



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
MESTRADO EM QUÍMICA**



ODILON LIMA ARAÚJO

**MÉTODOS QUIMIOMÉTRICOS APLICADOS EM ANÁLISES DE FRUTAS
TROPICAIS E DERIVADOS: UM ESTUDO DE REVISÃO**

CAMPINA GRANDE

2021

ODILON LIMA ARAÚJO

**MÉTODOS QUIMIOMÉTRICOS APLICADOS EM ANÁLISES DE FRUTAS
TROPICAIS E DERIVADOS: UM ESTUDO DE REVISÃO**

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em química da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito à obtenção do título de Mestre em Química.

Área de concentração: Química Analítica.

ORIENTADOR: Prof. Dr. José Germano Vêras Neto.

CAMPINA GRANDE

2021

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

A663m Araújo, Odilon Lima.
Métodos quimiométricos aplicados em análises de frutas tropicais e derivados [manuscrito] : um estudo de revisão / Odilon Lima Araújo. - 2021.
91 p. : il. colorido.

Digitado.

Dissertação (Mestrado em Química - Mestrado) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2022.

"Orientação : Prof. Dr. José Germano Vêras Neto, UEPB - Universidade Estadual da Paraíba."

1. Cíentometria. 2. Quimiometria. 3. Reconhecimento de padrões. 4. Calibração multivariada. I. Título

21. ed. CDD 540.72

ODILON LIMA ARAÚJO

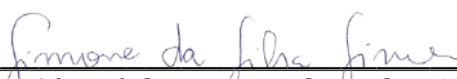
MÉTODOS QUIMIOMÉTRICOS APLICADOS EM ANÁLISES DE FRUTAS
TROPICAIS E DERIVADOS: UM ESTUDO DE REVISÃO

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em química da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito à obtenção do título de Mestre em Química.

Área de concentração: Química Analítica.

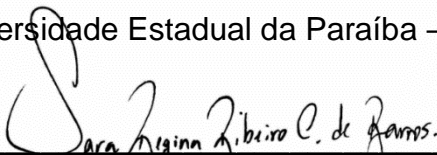
Aprovado em 13/12/2021

BANCA EXAMINADORA



Prof.^a Dr.^a Simone da Silva Simões

Universidade Estadual da Paraíba – UEPB



Prof.^a Dr.^a Sara Regina Ribeiro Carneiro de Barros

Universidade Estadual da Paraíba – UEPB



Prof. Dr. José Germano Vêras Neto

Universidade Estadual da Paraíba - UEPB

À minha Mãe Maria da Guia Lima Araújo e Meu Pai Deoclécio Silva Araújo, razão de minha existência, minhas bases, minhas pilastras, não há palavras que descrevam os seus significados . Ao meu amor Talena Costa, por tudo, aos meus irmãos: Diego, Mikaele e Magna, Natan, Indrid; aos meus sobrinhos, meus “gatitos”, meus tios e tias, aos meus primos. Aos meus avós Nena, Heleno e Odilon (*in memoria*), à minha avó Hilda.

À Deus.

AGRADECIMENTOS

À Professora Dr^a Simone da Silva Simões e a Prof^a Dr^a Mary Cristina Ferreira Alves, coordenadoras do curso de Mestrado PPGQ/UEPB pelo empenho e dedicação.

Aos professores do Curso de Mestrado do PPGQ/UEPB, Prof Dr. Juracy Régis de Lucena Júnior, Prof Dr. Ricardo Olímpio de Moura, Prof^a Dr^a Simone da Silva Simões, Prof^a Dr^a Mary Cristina Ferreira Alves, Prof. Dr. Deoclécio Ferreira de Brito, que contribuíram ao longo desses 30 meses, por meio das disciplinas e debates, para o desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço, de maneira muito especial, ao meu orientador Prof^o Dr. José Germano Vêras Neto, pela paciência, parcimônia e grandes ensinamentos.

Aos meus amigos de turma, Patrícia, Aninha, Emanuela, Cleber, Agnes, Junior, Danúbio, Diego, Jéssica, Luana, Luana, Lucilane, Mayara e Welida.

A todos do LQAQ, em especial a Mariana, Hilton, Vitor e Rômulo. Ao meu amigo Jamire Muriel.

Aos meus amigos, Daniel Bruno, Cássio Felipe, Samara, Moisés, Andson Joard, Diego Bruno, Rodrigo Sousa, Éden Duarte, Tanniery, Betânia, Lúcia Simões, Cris, Edilza e Berg , pela paciência e toda energia positiva depositada em mim.

Aos funcionários da UEPB em especial ao secretário David, pela presteza e atendimento quando nos foi necessário.

A todos que de alguma forma me apoiou até culminar neste momento.

“Não é a chegada ao porto que te torna feliz, mas olhar com distância e ver, que apesar de todas as ondas do mar revolto da vida, todas gotas caídas de tua face, talhadas no árduo suor do tempo, os sentimentos, sobretudo o percurso árduo, transformaram-se em aprendizagem, tornando-o o ser que és hoje.” Araújo, OL.

RESUMO

Considerando o aumento da produção e do consumo mundial de frutas e derivados, há naturalmente, uma exigência maior para qualidade dos produtos, seja pelo consumidor ou pela rigidez dos órgãos de controle, requerendo cada vez mais um produto seguro e livre de possíveis adulterações e/ou fraudes. Dessa forma, a busca por métodos que auxiliam nas análises requeridas, para garantir a qualidade do produto, é ampliada e potencializada. Neste contexto, é comum o aumento do número de trabalhos publicados no anseio de solucionar possíveis problemas que interferem na cadeia produtiva, haja vista a complexidade da matriz estudada e a gama de interferência que a acomete. Pode-se dizer que com o advento dos computadores e de novos *softwares*, a quimometria surge como um excelente conjunto de técnicas para análises de dados de matrizes complexas, possibilitando uma melhor inquirição dos dados amostrais. O presente estudo realizou uma revisão da literatura referente à aplicação dos métodos quimiométricos utilizados na análise de alimentos, com especificidade a frutas tropicais e derivados, analisando indicadores cientométricos das aplicações das principais técnicas de análise nas matrizes, bem como indicadores bibliométricos da aplicação dos métodos de classificação e calibração quimiométricos. Foi utilizado o portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), para a coleta de dados e a base de dados da *Web of Science*, foi a base escolhida para pesquisa, adotamos metodologias inerentes a bibliometria que possibilitou reunir um maior conjunto de artigos e analisá-los quantitativamente, frente a temática. No que se refere à revisão, podemos perceber que o Brasil é um dos países com maior número de publicações, no setor, seguido da China e Índia, ainda averiguamos que dentre os conjuntos de artigos analisados no período, a Análise de Componentes Principais (PCA), Regressão por Mínimos Quadráticos Parciais (PLS) e a Análise de Agrupamentos por Métodos Hierárquicos (HCA) são os métodos mais utilizados no tratamento dos dados, proporcionando um resultado com maior robustez e confiabilidade.

Palavras-Chaves: Cientometria. Quimometria. Reconhecimento de padrões. Calibração Multivariada.

ABSTRACT

Considering the worldwide increase in the production and consumption of fruits and derivatives, there is a naturally greater demand for product quality, either by the consumer or by the rigidity of the control bodies, which increasingly requires a safer product, free from possible adulteration or fraud. Therefore, the search for methods that help in the required analyses, to guarantee the quality of the product, is expanded and enhanced. In this context, it is common to increase the number of articles published, aspiring to solve possible problems that interfere in the production chain, given the complexity of the studied matrix and the range of interference that affects it. It is known that with the advent of computers and new software, chemometrics emerges as an excellent set of techniques for analyzing data from complex matrices, enabling a better inquiry into sample data. This article carried out a literature review regarding the application of chemometric methods used in food analysis, with specificity in tropical fruits and derivatives, analyzing scientometric indicators of the applications of the main analysis techniques in matrices, as well as bibliometric indicators of the application of chemometric classification and calibration methods. The journal portal of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) was used for date collection and the Web of Science database was the chosen base for research. We adopted methodologies inherent to bibliometrics that made it possible to gather a larger set of articles and analyze them quantitatively, considering the theme. Regarding the review, we can see that Brazil is one of the countries with the highest number of publications in the sector, followed by China and India. We also found that, among the sets of articles analyzed in the period, Principal Component Analysis (PCA), Partial Least Square Regression (PLS) and Cluster Analysis by Hierarchical Methods (HCA) are the most used methods in data processing, providing a result with greater strength and reliability.

