



O IMPACTO DOS ESTUDOS TOXICOLÓGICOS NA SEGURANÇA PÚBLICA: uma análise sob o viés da relação do álcool com os delitos de trânsito

Avante

REVISTA
ACADÊMICA
DA POLÍCIA CIVIL
DE MINAS GERAIS

Nicole Lopes Ferreira
<http://lattes.cnpq.br/8156841195413466> - <https://orcid.org/0009-0002-1908-6732>
nicolefestagio@gmail.com

Centro Universitário UNA, Itabira, MG, Brasil

Fernanda Nerys Mota
<http://lattes.cnpq.br/7434722124004772> - <https://orcid.org/0009-0007-4963-9760>
fernandanerysmotaa@gmail.com

Centro Universitário UNA, Itabira, MG, Brasil

Eleonor Belardi
<http://lattes.cnpq.br/8637233690381867> - <https://orcid.org/0009-0002-3049-1640>
eleonorbelardi@gmail.com

Centro Universitário UNA, Itabira, MG, Brasil

Gabriella Galliac Santos
<http://lattes.cnpq.br/4924049685420702> - <https://orcid.org/0000-0003-0913-6601>
ggalliacsantos@gmail.com

Polícia Civil de Minas Gerais, Itabira, MG, Brasil

RESUMO

O presente estudo investiga o papel da toxicologia forense na detecção do consumo de substâncias psicoativas e sua relação com a segurança no trânsito, com ênfase no uso do álcool. Visou-se demonstrar os principais efeitos do álcool no organismo e seus efeitos nas habilidades essenciais à condução de veículos. Além disso, por meio da compilação de dados estatísticos, constatou-se a eficácia da Lei Seca no Brasil, considerando sua influência positiva na redução dos índices de acidentes, sem ignorar os desafios ainda persistentes, especialmente em relação à normalização cultural da condução alcoolizada. Conclui-se que a importância dos estudos toxicológicos se dá não apenas para a caracterização de infrações, mas também como ferramenta fundamental para análises quantitativas e qualitativas sobre a relação entre o consumo de álcool e os riscos associados à condução veicular. O estudo permitiu ratificar, ainda, a necessidade de medidas integradas de fiscalização e educação, essenciais para o desenvolvimento de políticas preventivas voltadas à segurança pública.

Palavras-chave: Toxicologia; Trânsito; Álcool; Segurança pública; Forense.

THE IMPACT OF TOXICOLOGICAL STUDIES ON PUBLIC SAFETY: an analysis of the relationship between alcohol and traffic crimes

ABSTRACT

This study explores the role of forensic toxicology in detecting the consumption of psychoactive substances and its impact on human organism and traffic safety, with a particular focus on alcohol use in Brazil. By analyzing statistical data, it aims to assess the effectiveness of Brazil's "Lei Seca" (Dry Law), highlighting its positive influence in reducing accident rates while acknowledging ongoing challenges, including cultural normalization of drunk driving. The findings reinforce that toxicological studies are not only crucial for identifying legal violations but also serve as essential tools for quantitative and qualitative analyses of the relationship between alcohol consumption and driving risks. Overall, the study highlights the importance of integrating enforcement and education measures, which are essential for developing effective preventive policies to enhance public safety.

Keywords: Toxicology; Traffic; Alcohol; Public safety; Forensics.

DOI: <https://doi.org/10.70365/2764-0779.2025.139>

Recebido em: 10/03/2025.
Aceito em: 16/04/2025.

1 INTRODUÇÃO

A Society of Forensic Toxicologists define a toxicologia forense como um campo de estudo interdisciplinar que se vale de princípios da toxicologia aplicados a contextos criminais com implicações médico-legais adversas (The Forensic Toxicology Council, 2010). Em outras palavras, define-se esse ramo como um campo interdisciplinar e especializado voltado à análise dos efeitos adversos causados por xenobióticos no organismo humano, ou seja, todo e qualquer agente externo capaz de gerar malefícios ao organismo, como drogas, venenos e/ou substâncias químicas. Salienta-se, portanto, que se trata de um ramo científico atrelado diretamente a exames periciais e/ou a processos judiciais, por meio de estudos sobre mecanismos fisiopatológicos, farmacocinéticos e farmacodinâmicos, com o objetivo de estabelecer a relação causal entre a exposição ao agente tóxico e os danos decorrentes.

Ademais, cabe ressaltar que os estudos toxicológicos desempenham um papel crucial na promoção da segurança pública, uma vez que se relacionam diretamente à detecção, à identificação e à quantificação de substâncias psicoativas, muitas vezes relacionadas direta ou indiretamente às investigações e às circunstâncias responsáveis pela instauração do inquérito (Dorta *et al.*, 2018).

Nos estudos toxicológicos, a determinação da janela de detecção se torna essencial para garantir o cálculo temporal seguro para a realização das atividades que demandam plena capacidade psicomotora, como a condução de veículos automotores e o desempenho de atividades profissionais. Essa janela também está diretamente relacionada à alteração do julgamento, o que pode comprometer a tomada de decisões em interações sociais e aumentar a exposição a situações de risco. Tais efeitos, frequentemente associados ao consumo excessivo de álcool, têm implicações significativas para a saúde e a segurança públicas, especialmente quando resultam em quadros de violência, como agressões físicas ou no envolvimento em atividades ilícitas, tais como furtos e crimes de trânsito (Parker; Auerhahn, 1998).

Segundo dados do Portal de Trânsito e Mobilidade (2015), a capacidade intelectual do ser humano é dividida em oito inteligências, a saber: comunicação, raciocínio lógico, noção de espaço, coordenação motora, autoconhecimento e compreensão, capacidade de se relacionar, capacidade de se situar no meio ambiente e a da distinção e interpretação dos sons. Nesse contexto, a habilidade de dirigir ou pilotar assume um papel complexo na relação, pois exige do condutor o uso integrado de diversas capacidades. Embora ele acredite estar com suas habilidades preservadas, o

consumo de substâncias pode comprometer tanto as funções cognitivas quanto as motoras, aumentando o risco durante a atividade. Um exemplo relevante é o consumo de álcool, no qual a toxicologia desempenha um papel crucial, ao determinar o tempo necessário para que a concentração de etanol no sangue caia abaixo dos limites legais, garantindo que a percepção cognitiva e motora do condutor não esteja prejudicada.

Em suma, a toxicologia forense desempenha um papel fundamental na interface entre a ciência e o direito, oferecendo uma análise detalhada dos efeitos adversos de substâncias químicas no organismo humano e suas implicações legais. Sua importância se estende além da simples detecção de substâncias psicoativas, abrangendo o entendimento dos mecanismos fisiopatológicos e farmacocinéticos envolvidos, o que contribui significativamente para a elucidação de crimes e para a promoção da segurança pública, com especial papel nos delitos de trânsito. Assim, este estudo foi delineado com o objetivo de investigar, por meio da literatura publicada, o papel da toxicologia forense na detecção do consumo de substâncias psicoativas e a sua relação com a segurança no trânsito, com ênfase no uso do álcool.

