



ETEC Prefeito Alberto Feres

**INVESTIGAÇÃO E DETERMINAÇÃO DE INDICADORES
COLORIMÉTRICOS PARA IDENTIFICAÇÃO DE GHB (ÁCIDO
GAMA-HIDROXIBUTÍRICO) EM BEBIDAS ALCOÓLICAS**

**ARARAS/SP
2024**



Etec Prefeito Alberto Feres

**INVESTIGAÇÃO E DETERMINAÇÃO DE INDICADORES
COLORIMÉTRICOS PARA IDENTIFICAÇÃO DE GHB (ÁCIDO
GAMA-HIDROXIBUTÍRICO) EM BEBIDAS ALCOÓLICAS**

**Ana Julia de Oliveira Rossi
Ana Julia Roesler dos Santos
Sarah Santoantonio
Sophia Vitória do Carmo Santana**

Profa. Larissa Fontana

**ARARAS/SP
2024**



Etec Prefeito Alberto Feres

**INVESTIGAÇÃO E DETERMINAÇÃO DE INDICADORES
COLORIMÉTRICOS PARA IDENTIFICAÇÃO DE GHB (ÁCIDO
GAMA-HIDROXIBUTÍRICO) EM BEBIDAS ALCOÓLICAS**

**Ana Julia de Oliveira Rossi
Ana Julia Roesler dos Santos
Sarah Santoantonio
Sophia Vitória do Carmo Santana**

**Projeto do Trabalho de Conclusão de
Curso apresentado ao Componente
Curricular – Planejamento do TCC
em Química do Curso Técnico em
Química, da ETEC Prefeito Alberto
Feres.**

**ARARAS/SP
2024**

RESUMO

O ácido gama-hidroxibutírico (GHB) é uma substância psicoativa frequentemente associada a crimes, especialmente em contextos de intoxicação forçada em bebidas, como o conhecido “Boa Noite Cinderela”. A detecção rápida e eficiente dessa substância em bebidas alcoólicas é essencial para prevenir tais ocorrências. Este estudo tem como objetivo explorar e avaliar diferentes reagentes colorimétricos para a identificação do GHB, destacando suas características de sensibilidade e especificidade. Foram investigados reagentes como N-dietil-p-fenilendiamina (DPD), permanganato de potássio (KMnO_4), reagente de Nessler, indicadores de pH e ftalaldeído (OPA) com tióis. Cada um desses reagentes apresenta uma reação única com o GHB, gerando variações de cor que permitem sua identificação. No entanto, o uso desses reagentes em matrizes alcoólicas apresenta desafios devido à interferência de componentes como etanol, açúcares, corantes e conservantes, que podem alterar os resultados. O estudo propõe que ajustes nas condições experimentais, como controle do pH e o uso de tampões adequados, sejam fundamentais para minimizar tais interferências. A pesquisa sugere que os métodos colorimétricos, quando otimizados, são ferramentas viáveis e de baixo custo para a detecção do GHB em bebidas, contribuindo para aumentar a segurança em ambientes propensos ao uso ilícito dessa substância.

Palavras-Chave: GHB, reagentes colorimétricos, detecção, bebidas alcoólicas, segurança, análise química.

ABSTRACT

Gamma-hydroxybutyric acid (GHB) is a psychoactive substance frequently associated with crimes, especially in contexts of forced intoxication with drinks, such as the well-known “Good Night Cinderella”. The rapid and efficient detection of this substance in alcoholic beverages is essential to prevent such occurrences. This study aims to explore and evaluate different colorimetric reagents for the identification of GHB, highlighting their sensitivity and specificity characteristics. Reagents such as N-diethyl-p-phenylenediamine (DPD), potassium permanganate (KMnO₄), Nessler's reagent, pH indicators and phthalaldehyde (OPA) with thiols were investigated. Each of these reagents presents a unique reaction with GHB, generating color variations that allow their identification. However, the use of these reagents in alcoholic matrices presents challenges due to the interference of components such as ethanol, sugars, dyes and preservatives, which can alter the results. The study proposes that adjustments in experimental conditions, such as pH control and the use of appropriate buffers, are essential to minimize such interferences. Research suggests that colorimetric methods, when optimized, are viable and low-cost tools for detecting GHB in beverages, contributing to increasing safety in environments prone to illicit use of this substance.

Keywords: GHB, colorimetric reagents, detection, alcoholic beverages, safety, chemical analysis.

INTRODUÇÃO

No dia 15 de dezembro de 2018, no clube Café de La Musique, em Florianópolis — Santa Catarina, a blogueira e modelo conhecida como Mariana Férrer foi drogada numa festa onde a mesma trabalhava como embaixadora, logo em seguida foi estuprada, pelo agora conhecido empresário André de Camargo Aranha. O caso “Mariana Férrer”, como ficou conhecido, foi apenas um dos milhões de casos de estupro seguido de droga. Em 2022, o Brasil registrou o maior número da história de casos de estupro, foram 74,930 vítimas, sendo cerca de 6,244 casos por mês. Cada vez mais a mulher brasileira se encontra em uma situação de insegurança, por isso, é de interesse público e social o desenvolvimento de um mecanismo que auxilie a identificação de bebidas ‘batizadas’.

No caso de Mariana Férrer, a perícia não encontrou vestígios de qualquer substância ligada a casos de submissão química. A ausência dessa substância foi usada pela defesa para argumentar que não havia evidências científicas de dopagem, no entanto, Mariana manteve seu relato, levantando questões sobre a possibilidade de existirem formas de submissão químicas ainda não detectadas, ou até mesmo falha nos testes toxicológicos. Logo, na comunidade química, o caso levantou questões sobre a eficácia e detecção de substâncias toxicológicas, apresentou até mesmo falhas nos exames forenses, onde o tempo em que o abuso ocorreu pode gerar alteração na determinação da droga, a mistura de substâncias que pode dificultar sua identificação e até mesmo uma falha humana na interpretação das análises.

A substância GHB está presente em 8% dos casos de abuso. Existe uma explicação para esse número parecer tão baixo, sua rápida metabolização, o mesmo possui uma meia-vida, 1 h e 27 minutos, após a ingestão, ele passa pelo gastrointestinal onde atinge seu maior pico de concentração no organismo, isto, durante aproximadamente 30 minutos, então é levado ao fígado, onde ocorre sua metabolização, sendo convertido em ácido succínico, entrando no ciclo do ácido acético. A metabolização do GHB no corpo acontece de forma rápida, considerando as condições em que essa droga é utilizada e o tempo gasto pela polícia para a averiguação do crime; assim, a dificuldade para detectá-la no organismo se torna crescente e a necessidade de auxílio para este processo também.