Key words: Scientometry. Chemometric. Pattern Recognition. Multivariate Calibration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Indicadores de produção científica de métodos quimiométricos aplicados em análises de frutas tropicais e derivados.....	31
Figura 2: Indicadores de perfil bibliométricos dos principais países com artigos indexados na base WoS.	32
Figura 3: Classificação das áreas de pesquisa que possuem trabalhos indexados.	33
Figura 4: Agrupamento dos artigos por finalidade	35
Figura 5: Série histórica da relação publicação/ ano/ citações.	37
Figura 6: Série histórica de citações do artigo “ <i>An electronic tongue based on voltammetry</i> ”	38
Figura 7: Série histórica de citações do artigo “ <i>Determination of effective wavelengths for discrimination of fruit vinegars using near infrared spectroscopy and multivariate analysis</i>	39
Figura 8: Gráfico de rede de relacionamento de cocitação	42
Figura 9: Gráfico de bolhas - representação dos principais co-citados.....	43
Figura 10: Rede de co-ocorrências das palavras-chaves.....	45
Figura 11: Rede de correlação das palavras-chave dos artigos mais recentes	46
Figura 12: Série histórica da aplicação de técnicas de pré-tratamento.....	49
Figura 13: Relação das técnicas de pré-tratamento por artigos e suas aplicações ..	50
Figura 14: Quantidade de artigos analisados por método de regressão.....	53
Figura 15: Relação do número de artigos por técnica de análise.	54
Figura 16: Relação das frutas por analisadas com PLS.	55
Figura 17: Relação das técnicas analíticas com uso de LDA	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Técnicas analíticas para análise de fraudes em bebidas à base de frutas.	25
Tabela 2 – Termos de indexação usados na pesquisa bibliográfica.....	28
Tabela 3: Resultado das buscas por descritores.....	30
Tabela 4: Classificação dos países que mais publicaram na área.	33
Tabela 5: Classificação das revistas com artigos indexados na base WOS.....	34
Tabela 6: Relação dos trabalhos publicados por finalidade de estudo.	36
Tabela 7: Classificação dos artigos segundo método <i>InOrdination</i>	39
Tabela 7: Classificação dos artigos segundo método <i>InOrdination</i>	40
Tabela 7: Classificação dos artigos segundo método <i>InOrdination</i>	41
Tabela 8: Relação das palavras-chaves e suas ocorrências.....	44
Tabela 9: Indicadores de aplicação das técnicas analíticas.	47
Tabela 10: Lista de artigos que apresentaram mais de uma técnica analítica.	48
Tabela 11: Relação do quantitativo de artigos que utilizaram PCA e técnica analítica.	52
Tabela 12: Relação dos artigos que aplicaram PCR, técnicas analíticas e frutas.....	56
Tabela 13: Relação da quantidade de artigo e técnicas analíticas que usaram k-NN	58
Tabela 14: Relação dos artigos que utilizaram SIMCA em suas análises	58
Tabela 15: Relação dos métodos de análises e quantidade de artigos indexados. ...	59

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	OBJETIVO GERAL	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3	REFERÊNCIAL TEÓRICO	15
3.1	CONCEITOS FUNDAMENTAIS	15
3.1.1	A Cientometria	15
3.1.2	O fruto	16
3.1.2.1	<i>Classificação</i>	16
3.1.2.2	<i>Produção e mercado de frutas tropicais</i>	17
3.2	QUIMIOMETRIA	18
3.2.1	Planejamento de experimentos	19
3.2.2	Calibração multivariada	20
3.2.3	Reconhecimento de padrões	20
3.3	QUIMIOMETRIA E APLICAÇÕES À ÁREA DE ALIMENTOS	21
3.3.1	Métodos quimiométricos aplicados na análise metabólica de frutas tropicais	22
3.3.2	Quimiometria aplicada na análise de adulteração e fraudes de derivados de frutas tropicais	23
3.3.3	Quimiometria aplicada no rastreamento geográfico de frutas tropicais e/ou seus derivados	25
4	METODOLOGIA	28
4.1	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	28
4.2	ANÁLISE DOS ARTIGOS COM AUXÍLIO DO PROGRAMA VOSVIEWER	28
4.3	AVALIAÇÃO DO GRAU DE IMPORTÂNCIA DE ARTIGOS	29
5	RESULTADOS	30
5.1	INDICADORES CIENTOMÉTRICOS	30
5.2	ANÁLISES DE REDES DE RELACIONAMENTO	41
5.3	INDICADORES DA APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS ANALÍTICAS EM AMOSTRAS DE FRUTAS	46

5.4	INDICADORES DA APLICAÇÃO DE TÉCNICAS QUIMIOMÉTRICAS EM ANÁLISE DE FRUTAS TROPICAIS E DERIVADOS	48
5.4.1	<i>Pré-tratamento</i>	49
5.4.2	<i>Indicadores de aplicação das técnicas de reconhecimento de padrões não supervisionados</i>	51
5.4.2.1	<i>Análise por componentes principais (PCA)</i>	51
5.4.2.2	<i>Análise de agrupamento hierárquico (HCA)</i>	52
5.4.3	Indicadores de aplicação dos métodos de regressão	53
5.4.3.1	<i>Regressão por mínimos quadrados parciais (PLS)</i>	54
5.4.3.2	<i>Regressão linear múltipla (MLR)</i>	55
5.4.3.3	<i>Regressão por componentes principais (PCR)</i>	56
5.4.4	Indicadores de aplicação dos métodos de classificação ou métodos de reconhecimento de padrões supervisionados	56
5.4.4.1	<i>Análise Discriminante Linear – LDA</i>	56
5.4.4.2	<i>k-ésimo Vizinho Mais Próximo (k-NN)</i>	57
5.4.4.3	<i>Modelagem independente e flexível por analogia de classe (SIMCA)</i>	58
5.4.4.4	<i>Análise discriminante pelo método de quadrados mínimos parciais – PLS-DA</i>	59
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
	REFERÊNCIAS	62
	APÊNDICE A - RANKING DOS ARTIGOS SEGUNDO MÉTODO INORDINATION	74

1 INTRODUÇÃO

Buscando a conscientização da população sobre os benefícios nutricionais e a redução de desperdício de alimentos, em especial os perecíveis, a ONU estabeleceu o ano de 2021 como o ano Internacional das Frutas e Hortaliças, considerando sua enorme relevância para a economia e saúde da população, haja vista sua riqueza em vitaminas, minerais e compostos bioativos, que estão diretamente relacionadas com a prevenção de diversos tipos de doenças como as cardiovasculares, câncer e obesidade (BRASIL, 2008).

A OMS (Organização Mundial de Saúde) recomenda um consumo diário de frutas, verduras e legumes de 400 gramas, no mínimo, na perspectiva de prevenir o aparecimento de doenças crônicas não-transmissíveis, este quantitativo é o equivalente a 5 porções diárias de frutas. No entanto, mesmo o Brasil sendo um dos maiores produtores do setor, cerca de 90 % dos brasileiros consomem muito menos que isto (SOUZA, CEMBRANEL, *et al.*, 2019).

A comercialização de produtos perecíveis é, em geral, um enorme desafio para o setor de alimentos, exigindo a adequação para as questões de ordem sazonais, assim como com o amadurecimento dos frutos e/ou tempo de consumo reduzido para alguns derivados em relação a outros produtos alimentícios, o que pode comprometer a qualidade dos produtos em seus aspectos físicos, químicos e nutricionais. Entretanto, realizar análises de produtos alimentares com ênfase na garantia da qualidade dos produtos não é uma tarefa simples, visto que para amostras biológicas a própria complexidade da matriz dificulta a sua avaliação, requerendo métodos analíticos caros, lentos e laboriosos.

Na perspectiva de superar os inconvenientes supracitados, diversos métodos analíticos são propostos na literatura, dentre os quais se destacam os não-invasivos, não-destrutivos, de baixo custo e rápidos. Porém, muitas destes métodos necessitam de um grande volume de variáveis a serem analisados. Assim, para permitir um tratamento adequado de um grande conjunto de dados faz-se necessário o uso de ferramentas quimiométricas.

