



**Ensino Médio com Habilitação Profissional de
TÉCNICO EM QUÍMICA**

Gustavo Henrique Gomes

Isabela Vendramini Cristal

Laís Santos de Andrade

Lucca Samuel Gonçalves Perfe

Vitor Hugo Rodrigues Silva

**CONTROLE DE QUALIDADE EM
REFRIGERANTES SABOR GUARANÁ**

Piracicaba – SP

2024

Gustavo Henrique Gomes
Isabela Vendramini Cristal
Laís Santos de Andrade
Lucca Samuel Gonçalves Perfe
Vitor Hugo Rodrigues Silva

CONTROLE DE QUALIDADE EM REFRIGERANTES SABOR GUARANÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Química da escola ETEC Cel. Fernando Febeliano da Costa, orientado pelo professora Ana Paula Jacobasso, como requisito parcial para a obtenção do título de Técnico em Química.

Piracicaba – SP

2024

Gustavo Henrique Gomes
Isabela Vendramini Cristal
Laís Santos de Andrade
Lucca Samuel Gonçalves Perfe
Vitor Hugo Rodrigues Silva

CONTROLE DE QUALIDADE EM REFRIGERANTES SABOR GUARANÁ

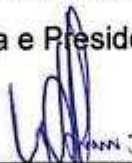
Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Técnico em
Química da escola ETEC Cel. Fernando
Febeliano da Costa, orientado pela
professora Ana Paula Jacobasso, como
requisito parcial para a obtenção do
título de Técnico em Química.

APROVAÇÃO DA BANCA EXAMINADORA



Prof.^a Ana Paula Jacobasso

Coordenadora da Área e Presidente da Banca Examinadora



Prof. Wagner Fernando Ferreira – Examinador



Prof. Ulisses Aparecido Camargo Rosa – Examinador

Piracicaba – SP

2024

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossa profunda gratidão à Ana Paula Jacobasso, cuja orientação foi essencial para a realização deste trabalho. Seu conhecimento e dedicação foram fundamentais para o nosso desenvolvimento acadêmico e pessoal.

Agradecemos também a Leonardo Coelho, cuja inspiração nos motivou a seguir em frente e a buscar sempre o melhor.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão deste trabalho, nosso sincero muito obrigado.

"A virtude dos anjos é que eles não podem deteriorar; o defeito é não poderem melhorar. O defeito do homem é que ele pode deteriorar; e sua virtude é poder melhorar."

(Ditado chassídico)

RESUMO

O objetivo deste trabalho é avaliar as características físico-químicas de três marcas famosas de refrigerantes de guaraná comercializados em Piracicaba-SP, para determinar se as bebidas estão de acordo com os parâmetros consultados. Para isso, realizou-se a aferição dos valores de teor de CO₂, densidade, sólidos solúveis, acidez total e pH, como forma de controle de qualidade. As análises foram realizadas entre julho e setembro de 2024, utilizando as metodologias pesquisadas. A partir de tal embasamento, as práticas ocorreram no laboratório da ETEC Fernando Febeliano da Costa, no curso técnico em Química, com a maioria das práticas sendo realizadas em duplicata. Para fins analíticos, os resultados foram tabelados em Microsoft Excel e comparados com os parâmetros estabelecidos pelas fontes consultadas. Além disso, calculou-se a exatidão e precisão das análises em diferentes tipos de amostra – carbonatadas e descarbonatadas – para que, através de tal, se avaliasse a eficiência metodológica. Decorrente a isso, os resultados das análises de qualidade das amostras, quando comparados aos padrões estabelecidos pela legislação brasileira ou outros pesquisadores, apresentaram variações. Nesse cenário, as análises de densidade e pH estavam em conformidade com os padrões, indicando que esses parâmetros estão dentro dos limites aceitáveis para consumo. No entanto, os valores de Brix e acidez total foram inferiores aos parâmetros oficiais, sugerindo um descumprimento da última legislação disponível publicamente. Alternativamente, se os padrões foram atualizados, é importante que o governo facilite o acesso da população a essas informações. Além disso, a análise do teor de CO₂ foi inconclusiva devido às limitações na metodologia aplicada, sugerindo que futuras pesquisas devem considerar técnicas mais precisas para obter resultados confiáveis.

Palavras-chave: análises físico-químicas; controle de qualidade; guaraná; refrigerante.

ABSTRACT

This paper aims to evaluate the physicochemical characteristics of three well-known guaraná soda brands commercialized in Piracicaba-SP, to determine if said soft drinks are within the consulted parameters. For this purpose, the values of CO₂ content, density, soluble solids, total acidity, and pH were assessed as a form of quality control. The analyses were conducted between July and September of 2024, utilizing the methodologies researched. They took place at the ETEC Cel Fernando Febeliano da Costa's laboratory, in the Technical Chemistry course, with most evaluations conducted in duplicate. For analytical purposes, the results were tabulated in Microsoft Excel and then compared with the parameters established by the consulted sources. Additionally, the accuracy and precision of the analyses were calculated for different sample types – carbonated and decarbonated – so that, through this comparison, the methodological efficiency could be assessed. The results of quality analyses of the samples, when compared to the standards set by Brazilian legislation or other researchers, showed variations. The analysis of density and pH conformed to the standards, indicating that these parameters are within acceptable limits for consumption. However, Brix and total acidity values were below the official parameters, suggesting noncompliance with the most recent publicly available legislation. Alternatively, if the standards have been updated, public access to this information must be facilitated by the government. Besides that, the analysis of CO₂ content was inconclusive due to limitations of the applied method, suggesting that future research should consider more precise techniques to obtain more reliable results.

Keywords: physicochemical analyses; quality control; guaraná; soda pop.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Fruto do Guaraná	17
Figura 2. Refrigerantes do lote 1 em banho-maria	27
Figura 3. Balança digital para cozinha.....	27
Figura 4. Refrigerantes do lote 2 em banho-maria	28
Figura 5. Medição da massa do refrigerante descarbonatado.....	28
Figura 6. Balança Analítica utilizada.....	29
Figura 7. Refratômetro utilizado	30
Figura 8. Organização da bancada	32
Figura 9. Titulação da amostra com solução de NaOH 0,1 M	32
Figura 10. Soluções padrão.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados utilizados para o cálculo de volume de CO ₂ dos refrigerantes descarbonatados (lote 1).....	34
Tabela 2. Erros relativos referentes à massa e à concentração em volumes esperadas de CO ₂ dos refrigerantes descarbonatados (lote 1).....	35
Tabela 3. Medições de pH e acidez total dos refrigerantes descarbonatados (lote 1)	36
Tabela 4. Dados utilizados para o cálculo de volume de CO ₂ dos refrigerantes carbonatados (lote 2)	36
Tabela 5. Erros relativos referentes à massa e à concentração em volumes esperadas de CO ₂ dos refrigerantes carbonatados (lote 2)	37
Tabela 6. Dados utilizados para o cálculo de densidade dos refrigerantes descarbonatados (lote 1).....	38
Tabela 7. Erros relativos referentes à densidade dos refrigerantes descarbonatados (lote 1).....	39
Tabela 8. Dados utilizados para o cálculo de densidade dos refrigerantes carbonatados (lote 2)	40
Tabela 9. Erros relativos referentes à densidade dos refrigerantes carbonatados (lote 2)	41
Tabela 10. Valores obtidos nas medições de °Brix dos refrigerantes descarbonatados (lote 1).....	42
Tabela 11. Erros relativos referentes às medições de °Brix dos refrigerantes descarbonatados (lote 1).....	43
Tabela 12. Erros relativos referentes às medições de °Brix dos refrigerantes descarbonatados a partir dos valores indicados pelo fabricante (lote 1).....	44
Tabela 13. Valores obtidos nas medições de °Brix dos refrigerantes carbonatados (lote 2)	45
Tabela 14. Erros relativos referentes às medições de °Brix dos refrigerantes carbonatados (lote 2)	46
Tabela 15. Erros relativos referentes às medições de °Brix dos refrigerantes carbonatados a partir dos valores indicados pelo fabricante (lote 2).....	47
Tabela 16. Dados utilizados para o cálculo de acidez dos refrigerantes descarbonatados (lote 1).....	48
Tabela 17. Valores obtidos nos cálculos de acidez dos refrigerantes descarbonatados (lote 1).....	49
Tabela 18. Análise estatística dos resultados da análise de acidez dos refrigerantes descarbonatados (lote 1).....	49
Tabela 19. Dados utilizados para o cálculo de acidez dos refrigerantes carbonatados (lote 2)	50
Tabela 20. Valores obtidos nos cálculos de acidez dos refrigerantes carbonatados (lote 2)	51
Tabela 21. Análise estatística dos resultados da análise de acidez dos refrigerantes carbonatados (lote 2)	52

Tabela 22. Valores de pH obtidos a partir dos refrigerantes descarbonatados (lote 1)	53
Tabela 23. Erros relativos referentes ao pH dos refrigerantes descarbonatados (lote 1)	54
Tabela 24. Análise estatística dos resultados da análise do pH para os refrigerantes descarbonatados (lote 1).....	54
Tabela 25. Valores de pH obtidos a partir dos refrigerantes carbonatados (lote 2)	55
Tabela 26. Erros relativos referentes ao pH dos refrigerantes carbonatados (lote 2)	56
Tabela 27. Análise estatística dos resultados da análise do pH para os refrigerantes carbonatados (lote 2)	56
Tabela 28. Resultados obtidos a partir das análises de pH e acidez total para os lotes 1 e 2	57
Tabela 29. Erros relativos obtidos a partir das análises de pH e acidez total para os lotes 1 e 2.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Ambev	Companhia de Bebidas das Américas
Anvisa	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AT.....	Acidez Total/ Acidez Titulável
CATP.....	Condições Ambientais de Temperatura e Pressão
CV	Coeficiente de Variação
ER	Erro Relativo
MAPA.....	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
PET	Polietileno Tereftalato
pH.....	Potencial Hidrogeniônico
TCC.....	Trabalho de Conclusão de Curso

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
1.1.	JUSTIFICATIVA	15
1.2.	PROBLEMA DE PESQUISA	15
1.3.	HIPÓTESE	15
1.4.	OBJETIVO GERAL	16
1.5.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
2.	DESENVOLVIMENTO	16
2.1.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1.1.	Guaraná	16
2.1.1.1.	Características gerais	16
2.1.1.2.	Importância cultural.....	17
2.1.1.3.	Coleta, extração e processos efetuados para que o fruto seja utilizado no refrigerante	18
2.1.1.4.	Produção do guaraná no brasil	19
2.1.2.	Refrigerante de guaraná	19
2.1.2.1.	História dos refrigerantes	19
2.1.2.2.	Características gerais	19
2.1.2.3.	Diferenças entre as embalagens	20
2.1.2.4.	Produção industrial	20
2.1.2.5.	Relevância para o mercado nacional	21
2.1.3.	Parâmetros	22
2.1.3.1.	Orgãos responsáveis pela aplicação dos parâmetros	22
2.1.3.2.	Parâmetros de qualidade para o refrigerante de guaraná	22
2.1.4.	Métodos de controle de qualidade	23
2.1.4.1.	Teor de CO ₂	23
2.1.4.2.	Densidade.....	23
2.1.4.3.	Sólidos solúveis	24
2.1.4.4.	Acidez total	24
2.1.4.5.	Potencial hidrogeniônico	25
3.	METODOLOGIA	26
3.1.	DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CO ₂	26
3.1.1.	Materiais e reagentes	26

3.1.2.	Procedimento	26
3.2.	MEDIÇÃO DA DENSIDADE.....	29
3.2.1.	 Materiais e reagentes.....	29
3.2.2.	 Procedimento	29
3.3.	QUANTIFICAÇÃO DOS SÓLIDOS SOLÚVEIS	30
3.3.1.	 Materiais e reagentes.....	30
3.3.2.	 Procedimento	30
3.4.	ANÁLISE DA ACIDEZ TOTAL	31
3.4.1.	 Materiais e reagentes.....	31
3.4.2.	 Procedimento	31
3.5.	AFERIÇÃO DO POTENCIAL HIDROGENIÔNICO	33
3.5.1.	 Materiais e reagentes.....	33
3.5.2.	 Procedimento	33
4.	 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	34
4.1.	TEOR DE CO ₂	34
4.2.	DENSIDADE	38
4.3.	SÓLIDOS SOLÚVEIS	42
4.4.	ACIDEZ TOTAL	48
4.5.	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO	53
5.	 CONCLUSÃO	59
6.	 REFERÊNCIAS	62

1. INTRODUÇÃO

Para que se possa analisar amostras de refrigerante, os estudos se iniciam a partir do ingrediente característico dessa bebida, o guaraná. De nome científico *Paullinia cupana*, esse fruto nativo da Amazônia possui como características físicas: o formato arredondado, a coloração preta e brilhante e portar uma semente cada (CORRÊA DA COSTA; FERREIRA, 2012, p. 1).