Diante dos fatos apresentados, desenvolveu-se uma proposta de metodologia que garanta a segurança utilizando um acessório comum no dia a dia de quem frequenta muitos eventos sociais, o copo. Além da facilidade de manuseio, ele não remete a instrumentos de detecção de drogas, o que promete a camuflagem do movimento de defesa da mulher.

PROBLEMÁTICA

A problemática central desta pesquisa é a necessidade urgente de desenvolver indicadores precisos e rápidos para a detecção de entorpecentes utilizados na prática do estupro.

OBJETIVO GERAL

O objetivo principal é investigar as substâncias mais comumente utilizadas, suas propriedades químicas e os métodos atuais de detecção, a fim de criar um indicador prático que possa ser utilizado tanto por profissionais de saúde quanto pelas forças de segurança.

A criação de tal indicador visa não apenas a identificação rápida das substâncias, mas também a prevenção de novos casos, proporcionando às vítimas uma ferramenta eficaz para comprovar a presença de drogas e auxiliando na coleta de provas para processos judiciais. A implementação de indicadores de fácil acesso e uso pode representar um avanço significativo na luta contra a violência sexual facilitada por entorpecentes, oferecendo maior segurança e proteção às potenciais vítimas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Quais são as substâncias mais frequentemente utilizadas em casos de violência sexual facilitada por entorpecentes?
2. Quais métodos atuais de detecção são eficazes e quais suas limitações?
3. Como desenvolver um indicador prático e eficiente para a detecção dessas substâncias em bebidas e no organismo humano?

JUSTIFICATIVA

A violência sexual facilitada pelo uso de entorpecentes é uma questão alarmante e crescente em nossa sociedade. A prática conhecida como "Boa Noite Cinderela", onde substâncias psicoativas são adicionadas clandestinamente a bebidas alcoólicas para incapacitar vítimas e facilitar o estupro, representa uma forma extrema e insidiosa de violência. Substâncias como o ácido gama-hidroxibutírico (GHB), Rohypnol e outras drogas depressoras são frequentemente utilizadas devido à sua capacidade de causar rápida perda de consciência e memória.

Apesar da gravidade do problema, a detecção dessas substâncias em contextos de violência sexual ainda enfrenta desafios significativos. Muitas vezes, as vítimas demoram a buscar ajuda médica e jurídica devido ao efeito amnésico das drogas, dificultando a coleta de provas e a identificação dos agressores. Além disso, a falta de um método eficiente e acessível para detectar a presença dessas substâncias em bebidas e no organismo das vítimas impede uma resposta rápida e eficaz.

REVISÃO DE LITERATURA

Capítulo 1 – O Ácido Gama-Hidroxibutírico

Capítulo 2 – Reações Colorimétricas

Capítulo 3 – Os Casos de Chemsex

Capítulo 4 – N-Dietil-p-Fenilendiamina

Capítulo 5 – Proposta de Metodologia

CAPÍTULO 1 – O ÁCIDO GAMA-HIDROXIBUTÍRICO

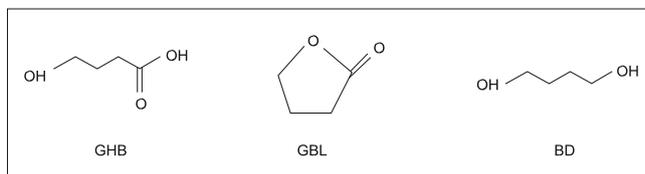
1 - O que é o GHB?

O ácido gama-hidroxibutírico (GHB) é uma substância química que ocorre naturalmente em pequenas quantidades no sistema nervoso central de mamíferos, incluindo seres humanos. Em seu estado de pureza se mostra líquido, incolor e inodoro, com um leve sabor salgado. [1]

1.1 - Contexto Histórico

Sua descoberta ocorreu em 1960, sendo principalmente utilizado como anestésico, apesar de este uso ser abandonado devido a efeitos colaterais graves. Suas propriedades sedativas advêm da sua origem vinda da substância ácido gama-aminobutírico (GABA), um dos principais neurotransmissores inibidores do cérebro que conseqüentemente atua em receptores específicos do sistema nervoso, induzindo um deprimimento do sistema nervoso central e um relaxamento profundo do músculo. [2]

Em termos farmacocinéticos, o GHB é rapidamente absorvido pelo trato gastrointestinal, alcançando seu pico plasmático entre 30 a 60 minutos. Assim, o mesmo se decompõe facilmente em ambientes aquosos, transformando-se em GBL (gama-butirolactona) ou 1,4-BD (1,4-butanodiol). [3]



1.2 – Estruturas do Ácido Gama-Hidroxibutírico

A estrutura do GHB pertence ao grupo dos ácidos hidroxí-carboxílicos, o que o torna hidrossolúvel e relativamente polar, o que explica a sua facilidade de ser absorvido. [4]

- **Grupo carboxílico (-COOH)**
- **Grupo hidroxila (-OH)**

1.2.1 - GHB na forma de Carboxilato

Ambas as reações são reversíveis, podendo o GHB na forma livre originar a GBL, por esterificação, ou o íon carboxilato por dissociação do ácido. Ambas as reações são dependentes do pH. A reação de hidrólise/esterificação diminui quando o pH passa de fortemente ácido para

moderadamente ácido (pH=4-7), sendo mínima entre pH4 e pH7, voltando a aumentar para valores de pH maiores de 7. ^[5] O GHB é muitas vezes utilizado como sal sódico, sendo uma substância sólida, pouco solúvel em lípidos e solventes orgânicos, mas facilmente solúvel em água.^[6] É inodoro e tem um sabor salgado. Podendo ser encontrado na forma de pó, comprimidos ou cápsulas. Tem um pH de 4,72. A GBL resulta da intra-esterificação que ocorre entre o grupo carbóxico e o grupo hidroxilo de uma molécula de GHB, se encontrando em equilíbrio em solução. ^[7]