Devido à enorme relevância das ferramentas quimiométricas para análise e controle de qualidade de frutas tropicais, este trabalho buscou estudar o perfil das publicações que utilizam as ferramentas quimiométricas para avaliação da qualidade

em frutas tropicais, por meio de indicadores cionométricos. Possibilitando entender quais as vertentes seguidas pelos pesquisadores, bem como as possíveis lacunas existentes na temática, dentro da área de química analítica.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

➤ Investigar indicadores quimiométricos na área de quimiometria com aplicação em análise de frutas tropicais e derivados

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

➤ Elaborar indicadores quimiométricos a partir de dados bibliográficos estruturados de publicações científicas que apliquem métodos quimiométricos em análise de frutas tropicais e derivados

➤ Demonstrar a aplicabilidade dos algoritmos quimiométricos de classificação e calibração no tratamento e interpretação de dados em amostras de frutas tropicais e derivados através de seu uso em publicações científicas.

➤ Demonstrar a aplicabilidade de métodos instrumentais na análise de frutas tropicais e derivados.

3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

3.1 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

3.1.1 A Cientometria

A cientometria pode ser definida como o estudo da aferição do conhecimento científico e tecnológico, utilizando-se de ferramentas da matemática e estatística, com intuito de avaliar e quantificar os dados referentes a produção científica de uma determinada área ou grupo de pesquisa, ou de um determinado país. A fim de gerir e organizar as informações produzidas, elaborando indicadores fidedignos para mensurar os dados. Seu surgimento, remota ao pós-segunda guerra, em países da Europa, como Holanda, Reino Unido e a Antiga União Soviética, haja vista o pioneirismo destes na averiguação da produção científica (PARRA, COUTINHO e PESSANO, 2019).

A cientometria se apresenta, dentro dos estudos métricos da informação, como uma área ou campo interdisciplinar, capilarizando-se pelos mais diversos campos de conhecimento, haja vista a sua versatilidade de análise do progresso científico, o que lhe confere a patente da ciência da ciência. Para PRICE, 1963, foi necessário analisar estatisticamente os textos científicos, devido aos impactos ocasionados com o aumento exponencial das informações produzidas.

Neste contexto, a cientometria assume um importante papel na tomada de decisões, no âmbito da gestão da ciência, uma vez que pode ser utilizada por Governos e Instituições de pesquisa como instrumento norteador no fomento do desenvolvimento científico e tecnológico (SILVA e BIANCHI, 2001).

Dentre o conjunto de possibilidades que a cientometria proporciona analisar podemos citar: aspectos estatísticos da linguagem e frequência de citação de frases, características da relação autor-produtividade, características das publicações, análise de citações, uso da informação registrada obsolescência da literatura, crescimento de literaturas especializadas, análises de bases de dados, definição e medida da informação, análises de novos conceitos (TAGUE SUTCLIFFE, 1992).

3.1.2 O fruto

O termo “fruta” é uma designação coloquial, cujo sentido nos remete a frutos doces e comestíveis. O fruto é proveniente do amadurecimento de um ou mais ovários, que possuam as sementes formadas, podendo ser compostos de outras partes da flor, como: pedúnculo, receptáculo, cálice e brácteas, possuindo a função de estruturas acessórias do fruto (THOMAZ, SILVA , *et al.*, 2009).

Característico das angiospermas, o fruto protege o óvulo fecundado até a sua maturação e, a partir daí, passa a participar ativamente na dispersão das sementes, atraindo animais ou por outros meios (THOMAZ, 2009). Alguns frutos não apresentam sementes, estes frutos são denominados partenocárpicos e caracterizam-se pelo amadurecimento precoce dos ovários, a exemplo das bananas cultivadas (RAVEN, EVERT e EICHHORN, 2014).

Constituem o fruto, o tecido pericarpo e uma ou mais sementes, subdividindo-se em epicarpo, mesocarpo e endocarpo. O **epicarpo** sendo a camada mais externa proveniente da epiderme externa da parede ovariana, o **mesocarpo**, normalmente é a parte comestível da “fruta”, sendo esta camada a intermediária proveniente do mesófilo carpelar, geralmente possui grande espessura, acumula ou não, reservas nos frutos carnosos ou secos. O **endocarpo** constitui a camada mais interna proveniente da epiderme interna da parede ovariana, esta camada está em contato com as sementes, formando caroço (nas drupas) ou parte comestível como as laranjas. (THOMAZ, SILVA , *et al.*, 2009).

3.1.2.1 Classificação

Em relação a classificação das frutas, é necessário considerar as diversas formas e necessidades que o mercado possui para organizá-las e classificá-las, embora muitas vezes, este arranjo não esteja relacionado com a classificação botânica, podendo ser adotado como parâmetro a sua origem regional, abrangência em um determinado país e/ou continente e localização tropical. Assim, são consideradas espécies tropicais, aquelas cuja origem ou adaptação esteja relacionada a Zona Tropical, esta que se localiza nas baixas latitudes entre as áreas próximas dos Trópicos de Câncer e de Capricórnio (JOIA e GOETTMES , 2012).

SUDHEER, 2007, propõe uma classificação, para os frutos, de acordo com suas características edafoclimáticas às quais são cultivadas, dividindo-se em: frutos de clima temperado, de clima subtropical e de clima tropical, este podendo ser classificado de conforme o grupo, a ordem e a família, aos quais as espécies pertencem (SUDHEER e INDIRA, 2007). Os frutos podem ser classificados em:

- **frutos de clima temperado:**
 - pomáceas: pera, maçã;
 - frutas de caroço: pêsego, damasco, cereja, ameixa, nectarina;
 - pequenas frutas ou bagas: framboesa, amora-preta, morango, mirtilo, uva;
- **frutos de clima subtropical:**
 - frutas cítricas: toranja, lima, limão, laranja, mandarinas;
 - frutas não cítricas: figo, abacate, kiwi, romã;
- **frutos de clima tropical:**
 - abacaxi, mamão papaia, manga, banana, caju, goiaba, sapoti, maracujá, acerola, coco, umbu, guaraná, açaí.

Para GAZZOLA, a classificação de mercado, não está relacionada com a classificação botânica ou agrônômica das frutas ou hortaliças, porém provém de uma adaptação da classificação de *commodities* da FAO (2003a). Os grupos se dividem em: 1. Frutas de Clima Tropical + melão e melancia; 2. Frutas de Clima Temperado; 3. Pequenas Frutas; 4. Cítricos; 5. Nozes + Frutas Secas.

3.1.2.2 *Produção e mercado de frutas tropicais*

A fruticultura de espécies de clima tropical está muito difundida na América do Sul com alto valor agregado, existindo inúmeros plantios instalados por diversos países, tais como: Brasil, Equador, Argentina, Uruguai etc. Essas espécies possuem uma excelente adaptação em regiões com média anual de temperatura superior a 22°C, com precipitação homogeneizada durante as estações do ano e não tolerando períodos longos com temperaturas baixas (FRONZA e HAMANN, 2015).

O Nordeste brasileiro é a região com maior produção de polpa de frutas do país, sendo o Ceará o estado com maior destaque no setor, conquistando, inclusive, o mercado internacional. Mais da metade da produção do Ceará é negociada com demais estados da região Nordeste, destacando-se: Paraíba (25%), Rio Grande do

Norte (13%), Bahia (13%), Pernambuco (13%), Piauí (6%) e Maranhão (6%). Os outros estados onde há venda de produtos do setor são Amazonas, São Paulo, Distrito Federal e Minas Gerais, todos com 6% da produção (ABRAFRUTAS, 2020). Vale ressaltar que o mercado de frutas tropicais possui um enorme potencial na geração de emprego e renda (ABRAFRUTAS, 2020).

As frutas com maior produção nacional são laranja, banana, abacaxi, uva, maçã e mamão. Contudo as polpas de frutas com maior procura, tanto no Nordeste do Brasil quanto em outros países são: goiaba, maracujá, acerola, graviola e manga. Todavia, é crucial para produtores e consumidores que estes produtos e/ou seus derivados possuam sua qualidade garantida. Neste âmbito, bons métodos de análises tornam-se primordiais para imprimir confiabilidade na qualidade dos produtos. Assim, o uso de novos métodos analíticos, não-destrutivos, não-invasivos, de baixo custo, que tornam as análises mais rápidas e precisas estão sendo testados visando atender esta demanda que é cada vez maior. Entretanto, devido à complexidade da matriz estudada, muitas destas técnicas analíticas apresentam um grande volume de variáveis a serem analisados, não sendo possível determinar com apenas uma técnica.