A planta foi utilizada durante séculos pelas civilizações indígenas, devido às suas propriedades estimulantes e medicinais. (CORRÊA DA COSTA; FERREIRA, 2012, p. 1). Além disso, as propriedades terapêuticas do guaraná se dão por ele ser a espécie vegetal com maior teor de cafeína (2% a 6%), superando em até três vezes o encontrado no café (CORRÊA DA COSTA; FERREIRA, 2012, p. 1).

No início do século XIX, os benefícios do guaraná supracitados não eram amplamente reconhecidos na produção alimentícia. Contudo, graças ao processamento do fruto desenvolvido pelo médico Luiz Pereira Barreto, tornou-se possível a criação de refrigerantes utilizando o extrato de guaraná. Isso levou ao surgimento de grandes produtores de bebidas gaseificadas com sabor de guaraná, com a Antarctica se destacando como a precursora na distribuição nacional do produto (AMBEV S.A., 2021; DE NAZARÉ, 2002, p. 12).

A partir da produção industrial dessa bebida, fez-se necessária a ação de órgãos governamentais, que regulamentassem padrões de qualidade. Tais instituições responsáveis por estabelecer parâmetros de qualidade e fiscalizar refrigerantes produzidos e/ou comercializados em território nacional, no Brasil, são o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa).

Conforme mencionado por Silveira et al. (2022, p. 16), em um contexto de competitividade entre as indústrias de bebidas, é conveniente verificar se os produtos por elas oferecidos apresentam o padrão de qualidade declarado.

Diante do exposto, e considerando a possibilidade de refrigerantes apresentarem inconformidades com o que é legalmente estabelecido, torna-se evidente a relevância de estudos experimentais que busquem analisar

comparativamente os parâmetros físico-químicos estipulados pelo MAPA, os encontrados em revisões da literatura e determinados experimentalmente.

1.1. JUSTIFICATIVA

A ingestão excessiva de refrigerantes está diretamente associada a uma série de impactos adversos à saúde, incluindo o aumento do risco de obesidade, diabetes e câncer. Essa realidade provoca preocupações significativas em relação à composição dessas bebidas e suas interações com o organismo humano. Neste contexto, torna-se crucial o monitoramento da qualidade dos refrigerantes através de análises físico-químicas, para assegurar que estejam em conformidade com os padrões regulatórios de segurança. Portanto, esse trabalho busca determinar se os refrigerantes disponíveis no mercado estão alinhados com as diretrizes estabelecidas pelas autoridades de saúde competentes.

1.2. PROBLEMA DE PESQUISA

As propriedades físico-químicas dos refrigerantes sabor guaraná analisados estão de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo MAPA, Anvisa e pela literatura consultada?

1.3. HIPÓTESE

A hipótese deste trabalho é que nem todos os refrigerantes sabor guaraná disponíveis no mercado estejam em plena conformidade com os parâmetros de qualidade e segurança estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e por outros pesquisadores. Através da análise dos dados coletados, espera-se confirmar que existe uma lacuna entre os padrões regulatórios e a realidade da indústria de produção de refrigerantes, destacando a necessidade da aplicação de medidas corretivas não só aos fabricantes, mas também às empresas reguladoras deste produto.

1.4. OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo determinar, através de métodos físico-químicos, se as amostras de refrigerante sabor guaraná encaixam-se nos parâmetros estabelecidos pelos órgãos competentes.

1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar, através de pesquisas, quais são os parâmetros físico-químicos mais comumente utilizados na caracterização de amostras de refrigerante e suas respectivas metodologias;

Escolher e obter amostras de 3 marcas comerciais distintas, mantendo registro de seus rótulos para posterior análise comparativa;

Através da aplicação das metodologias físico-químicas escolhidas, caracterizar as amostras e elaborar tabelas que relacionam os dados obtidos com seus respectivos padrões;

Observar quantas e quais amostras condizem com os padrões para inferir sua qualidade.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1.1. Guaraná

2.1.1.1. Características gerais

A *Paullinia cupana*, conhecida popularmente como guaranazeiro, é uma planta nativa da Amazônia. Suas características físicas resumem-se em ser um arbusto semiereto, lenhoso e de hábito trepador, que possui folhas grandes, de verde acentuado, e frutifica em cachos. Seu fruto é redondo, preto e brilhante e assume a forma de uma cápsula deiscente de uma a três válvulas, as quais portam uma semente cada. Quando o guaraná atinge o período de maturação, seu fruto se torna vermelho ou amarelo e surge então o arilo, uma substância branca que envolve parte da semente (CORRÊA DA COSTA; FERREIRA, 2012, p. 1).

Figura 1. Fruto do Guaraná



Fonte: (G1, 2022)

As sementes desse fruto contêm componentes que provocam um efeito estimulante nos sistemas nervoso e cardiovascular, entre esses componentes estão os derivados de xantina, a teofilina, cafeína, amido, gorduras e pigmentos (HENMAN, 1982).

O guaraná é usado para uma variedade de tratamentos, como por exemplo, no tratamento antidiarreico, diurético e antineurálgico, servindo como analgésico, febrífugo e até para tratar a enxaqueca (HENMAN, 1982; MAJHENIČ, 2007), também tem ação anticancerígena e quimioprolifática da carcinogênese (ESPINOLA, 1997; FUKUMASU, 2008), antimicrobianas e antioxidantes (BASILE, 2005) antiproliferativa (HERTZ, 2015), entre outras.

2.1.1.2. Importância cultural

O guaraná é pertencente à família das sapindáceas, cujo nome provém do termo indígena “*wara'ná*” que significa árvore que sobe apoiada em outra (ARAÚJO, 2010).

Inicialmente, esse fruto era cultivado por povos indígenas, e foi o povo indígena *Sateré Mawé* que foi responsável por transformar a planta trepadeira em seu estado silvestre, em um arbusto domesticado (COSTA, 2017). Esse povo também foi o responsável por desenvolver um processo próprio de comercialização da semente do guaraná com os europeus, sendo uma espécie de “droga do sertão”, se tornando assim o primeiro povo indígena do Brasil a produzir um produto próprio de cultura nativa. Isso foi importante pois além de representar uma atividade agrícola, foi uma

maneira de se inserir no mundo fora da aldeia, mas mantendo a sua própria cultura (FIGUEIROA, 2016).

Quando os *Sateré Mawé* entraram em contato com os colonizadores, precisaram se reposicionar territorialmente. Esse período foi marcado por genocídio, mas também por resistência, no qual os territórios desse povo se transformaram em uma luta permanente por demarcação de limites. Foi nesse contexto que o povo indígena *Sateré Mawé*, depois de muitas lutas e fugas, encontrou nas cabeceiras dos rios Andirá e Marau, território que lhe serviu de refúgio, possibilitando assim a sobrevivência dos chamados “filhos do guaraná” (UGGÊ, 1991).

A importância do guaraná para a cultura brasileira também se evidencia pela existência de uma lenda acerca da origem desse fruto, a qual os povos indígenas compartilhavam oralmente e que atualmente ainda é considerada parte do folclore nacional.

2.1.1.3. Coleta, extração e processos efetuados para que o fruto seja utilizado no refrigerante

O guaraná é cultivado em locais de baixa altitude, clima quente, de uma temperatura média anual entre 23 °C e 28 °C, uma precipitação pluviométrica entre 1.500 mm e 3.000 mm/ano e um período de seca definido, sendo este um fator que induz o florescimento da planta (CORRÊA DA COSTA; FERREIRA, 2012, p. 1).

O fruto se desenvolve em solos de terra firme, planos e levemente ondulados, sem estar sujeito a alagamentos ou inundações, além de ter boas propriedades físicas (CORRÊA DA COSTA; FERREIRA, 2012, p. 1).

Quando se trata da colheita do fruto, essa deve ser manual, colhendo somente os frutos maduros, que se encontram abertos, intercalando de dois em dois dias ou o cacho todo, quando mais da metade dos frutos estão abertos. Depois do processo de colheita, os frutos devem ser amontoados em um galpão com boa ventilação durante dois ou três dias para uma leve fermentação. Em seguida, o guaraná tem suas polpas removidas e é lavado, seco e está pronto para o uso (FILHO, 2003, p. 37).

2.1.1.4. Produção do guaraná no Brasil

De acordo com o Fagundes (2021), a produção de guaraná no Brasil, em 2020, atingiu 2,7 mil toneladas. A Bahia foi responsável por 60,7% desse total (1,6 mil toneladas), seguida por Amazonas com 28,5% (771 toneladas) e o estado do Mato Grosso com 6,6% (179 toneladas). Estima-se que cerca de 70% sejam utilizados na fabricação de refrigerantes gaseificados, enquanto os 30% restantes são comercializados como xarope, pó, bastão, extrato para consumo interno e uma pequena parte para exportações. Assim, sendo sua maior parte consumido pelo mercado interno brasileiro (SEBRAE, 2016).

2.1.2. Refrigerante de guaraná

2.1.2.1. História dos refrigerantes

Os refrigerantes representam uma categoria amplamente consumida de bebidas gaseificadas não alcoólicas. Entretanto, só puderam ser comercializados graças aos experimentos de Joseph Priestley, responsável por construir um equipamento capaz de carbonatar a água artificialmente e assim, abrir portas para a indústria de refrigerantes (RABELO, 2014).

Segundo a AMBEV S.A. (2021) “Em 1905, os potenciais do guaraná para uso em alimentos foram questionados. Foi então que o médico Luiz Pereira Barreto desenvolveu a tecnologia para o processamento do fruto e abriu as portas para a criação de um refrigerante feito com guaraná”. Posteriormente, em 1917, surgiu em Manaus o guaraná Andrade, produzido pela fábrica de mesmo nome, a primeira do país a produzir refrigerantes de guaraná e que funcionou até 1970. Porém, apenas em 1921 a Antarctica lançou um refrigerante de guaraná em escala nacional (DE NAZARÉ, 2002, p. 12).

2.1.2.2. Características gerais

Conforme o artigo 23 do Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009 (BRASIL, 2009), o refrigerante é definido como uma bebida gaseificada obtida pela dissolução, em água potável, de suco ou extrato vegetal, adicionada de açúcar. Nesse contexto, destaca-se que o dióxido de carbono utilizado deve ser industrialmente puro, conforme as normas de produção de bebidas.

Quanto à sua composição básica, estudos realizados por Lima e Afonso (2009, p. 210) afirmam que a água é o ingrediente predominante, constituindo aproximadamente 88% (m/m) do produto. Já o açúcar, sendo o segundo componente em quantidade, representa cerca de 11% (m/m) da bebida, conferindo sabor adocicado, "encorpando" o produto e fornecendo energia. Para tal fim, o tipo de açúcar comumente utilizado é a sacarose (dissacarídeo de fórmula $C_{12}H_{22}O_{11}$ - glicose + frutose) popularmente conhecida como açúcar cristal.

O restante da formulação inclui os concentrados, que são compostos por extratos, óleos e destilados de frutas e vegetais, os quais conferem sabor à bebida. Além disso, são adicionados acidulantes, responsáveis por regular a doçura do açúcar, realçar o sabor e ajustar o pH da bebida para um valor entre 2,7 e 3,5, inibindo a proliferação de microrganismos. E, por fim, os corantes são utilizados para proporcionar a aparência estética desejada à bebida (LIMA; AFONSO, 2009, p. 211).