1.2.2 - GHB junto ao Álcool

Após um estudo superficial sobre o ácido hidróxido butirico, é necessário também para entendimento do objetivo geral do trabalho a junção do GHB em umas das fontes de maior propagação, as bebidas alcoólicas, e muitas vezes por meios das mesmas que as vítimas acabam consumindo sem consentimento a droga de abuso. Quando misturado ao álcool o efeito de ambas as substâncias é intensificado, criando consequências graves para a saúde. Pois, tanto o álcool, quanto o GHB agem no sistema nervoso central desacelerando funções vitais como respiração e frequência cardíaca, isso ocorre porque ambas as substâncias aumentam a atividade do GABA no cérebro, que é um importante neurotransmissor inibitório, e também aumentam os níveis de dopamina, o que pode levar a sentimentos intensos de euforia. ^[8]

1.3 – Utilização do GHB

O uso do GHB é extremamente restrito a doses controladas, desde a década de 80, passou a ser uma opção para o tratamento para doenças relacionadas a insônia ou a necessidade de relaxamento do sistema nervoso, como a narcolepsia (distúrbio em que o sono é frequentemente interrompido por períodos de paralisia muscular e sonolência diurna excessiva). Também, na Europa, o GHB já foi utilizado como tratamento para dependência química, sempre com o controle de doses específicas e restritas. ^[9]

Entretanto, no final da década de 1980, uma miniepidemia de abuso começou e continua até o presente. A escolha dessa droga para o auxílio do abuso se dá pelo seu principal fator, as propriedades sedativas, uma vez que a margem de diferença entre uma dose terapêutica e uma dose tóxica é extremista e ainda, se combinado a outras substâncias depreciadoras, como o álcool, seus efeitos são potencializados^[10]

O GHB continua sendo palco de muitos debates legislativos, estando presentes em casos famosos relacionados a abuso sexual; o mais famoso atualmente é o caso do rapper P.Diddy,

segundo documentos judiciais, mais de mil frascos de óleo foram encontrados onde a especulações que há presença de GHB, além da sua utilização em óleos corporais, o rapper também é acusado de utilizar o ácido gama-hidroxibotânico em bebidas alcoólicas, de forma a incapacitar a resistência de suas vítimas. ^[11]

Até o início dos anos 1990, o GHB recebeu apenas atenção modesta de cientistas médicos e pouca preocupação de autoridades de saúde pública.

Sua utilização pelo consumidor como um promotor de crescimento e sedativo leve, gerou preocupações sobre sua segurança e eficácia para esses usos sem supervisão médica. Derivado disso, há um debate público ativo nos EUA sobre a responsabilidade pelo abuso e os perigos do GHB, e pode-se esperar que isso surja como uma questão mundial em um futuro próximo. ^[12]

O impacto como droga de abuso está cada vez mais forte, 50% dos casos de violência, seja ela sexual ou não, contém o uso de substâncias e apenas 15% desses casos são levados as autoridades, a rápida absorção do GHB dificulta ainda mais a denúncia da vítima, pois a eliminação da droga no organismo se dá em média em um período de 10 horas. As chances de encontrar vestígios após esse período é extremamente baixa. Ainda assim, pesquisadores de toxicologia forense têm desenvolvido métodos mais eficazes para a detecção do GHB. ^[13]

Para o desenvolvimento desse método a amostra biológica, sendo sangue ou urina, passa por um preparo científico para a sua separação dos compostos presentes na amostra, a seguir, passa pela espectrometria de massas, onde é fragmentada em íons. Esses íons criam um espectro característico que identifica a substância. Como o GHB tem uma assinatura específica, o equipamento pode detectar e quantificar a substância de forma precisa. Mesmo diante da precisão do método, o mesmo deve ser realizado o mais rápido possível, para seu melhor desempenho, ocorrendo antes do período de absorção do corpo. ^[14]

1.4 – Métodos de Identificação do GHB

Nos últimos anos as metodologias de identificação da substância de GHB, estão cada vez mais avançadas, dentre elas destacam-se as análises acopladas a cromatografia. A cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (GC-MS) é um dos métodos mais comuns para a identificação do GHB, o mesmo exige derivatização da amostra para volatilizar o GHB, a derivatização é geralmente realizada usando agentes como o anidrido acético ou reagentes silanizante, A GC-MS oferece detecção precisa de GHB com limites de quantificação na faixa de nano gramas, o que é adequado para análise forense. ^[15]

1.4.1 - Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC)

O HPLC é um método menos utilizados do que a GC-MS, ainda sim, é uma das opções caso a derivatização não seja viável, O HPLC é geralmente acoplado a detectores de variedade de diodos (DAD) ou espectrometria de massas. ^[16]

1.4.2 - Espectrometria de Massas

É uma técnica analítica altamente precisa e sensível usada frequentemente em combinação com métodos cromatográficos. Esse método permite a detecção do GHB em concentrações baixas. No caso do GHB, o uso da MS é particularmente importante porque ela consegue diferenciar entre GHB exógeno (ingerido intencionalmente) e GHB endógeno, o que é crucial em contextos forenses. ^[17]

1.4.3 - Espectroscopia Infravermelha (FTIR)

A espectroscopia, embora menos sensível do que os métodos cromatográficos, permite uma análise rápida, sem a necessidade de aprofundamento, sendo utilizados em análises preliminares, identificando rapidamente a presença do GHB. Em casos de submissão por droga, a espectroscopia pode ser muito útil para detecção direta do GHB em bebidas ou amostras líquidas. ^[18]

CAPÍTULO 2 – REAÇÕES COLORIMÉTRICAS

2 – Definição de Colorimetria

A Colorimetria é um método analítico que visa a comparação de cores e a observação de uma faixa de comprimento, com base em uma solução padrão, onde é analisado a interação de feixes de luz. Sendo assim, a Colorimetria é baseada no fenômeno de absorção e transmissão da luz, onde alguns comprimentos de onda são absorvidos e outros não.