Por fim, para obter um tratamento adequado de um grande conjunto de dados, considerando a complexidade das amostras em termos de quantidade de substâncias químicas presentes, faz-se necessário o uso de ferramentas matemáticas e estatísticas, denominadas de quimiometria, que facilitem o tratamento adequado dos dados.

3.2 QUIMIOMETRIA

Segundo (FERREIRA, 2015), a quimiometria pode ser definida como a intersecção de três grandes áreas a química, matemática e estatística. Haja vista sua interdisciplinaridade e a forma que dialoga com outras áreas da ciência, esta definição ganha respaldo se consideramos a afirmação que define a quimiometria como sendo a administração e processamento de informações de natureza química. (CHRÉTIEN, 2003).

Com a modernização das técnicas instrumentais advindas em partes, da inserção de microcomputadores e microprocessadores aos laboratórios químicos, foi

possível obter uma grande quantidade de dados químicos. Com esta possibilidade, conjuntos de dados mais complexos foram obtidos, devido à multicolinearidade dos dados, influência de fatores físicos, estruturais e físico-químicos diversos nas moléculas presentes nas amostras (OZAKI, MCCLURE e CHRISTY, 2007). A quimiometria surge, portanto, com a função de ajustar as ferramentas matemáticas e estatísticas, na perspectiva transformar os dados analíticos, oriundo das modernas técnicas instrumentais, em informações úteis (NETO , SCARMINIO e BRUNS, 2006).

Esta área da química analítica, busca explicar questões químicas a partir de métodos estatísticos e matemáticos. Com a modernização das técnicas instrumentais advindas da inserção de microcomputadores e microprocessadores aos laboratórios químicos, ocasionaram uma gama de dados mais complexos, criando a necessidade do surgimento de novas técnicas a fim de relacionar os sinais obtidos com os resultados desejados (NETO , SCARMINIO e BRUNS, 2006).

Pode-se dividir a quimiometria em 3 (três) conjuntos de ferramentas: planejamento de experimentos, calibração multivariada e reconhecimento de padrões (NETO , SCARMINIO e BRUNS, 2006).

3.2.1 Planejamento de experimentos

O planejamento é o processo de arquitetar e conduzir um experimento, incluindo a sua implantação, de forma que seja possível recolher dados que possam ser analisados, usando metodologias estatísticas apropriadas, e que conduzam a conclusões válidas e objetivas, com intuito de construir uma linha de pensamento lógico e científico, podemos dizer que é a etapa inicial do processo (NETO , SCARMINIO e BRUNS, 2006).

Nesta área pretende-se encontrar as variáveis que mais afetam um determinado processo, bem como a interação entre elas. Os métodos de planejamento oferecem um rendimento maior do processo mesmo com uma qualidade reduzida de experimentos (RIBEIRO, BARBOZA, *et al.*, 2007).

Os planejamentos do tipo fatorial são um dos mais empregados na área acadêmica por se tratar de métodos simples e eficientes, entretanto existem diversas opções a serem selecionadas de acordo com a aplicabilidade desejada (OLIVEIRA , 2018).

3.2.2 Calibração multivariada

Quando se realiza uma análise em uma amostra química, na maioria das vezes, temos como objetivo determinar a concentração das espécies químicas em questão. No entanto, a concentração não é uma grandeza medível diretamente, devendo ser estimada por meio da medida de uma propriedade física ou físico-química da amostra com a qual o analito se correlacione. O procedimento matemático e estatístico usado para relacionar medidas com a quantidade de um dado constituinte ou parâmetro é chamado calibração (GOMES, 2012).

A calibração multivariada, vislumbra a construção de modelos quantitativos a partir de grande quantidade de variáveis. Tais modelos relacionam dois conjuntos de dados, o conjunto de medidas instrumentais, representadas na matriz X, de variáveis independentes e o conjunto dos valores de teores de analitos ou propriedades de interesse das amostras, representados no vetor y (se for uma única variável), ou na matriz Y, (se forem várias), de variáveis dependentes (FERREIRA, 2015).

O processo de calibração ocorre mediante duas etapas realizadas. A primeira etapa é a modelagem, que é estabelecida uma relação matemática entre X e Y para um grupo de amostras representativas contidas no chamado conjunto de calibração. A segunda etapa, que é a etapa de validação ou previsão, em que o modelo construído é utilizado para prever a concentração das novas amostras independentes (FERREIRA, 2015).

3.2.3 Reconhecimento de padrões

São técnicas que possibilitam classificar e agrupar amostras de acordo com suas semelhanças e/ou diferenças. Os métodos de reconhecimento de padrões podem ser aplicados para objetivos distintos, como por exemplo, a análise exploratória de dados, a classificação de amostras e a resolução de curvas (NETO, SCARMINIO e BRUNS, 2006).

Os métodos são divididos em: Métodos não supervisionados, que visam reduzir a dimensionalidade dos dados sem qualquer treinamento pré-definido, não sendo necessário informações prévias sobre as amostras; e Métodos supervisionados, que classificam o objeto em classes pré-definidas de acordo com suas características. Para isso, as amostras devem ser divididas em um conjunto de treinamento

representativo e um conjunto de teste formado por amostras independentes (FERREIRA, 2015).

Os métodos não-supervisionados mais utilizados são a Análise de Componentes Principais (PCA, do inglês "*Principal Component Analysis*") e a Análise de Agrupamentos por Métodos Hierárquicos (HCA, do inglês "*Hierarchical Cluster Analysis*"). Já os métodos supervisionados, comumente utilizados são: Modelagem de Classes por Componentes Principais (SIMCA, do inglês "*Soft Independent Modelling of Class Analogies*"), K-ésimo Vizinho Mais Próximo (KNN, do inglês "*K-Neighbor Nearest*"), Análise por Discriminante Linear (LDA, do inglês "*Linear Discriminant Analysis*") e a Regressão por Mínimos Quadrados Parciais associadas à análise discriminante (PLS-DA, do inglês "*Partial Least Squares – Linear Discriminant Analysis*") (FERREIRA, 2015).

3.3 QUIMIOMETRIA E APLICAÇÕES À ÁREA DE ALIMENTOS

O uso do conjunto de ferramentas quimiométricas tem se difundido na análise de alimentos. As técnicas mais aplicadas neste setor estão, normalmente, associadas à métodos clássicos. No entanto, a busca por técnicas que possibilitem análises menos laboriosas tem levado os pesquisadores ao desenvolvimento de novas metodologias. Assim, os métodos instrumentais modernos, potencializam um deslocamento de polaridade das aplicações no setor, haja vista os benefícios e facilidade do uso.

Dentre os métodos instrumentais mais utilizados podem ser citados: espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), espectroscopia de infravermelho próximo (NIR) e infravermelho médio (MIR), técnicas cromatográficas como cromatografia gasosa - espectrometria de massa (GC-MS), cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC), ressonância magnética nuclear (NMR), ressonância de spin eletrônico (ESR), reação em cadeia da polimerase (PCR), ensaios enzimáticos (ELISA), técnicas baseadas em DNA e isótopos- espectrometria de massa de razão (IRMS) com alta precisão de medição (KATERINOPOULOU , KONTOGEOGOS, *et al.*, 2020). Observou-se na literatura o uso das técnicas analíticas relacionadas ao estudo de metabólitos, adulteração, fraudes e rastreabilidade de frutas e derivados.

3.3.1 Métodos quimiométricos aplicados na análise metabólica de frutas tropicais

A metabolômica é a ciência que estuda as alterações dos metabólitos e faz parte do conjunto das ciências ômicas, que buscam compreender o funcionamento, celular dos organismos e suas alterações biológicas. A metabolômica vem sendo aplicada em diferentes áreas do conhecimento, como análises clínicas, alimentos e nutrição, esportes, ambiental, toxicologia forense, análise de organismos patológicos (parasitas, bactérias, fungos), entre outras (CANUTO, COSTA, *et al.*, 2018).

No entanto, devido à enorme variedade química de metabólitos, com concentração distinta em um organismo biológico torna-se impossível realizar a cobertura de todos os compostos apenas com uma determinada técnica. Desse modo, os dados obtidos dos estudos são tratados com o uso de multiplataforma de análise possibilitando uma maior abrangência em termos de substâncias químicas detectadas (DUNN e ELLIS, 2005). Considerada a impressão digital das plantas, a metabolômica vem sendo utilizada para comparar e identificar plantas da mesma espécie, genótipos diferentes e interação planta-herbívoros (BUNDY, DAVEY e VIANT, 2018).