2.1.2.3. Diferenças entre as embalagens

No que diz respeito à embalagem dessa bebida, é evidente que o material utilizado influencia na qualidade do produto de diversas formas. Por exemplo, quando analisamos a composição de uma garrafa, considera-se seu material e o tipo de fechamento da mesma, além de seu desempenho físico-mecânico frente às condições de transporte e armazenagem, como as variações de temperatura, a movimentação e o empilhamento (DANTAS, 1999). Dito isso, as embalagens mais utilizadas para refrigerantes são: as metálicas (latas de alumínio), as de polietileno tereftalato (PET) e as de vidro.

2.1.2.4. Produção industrial

Conforme dito por Coelho (2013), o atual processo de fabricação industrial dos refrigerantes é completamente automatizado e ocorre sob um rigoroso controle de qualidade em todas as etapas. Nesse contexto, pode-se dividir a produção geral dessa bebida em 4 etapas: preparo do xarope simples, obtenção do xarope composto, carbonatação e envasamento, como descrito a seguir:

O preparo do xarope simples é feito através da dissolução do açúcar em água quente tratada (livre de microrganismos patogênicos). Para que, em seguida, sejam adicionados os conservantes, acidulantes e os concentrados que juntos compõem o

sabor da bebida, produzindo dessa forma, o xarope composto. Após essa etapa, o xarope composto sofre o processo de carbonatação, e, por conta disso, necessita ser envasado em baixa temperatura (3 a 12 °C) e sob pressão para assegurar uma elevada concentração de CO₂ no produto. Quando essa etapa é finalizada, a garrafa é imediatamente arrolhada e codificada com data de validade, hora e linha de envasamento. Por fim, depois de realizadas as últimas inspeções, o produto está pronto para a distribuição (COELHO, 2013).

2.1.2.5. Relevância para o mercado nacional

A chegada de grandes marcas de refrigerante, como a Coca-Cola no Brasil, fez com que o mercado nacional obtivesse grande peso econômico, atraindo ainda mais investimentos estrangeiros. Além disso, esse investimento em larga escala trouxe avanços significativos para a industrialização e as margens de lucro do país. No entanto, é importante ressaltar que o refrigerante não é um item essencial na alimentação humana. Por isso, suas vendas estão fortemente ligadas ao poder de compra da população (CERVIERI JUNIOR, 2017, p. 72).

Por outro lado, o oligopólio formado pelas grandes marcas prejudica os pequenos fabricantes, que não conseguem conquistar uma participação significativa no mercado. Esse fato é evidenciado através dos dados fornecidos pela AFREBRAS (2019), os quais revelam que, no que diz respeito ao mercado de refrigerantes, a Coca-Cola detém 61%, a Ambev possui 19%, a Brasil Kirin tem 7% enquanto os produtores regionais representam apenas 13% do total das vendas.

Contudo, de acordo com Santos & Azevedo (2000), mesmo com baixa participação no mercado, os pequenos produtores ainda assim causaram um impacto significativo para a industrialização brasileira. Isso porque, a partir da introdução das garrafas PET, os custos de produção diminuíram, e tal fato culminou na descentralização das produções e na geração de diversas novas indústrias, que ainda hoje geram diversos empregos e melhoram a qualidade socioeconômica local. Dessa forma, em poucos anos o número de fabricantes de tubaínas cresceu e, em 2011, o Brasil entrou para a colocação dos 3 países que mais produzem e consomem refrigerantes no mundo, atrás somente do México e dos Estados Unidos da América (CERVIERI JUNIOR, 2014, p. 103).

Nesse cenário, os refrigerantes de guaraná são um dos principais refrigerantes do mercado brasileiro. Portanto, no ano de 2021, eles detinham mais da metade do *market share* no segmento não-cola, com 52,4%. Considerando o mercado geral de refrigerantes, os guaranás representam aproximadamente 30% do total no Brasil (EUROMONITOR, 2016).

2.1.3. Parâmetros

2.1.3.1. Órgãos responsáveis pela aplicação dos parâmetros

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária é uma autarquia cuja finalidade consiste em promover a proteção da saúde da população por intermédio do controle sanitário. No Brasil, ela é o órgão incumbido da vigilância sanitária dos ambientes, dos processos, dos insumos e das tecnologias relacionados à produção e ao consumo de produtos dentre os quais encontram-se os refrigerantes (BRASIL, s.d.a).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) é, no Brasil, o órgão governamental responsável pela regulação e normatização de serviços e bens vinculados ao setor agropecuário, que inclui produção agropecuária, processamento, transformação e distribuição de produtos de origem agropecuária. Muitas matérias-primas de componentes das bebidas analisadas advêm do setor agropecuário: a cana-de-açúcar para o açúcar e o próprio guaraná para o extrato são exemplos (BRASIL, s.d.b).

Por esse motivo, esses são os órgãos encarregados da criação de portarias e instruções normativas que definem parâmetros do Padrão Identidade e Qualidade para refrigerantes sabor guaraná.

2.1.3.2. Parâmetros de qualidade para o refrigerante de guaraná

Não se pode encontrar, na legislação vigente, os parâmetros para teor de CO₂, densidade, sólidos solúveis, acidez total ou pH. Isso porque, em abril de 2024, diversas instruções normativas foram excluídas ou revogadas por demandarem atualizações (BRASIL, 2024). Enquanto novas normas não são inseridas, os parâmetros apontados pela antiga legislação e pela literatura podem ser referenciados.

Os parâmetros que podem ser encontrados na legislação anterior (BRASIL, 1998, 2013) são os de acidez titulável (0,1 g/100 mL em ácido cítrico) e teor de CO₂, que deve ser suficiente para saturar a bebida (igual ou superior a 2,5 V).

Para as demais análises, pode-se referenciar os parâmetros retratados na literatura (DE OLIVEIRA, 2007; LIMA; AFONSO, 2009; SOUTO et al., 2011).

Conforme aponta de Oliveira (2007), o padrão estabelecido pela Ambev para sólidos solúveis do refrigerante Guaraná é de 9,90 a 10,10 °Brix. Já o padrão para pH foi exposto por Lima e Afonso (2009, p. 210) e se encontra entre 2,7 e 3,5. Enquanto Souto et al. (2011) relata densidades variando entre 1,00 g/cm³ e 1,05 g/cm³, com a média de 1,03 g/cm³.

2.1.4. Métodos de controle de qualidade

2.1.4.1. Teor de CO₂

A carbonatação artificial da água, adição e diluição de dióxido de carbono, usada pela indústria alimentícia na elaboração de diversas bebidas, é um dos processos que mais notoriamente caracterizam os refrigerantes. Por esse motivo, o teor de CO₂ gasoso é um importante parâmetro para análise dessa bebida.

A metodologia escolhida (CAVAGIS; PEREIRA; OLIVEIRA, 2014) se baseia na diferença de massa observada entre a amostra antes e depois do desprendimento total do gás ser provocado. A partir dessa massa – que corresponde à massa de CO₂ liberada – e utilizando da equação geral dos gases (de Clapeyron), o respectivo volume de dióxido de carbono é calculado para as Condições Ambientais de Temperatura e Pressão (CATP). Por fim, esse volume é convertido para expressar a concentração em volumes através da fórmula: volume de gás/volume de solução.

2.1.4.2. Densidade

Caracteristicamente, os gases, mesmo sob altas pressões, possuem densidades significativamente mais baixas que as de líquidos (BBC BITESIZE, 2024). Dado isso, é esperado que haja uma mudança na densidade do refrigerante após a liberação de todo dióxido de carbono inicialmente diluído em seu conteúdo. Com isso em mente, justifica-se a medição das densidades da bebida antes e após o

desprendimento total do CO₂ – também requerido na determinação do teor desse gás no refrigerante (CAVAGIS; PEREIRA; OLIVEIRA, 2014).

Dessa forma, a lógica usada para a medição da densidade do refrigerante em seu estado original foi a de relacionar o volume fornecido pelo fabricante através do rótulo com a massa exata do líquido (determinada pela diferença entre a massa do conjunto [PET + refrigerante] e a massa da garrafa PET).

Enquanto, para medir a densidade da bebida após ter seu CO₂ desprendido, a razão massa/volume é montada pelas medições exatas de um volume do líquido e sua respectiva massa.

2.1.4.3. Sólidos solúveis

A quantificação dos sólidos solúveis, comumente feita em graus Brix (°Brix), indica a quantidade de substâncias que encontram-se dissolvidas em um líquido. Essa medição, todavia, é principalmente usada para determinar a concentração de açúcares em bebidas, visto que eles compõem a maioria das substâncias diluídas nesses insumos (NETO, 2021).

Esta caracterização é tipicamente feita com o uso de um refratômetro, equipamento esse que mede o índice de refração de amostras líquidas pela mudança de direção de um feixe luminoso ao atravessá-las. Com o valor dos ângulos de refração da amostra, o refratômetro determina sua concentração pela comparação com um índice de refração pré-estabelecido (ALPAX, 2023).

2.1.4.4. Acidez total

A acidez é um importante parâmetro na determinação do estado de conservação de um alimento, podendo variar de acordo com reações de hidrólise, fermentação ou oxidação, os quais alteram os níveis de íons de hidrogênio do meio. A acidez pode ser avaliada de acordo com a acidez titulável (AT) ou por medidas de potencial hidrogeniônico (IAL, 2008, p. 103).

A determinação da acidez é normalmente realizada por titulometria, técnica que se baseia na reação de um componente de interesse com adição de uma solução reagente, de concentração conhecida. Na titulação volumétrica, expressa-se o

resultado em termos de peso da amostra por volume de reagente adicionado (OHLWEILER, 1980).

Para a formação de parâmetros de acidez, o ácido cítrico, de fórmula molecular $C_6H_8O_7$ é o mais comumente utilizado pela indústria alimentícia e bebidas (IAL, 2008, p. 164). Desta forma, leva-se em conta que o parâmetro de acidez do refrigerante de guaraná é dado em gramas de ácido cítrico a cada 100 mL de solução e, portanto, realiza-se o cálculo da acidez total a partir da fórmula: $AT_{(\% \text{ác. cítrico})} = (V \cdot M \cdot f \cdot \text{meg}_{(\text{ácido cítrico})} / A \cdot 100)$, onde: V = volume de solução de NaOH gasto na titulação; M = concentração molar da solução de NaOH; f = fator de correção da solução de NaOH; $\text{meg}_{(\text{ác. cítrico})} = 64,04$ g; e A = volume de amostra utilizado. Dessa maneira, quaisquer acidulantes serão considerados na neutralização (IAL, 2008, p. 468-469).

2.1.4.5. Potencial hidrogeniônico

O pH, ou potencial hidrogeniônico, é uma medida que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução. Ele é determinado pelo pHmetro, um dispositivo potenciométrico que realiza essa medição de forma precisa e quantitativa em uma escala de 0 a 14. Alternativamente, pode ser avaliado qualitativamente por métodos menos precisos utilizando substâncias naturais ou sintéticas que mudam de cor em presença de soluções ácidas ou básicas em diferentes faixas de pH (OHLWEILER, 1980).

3. METODOLOGIA

Nesse trabalho foram analisadas 12 garrafas de refrigerante, distribuídas entre 3 marcas, com 4 garrafas para cada uma. Essa dúzia foi dividida em dois grupos: o primeiro (lote 1), que então continha 2 garrafas de cada marca, foi utilizado para as análises de densidade, acidez total, pH e Brix após a descarbonatação do refrigerante, enquanto no segundo (lote 2), as mesmas análises foram realizadas com o refrigerante ainda completamente carbonatado. Essa divisão foi pensada de forma que fosse possível estabelecer o nível de interferência do dióxido de carbono na leitura de cada um desses parâmetros.

