stumvoll VP, organizador: Tocchetto D. Criminalística. 5ª ed. Campinas-SP. Millennium Editora, pp. 83-105, 2010.
2. Velho JA, Costa KA, Damasceno CTM. Locais de crime – Dos vestígios à dinâmica criminosa. Campinas-SP. Millennium Editora, pp. 3 – 26; pp. 83 – 123, 2013.
3. James SH. Scientific and legal application of bloodstain pattern interpretation. Boca Raton-Florida. CRC Press LLC, pp. 1-2, 1998.
4. Gardner RM. Pratical crime scene processing and investigation. Boca Raton-Florida. CRC Press LLC, pp. 267-312, 2004.
5. Barni F, Lewis SW, Berti A, Miskelly GM, Lago G. Forensic application of the luminol reaction as a presumptive test for latent blood detection – Review. Science Direct, Talanta. 2007; v. 72, issue 3: pp. 896–913. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2006.12.045>
6. Silva RR, Agustini BC, Silva ALL, Frigeri HR. Luminol in the forensic science. Journal of Biotechnology and Biodiversity. 2012; v.3, n. 4: pp. 172-177.
7. Bancirova M. Black and green tea - Luminol false-negative bloodstains detection. Science and Justice. 2012; v. 52, issue 2: pp. 102-105. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2011.07.006>
8. Moraes SM, Cavalcanti ESB, Costa SMO, Aguiar LA. Ação antioxidante de chás e condimentos de grande consumo no Brasil. Brazilian Journal of Pharmacognosy. 2009; 19(1B): pp. 315-320. <https://doi.org/10.1590/s0102-695x2009000200023>
9. Bancirova M. Black and green tea - How to make a perfect crime. Journal of Forensic and Legal Medicine. 2013; v. 20, issue 6: pp. 635–639. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2013.03.027>
10. Lytle LT, Hedgecock DG. Chemiluminescence in the visualization of forensic bloodstain. Journal of Forensic Science. 1978; v. 23: pp. 550–562. <https://doi.org/10.1520/JFS10706J>

11. Patel G, Hopwood A. An evaluation of luminol formulations and their effect on DNA profiling. *International journal of legal medicine*. 2013; v. 127, n. 4: pp. 723-729. <https://doi.org/10.1007/s00414-012-0800-9>
12. Jakow'ch CJ. STR Analysis Following Latent Blood Detection by Luminol, Fluorescein, and BlueStar. *Journal of Forensic Identification*. 2015; v. 65, n. 4: pp. 693.
13. Almeida JP, Glesse N, Bonorino C. Effect of presumptive tests reagents on human blood confirmatory tests and DNA analysis using real time polymerase chain reaction. *Forensic science international*. 2011; v. 206, n. 1: pp. 58-61. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.06.017>
14. Frégeau 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. *Journal of Forensic Science*. 2000; v. 45, n. 2: pp. 354-380. <https://doi.org/10.1520/JFS14688J>
15. Yamaguchi M, Yoshida H, Nohta H. Luminol-Type Chemiluminescence Derivatization Reagents for Liquid Chromatography and Capillary Electrophoresis. *Journal of Chromatography A*. 2002; v. 950: pp.1-19. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(02\)00004-3](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(02)00004-3)
16. Grodsky M, Wright K, Kirk PL. Simplified preliminary blood testing: an improved technique and a comparative study of methods. *Journal of Criminal law, Criminology, and Police Science*. 1951; v. 42: pp. 95–104. <https://doi.org/10.2307/1140307>
17. Weber K. Die andwendung der chemilumineszenz des Luminols in der gerichtlichen medizin und toxicology, der nachweis von blutspuren. *Deutsche Zeitschrift für die Gesamte Gerichtliche Medizin*. 1966; v. 57: pp. 410–423.
18. Quinones I, Sheppard D, Harbison S, Elliot D. Comparative analysis of luminol formulations. *Canadian Society of Forensic Science Journal*. 2007; v. 40, n. 2: pp. 53-63. <https://doi.org/10.1080/00085030.2007.10757151>
19. Dilbeck L. Use of Bluestar Forensic in Lieu of luminol at crime scenes. *Journal of Forensic Identification*. 2006; v. 56: pp. 706–720.
20. Luedeke M, Miller E, Sprague JE. Technical note: The effects of Bluestar® and luminol when used in conjunction with tetramethylbenzidine or phenolphthalein. *Forensic science international*. 2016; v. 262, pp. 156-159. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.02.052>
21. Seashols SJ, Cross HD, Shrader DL, Rief A. A comparison of chemical enhancements for the detection of latent blood. *Journal of forensic sciences*. 2013; v. 58, n. 1: pp. 130-133. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2012.02259.x>
22. Duan H, Li L, Wang X, Wang Y, Li J, Luo C. CdTe quantum dots@ luminol as signal amplification system for chrysoidine with chemiluminescence-chitosan/graphene oxide-magnetite-molecularly imprinting sensor. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and*