A NMR e a MS apresentam-se como as técnicas mais utilizadas nos estudos metabolômicos, propiciando informações de várias espécies químicas (BECKONERT, 2007). Entretanto, FT-IR mesmo apresentando um enorme potencial devido ao seu baixo custo, é menos usada (CANUTO, COSTA, *et al.*, 2018). Na literatura, diversos estudos relatam a importante contribuição das técnicas de GC-MS como uma das técnicas mais sensível e importante na identificação e quantificação de compostos bioativos naturais, carboidratos, flavonoides, bem como lipídios, compostos fenólicos vitaminas entre outros (DONNO, MELLANO, *et al.*, 2020).

Huigang, 2020, apontaram que nos diferentes estágios do desenvolvimento do fruto da banana xiangfen, foram identificados 655 metabólitos de diversas classes de compostos. Estes resultados foram obtidos usando a técnica ESI-LC-MS/MS operando em um modo de íon positivo. Um ensaio de agrupamento hierárquico de mapa de calor foi usado para produzir uma visão geral das mudanças metabolômicas dinâmicas nos três estágios de desenvolvimento (HU, WANG, *et al.*, 2020). Para este estudo, os dados foram tratados com PCA e análise discriminante de mínimos quadrados ortogonais parciais (OPLS-DA, do inglês "Orthogonal Partial Least Squares

- Discriminant Analysis”) e foi possível separar os distintos estágios de desenvolvimento da fruta.

Zhang, 2020, realizou estudo metabólica para analisar a qualidade e as mudanças metabólicas ocorridas no coco pós-colheita, durante seu armazenamento e as principais causas de suas deteriorações, fomentando base teórica para a preservação do coco fresco após a colheita. Foi realizado uma triagem de metabólitos correlacionando-os com o período de pós-colheita, armazenadas por 0 a 6 semanas. As amostras foram medidas usando UPLC-MS/MS. Neste estudo foi realizado o autoescalamento e centralização na média dos dados. Foram utilizados para tratamento dos dados PCA, PLS-DA e OPLS-DA, revelando que o metabolismo dos aminoácidos é uma das principais causas da deterioração dos frutos.

De acordo com a literatura, pode-se dizer que as técnicas quimiométricas têm sido bastante aplicadas para análises de metabólitos, como carambola (RAMADAN, WESSJOHANN, *et al.*, 2020), banana (WANG, ERASMUS, *et al.*, 2020), dentre outros (WANG, GAO, *et al.*, 2019).

3.3.2 Quimiometria aplicada na análise de adulteração e fraudes de derivados de frutas tropicais

O termo “fraude alimentar” é um termo genérico, normalmente utilizado para definir ações intencionais de substituição, adição, adulteração ou deturpação de alimentos, ingredientes ou embalagens; ou declarações falsas de cunho enganoso sobre determinado produto, com finalidades lucrativas, sendo mais bem definido como falsificação de alimentos. A fraude alimentar não se caracteriza como "adulteração" ou “identificação incorreta” quando estão relacionados a atos como evasão fiscal e contrabando (SPINK e MAYER, 2011).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) é responsável no Brasil pelo registro, padronização, classificação, inspeção e fiscalização da produção do comércio de bebidas, considerando seus aspectos tecnológicos e padrões de qualidade conforme Lei nº 8.918 de 1994 (BRASIL, 2020). Embora os marcos regulamentadores estejam implementados pelo MAPA e adotados pelas indústrias de alimentos, a fiscalização é crucial para garantir a qualidade do produto, evitando a contaminação e possíveis fraudes ou adulterações, garantindo o direito do consumidor, para que este não seja lesado.

Os métodos utilizados para quantificar a qualidade das polpas e sucos de frutas normalmente são tradicionais com a utilização de reagentes e solventes químicos, podendo causar danos ao manipulador e poluir o meio ambiente. Estes métodos são dispendiosos e demandam tempo até o resultado, produzem uma grande quantidade de resíduos e requerem analistas treinados para a sua realização (ALAMAR , CARAMÊS , *et al.*, 2016).

Desta feita, a espectroscopia no IR se apresenta como uma excelente alternativa para superar os inconvenientes supracitados, mas é necessário o auxílio de ferramentas quimiométricas para o tratamento dos espectros coletados pois possuem uma grande quantidade de informação. Segundo Alamar, 2019, as técnicas quimiométricas PCA e PLS, dentre outras, têm auxiliado na construção de cartas de controle, que possuem elevada importância na manutenção do padrão de qualidade das polpas.

Richardson et al (2019) aplicaram NMR-1D em combinação com quimiometria para quantificar a adulteração de água de coco fresca por água-açúcar. Foram analisadas 45 amostras por PCA e PLS. Os resultados mostraram uma quantificação altamente sensível, com um limite de detecção de adulteração com açúcares de 1,3% e um erro quadrático médio de predição de 0,58% (RICHARDSON, MUHAMADALI, *et al.*, 2019).

Hodiernamente, é comum a comercialização de bebidas mistas, sobretudo néctares, com a composição de mais de uma fruta. No entanto, e em muitos casos, são adicionadas frutas de menor custo comercial ou com características sensoriais que não impactem no produto.

Assim, a presença da fruta deve ser confirmada para garantir a autenticidade dos produtos que são comercializados como puros e evitar possíveis fraudes (SORIA et al., 2008). Segundo Miaw et al (2018), nos últimos dez anos, diferentes técnicas analíticas vêm sendo aplicadas à análise de fraudes em bebidas à base de frutas, conforme relacionado na Tabela 1.

Tabela 1: Técnicas analíticas para análise de fraudes em bebidas à base de frutas.

Técnica	Tipo de análise	País	Referência
HPLC – DAD	Adulteração com limão, toranja e tangerina em suco de laranja	Espanha	Abad-García et al.,2014
GC – MS	Adulteração com uva e pêsego em suco de romã	Espanha	Nuncio – Jáuregui et al.,2014
HPLC – IRMS	Autenticação de sucos de limão e lima	França	Guyon et al., 2014
PCR convencional	Detecção de uva, morando e laranja em sucos de frutas	China	Han et al.,2012
PCR em tempo real	Adulteração com tangerina em suco de laranja	Espanha	Pardo, 2015
Espectroscopia UV-VIS	Detecção de adição de água em suco de uva e suco de maçã em suco romã	Itália	Boggia et al., 2013
Espectroscopia FT-IR	Adulterações por diluição com xaropes de glicose, frutose e sacarose em sucos de laranja	Reino Unido	Ellis et al., 2016
Espectroscopia FT-IR	Detecção de uva concórdia em blends de suco de uva	Estados Unidos	Snyder et al., 2014

Fonte 1: Extraído e adaptado de MIAW, 2018.

3.3.3 Químometria aplicada no rastreamento geográfico de frutas tropicais e/ou seus derivados

No ano de 2002 foi adicionado ao regulamento 2081/92 da Comunidade Econômica Europeia, o conceito de rastreabilidade, distinguindo-se duas classes de nomes geográficos, denominações de origem protegidas (DOP) e indicações geográficas protegidas (IGP). Diversos países apresentam legislação que protegem seus produtos de caráter alimentar que remontam à cultura de suas respectivas nações (FURIA, NACCARATO, *et al.*, 2011).

No Brasil, segundo Oliveira (2018), o Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) busca a valorização e reconhecimento de produtos de caráter regionais sendo o responsável pelo selo de indicação geográfica (IG) com duas categorias: (DO) Denominação de Origem e a Indicação de Procedência (IP).

Os métodos multivariados de análise de dados representam uma ferramenta estatística útil para diferenciar as variedades de frutas, com relatos, na literatura, de utilização, para classificação, de diversas frutas e subprodutos como melão, tomate e suco de frutas cítricas (CHANDRASEKARAN, PANIGRAHI, *et al.*, 2019).

Estudos descrevem o uso da espectroscopia UV-VIS, como teste na distinção do xarope de tâmara e o melaço da romã, podemos citar ainda o seu uso em diversos outros produtos fraude da carne caracterizada pela adição de ingredientes não à base de carne, incluindo sais, carragenina, maltodextrina e colágeno, bem como para autenticação do mel unifloral, usando a espectroscopia ATR-FTIR (FIORINO, GARINO, *et al.*, 2018).