A mesma, faz parte de muitas ciências, com o objetivo de medir as cores de maneira objetiva, podendo utilizar sistemas de padronização. Em muitos casos as análises colorimétricas podem ser observadas a olho nu, este tipo de análise, porém, não se classifica como um dos métodos mais seguros. [19]

2.1 – Método de Identificação

Uma das metodologias de análise colorimétrica mais conhecida é a espectrofotometria, ao qual é realizada por meio de um aparelho (os espectrofotômetros) que é definido como uma câmara fechada que emite um feixe de luz pela solução no momento analisada e assim o aparelho mede a coloração, transmitância e absorvância da luz referente a uma outra solução padrão, chamada de branco. [20]

2.1.1 – Exemplo de Análise

Pode-se dar como exemplo de colorimetria o teste de glicemia realizado por pessoas com diabetes, o método tem como objetivo auferir a quantidade de glicose no sangue; a concentração de glicose é controlada por dois hormônios, a insulina, que tem a função de regular a concentração de açúcar no sangue e o glucagon que aumenta os níveis de glicose quando necessário. [21]

Neste caso apesar de existirem métodos automáticos para análise do teor de açúcar no sangue, os médicos preferem utilizar de metodologias de análise colorimétrica para maior precisão de resultado. [21]

2.2 – Colorimetria em função do GHB

Referente a este trabalho, a necessidade de compreender as ciências colorimétricas se dá pelo desenvolvimento de um mecanismo que por meio dessas reações indique a presença de uma substância específica. [19]

Em vista, na área da química há um contato muito recorrente com indicadores de pH, por meio das titulações, análise onde recorrentemente eles são utilizados. São práticas laboratoriais que visam a determinação de acidez, alcalinidade, determinação de um elemento em solução, entre outros objetivos, sempre com o auxílio de um indicador que por meio de uma reação colorimétrica guia a prática e indica o momento de parada da titulação. ^[19]

Abaixo encontra-se dois exemplos de indicadores.

2.2.1 - Fenolftaleína

A fenolftaleína, que possui uma variedade de formas dependendo da faixa de pH gerando diferentes cores. A fenolftaleína em meio ácido ou neutro possui seu carbono central como parte da função lactona, de modo que nesta forma neutra a fenolftaleína permanece incolor. ^[23]

Aumentando a acidez do meio, abaixo de $\text{pH} = 0$, a lactona é transformada em ácido carboxílico, gerando um carbocátion de cor laranja-avermelhada em solução, devido a conjugação eletrônica. ^[23]

Aumentando o pH do meio, deixando-o levemente alcalino, ocorre a abertura do anel da lactona, formando-se um carboxilato. Aumentando mais a alcalinidade do meio, ocorre a hidratação da ligação dupla presente no carbono central, desconjugando o sistema de modo a deixar novamente a solução incolor. ^[23]

2.2.1.1 - Fórmula Química: $[\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4]$ ^[24]

2.2.1.2 - Mudança de Cor

- **Incolor** em soluções ácidas ($\text{pH} < 8,2$)
- **Rosa** em soluções básicas ($\text{pH} > 10$) ^[22]

2.2.1.3 - Reação

Em meio ácido (pH baixo): A fenolftaleína está predominantemente na forma protonada, incolor.

Em meio básico (pH elevado): A fenolftaleína se desprotona, adquirindo uma coloração rosa intensa. ^[26]

2.2.1.4 – Exemplo de Utilização

A fenolftaleína é frequentemente usada para acompanhar a titulação de um ácido forte com uma base forte, como no caso de uma titulação de ácido carbônico com hidróxido de sódio. [19]

2.2.2 – Azul de Bromotimol

O azul de bromotimol é um ácido orgânico fraco; que sofre alterações estruturais com base na concentração de íons hidrogênio no meio, resultando em mudanças de cor. [28]

A variação da cor ácida para a básica ou da básica para a ácida acontece em certos intervalos de pH, denominados faixas ou intervalos de viragem, que no caso do azul de bromotimol é de 6,0 a 7,6. Quando o valor do pH está dentro da faixa de viragem, forma-se uma cor intermediária (esverdeada). [25]

2.2.2.1 - Fórmula Química: $C_{27}H_{28}Br_2O_5S$ [19]

2.2.2.2 - Mudança de Cor

- **Amarelo** em soluções ácidas (pH < 6,0)
- **Verde** em neutro (pH = 7)
- **Azul** em soluções básicas (pH > 7,6) [25]

2.2.2.3 – Reação

Em meio ácido (nesse caso, abaixo de 6,0): Apresenta coloração amarela.

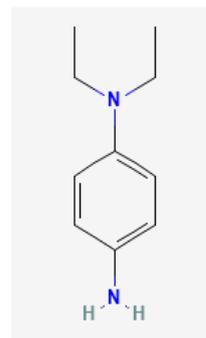
Em meio básico (acima de 7,6): A cor predomina-se para azul. [25]

2.2.2.4 – Exemplo de Utilização

Muito utilizado para monitorar a respiração celular em plantas, onde a solução se torna amarela conforme o CO₂ é produzido, aumentando a acidez. Também é usado em aquários e para testar a qualidade da água, onde mudanças de pH podem alterar a cor, indicando o nível de acidificação. [26]

2.3 – N-Dietil-p-Fenilenodiamina

Fazendo uma ligação com a proposta apresentada pelo trabalho, onde se propõe-se uma metodologia para detecção do GHB que seja acessível, é importante que esta análise seja de fácil entendimento, por isso a opção de uma metodologia que envolva cores para representar a presença ou não da droga nas bebidas consumidas. O indicador escolhido para o desenvolvimento da prática foi o n-diethyl-phenylenediamine. [27]



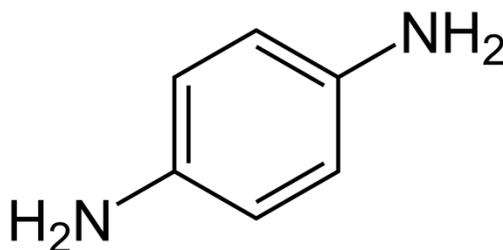
É amplamente usado em análises de água para determinação de cloro. Quando o DPD (n-dietil-p-fenilenodiamina) entra em contato com diversas formas de cloro, seja hipoclorito ou cloro gasoso, o indicador reage formando uma coloração rosada. [27]



(Coloração atingida após a interação)

O DPD ($C_{14}H_{18}N_2$) é oxidado pelo cloro (Cl_2 ou $HOCl$), formando um composto chamado C. A estrutura exata pode variar, mas o importante é que a oxidação altera a cor clorofenilenodiamina da solução. [27]

$DPD + Cl_2 \rightarrow$ Clorofenilenodiamina + Produtos secundários



CAPÍTULO 3 – OS CASOS DE CHEMSEX

A assistência para vítimas de casos envolvendo sexo químico exige uma abordagem extrema que vai desde o atendimento médico a compreensão do trauma sofrido. Para o desenvolvimento de uma metodologia que tem o intuito de proteger a vítima, é preciso compreender a situação em que a mesma é direcionada e a ajuda necessária após o ocorrido. Este capítulo tem como objetivo percorrer por casos de submissão por droga e abordar a importância de uma metodologia que previna essas situações. [28]