O estudo será centrado na análise de artigos científicos, livros, dissertações, teses e outros materiais acadêmicos relevantes à toxicologia forense. A pesquisa será conduzida por meio de uma busca direcionada em bases de dados acadêmicas, como *Scopus*, *PubMed*, *Google Scholar* e outras fontes especializadas, com foco nos estudos mais recentes e pertinentes ao tema. A abordagem adotada será qualitativa e exploratória, priorizando a interpretação e síntese das informações disponíveis sobre a atuação da toxicologia forense, os mecanismos fisiopatológicos das substâncias e seu impacto em investigações criminais, especialmente no que tange à condução de veículos, suas implicações psicomotoras e as possíveis consequências para delitos de trânsito. Ao final, o estudo buscará identificar as contribuições da toxicologia forense para a compreensão desses crimes e sua relevância para a segurança pública, propondo recomendações que possam embasar políticas públicas voltadas à promoção da saúde e da segurança pública.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Detecção de substâncias psicoativas e métodos de análise toxicológica

A toxicologia forense abrange um amplo espectro de conhecimentos, relacionando-se intimamente com aplicações da química analítica, bioquímica e farmacologia, com o objetivo de fornecer evidências concretas para subsidiar processos jurídicos. Para tanto, os estudos se pautam na

identificação e na análise dos xenobióticos, bem como nos mecanismos pelos quais a substância interage com o sistema biológico. Define-se xenobiótico como substância química estranha ao organismo, que pode penetrar por meio de inalação, absorção cutânea ou pelo contato com mucosas e tecidos, de modo a apresentar efeitos que variam de inertes a altamente prejudiciais, a depender da dose, concentração e via de exposição (Acosta; Acosta, 2019).

Desse modo, dentro do escopo dos xenobióticos, a toxicologia forense dedica-se à análise de substâncias capazes de modular a função cerebral e a cognição, as quais são denominadas psicoativas ou drogas psicotrópicas (Machado; Moura; Almeida, 2015; Pechansky; Diemen; Gonçalves, 2014). No contexto desses compostos, uma parcela significativa possui a capacidade de induzir um quadro de dependência química no organismo que a ingere, sendo denominada de drogas de abuso. Convém enfatizar que, além dos efeitos fisiológicos, como tolerância e compulsão, essas drogas também acarretam inúmeros malefícios sociais, uma vez que atribuem uma estigmatização sobre os indivíduos, levando-os à marginalização. Adicionalmente, também podem gerar alterações comportamentais associadas à criminalidade e à violência ou prejuízo de segurança no trânsito pela alteração psicomotora, com redução de resposta a estímulos (Pechansky; Diemen; Gonçalves, 2014). Ainda, do ponto de vista legal, as drogas ainda são categorizadas como lícitas, aquelas que possuem autorização do Estado para consumo, ou ilícitas, aquelas que apresentam comércio e/ou consumo proibidos (Brasil, 2006).

No entanto, ambas as categorias se relacionam de sobremodo com a segurança pública, uma vez que estão historicamente atreladas às relações sociais, com impactos que transcendem o indivíduo e afetam a coletividade. Dentre esses impactos, destacam-se os prejuízos à segurança pública, especialmente no contexto do trânsito, uma vez que os usos dessas substâncias impactam diretamente a cognição e o desempenho em atividades que demandam plena atenção e atividade motora, como a direção de veículos. Diante disso, torna-se imprescindível desenvolver e aprimorar métodos de detecção e identificação dessas substâncias, a fim de compreender e mitigar os riscos associados ao seu uso.

A detecção de substâncias psicoativas e os métodos de análise toxicológica podem ser realizados por meio de diversas técnicas que variam em sensibilidade, especificidade e tempo de análise. Dessa forma, entre os métodos mais relevantes, destacam-se os testes de triagem, como os Imunoensaios, utilizados para a análise inicial de drogas de abuso, proporcionando resultados rápidos e a identificação preliminar das

substâncias, classificando-se como uma ferramenta crucial para identificação *in loco* dos xenobióticos (Corrêa; Teixeira, 2016).

Por outro lado, existem métodos mais sensíveis e específicos, essenciais para a ratificação das substâncias preliminarmente constatadas, por meio de análises mais precisas e definitivas. A título de exemplo, ressaltam-se técnicas como a Cromatografia Gasosa Acoplada à Espectrometria de Massas (CG-EM) e a Cromatografia Líquida Acoplada à Espectrometria de Massas (CL-EM). Sob essa perspectiva, ressalta-se que ambas são amplamente empregadas na detecção e quantificação de metabólitos de diversas substâncias, incluindo aqueles resultantes do metabolismo do álcool (Evans-Nguyen *et al.*, 2021).

A Cromatografia é uma técnica de separação de compostos baseada em suas propriedades físico-químicas, sendo sua eficiência determinada, principalmente, pela diferença de polaridade das moléculas dos analitos.

A Cromatografia Gasosa (CG) é especialmente eficaz na análise de compostos voláteis e termicamente estáveis, como solventes e substâncias ilícitas, enquanto a Cromatografia Líquida (CL) é mais apropriada para a separação de compostos não voláteis, como metabólitos de fármacos e pesticidas.

Na CG, a amostra é volatilizada e transportada por um gás inerte, denominado eluente, através de uma coluna cromatográfica que contém a fase estacionária, que pode ser sólida ou líquida, sendo responsável pela separação dos analitos (Clement; Karasek, 1988). Quando a fase estacionária é líquida, denomina-se cromatografia gás-líquido (geralmente abreviado para cromatografia gasosa - CG), em que se tem um líquido retido na superfície de um sólido inerte por adsorção ou ligação química. Quando é sólida, tem-se a cromatografia gás-sólido, na qual a separação geralmente ocorre por adsorção física. Essa separação pode ser visualizada por meio do cromatograma, que registra os tempos de retenção dos analitos na coluna (Nascimento *et al.*, 2018, p.15).

Já na CL, a amostra é dissolvida em uma fase móvel líquida e eluída por um solvente, passando por uma fase estacionária sólida geralmente composta de sílica, que apresenta característica polar devido aos grupos silanois, permitindo a separação dos componentes da mistura, visualizada por meio do registro do cromatograma (Pitt, 2009).

O tempo de retenção dos analitos está diretamente relacionado à polaridade de suas moléculas. De modo geral, compostos apolares interagem menos com a fase estacionária e, portanto, eluem mais rapidamente. Em contrapartida, compostos mais polares apresentam interações mais intensas com a fase estacionária, resultando em um maior tempo de retenção na

coluna.