Para Fiorino (2018) a autenticidade e rastreabilidade é de suma importância em toda a cadeia produtiva, desde a matéria-prima até produto. Uma certificação geográfica além de agregar valor ao produto possibilita ao consumidor mais segurança, na qualidade e autenticidade (FIORINO, GARINO, *et al.*, 2018). Os métodos empregados na identificação geográfica de um produto devem ter como características maior rapidez e menor custo. Diversos estudos relatam o uso da espectroscopia combinada a ferramentas quimiométricas multivariadas, como uma excelente opção para avaliar a qualidade de frutas e seus subprodutos. (MIAW, ASSIS, *et al.*, 2018)

Katerinopoulou et al (2020) em um estudo de revisão apresentaram o uso da quimometria na rastreabilidade geográfica de vários produtos, como batata, alface, pimenta, tomate, cebola, arroz, farinha, cereais, laranjas, ervas, azeite, mel, frutos do mar, carnes, leites entre outros. Contudo, algumas técnicas tornam possíveis a identificação de adulterantes nas amostras, bem como podem revelar indicações geográficas (ALAMAR , CARAMÊS , *et al.*, 2016). Neste âmbito também foram utilizadas as técnicas cromatográficas e espectrométricas para determinar impressão digital para a indicação geográfica (GONZÁLVES, LLORENS, *et al.*, 2009) (RODRÍGUEZ, LAVILLA e BENDICHO, 2010).

A técnica de impressão digital se apresentou muito eficaz para a rastreabilidade dos produtos não se concentrando em um composto específico, permitindo uma triagem inicial rápida para detectar diferenças entre as amostras. Em termos de técnicas quimiométricas, PCA e HCA são aplicadas para o tratamento dos dados gerados nas análises (DONNO, MELLANO, *et al.*, 2018). NUNEZ (2020), realizou estudo para determinar de impressão digital por HPLC-UV não direcionado, visando

a classificação e autenticação de amostras de café (três conjuntos de amostras de café). Foram usados como métodos quimiométricos PCA e PLS-DA e PLS quantificar adulterações de amostras. Araujo et al (2017) desenvolveram um método por imagens digitais e quimiometria para identificar adulterantes em açaí, modelando os histogramas obtidos por DD-SIMCA OC-PLS.

4 METODOLOGIA

4.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Foi realizada a pesquisa bibliográfica dos artigos indexados na plataforma da *Web of Science* utilizando a correlação de associação dos termos 1 e 2 nos indexadores título, resumo e palavras-chave, conforme tabela abaixo:

Tabela 2 – Termos de indexação usados na pesquisa bibliográfica

Termo de Indexação 1	Booleano	Termo de Indexação 2
<i>Pattern recognition</i>		<i>Tropical fruit</i>
		<i>Tropical fruit pulp</i>
		<i>Tropical fruit juice</i>
		<i>Pineapple fruit</i>
		<i>Acerola fruit</i>
<i>Multivariate calibration</i>	AND	<i>Açaí fruit</i>
		<i>Cajá fruit</i>
		<i>Cashew fruit</i>
		<i>Coconut fruit</i>
		<i>Guava fruit</i>
		<i>Guaraná fruit</i>
		<i>Soursop fruit</i>
<i>Classification Chemometric</i>		<i>Orange fruit</i>
		<i>Lemon fruit</i>
		<i>Mango fruit</i>
		<i>Passion fruit</i>
		<i>Papaya fruit</i>
		<i>Umbu fruit</i>

Fonte 2: Própria, 2021.

Ressalve-se que não foram feitas limitações ao ano de publicação ou, título da revista para seleção dos artigos.

4.2 ANÁLISE DOS ARTIGOS COM AUXÍLIO DO PROGRAMA VOSVIEWER

O conjunto de artigos gerados foram baixados em formato de texto simples (txt), permitindo análise no programa “VOSviewer. Esta ferramenta possibilita a construção e visualização de redes cientométricas por autores, ano, área de conhecimento,

métodos quimiométricos, métodos analíticos, autores por instituições relação de citações e revistas.

As redes de correlações geradas foram analisadas e quantificadas elencando as conexões dos descritores, coautores e tendências do uso dos métodos analíticos e das ferramentas quimiométricas ao longo dos anos, bem como suas aplicações nas matrizes estudadas.

4.3 AVALIAÇÃO DO GRAU DE IMPORTÂNCIA DE ARTIGOS

Foi realizado uma avaliação do grau de importância de cada um dos artigos para a temática estudada, seguindo a equação *InOrdinatio* (PAGANI , KOVALESKI e RESENDE , 2015), indicada abaixo:

$$InOrdinatio = \left(\frac{IF}{1000}\right) + (\alpha \times (10 - (Research\ Year - Publish\ Year))) + (Ci) \quad \mathbf{Eq. 1}$$

Em que:

- a. *IF* – Fator de impacto;
- b. α - fator de ponderação que varia de 1 a 10 atribuído pelo pesquisador
- c. *Research Year* – ano que a pesquisa foi desenvolvida;
- d. *Publish Year* – ano que o artigo foi publicado;
- e. *Ci* - número de vezes que o artigo foi citado, na base em estudo.

5 RESULTADOS

5.1 INDICADORES CIENTOMÉTRICOS

A pesquisa bibliográfica, conduzida no período de janeiro a agosto de 2021, inicialmente permitiu selecionar 375 artigos, na base de dados da *Web of Science*, seguindo as condições indicadas na metodologia. A distribuição dos artigos nos termos de busca seguiu o exposto na Tabela 3. Salienta-se que o segundo item de indexação (*tropical fruit*) representa todas as possibilidades de termo de indexação 2.

Tabela 3: Resultado das buscas por descritores.

ID	Termos de busca	Quantidade de artigos (resultados)	Artigos alinhados ao tema	Descartados
I	<i>Pattern recognition and tropical fruit</i>	63	22	41
II	<i>Multivariate calibration and tropical fruit</i>	43	32	11
III	<i>Classification chemometric and tropical fruit</i>	269	21	248
Total de artigos		375	75	300

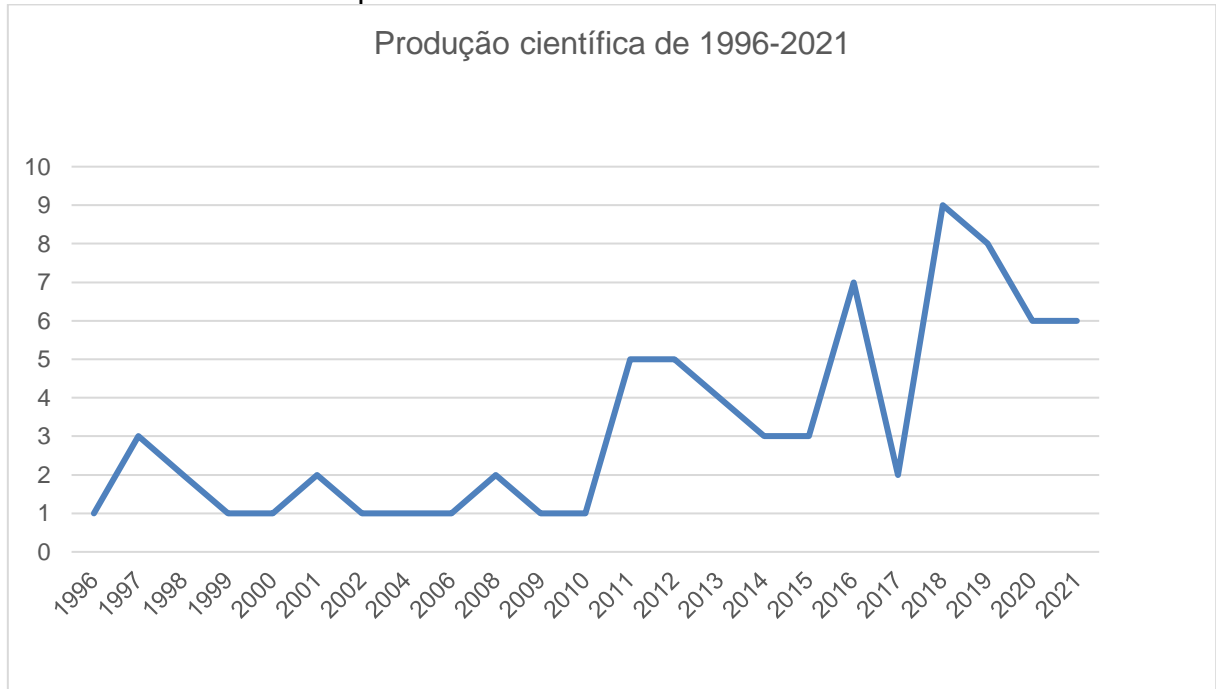
Fonte 3: Própria, 2021.