3.1. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CO₂

3.1.1. Materiais e reagentes

Balança digital para cozinha	Erlenmeyer de 250mL
Banho-maria	Funil
Bastão de vidro	Garrafas de refrigerante sabor guaraná 2 L
Béquer de 2 L	

3.1.2. Procedimento

Para o lote 1, mediu-se a massa em uma balança de cozinha de cada uma das 6 garrafas completamente lacradas, com seus rótulos removidos. Após isso, transferiu-se os refrigerantes para béqueres de 2 litros, para que, após rotulados, fossem postos em um banho-maria de modelo CBM – 08, à 60 °C.

Figura 2. Refrigerantes do lote 1 em banho-maria



Fonte: Autoria própria.

Realizada uma inspeção visual para conferir o desprendimento completo de CO_2 , o líquido contido no béquer foi, com auxílio de um bastão de vidro e um funil, repostado ao seu recipiente original e aguardou-se o atingimento da temperatura ambiente. Em seguida, mediu-se a massa de cada um dos conjuntos (pet + refrigerante descarbonatado) na mesma balança digital. Por fim, obteve-se a massa de CO_2 desprendido através da diferença entre a massa inicial e final.

Figura 3. Balança digital para cozinha



Fonte: Autoria própria

Já para o lote 2, extraíram-se alíquotas de 100 mL de cada refrigerante utilizando uma proveta, para que fossem transferidas para Erlenmeyers de 250 mL. Após isso mediu-se a massa do conjunto (Erlenmeyer + refrigerante

carbonatado) com uma balança de cozinha e colocaram-se os 6 Erlenmeyers em banho-maria à 60 °C.

Figura 4. Refrigerantes do lote 2 em banho-maria



Fonte: Autoria própria

Novamente realizou-se uma inspeção visual para conferir o desprendimento completo de CO_2 . Para que, em seguida, medisse-se a massa de cada um dos conjuntos (Erlenmeyer + refrigerante descarbonatado) na mesma balança digital. Por fim, obteve-se a massa de CO_2 desprendido através da diferença entre a massa inicial e final.

Figura 5. Medição da massa do refrigerante descarbonatado



Fonte: Autoria própria

3.2. MEDIÇÃO DA DENSIDADE

Vale ressaltar que a análise de cada garrafa foi feita em duplicata, o que totaliza 24 medidas de densidade.

3.2.1. Materiais e reagentes

Amostra de refrigerante sabor guaraná	Pipeta de 10 mL
Balança Analítica	Proveta de 25 mL
Béquer de 50 mL	

3.2.2. Procedimento

Para a análise do lote 1, inicialmente, um béquer de 50 mL foi colocado em uma balança analítica, previamente limpa e nivelada, e a tara foi ajustada. Utilizando uma pipeta volumétrica de 10 mL, transferiu-se o volume desejado para o béquer e a massa foi medida. A densidade foi então calculada utilizando a equação:

$$densidade = \frac{massa}{volume}$$

Para a análise do lote 2, foi utilizada uma proveta de 25 mL, pois o uso da pipeta se mostrou inviável devido à presença de bolhas de CO₂. O restante do procedimento foi idêntico ao das amostras descarboxatadas

Figura 6. Balança Analítica utilizada



Fonte: Autoria própria

3.3. QUANTIFICAÇÃO DOS SÓLIDOS SOLÚVEIS

Vale ressaltar que a análise de cada garrafa foi feita em duplicata, o que totaliza 24 medidas de °Brix.

3.3.1. Materiais e reagentes

Água destilada	Béquer de 50 mL
Amostra de refrigerante sabor guaraná	Pipeta de Pasteur
	Refratômetro

3.3.2. Procedimento

Primeiramente, foi realizada a calibração do refratômetro. A fim de tal, com o auxílio de uma pipeta de Pasteur, aplicou-se uma pequena quantidade de água destilada na superfície em que se localiza o prisma, para que assim fosse possível ajustar o centro do “X” e o foco da luz. Logo após, limpou-se a superfície em que estava a água destilada e deu-se início às análises.

Figura 7. Refratômetro utilizado



Fonte: Autoria própria

Para a análise do lote 1, as amostras foram separadas em béqueres de 50 mL, totalizando seis béqueres, com três duplas de diferentes marcas. Foi colocado uma pequena quantidade da bebida no refratômetro com uma pipeta de Pasteur e, após ajustado o centro do “X” e o foco da luz, anotou-se o

resultado. Dado o término de cada análise, era necessário limpar a superfície e zerar novamente com água destilada, sendo necessário repetir esse processo todas as vezes.

Ademais, para as análises do lote 2, as medições foram realizadas da mesma forma que as do lote 1.

3.4. ANÁLISE DA ACIDEZ TOTAL

Vale ressaltar que a análise de cada garrafa foi feita em duplicata, o que totaliza 24 medidas de acidez total.

3.4.1. Materiais e reagentes

Água destilada	Garra
Agitador magnético	NaOH 0,1 M
Amostra de refrigerante sabor guaraná	pHmetro
Barra magnética (peixinho)	Proveta de 10 mL
Béquer 250 mL	Proveta de 100 mL
Bureta de 25 mL	Soluções padrão pH 4 e pH 7
	Suporte universal

3.4.2. Procedimento

Para o preparo das amostras do primeiro lote, 100 mL de refrigerante foram medidos em proveta de mesmo volume e transferidos para um béquer de 250 mL.

Já para o preparo das amostras do segundo lote, 100 mL de água destilada e 10 mL de refrigerante foram medidos em provetas dos respectivos volumes e, em um béquer de 250 mL, esses líquidos foram homogeneizados.

Então, a titulação de cada amostra com uma solução de NaOH 0,1 M foi feita sob agitação enquanto o pH foi acompanhado por um pHmetro. O ponto de viragem foi considerado quando se obteve pH entre 8,2 e 8,4 e o volume de

NaOH gasto foi anotado para que a acidez em ácido cítrico pudesse ser calculada segundo a fórmula a seguir:

$$AT_{(\% \text{ ácido cítrico})} = \frac{V * M * f * \text{meg}_{(\text{ác. cítrico})}}{A * 100}$$

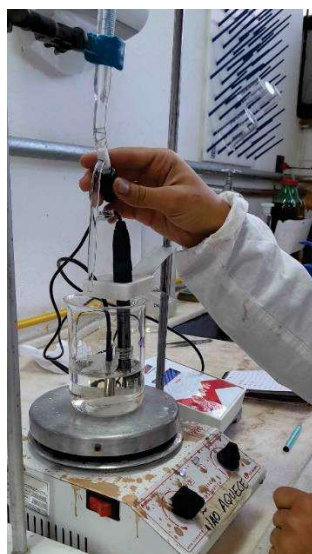
Em que: V = volume de hidróxido de sódio gasto na titulação (mL); M = concentração molar da solução de hidróxido de sódio; f = fator de correção do hidróxido de sódio; meg (ác. cítrico) = 64,04 g; e A = volume da amostra utilizado (mL).

Figura 8. Organização da bancada



Fonte: Autoria própria.

Figura 9. Titulação da amostra com solução de NaOH 0,1 M



Fonte: Autoria própria.

3.5. AFERIÇÃO DO POTENCIAL HIDROGENIÔNICO

Vale ressaltar que a análise de cada garrafa foi feita em duplicata, o que totaliza 24 medidas de pH.

3.5.1. Materiais e reagentes

Amostra de refrigerante sabor guaraná	pHmetro
Béquer de 100 mL	Soluções padrão pH 4 e pH 7

3.5.2. Procedimento

Inicialmente, o pHmetro foi calibrado e para realizar a calibração, foi preciso limpar o eletrodo com água destilada, secar com um papel absorvente cuidadosamente, em seguida, mergulhar o eletrodo nas soluções padrão previamente separadas em dois béqueres de 100 mL, até a estabilização do equipamento.

Após a calibração, a medição do pH das amostras de refrigerante foram realizadas. Com volumes suficientes para cobrir a ponte salina do pHmetro, o eletrodo foi mergulhado por tempo necessário para que se estabilizasse e fosse possível realizar a leitura.

Ademais, pode-se destacar que a medição do pH foi feita da mesma forma para ambos os lotes, o lote 1, composto pelos refrigerantes descarbonatados, e o lote 2, composto pelos refrigerantes carbonatados.

Figura 10. Soluções padrão



Fonte: Autoria própria

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. TEOR DE CO₂

O dióxido de carbono, como dito anteriormente, é um composto crucial na composição de refrigerantes. Isso porque sua diluição em água, promovida por baixas temperaturas e pressões elevadas, confere à bebida seu frescor e acidez característicos. Portanto, a análise do teor de CO₂ se faz necessária para que se mantenha a qualidade do produto. Nessa perspectiva, a seguinte tabela fornece os dados obtidos após a aplicação da metodologia empregada para o primeiro lote de garrafas.

Tabela 1. Dados utilizados para o cálculo de volume de CO₂ dos refrigerantes descarbonatados (lote 1)

Amostra	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Massa de CO ₂	Teor de CO ₂ (volumes)
1 A	2111	2000	111	30,823
1 B	2101	1970	131	36,376
2 A	2088	1961	127	35,266
2 B	2092	2001	91	25,269
3 A	2134	2038	96	26,657
3 B	2130	2040	90	24,991

Fonte: Autoria própria

Através da análise da tabela 1, estabelece-se que houve uma grande disparidade nas aferições do lote 1 quanto ao valor esperado, que deveria ser ligeiramente superior a 2,5 volumes. Tal discrepância é evidenciada a partir dos resultados obtidos para os refrigerantes 1, 2 e 3 que foram, em média, de 33,6, 30,3 e 25,8 volumes, respectivamente. Em adição a isso, tem-se a compreensão dos erros relativos, mostrados na tabela 2, cuja maioria sucede o valor de 900% e, por isso, é possível afirmar que a exatidão desta medição foi completamente comprometida.

Tabela 2. Erros relativos referentes à massa e à concentração em volumes esperadas de CO₂ dos refrigerantes descarbonatados (lote 1)

Amostra	ER% Massa de CO ₂ (g)	ER% Teor de CO ₂ (volumes)
1 A	1133,33%	1132,91%
1 B	1355,56%	1355,05%
2 A	1311,11%	1310,62%
2 B	911,11%	910,76%
3 A	966,67%	966,30%
3 B	900,00%	899,65%
RESULTADO ESPERADO:	9 g de CO ₂	2,5 V de CO ₂

Fonte: Autoria própria

Dado que é inviável solubilizar quantidades tão elevadas de CO₂ em uma garrafa PET de 2 litros nas condições de temperatura e pressão tipicamente usadas para a fabricação, deduz-se que há uma grande margem de erro para a metodologia aplicada. Isso visto que o aquecimento do produto em banho maria, mesmo abaixo da temperatura de ebulição da água, ainda provoca o desprendimento do líquido juntamente ao gás. Dessa maneira, a massa medida não corresponde somente ao dióxido de carbono, mas também à água que foi evaporada.

Portanto, ao realizar uma análise criteriosa dos dados, provou-se sensato desconsiderar completamente a avaliação do teor de dióxido de carbono para o lote 1.

Adicionalmente, os dados evidenciados pela tabela 3 sugerem uma relação inversa entre o teor de CO₂ e o pH com a acidez total.

Tabela 3. Medições de pH e acidez total dos refrigerantes descarbonatados
(lote 1)

(REFRIGERANTE 1)		
Teor de CO ₂ (volumes)	pH	Acidez total (g/100mL)
33,600	3,179	0,012
(REFRIGERANTE 2)		
Teor de CO ₂ (volumes)	pH	Acidez total (g/100mL)
30,267	3,126	0,013
(REFRIGERANTE 3)		
Teor de CO ₂ (volumes)	pH	Acidez total (g/100mL)
25,824	3,080	0,018

Fonte: Autoria própria

Em relação às análises do segundo lote de refrigerantes, observa-se que, embora o gás tenha sido liberado apenas de alíquotas, diferente do primeiro lote, em que o gás foi liberado de todo o recipiente, o erro não foi reduzido. Tal fato fica evidente ao analisar a Tabela 4, uma vez que os volumes indicados ainda excedem um valor minimamente realista para o CO₂ presente no refrigerante. Isso visto que a massa de CO₂ esperada para a alíquota era de 0,45 gramas, o que corresponderia, proporcionalmente, à uma concentração de 2,5 volumes.