Após a separação, os compostos são direcionados à Espectrometria de Massas (EM), que permite sua identificação e quantificação precisa. Nesse processo, as moléculas são ionizadas e separadas com base na razão massa/carga (m/z), gerando um espectro característico para cada substância. Assim, as técnicas de CG-EM e CL-EM desempenham um papel fundamental em investigações forenses e outras áreas científicas, proporcionando alta sensibilidade e especificidade na análise de substâncias, de modo a contribuir para a elucidação de casos de natureza forense e a comprovação de evidências (Cavalcanti, 2016).

Para além, com o aprimoramento dessas técnicas analíticas sensíveis, a detecção de substâncias em amostras biológicas não convencionais, como unhas, cabelo, saliva e suor, também se tornou uma alternativa viável para investigações forenses. Embora os níveis de substâncias nessas amostras sejam frequentemente menores do que em urina ou sangue, os avanços nos métodos e técnicas analíticas proporcionam uma maior precisão, permitindo a análise de uma gama mais ampla de amostras com resultados confiáveis, essenciais para contextos periciais (Rivier, 2000; Ximenes, 2024).

Dessa forma, os avanços nas técnicas analíticas, como as já mencionadas, aliados a métodos como a Eletroforese — técnica de separação baseada na diferença de velocidade de migração de espécies carregadas em um campo elétrico, que permite detectar drogas ilícitas em amostras complexas —, e a Ressonância Magnética Nuclear — método que utiliza a absorção e a reemissão de ondas eletromagnéticas para caracterizar novas substâncias sintéticas —, somados à flexibilidade dos procedimentos de verificação, ampliam significativamente as possibilidades de coleta de evidências em exames periciais.

Essas tecnologias se somam aos meios tradicionais de prova, como testes de alcoolemia ou toxicológicos, exames clínicos, vídeos, provas testemunhais, entre outros, sempre respeitando o direito à contraprova, conforme estabelece o § 2º da Lei nº 12.971, de 9 de maio de 2014.

2.2 Delitos de trânsito e o consumo de álcool

As substâncias psicoativas são compostos químicos que podem ser classificados em três categorias principais: estimulantes, depressores e perturbadores. Elas são conhecidas por sua capacidade de alterar o funcionamento do sistema nervoso central, impactando processos cognitivos, emocionais e comportamentais. Cada substância atua de maneira distinta no organismo, possuindo uma ação específica em neurotransmissores ou

neuroreceptores cerebrais (CEBRID, 1987).

Entre os estimulantes, encontram-se substâncias como a nicotina, a cocaína e as anfetaminas, que aumentam a atividade cerebral, reduzindo o sono e o apetite, além de provocar excitação e sensação de alerta. Já na classe dos depressores, incluem-se o álcool, os barbitúricos e os ansiolíticos, que diminuem a atividade do sistema nervoso central, causando relaxamento, sonolência e, em doses elevadas, sedação profunda. Por outro lado, os perturbadores, como a maconha, o ecstasy e o LSD, alteram a qualidade da atividade cerebral, modificando a percepção da realidade, de modo a provocar alucinações, delírios e distorções sensoriais (Senado Federal, 2006).

Nesse contexto, destaca-se o uso do álcool, uma substância depressora, cujo efeito gera alterações que podem comprometer significativamente a capacidade de condução de veículos, uma vez que habilidades essenciais, como atenção, coordenação motora, tempo de reação e tomada de decisões, são diretamente afetadas. Tais alterações são resultado da ação do álcool sobre diversos neurotransmissores, incluindo a estimulação do ácido gama-aminobutírico (GABA), que atua como o principal neurotransmissor inibitório do sistema nervoso central (CISA, 2004).

Além de seus efeitos sobre o organismo, o álcool é um dos principais fatores associados a acidentes de trânsito, de acordo com dados apresentados pela Polícia Rodoviária Federal, em 2023 (Brasil, 2023). Seu fácil acesso, aliado aos efeitos depressores sobre o sistema nervoso central, compromete funções essenciais para a direção, como reflexos, coordenação motora, percepção espacial e capacidade de tomada de decisões. Essa combinação aumenta significativamente o risco de colisões, atropelamentos e outros sinistros envolvendo motoristas sob sua influência.

2.2.1 Absorção e metabolização do álcool

De acordo com o CISA – Centro de Informações sobre Saúde e Álcool (2012) –, o impacto do álcool varia consideravelmente conforme o histórico do indivíduo, a depender de diversos fatores intrínsecos, como vulnerabilidade genética, estado de saúde, idade, peso, sexo e etnia, ou extrínsecos, como tempo de jejum, velocidade de consumo e dieta. Outrossim, por ser solúvel em água, o álcool acessa rapidamente a corrente sanguínea, de onde é livremente distribuído para todos os tecidos do corpo, em especial, fígado, cérebro, rins e coração.

Quando o estômago está vazio, a absorção do álcool é acelerada, uma vez que os alimentos em seu interior retardariam a passagem do agente depressor para o intestino delgado, ou seja, resultaria em uma demora

considerável no processo de esvaziamento gástrico (Jones; Jönsson, 1994). Esse processo ocorre porque a presença de alimento no estômago requer a ação de enzimas digestivas que, junto aos movimentos peristálticos realizados pelo órgão, são responsáveis pela quebra do alimento em partículas menores e sua mistura ao suco gástrico, resultando em uma massa denominada quimo, a fim de viabilizar sua passagem ao intestino delgado. Por conseguinte, o tempo de jejum faz com que sua chegada no cérebro e fígado seja mais rápida, o que aumenta a probabilidade de causar riscos à saúde como intoxicação aguda (Silva, 2010, p. 51). O tempo para atingir a concentração máxima de etanol no sangue também é influenciado pelos fatores supracitados. Embora a variação entre os indivíduos seja significativa, geralmente ocorre cerca de uma hora após o consumo, com duração de aproximadamente 15 minutos. Quando a ingestão é feita com o estômago vazio e de maneira contínua, o pico de concentração máxima pode ser atingido em apenas 20 a 25 minutos, acelerando o início dos efeitos do álcool (Hancock; Mckim, 2017).

Dessa forma, após a absorção do álcool no trato gastrointestinal, ocorre sua distribuição para a corrente sanguínea, onde é levado aos demais órgãos, incluindo o sistema nervoso central, de modo a atingir um pico plasmático de 39 minutos e uma distribuição de 0,5 a 0,6 L.Kg⁻¹. (Hernandez; Rodrigues; Torres, 2017, p. 51). Observa-se que o álcool atravessa a membrana hematoencefálica com facilidade em razão de sua formulação química que, aliada ao baixo peso molecular, permite uma passagem por difusão passiva, de modo a atuar como inibidor do sistema nervoso central com ativação do neurotransmissor ácido gama aminobutírico (GABA) (Silva, 2010, p. 362; Faria, 2024).