Em uma primeira análise dos artigos foi realizada a leitura dos títulos, palavras-chave e resumos, considerando a correlação dos termos de indexação e os elementos textuais descritos em cada trabalho (alinhamento). Foram descartados 300 artigos não alinhados ao tema, baseando-se nos itens estudados das publicações (resumo, título palavras-chave). A avaliação de adequação dos artigos ocorreu diretamente na base da WoS possibilitando exportar os dados nos arquivos de formato de texto simples (txt), RIS, Excel e arquivo delimitado por tabulação, que foram obtidos na pesquisa bibliográfica desenvolvida neste trabalho.

Após análise dos dados coletados, foi possível traçar um panorama de publicações, ao longo do tempo. É digna de nota a baixa quantidade de artigos encontrados na base de dados estudada (*Web of Science*) que continham os termos indexados, com apenas 75 artigos alinhados ao tema. Isto pode ser resultado de publicações em revistas que não estão indexadas na base de dados como perspectiva mais provável em relação à desatenção da comunidade científica de pesquisadores

de países que possuam clima tropical. Pode ser observado na Figura 1, que a base de dados possui informações sobre artigos que continham os termos indexados a partir de 1996. O número de publicações mantém-se estável até 2010 e cresce até 2021.

Figura 1 - Indicadores de produção científica de métodos quimiométricos aplicados em análises de frutas tropicais e derivados.

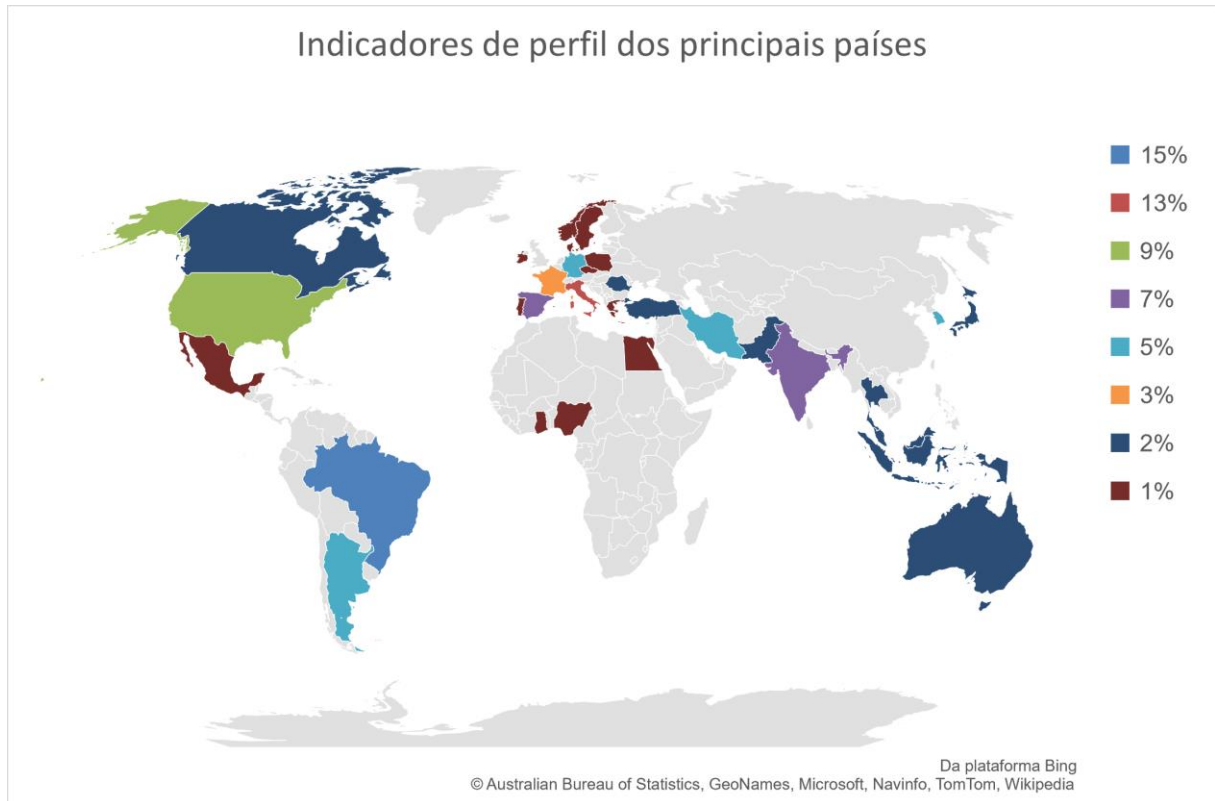


Fonte 4: Própria, 2021.

O crescimento na quantidade de publicações pode estar relacionado com as mudanças na alimentação da população e com o aumento da produção e consumo, imputando ao mercado a necessidade de estudos de melhoria da qualidade do processo produtivo. Estes fatores geram a necessidade de métodos analíticos mais precisos, exatos e de menor custo.

Em termos dos países das instituições promotoras das publicações científicas em quimiometria aplicada em análise de frutas tropicais e seus derivados, indexados na WoS, destaca-se o Brasil com o maior número de publicações, seguida de Itália, China, EUA, Índia e Espanha que juntos chegam a cerca de 64% dos trabalhos publicados no mundo. Como podemos observar na Figura 2.

Figura 2: Indicadores de perfil bibliométricos dos principais países com artigos indexados na base WoS.



Fonte 5: Própria, 2021.

O Brasil além de apresentar a maior contribuição no quantitativo de publicações é o país que obteve o maior número de citações em seus trabalhos. No entanto a Itália apresenta o maior índice de impacto (h-index). Como pode ser observado na Tabela 4. A China, por sua vez, apresenta um h-index de destaque afirmando sua importância para a área estudada. Hodiernamente, a China é o maior produtor de frutas no mundo, sendo responsável por 28,1% da produção mundial, seguido da Índia 11,5 % e do Brasil com 5,4%. Este cenário pode ser influenciador aos bons resultados que estes países apresentam em relação às pesquisas no setor, haja vista a crescente necessidade de análises envolvidas para garantir a qualidade do produto.

Na tabela 4, pode-se observar que há países que não são de localização tropical, mas possuem trabalhos relacionados a temática estudada, como é o caso da Itália, EUA, Alemanha, Inglaterra, França e Espanha, com destaque para os EUA e Espanha, que apresentam 8 e 6 trabalhos, respectivamente. Este panorama pode estar relacionado a colaboração destes países e/ou entidades de pesquisa, com outros países tropicais, assim como as duras exigências legais para importação dos produtos.

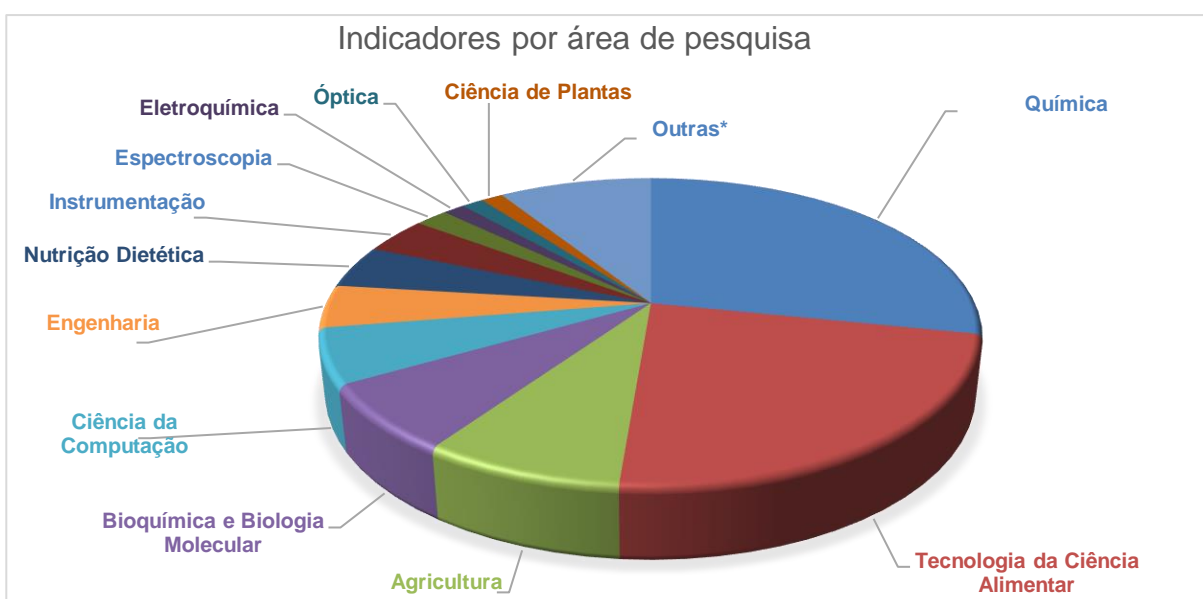
Tabela 4: Classificação dos países que mais publicaram na área.