Tabela 4. Dados utilizados para o cálculo de volume de CO₂ dos refrigerantes carbonatados (lote 2)

Amostra	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Massa de CO ₂ (g)	Teor de CO ₂ (volumes)
1 A	224	221	3	16,661
1 B	235	232	3	16,661
2 A	265	261	4	22,215
2 B	211	209	2	11,107
3 A	278	277	1	5,554
3 B	236	235	1	5,554

Fonte: Autoria própria

Os dados da Tabela 5 reforçam essa conclusão, mostrando que os erros relativos permanecem significativamente altos.

Tabela 5. Erros relativos referentes à massa e à concentração em volumes esperadas de CO₂ dos refrigerantes carbonatados (lote 2)

Amostra	ER% Massa de CO ₂ (g)	ER% Teor de CO ₂ (volumes)
1 A	566,67%	566,44%
1 B	566,67%	566,44%
2 A	788,89%	788,58%
2 B	344,44%	344,29%
3 A	122,22%	122,15%
3 B	122,22%	122,15%
RESULTADO ESPERADO:	0,45 g de CO ₂	2,5 V de CO ₂

Fonte: Autoria própria

Concluiu-se, portanto, que a metodologia escolhida não é adequada para a quantificação do CO₂ em misturas, principalmente devido ao inevitável desprendimento de água que gera tamanha inexatidão a ponto de tornar o método inaplicável para análises quantitativas. Assim, não é possível determinar se os refrigerantes estão dentro dos parâmetros estabelecidos em relação ao teor de gás carbônico para ambos os lotes.

Uma abordagem mais precisa envolveria correlacionar a medição da temperatura e da pressão no interior da garrafa com o volume de CO₂ presente na mistura. No entanto, essa metodologia foi descartada devido à falta dos equipamentos necessários.

4.2. DENSIDADE

Como já mencionado, a análise da densidade dos refrigerantes de guaraná é de extrema importância, pois permite deduzir a quantidade de açúcar dissolvido e a solubilidade do CO₂, ou seja, a carbonatação. Refrigerantes mais densos tendem a ter uma maior concentração desses elementos, o que aumenta a sensação de doçura e refrescância. Portanto, essa análise é crucial para o controle de qualidade. Para esse fim, a tabela a seguir apresenta os dados obtidos após a aplicação da metodologia no primeiro lote de garrafas.

Tabela 6. Dados utilizados para o cálculo de densidade dos refrigerantes descarbonatados (lote 1)

DENSIDADE			
Amostra	Volume (mL)	Massa (g)	Densidade
1 A	15	15,3675	1,025
1 A duplicata	15	15,4010	1,027
1 B	10	10,2703	1,027
1 B duplicata	10	10,2694	1,027
2 A	10	10,2489	1,025
2 A duplicata	10	10,2406	1,024
2 B	10	10,2461	1,025
2 B duplicata	10	10,2405	1,024
3 A	10	10,2460	1,025
3 A duplicata	10	10,2486	1,025
3 B	10	10,2288	1,023
3 B duplicata	10	10,2480	1,025

Fonte: Autoria própria

A análise da Tabela 6 mostra que, no lote 1, os valores obtidos se aproximaram bastante do valor esperado de 1,03 g/mL. Esses resultados foram possíveis devido à descarbonatação do refrigerante, que permitiu o uso de pipetas volumétricas de alta precisão. Congruente a isso, tem-se a compreensão dos erros relativos, mostrados na tabela 7, em que todos os valores são inferiores a 1%, o que indicam que a análise teve uma ótima exatidão.

Tabela 7. Erros relativos referentes à densidade dos refrigerantes descarbonatados (lote 1)

Amostra	ER% Densidade
1 A	-0,53%
1 A duplicata	-0,32%
1 B	-0,29%
1 B duplicata	-0,30%
2 A	-0,50%
2 A duplicata	-0,58%
2 B	-0,52%
2 B duplicata	-0,58%
3 A	-0,52%
3 A duplicata	-0,50%
3 B	-0,69%
3 B duplicata	-0,50%

Fonte: Autoria própria

Além disso, a análise demonstrou alta precisão, com coeficientes de variação baixos para todas as marcas, onde se incluem: Refrigerante 1: 0,117603%; Refrigerante 2: 0,040730%; Refrigerante 3: 0,092088%. Assim, a técnica mostrou-se eficiente, apresentando alta exatidão e precisão, facilitada pela exclusão do dióxido de carbono, que permitiu o uso de pipetas volumétricas de alta precisão.

Tabela 8. Dados utilizados para o cálculo de densidade dos refrigerantes carbonatados (lote 2)

DENSIDADE			
Amostra	Volume (mL)	Massa (g)	Densidade
1 A	10	10,2300	1,023
1 A duplicata	10	10,7961	1,080
1 B	10	10,8419	1,084
1 B duplicata	10	10,1824	1,018
2 A	10	10,2393	1,024
2 A duplicata	10	10,0521	1,005
2 B	10	9,7790	0,978
2 B duplicata	10	10,0507	1,005
3 A	10	9,9828	0,998
3 A duplicata	10	9,7129	0,971
3 B	10	10,1210	1,012
3 B duplicata	10	9,9343	0,993

Fonte: Autoria própria

Em relação às análises do segundo lote de refrigerantes, observa-se que, embora os resultados dos refrigerantes carbonatados tenham apresentado uma precisão satisfatória, a variabilidade dos resultados foi maior se comparada ao primeiro lote. Tal conclusão se dá a partir da análise dos seguintes valores para os coeficientes de variação: Refrigerante 1: 3,375250%; Refrigerante 2: 1,889222%; Refrigerante 3: 1,705506%. De maneira análoga, os resultados de exatidão mostraram o mesmo padrão como demonstrado na tabela 9.

Tabela 9. Erros relativos referentes à densidade dos refrigerantes carbonatados (lote 2)

Amostra	ER% Densidade
1 A	-0,68%
1 A duplicata	4,82%
1 B	5,26%
1 B duplicata	-1,14%
2 A	-0,59%
2 A duplicata	-2,41%
2 B	-5,06%
2 B duplicata	-2,42%
3 A	-3,08%
3 A duplicata	-5,70%
3 B	-1,74%
3 B duplicata	-3,55%

Fonte: Autoria própria

Apesar das inconstâncias, a tabela 9 prova que os resultados estão próximos ao esperado, de 1,03 g/mL. Dito isso, a imprecisão observada na análise do lote 2 se deve a dois fatores principais: o uso de provetas para a medição de volume, devido à impossibilidade de pipetar a bebida possuinte de dióxido de carbono e, além disso, tem-se o fato de que o refrigerante carbonatado é uma mistura coloidal, por isso há uma dificuldade maior em preparar alíquotas constantes.

4.3. SÓLIDOS SOLÚVEIS

A quantificação dos sólidos solúveis, como citado anteriormente, é uma análise crucial para a composição de refrigerantes. Isso porque sua medição é usada para determinar a concentração de açúcares presentes na bebida, os quais impactam diretamente na doçura e na preservação da bebida. Portanto, a verificação dos sólidos solúveis se faz necessária para que se mantenha a qualidade do produto. Nessa perspectiva, a seguinte tabela fornece os dados obtidos após a aplicação da metodologia empregada para o primeiro lote de garrafas.

Tabela 10. Valores obtidos nas medições de °Brix dos refrigerantes descarbonatados (lote 1)

Amostra	Brix
1 A	7,75
1 A duplicata	7,75
1 B	7,75
1 B duplicata	7,75
2 A	6,75
2 A duplicata	7,00
2 B	6,80
2 B duplicata	7,00
3 A	6,25
3 A duplicata	6,25
3 B	6,00
3 B duplicata	5,75

Fonte: Autoria própria.

Através da análise da tabela 10, estabelece-se que, no lote 1, houve uma grande diferença quanto ao parâmetro previamente definido, que deveria ser próximo a 10 °Brix. Tal discrepância é evidenciada a partir dos resultados obtidos para os refrigerantes 1, 2 e 3 que foram, em média, de 7,75, 6,89 e 6,06 °Brix, respectivamente. Em adição a isso, tem-se a compreensão dos erros relativos, mostrados na tabela 11, cuja média para os refrigerantes 1, 2 e 3, são de: -22,50%, -31,13% e -39,38%, respectivamente. Dessa forma, é sensato afirmar que, em relação ao parâmetro para °Brix estabelecido pela Ambev para sólidos

solúveis do refrigerante Guaraná (10° Brix em média), os refrigerantes estão com uma concentração muito menor de açúcares (de Oliveira, 2007).

Tabela 11. Erros relativos referentes às medições de °Brix dos refrigerantes descarbonatados (lote 1)

Amostra	ER% Brix
1 A	-22,50%
1 A duplicata	-22,50%
1 B	-22,50%
1 B duplicata	-22,50%
2 A	-32,50%
2 A duplicata	-30,00%
2 B	-32,00%
2 B duplicata	-30,00%
3 A	-37,50%
3 A duplicata	-37,50%
3 B	-40,00%
3 B duplicata	-42,50%

Fonte: Autoria própria.

Desse modo, deduz-se que há uma diminuição na quantidade de açúcar adicionada aos refrigerantes. Isso porque a análise do produto no refratômetro apresentou resultados abaixo do esperado. Diante deste cenário, é possível supor que essa diminuição possa ser afim de amenizar os impactos na saúde causados pelo consumo da bebida ou para baratear os custos de produção das indústrias de refrigerante.

Além disso, a análise demonstrou alta precisão, com coeficientes de variação baixos para todas as marcas, onde se incluem: Refrigerante 1: 0%; Refrigerante 2: 1,91% e Refrigerante 3: 3,95%. Assim, a técnica mostrou-se eficiente, apresentando pouca variabilidade dos resultados.

Tabela 12. Erros relativos referentes às medições de °Brix dos refrigerantes descarbonatados a partir dos valores indicados pelo fabricante (lote 1)

Marca	Brix (Média aritmética)	Brix (Rótulo)	ER% Brix
Refrigerante 1	7,75	7,3	6,16%
Refrigerante 2	6,89	6,4	7,62%
Refrigerante 3	6,06	5,3	14,39%

Fonte: Autória própria.

Ademais, realizou-se uma comparação dos valores de °Brix medidos e os indicados pelo fabricante de cada marca. Nesta aferição, é notória a maior aproximação quanto ao valor esperado se comparada ao parâmetro imposto pela Ambev. Tal afirmação é evidenciada pelo cálculo dos erros relativos baseados nos valores teóricos fornecidos nos rótulos para os refrigerantes 1, 2 e 3 que são de 7,3, 6,4 e 5,3 °Brix, respectivamente. A partir disso, conforme a tabela 12, os erros relativos são de, em média, 6,16%, 7,62% e 14,39% para os refrigerantes 1, 2 e 3, respectivamente. Dessa forma, é possível observar uma boa exatidão na análise deste parâmetro nos refrigerantes 1 e 2, porém, o refrigerante 3 foge o padrão, tendo uma inexatidão mais significativa.

Tabela 13. Valores obtidos nas medições de °Brix dos refrigerantes carbonatados (lote 2)

Amostra	Brix
1 A	7,25
1 A duplicata	7,75
1 B	7,25
1 B duplicata	7,00
2 A	6,15
2 A duplicata	6,00
2 B	6,25
2 B duplicata	6,25
3 A	5,75
3 A duplicata	5,75
3 B	5,50
3 B duplicata	5,50

Fonte: Autoria própria.

Em relação às análises do segundo lote de refrigerantes, pode ser observada uma maior inexatidão quando comparadas às do primeiro lote. Isso porque os valores obtidos para os refrigerantes 1, 2 e 3, de acordo com a tabela 13, foram de, em média, 7,31, 6,16 e 5,63 °Brix, respectivamente. A partir desses valores, realizou-se os cálculos dos erros relativos com as médias aritméticas, demonstrado na tabela 14 que resultaram em: -26,88%, -38,88% e -43,75% para os refrigerantes 1, 2 e 3, respectivamente.