Além disso, a Secretaria Nacional de Políticas sobre Drogas (2007) estabelece como referência o consumo de cinco ou mais doses para homens e quatro ou mais doses para mulheres, em um único episódio, caracterizando o chamado "binge drinking", classificado como um padrão de consumo de risco. Vale destacar que essa diferença entre os gêneros foi abordada em um estudo publicado na Revista Alcohol Research & Health, o qual estabelece a divergência com base em fatores de biodisponibilidade, como o conteúdo total de água corporal e o índice lipídico. Esses parâmetros são mais expressivos, respectivamente, em homens e mulheres, influenciando diretamente a metabolização e a distribuição de substâncias no organismo. Em adição, segundo a matéria, essa diferença também se relaciona a fatores metabólicos, como a atividade de uma enzima denominada álcool desidrogenase (ADH), que apresenta taxa de produção maior em indivíduos do sexo masculino. Outrossim, alguns estudos também sugerem que as

alterações hormonais relacionadas ao ciclo menstrual influenciam na taxa de concentração de álcool no sangue, uma vez que a presença dos hormônios estrogênio e progesterona justapostos resultam em um aumento da atividade hepática da ADH (Mumenthaler *et al.*, 1999).

Ademais, urge salientar que a dose é contabilizada de modo a levar em consideração uma quantia média de uma lata de cerveja ou chope de 350 mL, uma taça de vinho de 90 mL ou 30 mL de destilado, de modo a considerar, portanto, de 10 a 12 gramas de álcool (Secretaria Nacional Antidrogas, 2007).

Nesse contexto, de acordo com o *National Institute on Alcohol Abuse and Alcoholism* (2022), após sua absorção, grande parte do álcool é metabolizada no fígado, onde, *a priori*, é transformada em acetaldeído pela enzima álcool desidrogenase.

Torna-se indispensável ressaltar que o acetaldeído é uma substância tóxica ao organismo, sendo responsável por grande parte dos efeitos adversos, como dores de cabeça e náuseas. Por conseguinte, o metabólito é convertido em acetato pela enzima aldeído desidrogenase (ALDH), processo primordial para garantir sua eliminação, em sua grande maioria, pela via urinária (CISA, 2015).

2.2.2 Efeitos do álcool no sistema nervoso central

O álcool se classifica como uma substância orgânica formada pela ligação de um grupamento hidroxila (-OH) com um carbono saturado. Dessa forma, ele se configura como um composto polar, possuindo afinidade pela água (hidrofilia). No entanto, tal substância também apresenta uma porção apolar, constituída de carbono e hidrogênio, o que confere um grau de solubilidade em lipídios e, conseqüentemente, auxilia na transposição da membrana hematoencefálica (Martins; Lopes; Andrade, 2013).

Após transpor a membrana, o álcool altera o equilíbrio de neurotransmissores, de modo a atuar como depressor do sistema nervoso central, ao ativar a neurotransmissão de inibição e/ou reduzir a neurotransmissão de excitação (Valenzuela, 1997). Dessa forma, de acordo com o artigo "Uma revisão sobre o álcool: do mecanismo de ação central à dependência química", publicado na Revista da Associação Médica Brasileira, o álcool atua sobre o sistema límbico, exercendo efeitos sobre os sistemas opioides e dopaminérgicos, que desempenham um papel fundamental no controle de expressão de emoções e sensações de recompensa cerebral, sob os mecanismos descritos abaixo:

Um grande número de receptores opioides naturais é encontrado ao redor dessas áreas. Existem três classes de receptores opioides envolvidos na dependência de opioides: mu, delta e kappa. Os opioides ativam o sistema de recompensa de maneira indireta por meio de duas ações. A primeira consiste na ligação dos opioides aos receptores opioides dentro do sistema de recompensa. Essa ligação desencadeia um sinal para liberar o neurotransmissor dopamina na fenda sináptica, onde ela se liga aos receptores D-1 e D-2 da célula nervosa, ativando o sistema de recompensa no SNC. A segunda ação ocorre por meio do sistema GABA, que inibe a liberação de dopamina. No entanto, os opioides bloqueiam a ação desse sistema. Como consequência, os efeitos da dopamina tornam-se mais potentes e duradouros. Nesse contexto, o álcool age diretamente sobre esses receptores opioides, com a descrição de um efeito positivo nos receptores opioides mu, que está relacionado à sensação de prazer e à estimulação da liberação de dopamina, e um efeito negativo nos receptores delta, aumentando a dependência do álcool. Estudos também relatam que o álcool pode aumentar o número de receptores opioides beta, que estimulam a liberação de dopamina. Portanto, o sistema opioide age diretamente no sistema de recompensa e está associado ao desenvolvimento da dependência (Costardi *et al.*, 2015, p. 383).

Dessa forma, esse composto está diretamente associado à busca por prazer e sensação de relaxamento, no entanto, sob outra perspectiva, observa-se que seu consumo está diretamente relacionado ao prejuízo de atenção, alterações no humor, comprometimento da memória e sonolência (Deitrich; Erwin, 1995). Sob essa perspectiva, os efeitos causados no sistema nervoso tornam a condução veicular muito perigosa, já que o indivíduo não está em condições adequadas de vigilância e coordenação motora.

2.2.3 Álcool e segurança no trânsito

Diante das discussões anteriores sobre os efeitos do álcool no sistema nervoso central e, por conseguinte, os riscos associados à condução veicular sob seu efeito (abordado no tópico 2.2.2), é essencial aprofundarmos agora a análise de sua relação com a segurança pública. Esse novo olhar complementa a seção anterior, destacando as medidas existentes, os registros estatísticos e, conseqüentemente, a eficácia dessas medidas.

Sabe-se que o álcool está diretamente relacionado à segurança pública, uma vez que seu consumo implica em alterações no funcionamento do sistema nervoso central, como inibição de neurotransmissores. É importante ressaltar que o consumo de pequenas doses de álcool já é suficiente para comprometer significativamente a percepção do indivíduo, gerando riscos consideráveis tanto para o condutor quanto para terceiros no trânsito, conforme demonstrado no quadro 1 abaixo:

Quadro 1 – Efeitos do Álcool no Organismo por Nível de Concentração no Sangue

CONCENTRAÇÃO DE ÁLCOOL NO SANGUE (g/100mL)	EFEITOS NO ORGANISMO
0,01 - 0,05	Redução na capacidade de discernimento, incoerência na realização de tarefas e redução de funções de vários centros nervosos.
0,06 - 0,10	Entorpecimento fisiológico de sistemas corporais, redução do estado de atenção e vigilância, redução de reflexos, diminuição da cognição e força muscular, redução de paciência e da capacidade de tomada de decisões racionais.
0,10 - 0,15	Problemas de equilíbrio e movimento, além de reflexos consideravelmente mais lentos.

Fonte: Adaptado de Global Road Safety Partnership (2007).