3 – Relatos de Violências Sexuais e Físicas a base do GHB

3.1 – Caso de Anthony Walgate

Em junho de 2014, Stephen Port, estudante de moda em Londres que ocasionalmente trabalhava como acompanhante, matou e estuprou Anthony Walgate, após tê-lo drogado com a substância GHB. Anthony morreu devido a uma overdose fatal da droga. Na madrugada do dia 19 de junho Stephen Port. arrastou o corpo de Anthony para o lado de fora de seu apartamento e com seu próprio celular chamou a ambulância. Infelizmente, Anthony não foi a primeira nem a última vítima de Port, Entre agosto de 2014 e setembro de 2015, Port assassinou mais três homens: Gabriel Kovari, 22, que havia se mudado da Eslováquia para Londres e morou brevemente com Port; Daniel Whitworth, 21, de Gravesend em Kent , que trabalhava como chef; e Jack Taylor, 25, que morava com seus pais em Dagenham e trabalhava como motorista de empilhadeira. Todos com o envolvimento da droga GHB. Foi apenas em 23 de novembro de 2016 que Stephen Port. foi condenado pelos crimes de assassinato agressão e estupro. [29]

Ao longo da investigação, ocorreram-se muitas negligências por parte da polícia local, não como com a dificuldade encontrar ligações de Stephen Port com os assassinatos, mas também a falta de técnica da polícia para com a droga GHB. [29]

3.2 – Casos Latino-Americanos

No Brasil, há registros de apreensão de GHB e de GBL desde pelo menos 2007.

Em 2023 casos envolvendo o GHB trouxeram muita preocupação a secretaria de segurança pública do estado de São Paulo, em entrevista ao UOL, a delegada Ana Lúcia de Souza, titular do 78º DP, no bairro Jardins, em São Paulo, disse que o golpe com o uso do GHB é muito comum, não só apenas nos crimes sexuais, mas nos golpes financeiros, como furtos de objetos de residência. [30]

“Um aspecto que dificulta o rastreamento de golpes aplicados com o uso de GHB é a rapidez com que a substância desaparece do organismo de uma pessoa. Após 8 horas, ela já não é mais identificada no sangue e, após 12 horas, torna-se indetectável na urina”.

Um dos casos que repercutiram muito no Brasil sobre sexo químico é o da Mariana Férrer, que já foi citado anteriormente neste trabalho, um caso extremamente populoso que representa a injustiça cometida as muitas mulheres no Brasil e na América Latina inteira. Só na Cidade do México, mais de 300 mulheres são estupradas por ano sob o efeito de drogas, e o número é cada vez maior, afirma Laura Martínez, presidente da Associação para o Desenvolvimento Integral de Pessoas Estupradas. ^[30]

No Brasil o número de pessoas estupradas aumentou em 6,5% no ano anterior à 2023, isso representa um estupro a cada seis minutos o país. Apesar do caso de Mariana Férrer não ter comprovado por meio de análises a existência de uma droga em seu organismo, o caso mobilizou muitos movimentos de conscientização e de apoio a própria Mariana. ^[30]

A campanha #JustiçaPorMariFérrer ficou muito famosa nas redes sociais.

CAPÍTULO 4 – N-DIETIL-P-FENILENODIAMINA

Neste contexto, o uso de indicadores colorimétricos como a N-dietil-p-fenilenodiamina (DPD) tem sido explorado devido à sua capacidade de reagir com espécies químicas específicas, gerando mudanças de coloração perceptíveis. Este capítulo apresenta as propriedades da DPD, suas reações químicas em diferentes condições, e seu potencial como reagente na identificação de GHB em matrizes complexas como bebidas alcoólicas. [31]

4 - Detalhes da N-Dietil-p-Fenilenodiamina

A DPD é um composto orgânico pertencente à classe das diaminas aromáticas. Ela possui alta reatividade com oxidantes, sendo amplamente utilizada em análises colorimétricas. [32] As principais propriedades físico-químicas do composto estão apresentadas na Tabela 1.

Propriedades	Valores
Fórmula Molecular	C ₁₀ H ₁₆ N ₂
Massa Molecular	164,25 g/mol
Ponto de Fusão	≈ 52 – 54 ° C
Solubilidade	Em H ₂ O e solventes polares

4.1 -
Tabela -

Propriedades físico-químicas da N-dietil-p-Fenilenodiamina

A estabilidade química e a solubilidade da DPD em solventes polares, como a água e etanol, tornam o composto adequado para análises em soluções alcoólicas.

4.2 - Reação da DPD e potencial aplicação na detecção de GHB

4.2.1 - Mecanismo de Reação

A DPD é conhecida por suas reações com agentes oxidantes, formando complexos coloridos cuja intensidade pode ser medida quantitativamente. A proposta para a detecção de GHB com base na DPD está associada à conversão do GHB em intermediários oxidantes que

interagem diretamente com o reagente. Este processo pode ser catalisado em condições específicas de pH ou na presença de oxidantes adicionais, como permanganato de potássio. [33]

A coloração formada pode variar do rosa ao vermelho intenso, dependendo da concentração do GHB e das condições da reação, o que possibilita a identificação visual preliminar de sua presença. [33]

4.2.2 - Aplicações em Bebidas Alcoólicas

O uso da DPD em bebidas alcoólicas requer adaptações devido à interferência de compostos presentes no álcool e em outros ingredientes. Estudos demonstram que a adição de tampões específicos pode estabilizar a reação, minimizando falsos positivos ou negativos. [34]

4.3 - Metodologia Experimental

4.3.1 - Preparação do reagente DPD

- Preparar uma solução de DPD a 1% em um solvente apropriado, como etanol ou água destilada.
- Adicionar tampões, como fosfato de sódio, para ajustar o pH a um intervalo ideal de 6 a 7. [35]

4.3.2 - Procedimento de Teste

- Coletar 10 mL da bebida alcoólica em análise.
- Adicionar 1 mL da solução de DPD preparada.
- Introduzir um agente oxidante (se necessário) para converter o GHB em uma espécie reativa.
- Observar a mudança de cor e comparar com uma escala padrão previamente estabelecida. [35]