Tabela 14. Erros relativos referentes às medições de °Brix dos refrigerantes carbonatados (lote 2)

Amostra	ER% Brix
1 A	-27,50%
1 A duplicata	-22,50%
1 B	-27,50%
1 B duplicata	-30,00%
2 A	-38,50%
2 A duplicata	-40,00%
2 B	-37,50%
2 B duplicata	-37,50%
3 A	-42,50%
3 A duplicata	-42,50%
3 B	-45,00%
3 B duplicata	-45,00%

Fonte: Autoria própria.

Adicionalmente, foi realizada novamente a comparação dos valores de °Brix medidos para o lote 2 e os indicados pelo fabricante de cada marca, cujos dados estão presentes na tabela 15. Através disso, pôde-se confirmar que a exatidão obtida para as análises do segundo lote foi superior se comparada à exatidão do primeiro lote. Tal afirmação é evidenciada pelo cálculo dos erros relativos baseados nos valores teóricos fornecidos nos rótulos para os refrigerantes 1, 2 e 3 que são de 7,3, 6,4 e 5,3 °Brix, respectivamente. A partir disso, os erros relativos são de, em média, 0,17%, -3,71% e 6,13% para os refrigerantes 1, 2 e 3, respectivamente.

Tabela 15. Erros relativos referentes às medições de °Brix dos refrigerantes carbonatados a partir dos valores indicados pelo fabricante (lote 2)

Marca	Brix (Média aritmética)	Brix (Rótulo)	ER% Brix
Refrigerante 1	7,31	7,3	0,17%
Refrigerante 2	6,16	6,4	-3,71%
Refrigerante 3	5,63	5,3	6,13%

Fonte: Autoria própria.

Sendo assim, uma alta precisão foi demonstrada, com coeficientes de variação baixos para todas as marcas, dos quais foram: Refrigerante 1: 4,301%; Refrigerante 2: 1,917%; Refrigerante 3: 2,566%. Portanto, a técnica mostrou-se eficiente, apresentando alta exatidão e pouca variabilidade dos resultados.

Após uma análise criteriosa dos dados, concluiu-se que a metodologia aplicada obteve sucesso na quantificação dos sólidos solúveis, devido à alta exatidão obtida e a constância dos resultados. Entretanto, foi notável a maior aproximação nos valores obtidos quando se utilizou como referência os padrões presentes nos rótulos de cada marca, diferente de quando estava sendo utilizado o parâmetro estabelecido pela Ambev. Ademais, ao comparar os dados do lote 1 e 2, percebe-se maior eficiência quando a análise é realizada com o refrigerante carbonatado.

4.4. ACIDEZ TOTAL

Conforme mencionado, a análise de acidez total serve de parâmetro por auxiliar na determinação do estado de conservação da bebida. Por esse motivo, se faz necessária a caracterização das amostras por esse parâmetro. A tabela seguinte (Tabela 16) expõe os dados usados no cálculo da acidez total em g de ác. cítrico/100 mL.

Tabela 16. Dados utilizados para o cálculo de acidez dos refrigerantes descarbonatados (lote 1)

Amostra	Volume de amostra (mL)	Volume de NaOH(mL)
1 A	100	18,8
1 A duplicata	100	18,1
1 B	100	18,7
1 B duplicata	100	19,1
2 A	100	21,0
2 A duplicata	100	21,0
2 B	100	20,9
2 B duplicata	100	21,1
3 A	100	28,0
3 A duplicata	100	28,7
3 B	100	28,8
3 B duplicata	100	28,4
	Molaridade NaOH	Fator de correção
	0,1	1

Fonte: Autoria própria.

Ao analisar a Tabela 17, pode-se notar que os resultados das três marcas consistentemente apresentaram uma considerável disparidade do padrão previamente estabelecido (0,1 g/100 mL; BRASIL, 1998). Essa dissemelhança é exposta na Tabela 18, onde encontram-se as médias aritméticas, os coeficientes de variação e os erros percentuais dos resultados de cada marca de refrigerante desse lote.

Tabela 17. Valores obtidos nos cálculos de acidez dos refrigerantes descarbonatados (lote 1)

Amostra	Acidez total (g/100mL)
1 A	0,012040
1 A duplicata	0,011591
1 B	0,011975
1 B duplicata	0,012232
2 A	0,013448
2 A duplicata	0,013448
2 B	0,013384
2 B duplicata	0,013512
3 A	0,017931
3 A duplicata	0,018379
3 B	0,018444
3 B duplicata	0,018187

Fonte: Autoria própria.

Nessa tabela, a ótima precisão da análise é evidenciada pelos baixos percentuais dos coeficientes de variação – 2,245%, 0,389% e 1,262% para as marcas de refrigerante 1, 2 e 3, respectivamente. Ademais, deve-se mencionar que, apesar da péssima exatidão dos resultados – como expõem os valores de erro relativo que se distanciam em mais de 80% do valor encontrado na legislação – os resultados desse lote assemelharam-se entre si, visto que a amplitude dos erros relativos foi apenas de 6,28%. Essa consistência dos resultados de diferentes marcas somada aos baixos coeficientes de variação e altos erros relativos levam a crer, ao menos em análise preliminar, que o parâmetro disponibilizado deva ser atualizado.

Tabela 18. Análise estatística dos resultados da análise de acidez dos refrigerantes descarbonatados (lote 1)

Marca	Média Aritmética:	Coefficiente de Variação(%):	Erro relativo(%):
Refrigerante 1	0,01196	2,2454	-88,04%
Refrigerante 2	0,01345	0,3888	-86,55%
Refrigerante 3	0,01824	1,2622	-81,76%

Fonte: Autoria própria.

No que diz respeito ao segundo lote, os cálculos para determinação da acidez dos refrigerantes carbonatados foram feitos com base nos dados presentes na Tabela 19, a qual se encontra a seguir.

Tabela 19. Dados utilizados para o cálculo de acidez dos refrigerantes carbonatados (lote 2)

Amostra	Volume de amostra (mL)	Volume de NaOH(mL)
1 A	10	6,90
1 A duplicata	10	6,70
1 B	10	4,20
1 B duplicata	10	5,50
2 A	10	7,55
2 A duplicata	10	8,40
2 B	10	5,65
2 B duplicata	10	4,24
3 A	10	5,37
3 A duplicata	10	4,40
3 B	10	4,90
3 B duplicata	10	4,8
	Molaridade NaOH	Fator de correção
	0,1	1

Fonte: Autoria própria.

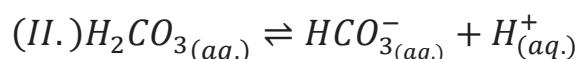
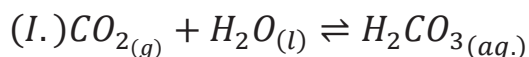
À primeira vista, percebe-se que os resultados da análise expostos na Tabela 20 são mais altos que os do lote 1 (Tabela 17) e apresentam menor proximidade entre si. Essas observações são confirmadas ao realizar a análise da tabela 21, a qual traz, se comparada ao primeiro lote, erros relativos mais próximos de zero e coeficientes de variação mais altos, indicando pior precisão analítica.

Tabela 20. Valores obtidos nos cálculos de acidez dos refrigerantes carbonatados (lote 2)

Amostra	Acidez total (g/100mL)
1 A	0,044188
1 A duplicata	0,042907
1 B	0,026897
1 B duplicata	0,035222
2 A	0,048350
2 A duplicata	0,053794
2 B	0,036183
2 B duplicata	0,027153
3 A	0,034389
3 A duplicata	0,028178
3 B	0,031380
3 B duplicata	0,030739

Fonte: Autoria própria.

Com base nos resultados obtidos e em conhecimentos previamente adquiridos, os maiores valores de acidez no lote 2 podem ser explicados pelas reações reversíveis envolvidas na dissolução do dióxido de carbono (CO₂) em água (H₂O), que é o fator que diferencia os lotes e encontram-se equacionadas a seguir:



Essas reações são relevantes porque – apesar do ácido carbônico (H₂CO₃) ser considerado um ácido fraco, devido à sua baixa constante ácida (K_a) – a neutralização do meio ácido promovida pela titulação com NaOH 0,1 M reduz a concentração de H⁺ o que, seguindo o princípio de Le Chatelier, faz com que o equilíbrio se desloque para direita, promovendo a ionização do ácido carbônico e, por fim, resulta em uma maior massa de ácido sendo neutralizada e contabilizada na análise de acidez.

Tabela 21. Análise estatística dos resultados da análise de acidez dos refrigerantes carbonatados (lote 2)

Marca	Média Aritmética:	Coefficiente de Variação(%):	Erro relativo(%):
Refrigerante 1	0,03730	21,413	-62,70%
Refrigerante 2	0,04137	29,010	-58,63%
Refrigerante 3	0,03117	8,189	-68,83%

Fonte: Autoria própria.

Além disso, a péssima precisão da análise do último lote em comparação com o ótimo desempenho no mesmo âmbito do primeiro pode ser explicada pela imprecisão adicionada pela concentração variável de CO₂ nas amostras antes, durante e após as titulações. Isso porque a presença de diferentes quantidades de CO₂ nas soluções diretamente se traduz em concentrações distintas de ácido carbônico – seja em sua forma molecular ou ionizada – no meio de reação. Essa variação nas massas de H₂CO₃ e HCO₃⁻ diretamente impacta nos resultados da acidez medida, justificando a precisão inferior.

4.5. POTENCIAL HIDROGENIÔNICO

O pH, ou potencial hidrogeniônico, como dito anteriormente, é uma medida que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução em uma escala de 0 a 14. Portanto, sua análise se faz necessária para que se mantenha a qualidade do produto. E, dando continuidade a essa perspectiva, a seguinte tabela indica os resultados após a aplicação da metodologia para o lote 1, ou seja, para os refrigerantes descarbonatados.

Tabela 22. Valores de pH obtidos a partir dos refrigerantes descarbonatados (lote 1)

Amostra	pH
1 A	3,185
1 A duplicata	3,190
1 B	3,170
1 B duplicata	3,170
2 A	3,135
2 A duplicata	3,140
2 B	3,110
2 B duplicata	3,120
3 A	3,080
3 A duplicata	3,080
3 B	3,080
3 B duplicata	3,080

Fonte: Autoria própria.

Através da análise da tabela 22, evidencia-se que os valores obtidos se assemelham ao valor esperado, que é de 3,1. Juntamente a isso, a tabela 23 proporciona a análise dos erros relativos, os quais, por sua vez, denotam ótima exatidão, já que todos os resultados tiveram resultados inferiores a 3%.

Tabela 23. Erros relativos referentes ao pH dos refrigerantes descarbonatados
(lote 1)

Amostra	ER% pH
1 A	2,74%
1 A duplicata	2,90%
1 B	2,26%
1 B duplicata	2,26%
2 A	1,13%
2 A duplicata	1,29%
2 B	0,32%
2 B duplicata	0,65%
3 A	-0,65%
3 A duplicata	-0,65%
3 B	-0,65%
3 B duplicata	-0,65%

Fonte: Autoria própria.

Além disso, o método apresentou uma alta precisão, com coeficientes de variação inferiores a 1% para todas as marcas de refrigerante, conforme indica a tabela 24. A partir desses dados, é possível afirmar com certeza que a técnica foi eficiente, visto que todas as análises de pH obtiveram resultados com alta exatidão e precisão.

Tabela 24. Análise estatística dos resultados da análise do pH para os refrigerantes descarbonatados (lote 1)

Marca	Média Aritmética	Coefficiente de Variação(%):	Erro relativo(%):
Refrigerante 1	3,179	0,324271	2,54%
Refrigerante 2	3,126	0,440429	0,85%
Refrigerante 3	3,080	0,000000	-0,65%

Fonte: Autoria própria.

Em relação às análises dos refrigerantes carbonatados, referentes ao segundo lote, é possível observar na tabela 25 que os valores ficaram ligeiramente superiores aos obtidos nas análises realizadas com o lote 1. Enquanto no primeiro lote o menor pH era de 3,080 e o maior era de 3,190, no

segundo lote esses valores foram de 3,170 para o menor pH e 3,290 para o maior.