- Biomolecular Spectroscopy. 2016; v. 153: pp. 535-541. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2015.09.016>
23. Xu S, Li J, Li X, Su M, Shi Z, Zeng Y, Ni S. A chemiluminescence resonance energy transfer system composed of cobalt (II), luminol, hydrogen peroxide and CdTe quantum dots for highly sensitive determination of hydroquinone. *Microchimica Acta*. 2016; v. 183, n. 2, pp. 667-673. <https://doi.org/10.1007/s00604-015-1707-1>
 24. Dong YP, Gao TT, Zhou Y, Zhu JJ. Electrogenated Chemiluminescence Resonance Energy Transfer between Luminol and CdSe@ ZnS Quantum Dots and Its Sensing Application in the Determination of Thrombin. *Analytical chemistry*. 2014; v. 86, n. 22, pp. 11373-11379. <https://doi.org/10.1021/ac5033319>
 25. Duan H, Li L, Wang X, Wang Y, Li J, Luo C. CdTe quantum dots@ luminol for trace-level chemiluminescence sensing of phenacetin based on biological recognition materials. *New Journal of Chemistry*. 2016; v. 40, n. 1, pp. 458-463. <https://doi.org/10.1039/C5NJ01305D>
 26. National Center for Biotechnology Information – NCBI – PubChem Compound Database; CID=10638. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/10638> (accessed July 19, 2016).
 27. Junqueira LCU. *Biologia estrutural dos tecidos: histologia*. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan, pp. 93, 2005.
 28. Junqueira LCU, Carneiro J. *Histologia Básica*. 11^a ed. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan, pp. 225, 2008.
 29. Voet D, Voet JG, Pratt CW. *Fundamentos de Bioquímica: a vida em nível molecular*. 2^a ed. Porto Alegre. Artmed, pp. 182 – 200, 2008.
 30. Bunn FH, Forget BG. *Hemoglobin: Molecular, Genetic, and Clinical Aspects*. Philadelphia. W.B. Saunders Company: pp. 634–662, 1986.
 31. Bremmer RH, De Bruin KG, Van Gemert MJC, Van Leeuwen TG, Aalders MCG. Forensic quest for age determination of bloodstains. *Forensic Science International*. 2012; v. 216: pp. 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2011.07.027>
 32. Edelman GJ, Van Leeuwen TG, Aalders MCG. Hyperspectral imaging of the crime scene for detection and identification of blood stains. In: *SPIE Defense, Security, and Sensing*. International Society for Optics and Photonics. 2013: pp. 87430A-87430A. <https://doi.org/10.1117/12.2021509>
 33. Lamarão RC, Fialho E. Aspectos funcionais das catequinas do chá verde no metabolismo celular e sua relação com a redução da gordura corporal. *Revista de Nutrição, Campinas*. 2009, mar./abr.; 22(2): pp. 257-269. <https://doi.org/10.1590/s1415-52732009000200008>
 34. Dyke KV, McConnell P, Marquardt L. Green tea extract and its polyphenols markedly inhibit luminol-dependent chemiluminescence activated by peroxynitrite or SIN-1. *Luminescence*.

- 2000; v. 15: pp. 37–43. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1522-7243\(200001/02\)15:1<37::AID-BIO550>3.0.CO;2-I](https://doi.org/10.1002/(SICI)1522-7243(200001/02)15:1<37::AID-BIO550>3.0.CO;2-I)
35. Lima JD, Mazzafera P, Moraes WS, Silva RB. Chá: aspectos relacionados à qualidade e perspectivas. *Ciência Rural*, Santa Maria. 2009, jul.; v.39, n.4, pp.1270-1278. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000026>
36. Gutman RL, Ryu B. Rediscovering tea: an exploration of the scientific literature. *Herbal Grams*. 1996: pp. 37:34–49.
37. Senger AEV, Schwanke CHA, Gottlieb MG. Chá verde (*Camellia sinensis*) e suas propriedades funcionais nas doenças crônicas não transmissíveis. *Scientia Medica*, Porto Alegre. 2010; v. 20, n. 4: pp. 292-300.
38. National Center for Biotechnology Information – NCBI – PubChem Compound Database; CID=72276. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/72276> (accessed Sept. 12, 2016).
39. National Center for Biotechnology Information – NCBI – PubChem Compound Database; CID=65084. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/65084> (accessed Sept. 12, 2016).
40. National Center for Biotechnology Information – NCBI – PubChem Compound Database; CID=65056. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/65056> (accessed Sept. 12, 2016).
41. National Center for Biotechnology Information – NCBI – PubChem Compound Database; CID=5276890. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5276890> (accessed Sept. 12, 2016).
42. Quickenden TI, Creamer JI. A study of common interferences with the forensic luminol test for blood. *Luminescence*. 2001; v. 16, n. 4: pp. 295-298. <https://doi.org/10.1002/bio.657>
43. Creamer JI, Quickenden TI, Apanah MV, Kerr KA, Robertson P. A comprehensive experimental study of industrial, domestic and environmental interferences with the forensic luminol test for blood. *Luminescence*. 2003; v. 18, n. 4: pp. 193-198. <https://doi.org/10.1002/bio.723>
44. Ribeiro SMR. Efeitos pró e antioxidantes dose dependente de compostos bioativos. In: Costa NMB, Rosa CO (Org.). *Alimentos funcionais: benéficos para a saúde*. Viçosa-MG. Editora UFV: pp. 235-260, 2008.