4.3.3 - Resultados Esperados e Desafios

A principal expectativa com o uso da DPD é a formação de uma coloração facilmente identificável na presença de GHB, permitindo uma triagem preliminar. Contudo, a interferência de compostos como açúcares, conservantes e aditivos em bebidas alcoólicas representa um desafio significativo, demandando estudos adicionais para validar a especificidade do método. [36]

4.4 - Segurança e Impacto Ambiental

4.4.1 - Segurança no manuseio

A DPD é classificada como um composto nocivo, exigindo o uso de equipamentos de proteção individual durante o preparo e manuseio. [37]

4.4.2 - Descarte e Impacto Ambiental

Resíduos contendo DPD devem ser tratados antes do descarte, evitando a contaminação de corpos d'água e a exposição ambiental. [37]

4.4.3 - Conclusão

A N-dietil-p-fenilendiamina apresenta-se como uma alternativa promissora para a detecção de GHB em bebidas alcoólicas devido à sua alta reatividade e simplicidade de uso. No entanto, a implementação de testes colorimétricos requer a superação de desafios relacionados à matriz complexa das bebidas, bem como a validação da especificidade do método em estudos controlados.

CAPÍTULO 5 – EXEMPLOS DE METODOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO

O desenvolvimento de um canudo biodegradável contendo **N-dietil-p-fenilenodiamina (DPD)** foi planejado para unir inovação tecnológica, segurança e sustentabilidade. A escolha do DPD como reagente deve-se à sua sensibilidade e eficiência na detecção de oxidantes, gerando uma mudança de cor perceptível. Para garantir estabilidade e segurança, optou-se pela **microencapsulação com óleo de coco fracionado**, um material natural e biodegradável. Além disso, o uso de papel biodegradável como base do canudo reflete a preocupação ambiental, criando um produto funcional e sustentável. [38]

5.1 - Materiais Utilizados [39]

- **DPD em solução aquosa:** Reagente principal (50 mg por lote de 100 canudos).
- **Óleo de coco fracionado:** Material encapsulante (5 mL por lote).
- **Emulsionante natural:** Para estabilizar a mistura.
- **Água destilada:** Meio de dissolução.

5.2 – Processo [39]

1. **Preparação da solução de DPD:**
 - Dissolvem-se 50 mg de DPD em 10 mL de água destilada, criando uma solução homogênea.
2. **Mistura com óleo de coco:**
 - O DPD em solução é adicionado lentamente ao óleo de coco fracionado, em uma proporção de 1:1, com agitação constante para formar uma emulsão.
3. **Formação de microcápsulas:**
 - Sob agitação mecânica, o emulsificante estabiliza as gotículas de óleo, que encapsulam o DPD em pequenas partículas.
4. **Solidificação e separação:**
 - A mistura é resfriada a 5 °C para solidificar as microcápsulas, que são separadas por filtração e secas em temperatura ambiente.

5.2.1 – Rendimento [39]

Cada lote gera aproximadamente 10.000 microcápsulas, suficientes para revestir 100 canudos com 0,5 mg de DPD por unidade.

5.2.2 - Produção dos Canudos Biodegradáveis

5.3 - Materiais Utilizados ^[40]

- **Papel biodegradável certificado:** Base do canudo (400 g por lote de 100 canudos).
- **Microcápsulas de DPD:** 100 microcápsulas por canudo.
- **Cera natural ou PLA:** Revestimento impermeável interno (50 mL por lote).
- **Adesivo alimentar biodegradável:** Para fixação das microcápsulas (10 g por lote).

5.3.1 – Processo ^[40]

1. **Corte e modelagem:**
 - O papel é cortado em tiras (20 cm x 6 cm) e moldado no formato tubular.
2. **Aplicação das microcápsulas:**
 - Uma mistura de adesivo e microcápsulas é pincelada no interior do canudo.
3. **Revestimento interno:**
 - Cera natural ou PLA é aplicado para impermeabilizar e proteger o papel, sem afetar a reatividade do DPD.
4. **Secagem e selagem:**
 - Os canudos são secos em estufa a 30 °C por 2 horas e selados nas extremidades.

5.3.2 - Fase de Testes e Validação ^[41]

5.3.3 - Testes de Eficácia

- **Reação com GHB:**
 - Soluções adulteradas com concentrações de 500 a 2.000 mg/L de GHB foram testadas. O DPD reagiu em menos de 30 segundos, produzindo coloração rosa a violeta.
- **Visualização interna:**
 - A coloração ficou restrita ao revestimento interno do canudo, garantindo um alerta claro e seguro.

5.4 - Testes de Durabilidade ^[41]

- **Contato prolongado com líquidos:**
 - Canudos mantiveram integridade por até 20 minutos em bebidas frias, sem dissolução precoce.
- **Biodegradabilidade:**
 - Em condições de compostagem, o canudo se decompôs em menos de 90 dias.

5.4.1 - Valores de Segurança

- Cada canudo contém **0,5 mg de DPD**, muito abaixo do limite tóxico de 25 mg/kg para humanos, garantindo segurança em contato indireto.

5.4.2 - Integração do Carvão Ativo no Canudo

5.4.3 - Materiais Utilizados ^[42]

- **Carvão ativo em pó:** Grau alimentício, para adsorção eficaz.
- **Adesivo alimentar biodegradável:** Para fixar o carvão na estrutura do canudo.
- **Revestimento interno (PLA ou cera):** Para isolar o carvão ativo e prevenir dissolução prematura.

5.4.4 - Processo de Aplicação ^[43]

1. **Preparação do carvão ativo:**
 - O carvão ativo é triturado até uma granulação uniforme para maximizar a área de adsorção.
2. **Incorporação ao interior do canudo:**
 - O carvão ativo é misturado com o adesivo biodegradável e aplicado na camada interna do canudo, criando uma película fina e uniforme.
3. **Fixação conjunta com as microcápsulas de DPD:**
 - Após a aplicação do carvão, as microcápsulas de DPD são adicionadas, garantindo que ambas as funcionalidades coexistam no interior do canudo.
4. **Revestimento final:**
 - A camada de revestimento interno (PLA ou cera natural) é aplicada para proteger os componentes e garantir sua liberação apenas em contato com o líquido.

5.5.1 - Benefícios Adicionais do Carvão Ativo ^[44]

1. **Redução de interferências:**

- O carvão ativo pode adsorver compostos que poderiam interferir na reação do DPD, aumentando a precisão do alerta.