Tabela 25. Valores de pH obtidos a partir dos refrigerantes carbonatados (lote 2)

Amostra	pH
1 A	3,280
1 A duplicata	3,280
1 B	3,290
1 B duplicata	3,280
2 A	3,140
2 A duplicata	3,155
2 B	3,170
2 B duplicata	3,170
3 A	3,240
3 A duplicata	3,220
3 B	3,220
3 B duplicata	3,220

Fonte: Autoria própria.

Apesar desse aumento no pH, a exatidão continuou ótima. Ao analisar a tabela 26, é notório que o refrigerante da marca 1 obteve os maiores erros relativos, com média de 5,89%. Em seguida o refrigerante 3 com 4,03% e, por último, o refrigerante 2, com a média de 1,90%, o qual apresentou a maior exatidão dentre as demais.

Tabela 26. Erros relativos referentes ao pH dos refrigerantes carbonatados
(lote 2)

Amostra	ER% pH
1 A	5,81%
1 A duplicata	5,81%
1 B	6,13%
1 B duplicata	5,81%
2 A	1,29%
2 A duplicata	1,77%
2 B	2,26%
2 B duplicata	2,26%
3 A	4,52%
3 A duplicata	3,87%
3 B	3,87%
3 B duplicata	3,87%

Fonte: Autoria própria.

Juntamente com a exatidão, a precisão também apresentou ótimos resultados, já que todas as análises obtiveram o coeficiente de variação inferior a 1%, como mostra a tabela 27. A partir desses dados, pode-se afirmar que as análises tiveram seus resultados dentro do esperado, mantendo a exatidão e a precisão altas.

Tabela 27. Análise estatística dos resultados da análise do pH para os refrigerantes carbonatados (lote 2)

Marca	Média Aritmética	Coeficiente de Variação(%):	Erro relativo(%):
Refrigerante 1	3,283	0,152323	5,89%
Refrigerante 2	3,159	0,454655	1,90%
Refrigerante 3	3,225	0,310078	4,03%

Fonte: Autoria própria.

Juntamente com a análise do pH, a análise da acidez total se faz necessária e, apesar de estarem relacionadas, é notória uma grande discrepância em relação aos resultados obtidos. Isso porque as análises do pH tiveram ótimas exatidão e precisão em ambos os lotes, o que não aconteceu com a acidez total, visto que os resultados obtidos a partir dessa análise foram

aproximadamente 74% menores do que o resultado esperado. E apesar do lote 2 apresentar resultados maiores, ainda sim possui uma diferença significativa do valor esperado que é 0,1g/100mL.

Tabela 28. Resultados obtidos a partir das análises de pH e acidez total para os lotes 1 e 2

Amostra	Lote 1		Lote 2	
	pH	Acidez total (g/100mL)	pH	Acidez total (g/100mL)
1 A	3,185	0,012040	3,280	0,044188
1 A duplicata	3,190	0,011591	3,280	0,042907
1 B	3,170	0,011975	3,290	0,026897
1 B duplicata	3,170	0,012232	3,280	0,035222
2 A	3,135	0,013448	3,140	0,048350
2 A duplicata	3,140	0,013448	3,155	0,053794
2 B	3,110	0,013384	3,170	0,036183
2 B duplicata	3,120	0,013512	3,170	0,027153
3 A	3,080	0,017931	3,240	0,034389
3 A duplicata	3,080	0,018379	3,220	0,028178
3 B	3,080	0,018444	3,220	0,031380
3 B duplicata	3,080	0,018187	3,220	0,030739

Fonte: Autoria própria.

Ao analisar os erros relativos presentes na tabela 29, a diferença entre os resultados fica ainda mais evidente. Isto provavelmente se deu pelo fato de que a medida da acidez total é baseada na massa dos ácidos por volume da mistura. Por esse motivo, é possível que a quantidade medida de ácidos seja pequena enquanto o pH ainda se mantenha ideal para consumo e preservação do produto. Isso infere numa massa menor de ácidos requisitada para trazer o pH desejado.

Tabela 29. Erros relativos obtidos a partir das análises de pH e acidez total para os lotes 1 e 2

Amostra	Lote 1		Lote 2	
	ER% pH	ER% Acidez total	ER% pH	ER% Acidez total
1 A	2,74%	-87,96%	5,81%	-55,81%
1 A duplicata	2,90%	-88,41%	5,81%	-57,09%
1 B	2,26%	-88,02%	6,13%	-73,10%
1 B duplicata	2,26%	-87,77%	5,81%	-64,78%
2 A	1,13%	-86,55%	1,29%	-51,65%
2 A duplicata	1,29%	-86,55%	1,77%	-46,21%
2 B	0,32%	-86,62%	2,26%	-63,82%
2 B duplicata	0,65%	-86,49%	2,26%	-72,85%
3 A	-0,65%	-82,07%	4,52%	-65,61%
3 A duplicata	-0,65%	-81,62%	3,87%	-71,82%
3 B	-0,65%	-81,56%	3,87%	-68,62%
3 B duplicata	-0,65%	-81,81%	3,87%	-69,26%

Fonte: Autoria própria.

5. CONCLUSÃO

Retomando os resultados obtidos, pode-se afirmar que os valores aferidos para os parâmetros de pH e densidade estão conforme os padrões estabelecidos pela literatura consultada.

A análise da densidade foi confirmada pela precisão dos resultados, evidenciada pelos baixos valores do coeficiente de variação (CV) e pelos erros relativos (ER) reduzidos, tanto para os refrigerantes carbonatados quanto para os descarbonatados. Os valores médios obtidos das duplicatas dos refrigerantes descarbonatados 1, 2 e 3 são, respectivamente: CV de 0,117603, 0,040730 e 0,092087; ER de -0,36%, -0,54% e -0,55%. Enquanto os valores médios obtidos dos refrigerantes carbonatados 1, 2 e 3 são: CV de 3,375249, 1,888922 e 1,705506; ER de 2,06%, -2,62% e -3,52%. Assim, ao observar esses valores, pode-se concluir que todos os refrigerantes analisados estão em conformidade com o padrão estabelecido (SOUTO et al., 2011).

Ademais, também se pode afirmar, para os valores de pH, uma conformidade em relação aos padrões. Isso se dá porque os valores obtidos tiveram ótima precisão e exatidão, mostrando valores inferiores a 3% de erro relativo, e 0,5% de coeficiente de variação para os refrigerantes descarbonatados. Juntamente a isso, os valores para os refrigerantes carbonatados foram menores que 6% para o erro relativo e 0,5% para o coeficiente de variação. Portanto, é possível concluir que todas as marcas de refrigerante de guaraná utilizadas para as análises de pH estão dentro dos conformes estabelecidos por Lima e Afonso (2009, p. 210).

Contudo, constatou-se uma inconformidade em relação aos parâmetros de °Brix estabelecidos pela Ambev, conforme apontado por de Oliveira (2007). O esperado seria um valor próximo de 10 °Brix; entretanto, as análises apresentaram resultados entre 5,5 e 7,8 °Brix para os refrigerantes descarbonatados e carbonatados.

Os erros relativos no lote 1, para os refrigerantes 1, 2 e 3, foram de -22,50%, -31,13% e -39,38%. No lote 2, os mesmos refrigerantes apresentaram erros de -26,88%, -38,88% e -43,75%. Apesar das divergências nos valores, a precisão dos resultados se manteve: 0%, 1,91% e 3,95% no primeiro lote, e

4,301%, 1,917% e 2,566% no segundo lote. Assim, conclui-se que, embora haja inexatidão, as análises foram extremamente precisas, o que legitima os resultados obtidos.

Em outra perspectiva, quando se utilizam os valores indicados nos rótulos dos refrigerantes como referência, percebe-se uma maior aproximação entre os resultados obtidos e o esperado, em comparação ao padrão imposto pela Ambev. Isso sugere que seria mais adequado os órgãos fiscalizadores definirem um novo parâmetro, capaz de representar melhor as variações encontradas nas análises.

Por fim, deduz-se que a redução na quantidade de açúcar nos refrigerantes pode ter ocorrido tanto para atenuar os impactos do consumo da bebida sobre a saúde quanto para reduzir os custos de produção nas indústrias.

Além disso, na análise da acidez total da mistura foram observadas diferenças extremas quando se leva em conta o padrão estabelecido pelo MAPA (BRASIL, 1998).

Isso porque tanto no lote 1 quanto no lote 2 os erros relativos apontaram uma péssima exatidão, – com média de -85,45% no primeiro lote e de -63,39% no segundo – o que provavelmente se deu pela falta de um parâmetro recente pois, apesar dos valores de acidez obtidos serem inferiores ao esperado, o pH dessas amostras se manteve dentro do parâmetro estabelecido. A partir dessa comparação, conclui-se que o padrão usado tornou-se obsoleto e não mais reflete a realidade da propriedade de acidez titulável dos refrigerantes comercializados atualmente. Tal análise se comprova pela precisão dos resultados, que foi de excelente para todas as marcas no lote 1 – cujos CVs foram 2,24% para a marca 1, 0,39% para a marca 2 e 1,26% para a marca 3. Portanto, todas as amostras encontram-se fora do padrão (0,1 g/100 mL) e os resultados da análise são confiáveis.

Já no que diz respeito à análise de teor de CO₂, os resultados foram constatados como inconclusivos. Tal afirmação se deve ao fato de que não foram aferidos quaisquer valores que fossem minimamente realistas para a real concentração de dióxido de carbono na mistura. Logo, não se pôde determinar

o comprometimento das marcas perante o mantimento do teor ideal de gás carbônico no refrigerante.

Desse modo, é possível presumir que todos os refrigerantes estão aptos para o consumo, com base nos parâmetros de acidez total, pH, densidade e °Brix determinados por legislações antigas ou pesquisadores independentes. Todavia, deve-se considerar a particularidade da análise de acidez total, pois os resultados obtidos foram considerados apropriados somente pela conformidade do pH das amostras analisadas com o parâmetro utilizado.

Por outro lado, é preciso salientar a negligência governamental no que se refere ao estabelecimento de padrões para a produção de refrigerantes. Isso porque, na legislação vigente, não é possível encontrar nenhum dos parâmetros os quais foram analisados. Tal fato implica numa problemática sem precedentes, já que, a partir do momento no qual a população não tem acesso aos padrões que devem ser utilizados pela indústria, são abertas as margens para falsificações, produções inadequadas e diversas outras consequências que podem colocar em risco a saúde do consumidor.

Portanto, urge a necessidade de que os órgãos reguladores de parâmetros de qualidade, como o MAPA e a Anvisa se responsabilizem em definir e exigir o cumprimento desses padrões. Isso requisitaria o trabalho de diversos profissionais das áreas da saúde, química e criação de parâmetros no geral. Dessa forma, a saúde pública e a satisfação do consumidor – que se relacionam diretamente à qualidade do produto – seriam garantidas.