Para mitigar esses riscos, tornou-se crucial a implementação de leis que proíbem essa prática, com o objetivo de garantir a segurança tanto do indivíduo quanto da coletividade, prevenindo danos como acidentes e até mortes causadas pela condução sob o efeito do álcool, conforme estipulado pela Lei nº 9.503 de 23 de setembro de 1997. A legislação define, no Art. 165, que:

Art. 165. Dirigir sob a influência de álcool ou de qualquer outra substância psicoativa que determine dependência (Redação dada pela Lei nº 11.705, de 2008):

Infração - gravíssima (Redação dada pela Lei nº 11.705, de 2008);
Penalidade - multa (dez vezes) e suspensão do direito de dirigir por 12 (doze) meses. (Redação dada pela Lei nº 12.760, de 2012) (Brasil, 1997, não paginado).

Nesse contexto, cabe destacar que, com a vigência da Lei Seca, o Brasil adotou a tolerância zero quanto à concentração de álcool no sangue de motoristas, estabelecendo um limite de 0,06 mg/L ou 0,3 mg/L de ar alveolar. A Lei nº 11.705, de 19 de junho de 2008, alterou dispositivos do Código de Trânsito Brasileiro, com o intuito de impor penalidades mais severas para aqueles que dirigem sob a influência do álcool. O artigo 1º dessa lei estabelece que:

Art. 1º Esta Lei altera dispositivos da Lei no 9.503, de 23 de setembro de 1997, que institui o Código de Trânsito Brasileiro, com a finalidade de estabelecer alcoolemia 0 (zero) e de impor penalidades mais severas

para o condutor que dirigir sob a influência do álcool, e da Lei no 9.294, de 15 de julho de 1996, que dispõe sobre as restrições ao uso e à propaganda de produtos fumíferos, bebidas alcoólicas, medicamentos, terapias e defensivos agrícolas, nos termos do § 4o do art. 220 da Constituição Federal, para inibir o consumo de bebida alcoólica por condutor de veículo automotor, e dá outras providências (Brasil, 2008, não paginado).

Vale destacar que os etilômetros utilizados no Brasil operam com uma margem de erro prevista de 0,04 miligramas de álcool por litro de ar. Dessa maneira, a nova Lei Seca não penaliza os motoristas que, ao serem parados e terem a concentração mensurada, apresentam esse valor apontado pelo aparelho, uma vez que existe o risco de que o índice de 0,04 apontado corresponda na realidade a '0' (zero). Assim, a norma pune apenas aqueles que apresentam valor mensurado a partir de 0,05 mg/L no âmbito administrativo e igual ou maior a 0,34 mg/L nos âmbitos criminal e administrativo. Urge salientar ainda que outra mudança está relacionada com o aumento do valor da multa, que passou de R\$ 957,70 para R\$ 2.934,70, podendo dobrar em caso de reincidência durante o período de 12 meses (Minas Gerais, 2024).

Além disso, a Lei nº 12.760/2012 reforçou a fiscalização ao permitir que a embriaguez ao volante fosse constatada não apenas por exames laboratoriais, mas também por sinais clínicos evidentes. O § 1º estabelece que a infração pode ser caracterizada por:

§ 1º As condutas previstas no caput serão constatadas por:
I - Concentração igual ou superior a 6 decigramas de álcool por litro de sangue ou igual ou superior a 0,3 miligrama de álcool por litro de ar alveolar; ou
II - Sinais que indiquem, na forma disciplinada pelo CONTRAN, alteração da capacidade psicomotora (Brasil, 2012, não paginado).

A implementação dessas medidas mostrou-se eficaz na redução de infrações e acidentes relacionados ao consumo de álcool, dados do sistema Vigitel revelam que:

No período de 2007 a 2013, a prevalência de consumo abusivo de álcool e direção na população adulta das 27 cidades cobertas pelo sistema Vigitel foi reduzida em 45,0% (2,0% em 2007 e 1,1% em 2013). Nas análises de variação anual, reduções significativas foram verificadas entre 2007 e 2008 (-0,5%) e entre 2012 e 2013 (-0,5%). Houve redução significativa entre homens (de 4,0% para 2,1%), entre 2007 e 2008 (-0,9%) e entre 2012 e 2013 (-1,2%) (Malta *et al.*, 2014).

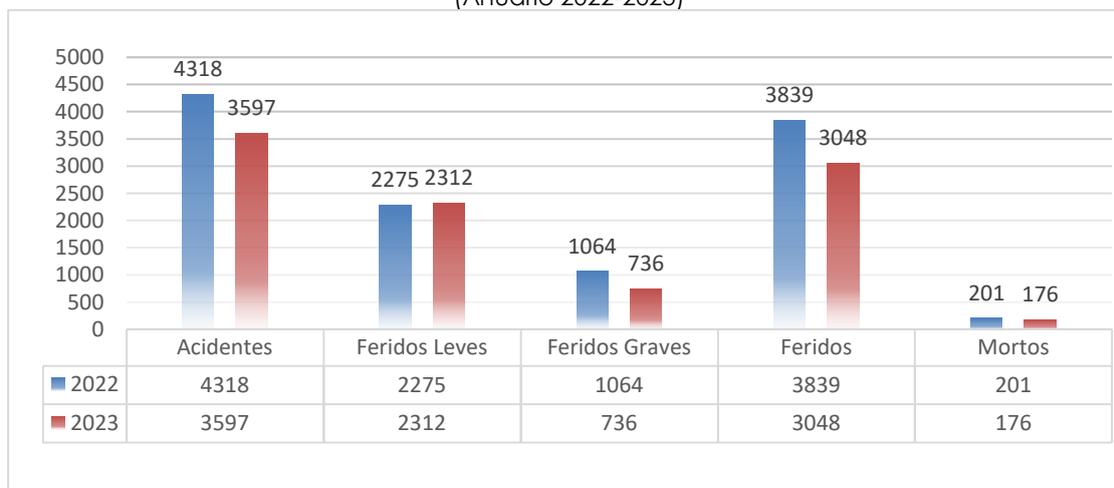
Nota-se que a prevalência de consumo abusivo de álcool e direção no país diminuiu consideravelmente entre 2007 e 2013. É importante destacar, portanto, que os avanços na área de toxicologia e segurança no trânsito

foram essenciais para estabelecer novos parâmetros e adaptar a legislação, garantindo maior proteção à população.

Ressalta-se, nesse contexto, que a Organização Mundial da Saúde (2023) define o “uso excessivo de álcool” como o “consumo de bebidas alcoólicas que causa consequências sociais e de saúde prejudiciais para o consumidor, para as pessoas ao seu redor e para a sociedade em geral, bem como os padrões de consumo associados a um risco aumentado de consequências negativas para a saúde”.