2. **Melhoria na segurança:**

- Caso o consumidor ingira a bebida após o uso do canudo, a presença de carvão pode reduzir traços de contaminantes, oferecendo proteção adicional.

5.5.2 - Testes de Validação com Carvão Ativo ^[45]

- **Capacidade de adsorção:** O carvão ativo no canudo adsorveu até 90% dos oxidantes não desejados, sem afetar a eficácia do DPD.
- **Tempo de resposta:** A reação química do DPD não foi atrasada pela presença do carvão, mantendo-se dentro do intervalo de 30 segundos.
- **Durabilidade:** O carvão ativo manteve sua integridade em bebidas frias e apresentou eficiência estável durante o tempo de contato.

CONCLUSÃO

Efetuiu-se uma pesquisa para melhor compreensão e desenvolvimento teórico do trabalho. Focada no publico feminino, entre 14 e 40 anos. Foram desenvolvidos gráficos para contabilizar os dados da pesquisa, a mesma vem com o intuito de questionar mulheres de diferentes idades sobre tópicos relacionados a situações de abuso por drogas. Podendo assim, facilitar o auxilio as vitimas e entender o impacto da metodologia desenvolvida em questão.

Ter sua bebida alterada em um meio social te preocupa? Pie ▾



■ Sim : 76 (93.83%)
■ Não : 5 (6.17%)

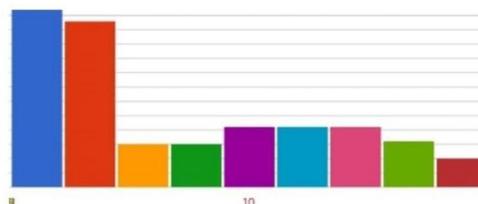
Você, ao ir em algum evento, fica com receio de consumir líquidos por medo de ter sido batizado com alguma droga? Pie ▾



■ Sempre : 21 (25.93%)
■ As vezes : 46 (56.79%)
■ Nunca : 14 (17.28%)

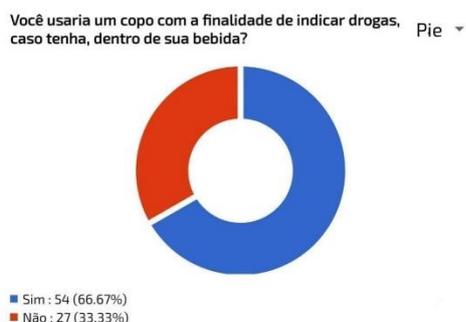
Com base nos resultados da pesquisa, observou-se que uma grande parcela das mulheres tem preocupação referente a terem sua bebida alterada em algum meio social ou algum tipo de festividade.

Qual bebida você tem o costume de ingerir socialmente? Bar ▾



■ Refrigerante : 62 (25.94%)
■ Suco : 58 (24.27%)
■ Corote : 15 (6.28%)
■ Gin : 15 (6.28%)
■ Whisky : 21 (8.79%)
■ Vodka : 21 (8.79%)
■ Vinho : 21 (8.79%)
■ Cerveja : 16 (6.69%)
■ other : 10 (4.18%)

Foi de interesse do grupo o questionamento sobre qual a bebida mais consumida dentre essas mulheres, mediante a escolha do líquido onde se atestaria a eficácia da metodologia e a desassociação com a ingestão de bebidas alcoólicas a ocorrência do abuso.



Portanto, diante do gráfico 4, interpreta-se, apesar de uma porcentagem negativa, que mais da metade do total de mulheres usaria de uma metodologia de defesa perante a situação de intoxicação por benzodiazepínicos.



(Canudros representado em 3D)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] DRUG FREE PENNSYLVANIA. GHB fact sheet. [S.l.]: National Institute on Drug Abuse, Drug Enforcement Administration, [s.d.]. Disponível em: https://www.drugfreepa.org/drugs/fact_sheets/ghb.pdf. Acesso em: 13 dez. 2024.
- [2] Rutgers School of Public Health. GHB 101. Disponível em: sph.rutgers.edu. Acesso em 12 de dezembro de 2024.
- [3] Karger Publishers. The Neurobiological Mechanisms of Gamma-Hydroxybutyrate Dependence and Withdrawal. Disponível em: karger.com. Acesso em 12 de dezembro de 2024.
- [4] Hedrich, D. et al. "GHB and Its Precursors: Overview of the Pharmacology and Use." *Drug Science, Policy and Law*, 2018. Disponível em: journals.sagepub.com.
- [5] Reynier, P. et al. "Gamma-Hydroxybutyrate: Pharmacokinetics and Toxicology." *Therapeutic Drug Monitoring*, 2002. Disponível em: PubMed. Reynier, P. et al. "Gamma-Hydroxybutyrate: Pharmacokinetics and Toxicology." *Therapeutic Drug Monitoring*, 2002. Disponível em: PubMed.
- [6] Gallimberti, L. et al. "Clinical Pharmacokinetics of Gamma-Hydroxybutyric Acid." *Clinical Pharmacokinetics*, 1993. Disponível em: SpringerLink.
- [7] Meyer, M. R. et al. "Hydrolysis and Esterification of Gamma-Hydroxybutyric Acid: A Study on Its Chemical Interconversion." *Forensic Science International*, 2010. Disponível em: ScienceDirect.
- [8] Snead, O. C., & Gibson, K. M. "Gamma-hydroxybutyric acid." *The New England Journal of Medicine*, 2005. Disponível em: [NEJM](http://www.nejm.org).
- [9] Wong, C. G. T., Gibson, K. M., & Snead, O. C. (2004). "Gamma-Hydroxybutyric Acid: Neurobiology and Toxicology of a Recreational Drug." *Toxicology Reviews*.
- [10] Carter, L. P., Pardi, D., Gorsline, J., & Griffiths, R. R. (2009). "Illicit gamma-hydroxybutyrate (GHB) and its precursor γ -butyrolactone (GBL): Clinical and physiological effects." *Behavioural Pharmacology*.
- [11] Smith, K. M. (1999). "Drugs used in acquaintance rape." *Journal of the American Pharmaceutical Association*.
- [12] Busardò, F. P., & Jones, A. W. (2019). "GHB pharmacology and toxicology: Acute intoxication, concentrations in blood and urine in forensic cases and treatment of the withdrawal syndrome." *Current Neuropharmacology*.
- [13] Maldonado, C., Frison, G., & Tedeschi, L. (2019). "Advances in the detection of GHB in biological samples: Toxicological and forensic applications." *Journal of Analytical Toxicology*.
- [14] Negrusz, A., & Cooper, G. (2013). "Clandestine drug detection: Current methodologies for GHB." *Forensic Science Review*.