6. REFERÊNCIAS

AFREBRAS - Associação dos Fabricantes de Refrigerantes do Brasil. **Indústrias de bebidas regionais pagaram R\$ 1,5 bi em impostos**. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <https://afrebras.org.br/noticias/industrias-de-bebidas-regionais-pagaram-r-15-bi-em-impostos/>. Acesso em: 14 jun. 2024;

ALPAX. **O que é um refratômetro? Usos, funções, modelos e mais**. Diadema: Alpax, 2023. Disponível em: <https://www.alpax.com.br/o-que-e-um-refratometro/>. Acesso em: 20 ago. 2024;

AMBEV S.A. **NOSSA HISTÓRIA**. Guaraná Antarctica, 23 set. 2021. Disponível em: <https://www.guaranaantarctica.com.br/pt-br/nossa-historia>. Acesso em: 19 mai. 2024;

ARAÚJO, J. A., Araújo, J. A., Araújo, T. P., Anjos, D. F., & Vieira, J. S. C. (2010). **Avaliação físico-química do guaraná (Paullinia cupana) em pó utilizado na produção de bebidas estimulantes comercializadas em Zé Doca – MA**. Anais do Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, Maceió, AL. Disponível em: <http://congressos.ifal.edu.br/index.php/connepi/CONNEPI2010/paper/viewFile/1276/818>. Acesso em: 22 jun. 2024;

BASILE, A., Ferrara, L., Pezzo, M. D., Mele, G., Sorbo, S., Bassi, P., & Montesano, D. (2005). **Antibacterial and antioxidant activities of ethanol extract from Paullinia cupana Mart**. Journal of Ethnopharmacology, vol. 102 ed. 1, p. 32–36. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16040216/>. Acesso em: 18 jun. 2024;

BBC BITESIZE. **Densities of solids, liquids and gases** – KS3 Physics. Reino Unido: BBC, 2024. Disponível em: <https://www.bbc.co.uk/bitesize/articles/zqpkkty#zwkpp4j>. Acesso em: 20 ago. 2024;

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Institucional – Anvisa**. Brasília: Anvisa, s.d.(a) Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/pt_BR/institucional. Acesso em: 19 ago. 2024;

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Atribuições**. Brasília: MAPA, s.d.(b) Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/o-ministerio/atribuicoes>. Acesso em: 19 ago. 2024;

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº. 544, de 16 de novembro de 1998. Disponível em: <https://www.sucosconcentrados.com.br/wp-content/uploads/2015/07/PORTARIA-Nº-544-DE-1998-Refresco-refrigerante-preparado-líquido-e-sólido.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2024;

BRASIL. Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009. Regulamenta a Lei no 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 4 de jun. de 2009. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2009/decreto/d6871.htm. Acesso em: 10 mai. 2024;

BRASIL. Instrução Normativa MAPA nº 19, de 19 de junho de 2013. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 20 jun. 2013. Disponível em: https://app.sogji.com.br/Manager/texto/arquivo/exibir/arquivo?eyJ0eXAiOiJKV1QiLCJhbGciOiJIUzI1NiJ9AFFIjAvMzc4MjMvU0dfUmVxdWlzaXRvX0xlZ2FsX1RleHRvLzAvMCA9JTINUUIXDH8ODTyBOT1JNQVRJVkEgTUFQQSBOwrogMTksIERFIDE5LTA2LTIwMTMuZG9jLzAvMCIiAFFzgn9rhMNYYoHvImHE2sh7SYTc2tRh1yn0CS_tE5Ik. Acesso em: 23 jun. 2024;

BRASIL. Portaria MAPA nº 123, de 13 de maio de 2021. Estabelece os padrões de identidade e qualidade para bebida composta, chá, refresco, refrigerante, soda e, quando couber, os respectivos preparados sólidos e líquidos. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 14 de mai. de 2021. Disponível em: <https://in.gov.br/web/dou/-/portaria-mapa-n-123-de-13-de-maio-de-2021-319830736>. Acesso em: 20 mai. 2024;

BRASIL. Consolidação das Normas de Bebidas, Fermentado Acético, Vinho e Derivados da Uva e do Vinho. Anexo à Instrução Normativa SDA/MAPA Nº 140/2024. **Cartilhão de Bebidas**. Brasília, DF, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-de-produtos-origem-vegetal/biblioteca-de-normas-vinhos-e->

[bebidas/Anexo Instrucao Normativa 140 2024 3Edicao.pdf](#). Acesso em: 23 jun. 2024;

CAVAGIS, A. D. M.; PEREIRA, E. A.; OLIVEIRA, L. C. **Um Método Simples para Avaliar o Teor de Sacarose e CO₂ em Refrigerantes**. Química Nova na Escola, v. 36, n. 3, p. 241-245, ago. 2014. Disponível em: http://qnesc.sbgq.org.br/online/qnesc36_3/11-EEQ-05-13.pdf. Acesso em: 23 jun. 2024;

CERVIERI JUNIOR, O. et. al. **O setor de bebidas no Brasil**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 40, p. 93-130. BNDES, set. 2014. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/3462/1/BS%2040%20O%20setor%20de%20bebidas%20no%20Brasil_P.pdf. Acesso em: 14 jun. 2024;

CERVIERI JUNIOR, O. **Panoramas setoriais 2030: bebidas**. Banco Nacional de Desenvolvimento, Rio de Janeiro. 2017. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/14256/2/Panoramas%20Setoriais%202030%20-%20Bebidas_P.pdf. Acesso em: 13 jun. 2024;

COELHO, P. **Produção de Refrigerantes**. ENGQUIMICASANTOSSP, 8 jul. 2013. Disponível em: <https://www.engquimicasantosp.com.br/2013/07/producao-de-refrigerantes.html>. Acesso em: 13 jun. 2024;

CORRÊA DA COSTA, Rogério S.; FERREIRA, Maria G. R. **Instruções para o cultivo do guaranazeiro em Rondônia**. Rondônia, Porto Velho: EMBRAPA, 13 jun. 2012. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/77028/1/folderguaranazeiro.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2024;

COSTA, L. F. **Cultivadores de guaraná: um estudo do processo de monopolização do território pelo capital no município de Maués-AM.** Dissertação de Mestrado em Economia em Geografia, Universidade Federal do Amazonas, 2017. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFAM_9104d19b4a711d5c2ea52776172fdd1e. Acesso em: 18 jun. 2024;

DANTAS, S.t. **Embalagens e a sua interação com alimentos e bebidas.** Campinas: CETEA/ITAL, 1999. Acesso em: 20 jun. 2024;

DE OLIVEIRA, Eduardo A. Controle de Qualidade em Refrigerante. 2007. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção com enfoque em Pesquisa Operacional) – Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007. Disponível em: https://www.uel.br/pos/engproducao/arquivos/Eduardo_Oliveira.pdf. Acesso em: 23 jun. 2024;

ESPINOLA, E. B., Dias, R. F., Mattei, R., & Carlini, E. A. (1997). **Pharmacological activity of Guarana (Paullinia cupana Mart.) in laboratory animals.** Journal of Ethnopharmacology, vol. 55 ed. 3, p. 223–229. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378874196015061>. Acesso em: 18 jun. 2024;

EUROMONITOR. **Carbonates in Brazil.** 2016. Disponível em: <http://www.portal.euromonitor.com/portal/resultslist/index>. Data de acesso: 16 de jun. de 2024. Acesso em: 18 jun. 2024;

FAGUNDES, M. H. **Guaraná - Análise Mensal** - Outubro de 2021. Conab, 12 nov. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-Guarana>. Acesso em: 18 jun. 2024;

FIGUEROA, A. L. G. **Guaraná, a máquina do tempo dos Sateré-Mawé.** Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas, v. 11, n. 1, p. 55-85, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bgoeldi/a/C4LL4YppwFDcYJsVHgMTbjj/>. Acesso em: 18 jun. 2024;

FILHO, Zenildo F. H. **Recomendações Técnicas para a Agropecuária de Rondônia, Manual do Produtor**. Rondônia, Porto Velho: EMBRAPA, mar. de 2003. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/215273/1/cpafro-8861-doc73.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2024;

FUKUMASU, H., Avanzo, J. L., Nagamine, M. K., Barbuto, J. A., Rao, K. V., & Dagli, M. L. Z. (2008). **Paullinia cupana Mart var. Sorbilis, guaraná, reduces cell proliferation and increases apoptosis of B16/F10 melanoma lung metastases in mice**. Brazilian Journal of Medical and Biological Research, vol. 41 ed.4, p. 305–310. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18392453/>. Acesso em: 18 jun. 2024;

HENMAN, A. R. (1982). **Guaraná (Paullinia cupana var. sorbilis): Ecological and social perspectives on an economic plant of the central amazon basin**. Journal of Ethnopharmacology, 6(3), 311–338. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/037887418290054X>. Acesso em: 21 jun. 2024;

HERTZ, E., Cadoná, F. C., Machado, A. K., Azzolin, V., Holmrich, S., Assmann, C., Ledur, P., Ribeiro, E. E., De Souza Filho, O. C., Mânica-Cattani, M. F., & Da Cruz, I. B. M. (2015). **Effect of Paullinia cupana on MCF-7 breast cancer cell response to chemotherapeutic drugs**. Molecular and Clinical Oncology, vol. 3 ed. 1, p. 37– 43. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25469267/>. Acesso em: 18 jun. 2024;

IAL. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz - Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. São Paulo: 2008. 1020. Acesso em: 19 jun. 2024;

LIMA, A. C. S.; AFONSO, J. C. A. **A química do refrigerante**. Química Nova na Escola, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 210-215, ago. 2009. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_3/10-PEQ-0608.pdf. Acesso em: 10 mai. 2024;

MACHADO, Kamilla N; Alves de Freitas, Aline; Cunha, Luzia H; Faraco, André A. G.; Maia de Pádua, Rodrigo; Braga, Fernão C.; Vianna-Soares, Cristina D.; Castilho, Rachel O. **A rapid simultaneous determination of methylxanthines and proanthocyanidins in Brazilian guaraná (Paullinia cupana Kunth.)**.

Food Chemistry, vol. 239, p. 180-188, 2018. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814617310713?via%3Dihub#b0005>. Acesso em: 20 mai. 2024;

MAJHENIČ, L.; Škerget, M.; Knez, Ž. **Antioxidant and antimicrobial activity of guarana seed extracts**. Food Chemistry, vol. 104 ed. 3, p. 1258–1268, 2007. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814607001422>.

Acesso em: 20 mai. 2024;

MONTEIRO, M.Y. **Antropogeografia do guaraná**. Cadernos da Amazônia, Manaus: INPA, v.6, p.1- 84, 1965. Acesso em: 18 jun. 2024.

NETO, Acácio Figueiredo. **A importância do teor de sólidos solúveis (°Brix)**. Alltech, 2021. Disponível em: <https://www.alltech.com/pt-br/blog/importancia-do-teor-de-solidos-soluveis-obrix>. Acesso em: 20 ago. 2024.

RABELO, George Arthur Alves. **Refrigerantes e Sucos Industrializados: Um Tema Para Abordagem de Química Orgânica**. 2014. 72p. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília, 2014. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/9469/1/2014_GeorgeArthurAlvesRabelo.pdf . Acesso em: 19 mai. 2024;

DE NAZARÉ, Raimunda F. R. **O Guaraná: Histórico, Composição e a utilização do produto e subprodutos**. EMBRAPA, 15 de mar. de 2002. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/375186/1/O-guarana-historico.pdf> Acesso em: 19 mai. 2024;

SANTOS, S. R.; AZEVEDO, P. F. **Concorrência no mercado de refrigerantes: impactos das novas embalagens**. Anais XX Encontro Nacional de Engenharia da Produção–ENESEP. São Paulo:[s.n], 2000. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2000_e0168.pdf. Acesso em: 14 jun. 2024;

SEBRAE. **O cultivo e o mercado do guaraná**. 01 de jul. de 2016 Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-cultivo-e-o-mercado-do-guarana,969a9e665b182410VqnVCM100000b272010aRCRD#:~:text=A%20pr%20du%C3%A7%C3%A3o%20brasileira%20de%20guaran%C3%A1,Pequenas%20quantidades%20s%C3%A3o%20exportadas>. Acesso em: 18 jun. 2024;

SILVEIRA et al. Avaliação das características físico-químicas de refrigerantes comercializados em São Luís - MA. In: DOS SANTOS, D. C. (Org.); SALES, R. da S. (Org.). **Educação e Pesquisa em Química - Volume 2**. Guarujá/SP: Científica Digital, 2022. p.11-22. Acesso em: 20 mai. 2024;

SOUTO, Y.S.M. et al. **Análises físico-química de refrigerantes de cola e guaraná**. I semana acadêmica de Engenharia de Alimentos. Universidade Federal da Paraíba. Brasil, 2011. Acesso em: 23 jun. 2024;

OHLWEILER, O. A. **Química analítica quantitativa**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos S.A., 1980. 644. Acesso em: 19 jun. 2024.

UGGÊ, H. **As bonitas histórias dos Sateré-Mawé**. Imprensa oficial do Estado do Amazonas, Manaus, 1991. Disponível em: <https://www.amazonasindigenasite.ufam.edu.br/7-neai/15448-.html>. Acesso em: 18 jun. 2024;