Os estudos supramencionados e a modificação nas políticas públicas contribuíram diretamente para aumentar a conscientização sobre os riscos do consumo de álcool ao volante e para promover medidas preventivas mais eficazes. No entanto, apesar dos avanços nas leis e na fiscalização, o número de acidentes fatais ainda representa um desafio. Dados mais recentes da PRF de 2022 e 2023 (Brasil, 2022; 2023), apresentados abaixo (Figura 1), indicam uma variação estatística nos índices de acidentes de trânsito relacionados ao consumo do álcool, mostrando que ainda há muito a ser feito:

Figura 1 – Dados de Acidentes de Trânsito Relacionados ao Consumo de Álcool (Anuário 2022-2023)



Fonte: Adaptado de Polícia Rodoviária Federal (2022-2023).

Os dados apresentados na Figura 1 indicam uma redução de 16,7% nas consequências fatais de acidentes decorrentes do consumo de álcool entre os anos de 2022 e 2023, com o número de óbitos diminuindo de 4.318 para 3.597. Ao analisar o número de feridos leves, observa-se que os valores permaneceram relativamente estáveis, com uma variação de 1,63%, passando de 2.275, em 2022, para 2.312, em 2023. Por outro lado, o número de feridos graves apresentou uma redução expressiva de 30,8%, diminuindo de 1.064 para 736 casos. Consequentemente, o total de feridos caiu de 3.839 para 3.048, representando uma redução de aproximadamente 20,6%. Além

disso, o número de óbitos também apresentou uma queda de 12,4%, passando de 201 para 176.

No entanto, apesar dos esforços empregados e da variação numérica, a problemática persiste, haja vista que a redução tem se mostrado lenta e gradual, mantendo os índices em patamares preocupantes, com um número ainda elevado de vítimas e feridos. Nesse contexto, a implementação de novas estratégias de conscientização e educação voltadas para a segurança no trânsito, justapostas ao fortalecimento das medidas vigentes, poderia ampliar a percepção da gravidade da situação e contribuir, portanto, para a redução de acidentes e a promoção de um comportamento mais responsável entre os condutores.

Ademais, é imperativo destacar a necessidade de ampliar a conscientização sobre o uso abusivo de álcool em contextos sociais – considerando que a cultura brasileira consolidou a prática de consumo de bebidas alcoólicas em confraternizações –, associada à utilização de métodos empíricos para "eliminar o álcool do organismo" antes de dirigir. Contudo, conforme evidenciado por dados do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT, 2021), práticas como a ingestão de café, uso de medicamentos, como aspirina, ou banhos frios não possuem eficácia comprovada na redução dos níveis de alcoolemia. Tais métodos perpetuam a falsa percepção de neutralização dos efeitos do álcool, o que aumenta significativamente os riscos de acidentes de trânsito, tanto para o condutor quanto para outros indivíduos em circulação. Nesse contexto, o DNIT recomenda, como medidas preventivas, a abstinência de consumo de álcool quando houver a necessidade de dirigir ou a adoção de alternativas seguras, como o uso de transporte público, serviços de táxi, aplicativos de mobilidade ou carona solidária com um condutor que não tenha ingerido bebidas alcoólicas. Essas práticas não apenas contribuem para a redução de acidentes, mas também reforçam a importância de políticas públicas e campanhas educativas voltadas à promoção da segurança viária e à desconstrução de mitos associados ao consumo de álcool.

3. CONCLUSÃO

A análise toxicológica aplicada à detecção de substâncias psicoativas desempenha um papel fundamental na toxicologia forense, contribuindo significativamente para a segurança pública e a justiça criminal.

Os avanços tecnológicos nos métodos de análise, como a cromatografia gasosa e líquida acoplada à espectrometria de massas, permitem uma identificação precisa e sensível de drogas de abuso e seus

metabólitos, viabilizando a produção de provas científicas robustas em exames periciais e investigações criminais.

No contexto dos delitos de trânsito, o álcool continua sendo um dos principais fatores de risco para acidentes, devido aos seus efeitos deletérios no sistema nervoso central, que comprometem a capacidade cognitiva e motora dos condutores.

A implementação de legislações rigorosas, como a Lei Seca, tem demonstrado impacto na redução de acidentes e mortes no trânsito, evidenciando a necessidade contínua de fiscalização e conscientização da população sobre os riscos do consumo de álcool ao volante.

Apesar dos avanços legislativos e tecnológicos, os desafios persistem, especialmente diante da crescente diversidade de substâncias psicoativas disponíveis e da necessidade de aprimorar os métodos de detecção e prevenção. Dessa forma, torna-se essencial investir em pesquisas científicas que ampliem as técnicas de análise toxicológica, bem como no fortalecimento de políticas públicas que promovam a educação e a prevenção do uso abusivo de substâncias no contexto do trânsito.

A combinação entre avanços científicos, ações preventivas e a aplicação efetiva da legislação representa a chave para a mitigação dos impactos dessas substâncias na sociedade, garantindo maior segurança e bem-estar coletivo.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, Guillermo Bornaz. ACOSTA, Soledad Bornas. Xenobióticos. **Ciencia & Desarrollo**, [S.l.], n. 6, p. 27 – 33, 15 abr. 2019. DOI: 10.33326/26176033.1999.6.108. Disponível em: <https://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/cyd/article/view/108>. Acesso em: 20 fev. 2025.

BRASIL. **Lei nº 11.343, de 23 de agosto de 2006**. Institui o Sistema Nacional de Políticas Públicas sobre Drogas - Sisnad; prescreve medidas para prevenção do uso indevido, atenção e reinserção social de usuários e dependentes de drogas; estabelece normas para repressão à produção não autorizada e ao tráfico ilícito de drogas; define crimes e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11343.htm. Acesso em: 21 fev. 2025.

BRASIL. **Lei nº 11.705, de 19 de junho de 2008**. Altera a Lei no 9.503, de 23 de setembro de 1997, que 'institui o Código de Trânsito Brasileiro', e a Lei no 9.294, de 15 de julho de 1996, que dispõe sobre as restrições ao uso e à propaganda de produtos fumíferos, bebidas alcoólicas, medicamentos, terapias e defensivos agrícolas, nos termos do § 4º do art. 220 da Constituição Federal, para inibir o consumo de bebida alcoólica por condutor de veículo automotor, e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11705.htm. Acesso em: 23 fev. 2025.

BRASIL. **Lei nº 12.760, de 20 de dezembro de 2012**. Altera a Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, que institui o Código de Trânsito Brasileiro. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12760.htm. Acesso em: 23 fev. 2025.

BRASIL. **Lei nº 12.971, de 9 de maio de 2014**. Altera os arts. 173, 174, 175, 191, 202, 203, 292, 302, 303, 306 e 308 da Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, que institui o Código de Trânsito Brasileiro, para dispor sobre sanções administrativas e crimes de trânsito. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/l12971.htm. Acesso em: 22 fev. 2025.