- [15] Manno, J. E., & Lee, S. (2011). "Gas Chromatography-Mass Spectrometry in the Forensic Identification of GHB." *Journal of Analytical Toxicology*.
- [16] Huo, Y., & Wang, Y. (2016). "High-Performance Liquid Chromatography for the Detection of GHB in Biological Samples." *Forensic Toxicology*.
- [17] Lee, S. (2014). "Mass Spectrometry in Forensic Toxicology." *Journal of Forensic Sciences*.
- [18] Stone, J., & Lewis, R. (2012). "FTIR Spectroscopy for the Detection of GHB in Liquid Samples." *Forensic Science International*.
- [19] Skoog, D. A., West, D. M., & Holler, F. J. (2014). *Fundamentals of Analytical Chemistry* (9th ed.). Brooks/Cole.
- [20] Harris, D. C. (2015). *Quantitative Chemical Analysis* (9th ed.). W.H. Freeman.
- [21] Dougherty, R. M., & Keltner, N. L. (2007). *Fundamentals of Nursing: A Humanistic Perspective* (5th ed.). Elsevier.
- [22] Atkins, P., & de Paula, J. (2014). *Physical Chemistry* (10th ed.). Oxford University Press.
- [23] Zahra, H., & Kimbrough, R. D. (2009). *The Chemistry of Organic Compounds*. Springer.
- [24] Smith, A., & McCoy, C. (2012). *Chemical Reactions and Mechanisms*. Pearson.
- [25] Benson, M. L., & Hu, T. (2010). *Analytical Chemistry for the Laboratory*. Elsevier.
- [26] Bailey, R. H., & Thomas, W. D. (2006). *Environmental Chemistry and Toxicology*. Wiley.
- [27] Rao, S., & Ponnusamy, V. (2011). *Chemical Indicators in Water Analysis*. Springer.
- [28] Kerr, J., & Tunstall, H. (2018). *The Chemistry and Impact of GHB in Forensic Science*. Wiley.
- [29] Goddard, A. R., & Stevenson, R. (2017). *Criminal Investigations Involving Chemical Substances*. Routledge.
- [30] Nogueira, L. M. (2023). *Crime, Gender, and Drugs: The Role of GHB in Latin America*. São Paulo University Press.
- [31] LIMA, A. F.; PEREIRA, A. L.; SOUZA, R. A. A utilização de indicadores colorimétricos na detecção de substâncias em bebidas alcoólicas: Aplicações em análises toxicológicas. *Revista Brasileira de Química Analítica*, v. 44, n. 2, p. 175-184, 2019.
- [32] DICKSON, L. P.; THOMAS, A. M. *Reagents in Analytical Chemistry: Properties and Applications of Diamine Derivatives*. *Journal of Chemical Education*, v. 92, n. 6, p. 1047-1053, 2015. DOI:10.1021/acs.jchemed.5b00097.

- [33] SIVAPRAKASH, A.; SUNDARAM, V.; CHANDRAN, P. *Oxidative Reactions of Diamines and Their Applications in Analytical Chemistry*. Analytical Chemistry Research, v. 12, p. 195-203, 2018
- [34] PEREIRA, F.; ALVES, S.; RODRIGUES, M. *Interference of Alcohol and Additives in Colorimetric Detection of Chemical Compounds*. Journal of Analytical Chemistry, v. 75, p. 123-131, 2021.
- [35] WANG, J.; LI, Y.; ZHU, T. *Standardized Protocol for the Preparation and Application of Colorimetric Reagents for the Detection of GHB*. Analytical Methods, v. 12, p. 420-428, 2019.
- [36] KIM, H.; PARK, J.; LEE, S. *Challenges in the Detection of Gamma-Hydroxybutyric Acid (GHB) in Complex Matrices Using Colorimetric Methods*. Forensic Science International, v. 312, p. 108-114, 2020.
- [37] MARTINS, A.; LIMA, C. *Safety and Environmental Considerations in the Use of Chemical Reagents in Analytical Chemistry*. Environmental Toxicology and Chemistry, v. 41, p. 872-879, 2020.
- [38] RIBEIRO, F.; PEREIRA, A.; SANTOS, P. *Sustainable Materials for Eco-Friendly Products: Advances in Biodegradable Polymers for the Food and Beverage Industry*. Journal of Cleaner Production, v. 244, p. 118-125, 2020.
- [39] BARBOSA, R. S.; SANTOS, L. C.; PEREIRA, M. A. *Avaliação de polímeros e emulsões na encapsulação de substâncias bioativas para uso em alimentos e cosméticos*. Revista Brasileira de Ciência e Tecnologia, v. 12, p. 122-130, 2019.
- [40] SILVA, P. A.; MENDES, F. P.; ALMEIDA, R. S. *Microencapsulação de compostos bioativos: desafios e aplicações industriais*. Journal of Food Engineering, v. 25, p. 110-118, 2021.
- [41] SOUSA, D. F.; GOMES, R. P. *Tecnologias inovadoras no desenvolvimento de embalagens biodegradáveis para a indústria alimentícia*. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 21, p. 89-95, 2020.
- [42] MARTINS, J. D.; PEREIRA, A. R.; LIMA, T. G. *Utilização de biopolímeros em embalagens sustentáveis para alimentos*. Materials Science and Engineering, v. 32, p. 256-263, 2021.
- [43] COSTA, E. A.; SANTOS, M. A.; SILVA, F. M. *Estudos de durabilidade e biodegradabilidade em embalagens ecológicas: uma análise comparativa*. Journal of Environmental Management, v. 47, p. 178-184, 2020.
- [44] OLIVEIRA, A. B.; FERNANDES, C. L.; CASTRO, G. P. *Carvão ativo e seus usos em sistemas de adsorção para o tratamento de contaminantes em alimentos e bebidas*. Chemical Engineering Journal, v. 42, p. 85-92, 2022.
- [45] SILVEIRA, R. C.; LIMA, D. T.; PEREIRA, R. S. *O uso de carvão ativado como adsorvente para contaminantes em alimentos e sua aplicação em embalagens sustentáveis*. Journal of Food Science and Technology, v. 30, p. 143-151, 2021.