BRASIL. **Lei nº 9.294, de 15 de julho de 1996**. Dispõe sobre as restrições ao uso e à propaganda de produtos fumíferos, bebidas alcoólicas, medicamentos, terapias e defensivos agrícolas, nos termos do § 4º do art. 220 da Constituição Federal. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9294.htm. Acesso em: 24 fev. 2025.

BRASIL. **Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997**. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9503compilado.htm. Acesso em: 23 fev. 2025.

BRASIL. Polícia Rodoviária Federal. **Anuário Estatístico 2022**. Disponível em: <https://www.gov.br/prf/pt-br/acesso-a-informacao/dados-abertos/diest->

arquivos/anuario-2022_final.html. Acesso em: 23 fev. 2025.

BRASIL. Polícia Rodoviária Federal. **Anuário Estatístico 2023**. Disponível em: <https://www.gov.br/prf> – Anuário 2023. Acesso em: 23 fev. 2025.

BRASIL. Polícia Rodoviária Federal. **PRF registra queda nos sinistros de trânsito provocados por ingestão de álcool**. Disponível em: <https://www.gov.br/prf/pt-br/noticias/nacionais/2024/junho/prf-registra-queda-nos-sinistros-de-transito-provocados-por-ingestao-de-alcool>. Acesso em: 07 mar. 2025.

BRASIL. Senado Federal. Efeitos das substâncias no sistema nervoso. **Senado Notícias**, Brasília, nº 126, 12 jun. 2006. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/especiais/especial-cidadania/drogas/efeitos-das-substancias-no-sistema-nervoso>. Acesso em: 11 abr. 2025.

CAVALCANTI, Rafael Christofoli. Espectrometria de massa acoplada à cromatografia líquida e gasosa: sua aplicação nas ciências forenses. **Acta de Ciências e Saúde**. v. 1, n. 5, p. 57–61, 2016. Disponível em: <https://www2.ls.edu.br/actacs/index.php/ACTA/article/view/116>. Acesso em: 7 mar. 2025.

CEBRID, Centro Brasileiro de Informações sobre Drogas Psicotrópicas. **Livreto informativo sobre Drogas Psicotrópicas**. CEBRID, 1987. Disponível em: <https://www.cebrid.com.br/wp-content/uploads/2012/12/Livreto-Informativo-sobre-Drogas-Psicotropicas.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2025.

CISA, Centro de Informações sobre Saúde e Álcool. **Álcool e Sistema Nervoso Central**. CISA, 2004. Disponível em: <https://cisa.org.br/sua-saude/informativos/artigo/item/46-alcool-e-sistema-nervoso-central>. Acesso em: 06 mar. 2025.

CISA, Centro de Informações sobre Saúde e Álcool. **Efeitos do álcool**. CISA, 2012. Disponível em: <https://cisa.org.br/sua-saude/informativos/artigo/item/51-efeitos-do-alcool>. Acesso em: 22 fev. 2025.

CISA, Centro de Informações sobre Saúde e Álcool. **Metabolismo do Álcool**. CISA, 2015. Disponível em: <https://cisa.org.br/sua-saude/informativos/artigo/item/47-metabolismo-do-alcool>. Acesso em: 22 fev. 2025.

CORRÊA, Jéssica Santos. TEIXEIRA, Valéria Maria Costa. Métodos analíticos para identificação de drogas de abuso em toxicologia forense. **Anais do VII CONCCEPAR: Congresso Científico Cultural do Estado do Paraná**, Campo Mourão – Paraná, p. 1, 2016. ISSN 1983-7178. Disponível em: <https://conccepar.grupointegrado.br/resumo/metodos-analiticos-para-identificacao-de-drogas-de-abuso-em-toxicologia-forense/480/1257>. Acesso em: 21 fev. 2025.

COSTARDI, João Victor Vezali. NAMPO, Rafael Augusto Teruaki. SILVA, Gabriella Lourenço. RIBEIRO, Maria Aparecida Ferreira. STELLA, Heryck José. STELLA, Mercia Breda. MALHEIROS, Sônia Valéria Pinheiro. A review on alcohol: from the

central action mechanism to chemical dependency. **Revista da Associação Médica Brasileira**, São Paulo, v. 61, n. 4, p. 381–387, 2015. DOI <https://doi.org/10.1590/1806-9282.61.04.38>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ramb/a/gjBN7cMRymKcX7xZvjK9SWd/?lang=en&format=pdf>. Acesso em: 22 fev. 2025.

CZERWONKA, Mariana. **Drogas e medicamentos também comprometem a direção segura**. Portal do Trânsito, Mobilidade & Sustentabilidade, 2015. Disponível em: <https://www.portaldotransito.com.br/noticias/conscientizacao/comportamento/drogas-e-medicamentos-tambem-comprometem-a-direcao-segura-2/>. Acesso em: 20 fev. 2025.

DEITRICH, Richard A. ERWIN, V. Gene. **Pharmacological Effects of Ethanol on the Nervous System**. 1º ed. (Handbooks in Pharmacology and Toxicology, v. 32). Boca Raton: CRC Press, p. 480. 1995.

Departamento Nacional de Infraestrutura de transportes. **Alcool e direção não combinam**. 03 de dezembro de 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/noticias/dnit-alerta-que-alcool-e-direcao-nao-combinam>. Acesso em: 8 mar. 2025.

DORTA, Daniel Junqueira. YONAMINE, Mauricio. COSTA, José Luiz da. MARTINIS, Bruno Spinosa de. **Toxicologia forense**. 1º ed. São Paulo, Editora Blucher, p. 750. 2018.

EVANS-NGUYEN, Kenyon. STELMACK, Ashley R. CLOWSER, Phoebe C. HOLTZ, Jessica M. MULLIGAN, Christopher C. Fieldable mass spectrometry for forensic science, homeland security, and defense applications. **Mass Spectrometry Reviews**, v. 40, n. 5, p. 628-646, 2021. DOI: 10.1002/mas.21646. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32722885/>. Acesso em: 21 fev. 2025.

FARIA, Leonardo. **Efeitos do álcool no cérebro**. Meu Cérebro, 2024. Disponível em: <https://meucerebro.com/efeitos-do-alcool-no-cerebro/>. Acesso em: 22 fev. 2025.

GLOBAL ROAD SAFETY PARTNERSHIP. **Beber e dirigir: manual de segurança viária para profissionais de trânsito e de saúde**. 2. ed. Genebra: **Global Road Safety Partnership**, 2007. ISBN 978-2-940395-08-8. Disponível em: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/documents/health-topics/road-traffic-injuries/drinking-driving_manual_portuguese.pdf. Acesso em: 23 fev. 2025.

HANCOCK, Stephanie. McKIM, William. **Drugs and Behavior: An Introduction to Behavioral Pharmacology**. 8 ed. p. 480, Pearson Education, 2017.

HERNANDEZ, Edna Maria Miello. RODRIGUES, Roberto Moacyr Ribeiro. TORRES, Themis Mizerkowski. **Manual de toxicologia clínica: orientações para assistência e vigilância das intoxicações agudas**. 1. ed. São Paulo: Secretaria Municipal da Saúde - COVISA, 2017. Disponível em: [https://cvs.saude.sp.gov.br/up/MANUAL%20DE%20TOXICOLOGIA%20CLÍNICA%](https://cvs.saude.sp.gov.br/up/MANUAL%20DE%20TOXICOLOGIA%20CLÍNICA%20)

20-%20COVISA%202017.pdf. Acesso em: 05 mar. 2025.

JONES, Alan Wayne; JÖNSSON, KÅ. Food-induced lowering of blood-ethanol profiles and increased rate of elimination immediately after a meal. **Journal of Forensic Sciences**, v. 39, n. 4, p. 1084-1093, jul. 1994. DOI: 10.1520/JFS13687J. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8064267/>. Acesso em: 05 mar. 2025.

KARASEK, F. W. CLEMENT, R. E. **Basic Gas Chromatography-Mass Spectrometry: Principles and Techniques**. Amsterdam, Elsevier Science, p. 220. 1988.

MACHADO, Cleomara de Souza. MOURA, Talles Mendes de. ALMEIDA, Rogério José de. Estudantes de medicina e as drogas: evidências de um grave problema. **Revista Brasileira de Educação Médica**, [S.l.], v. 39, n. 1, p. 159–167, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-52712015v39n1e01322014>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbem/a/XGkvc3YRmnLHFqVHyXztMbg/abstract/?lang=pt#top>. Acesso em: 21 fev. 2025

MALTA, Deborah Carvalho. BERNA, Regina Tomie Ivata. SILVA, Marta Maria Alves da. CLARO, Rafael Moreira. BARBOSA, Jarbas da Silva Júnior. REIS, Ademar Arthur Chioro dos. Consumo de bebidas alcoólicas e direção de veículos: balanço da Lei Seca, Brasil 2007-2013. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 48, n. 4, p. 692-966, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-8910.2014048005633>. Disponível em: <https://www.scielosp.org/article/rsp/2014.v48n4/692-966/pt/#>. Acesso em: 23 fev. 2025.

MARTINS, Cláudia Rocha. LOPES, Wilson Araújo. ANDRADE, Jailson Bittencourt de. Solubilidade das substâncias orgânicas. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 8, p. 1248–1255, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422013000800026>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/9q5g6jWWTM987mDqVFjnSDp/>. Acesso em: 23 fev. 2025.

MINAS GERAIS. Polícia Civil. **Embriguez na direção de veículo automotor e suas repercussões jurídicas**. Apostila de curso EAD – Acadepol – PCMG, 2024.

Ministério da Saúde (Brasil). I Levantamento Nacional sobre os Padrões de Consumo de Álcool na População Brasileira. Brasília: Secretaria Nacional Antidrogas, 2007. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/relatorio_padroes_consumo_alcool.pdf. Acesso em: 27 fev. 2025.

MUMENTHALER, Martin S; TAYLOR, Joy L; O'HARA, Ruth; YESAVAGE, Jerome A. Gender differences in moderate drinking effects. **Alcohol Research & Health**, v. 23, n. 1, p. 55-64, 1999. PMID: 10890798; PMCID: PMC6761697. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6761697/>. Acesso em: 05 mar. 2025.

NASCIMENTO, Ronaldo Ferreira do. LIMA, Ari Clecius Alves de. BARBOSA, Pablo Gordiano Alexandre. SILVA, Vítor Paulo Andrade da. **Cromatografia gasosa: aspectos teóricos e práticos**. Fortaleza, Imprensa Universitária da Universidade

Federal do Ceará, p. 334. 2018. ISBN 978-85-7485-326-0.

National Institute on Alcohol Abuse and Alcoholism. **Alcohol metabolism**. NIAAA, 2022. Disponível em: <https://www.niaaa.nih.gov/publications/alcohol-metabolism>. Acesso em: 22 fev. 2025

Organização Mundial da Saúde (OMS). **Quadro de implementação do plano de ação mundial sobre o consumo de álcool**. 2023. Disponível em: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/documents/health-topics/road-traffic-injuries/drinking-driving_manual_portuguese.pdf. Acesso em: 27 fev. 2025.

PARKER, Robert Nash. AUERHAHN, Kathleen. Alcohol, drugs, and violence. **Annual Review of Sociology**. v. 24, p. 291–311. 1998. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/223483>. Acesso em: 7 mar. 2025.

PECHANESKY, Flávio; VON DIEMEN, Lísia; GONÇALVES, Veralice Maria (Org.). **Aperfeiçoamento em técnicas para fiscalização do uso de álcool e outras drogas no trânsito brasileiro**. 2. ed. 2014. p. 250. Curso de Aperfeiçoamento – Secretaria Nacional de Políticas sobre Drogas (SENAD), Brasília, 2014. ISBN 978-85-60662-69-2. Disponível em: https://site.mppr.mp.br/sites/hotsites/arquivos_restritos/files/documento/2023-01/aperfeiçoamento_tecnicas_fiscalizacao_drogas_transito_senad_2014.pdf. Acesso em: 21 fev. 2025.

PITT, James J. Principles and applications of liquid chromatography-mass spectrometry in clinical biochemistry. **Clin Biochem Rev**. v. 30, n. 1, p. 19–34, fev. 2009. PMID: 19224008; PMCID: PMC2643089. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2643089/>. Acesso em: 7 mar. 2025.

RIVIER, L. Techniques for analytical testing of unconventional samples. **Baillieres Best Pract Res Clin Endocrinol Metab**. 14, n. 1, p. 147–165, mar. 2000. DOI: 10.1053/beem.2000.0060. PMID: 10932817. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10932817/>. Acesso em: 21 fev. 2025.

SILVA, Penildon. **Farmacologia**. 8º ed. p. 1352, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.

The Forensic Toxicology Council. **What is Forensic Toxicology?**. Society of Forensic Toxicologists, 2010. Disponível em: https://www.soft-tox.org/assets/Briefing_What_is_Forensic_Toxicology_Wha.pdf. Acesso em: 20 fev. 2025.

VALENZUELA, C. Fernando. **Alcohol and neurotransmitter interactions**. Alcohol Health Res World, v. 21, n. 2, p. 144-148, 1997. PMID: 15704351; PMCID: PMC6826822. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6826822/>. Acesso em: 23 fev. 2025.

XIMENES, Rodrigo Antonio Zonta. **Exames Toxicológicos: Tipos e Métodos** Disponíveis. Fleming Laboratório, 2024. Disponível em: <https://fleminglaboratorio.com/glossario/exames-toxicologicos-tipos-metodos-disponiveis/>. Acesso em: 22 fev. 2025.