País	Total de publicações	h-index	Número de citações
Brasil	13	7	269
Itália	11	8	178
China	11	7	231
EUA	8	6	186
Índia	6	4	81
Espanha	6	4	192
Alemanha	4	4	175
Iran	4	4	144
Argentina	4	3	113
Inglaterra	3	3	93
França	3	3	144
Coréia do Sul	4	2	20

Fonte 6: Própria, 2021.

Considerando os trabalhos indexados na WoS, as publicações referentes ao tema estudado estão distribuídas em 26 áreas de pesquisas. As áreas com maiores publicações são em Química com 28% do número total de publicações, tecnologia dos alimentos (23%) e agricultura (8%). Embora os maiores percentuais estejam nas áreas supracitadas é importante ressaltar que os trabalhos perpassam as mais diversas áreas de pesquisa, como pode ser observado com maiores detalhes na Figura 3.

Figura 3: Classificação das áreas de pesquisa que possuem trabalhos indexados.



Fonte 7: Própria, 2021.

Para uma melhor representação, a opção "outras (9%)" é o somatório de 14 áreas que possuem apenas 1 (um) trabalho, mas que aplicam métodos quimiométricos em amostras de frutas em seus estudos, dentre as quais podemos citar: Alergia, Sistemas de Controle de Automação, Microbiologia Aplicada à Biotecnologia, Endocrinologia, Ecologia, Imunologia, Matemáticas, Paleontologia, Farmacologia, Física, Radiologia, Medicina Nuclear, Imagens médicas, Telecomunicações, Toxicologia, Zoologia.

Dentre as revistas que possuem artigos com os termos indexados as da área de alimentos são as que possuem mais publicações, destacando-se a revista *Food Chemistry*, seguida da *Analytica Chimica Acta*, conforme se vê na Tabela 5.

Tabela 5: Classificação das revistas com artigos indexados na base WOS.

ID	Revistas	Quantidade de trabalhos	Fator de Impacto
1	<i>Food chemistry</i>	6	7,514
2	<i>Analytica chimica acta</i>	4	6,558
3	<i>Journal of agricultural and food chemistry</i>	4	5,279
4	<i>Journal of food composition and analysis</i>	4	4,556
5	<i>Scientia horticultrae</i>	4	3,463
6	<i>Food analytical methods</i>	3	3,366
7	<i>Molecules</i>	2	4,411
8	<i>Bulletin of the korean chemical society</i>	2	0,969
9	<i>Computers and electronics in agriculture</i>	2	5,565
10	<i>European food research and technology</i>	2	2,998

Fonte 8: Própria, 2021.

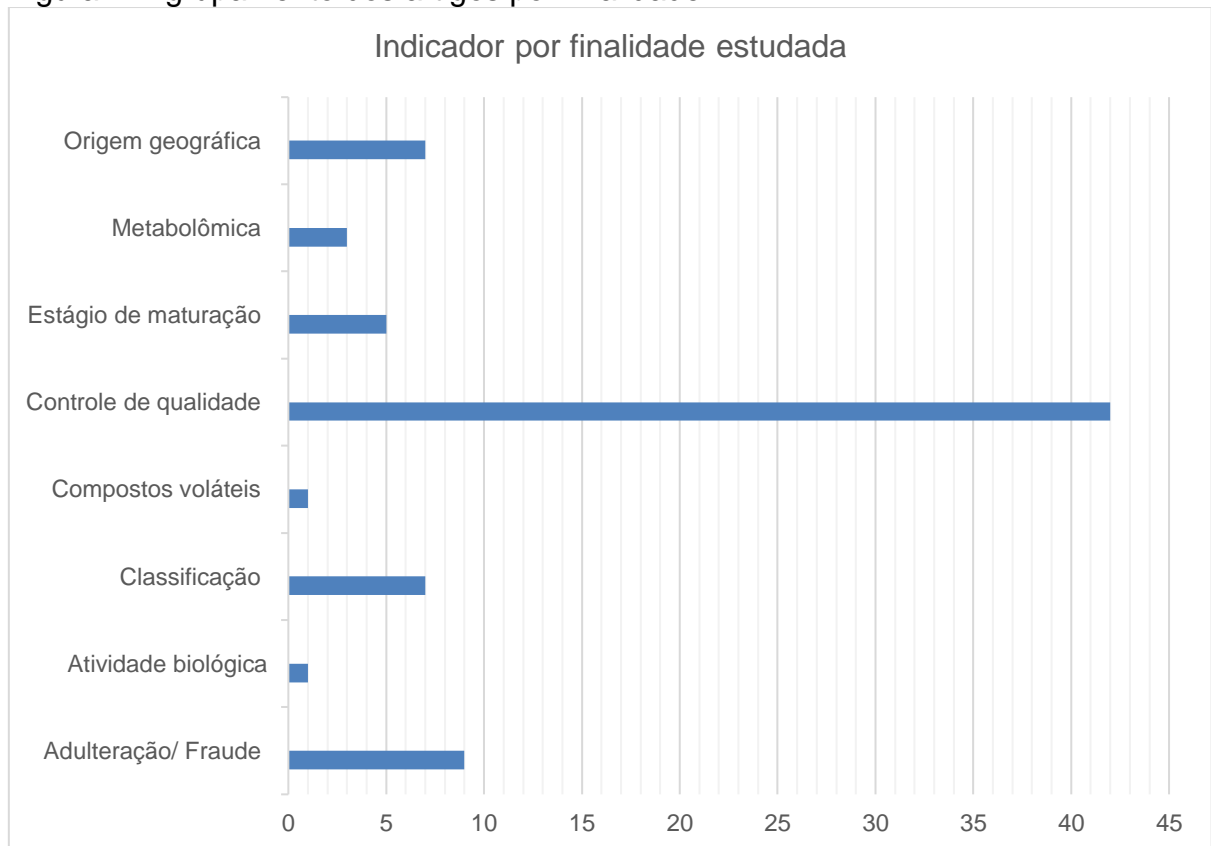
Os trabalhos foram analisados e organizados visando o tipo de proposta de resolução dos problemas apresentados e descritos, foram agrupados em oito (08) finalidades distintas, como se vê na Figura 4. Controle de qualidade e adulteração/fraude se apresentaram como os campos estudados com maiores conjuntos de artigos, reforçando a ideia da pesquisa atendendo a necessidade do mercado.

Outro elemento que foi analisado pelos pesquisadores e merece destaque, são os estudos de origem geográfica dos produtos, haja vista a quantidade de

commodities que possuem indicações geográficas protegidas, a exemplo da fruta cítrica clementina, da região da Calábria, sul da Itália.

Neste contexto, os trabalhos apresentaram em seus estudos o uso do conjunto de ferramentas quimiométricas, que auxiliam na identificação e características das matrizes estudadas, identificando sua origem ou região de acordo com suas propriedades físicas e químicas.

Figura 4: Agrupamento dos artigos por finalidade



Fonte 9: Própria, 2021.

Em relação as frutas estudadas a laranja é a fruta com maior número de estudos, cerca de 45 % dos trabalhos encontrados realizaram análise com a fruta e/ou seus derivados. A literatura apresenta diversas aplicações da quimiometria com a fruta em questão, possuindo estudos em quase todos os campos agrupados, supracitados e mais bem detalhado na tabela 6.

A laranja é uma das frutas mais consumidas no mundo, sendo o Brasil o maior produtor do fruto e do derivado suco, detendo 50% da produção de mundial do suco. Este mercado movimenta mais de 1 bilhão de dólares por ano e o suco é exportado para EUA, China, Japão, União Europeia entre outros países.

Tabela 6: Relação dos trabalhos publicados por finalidade de estudo.

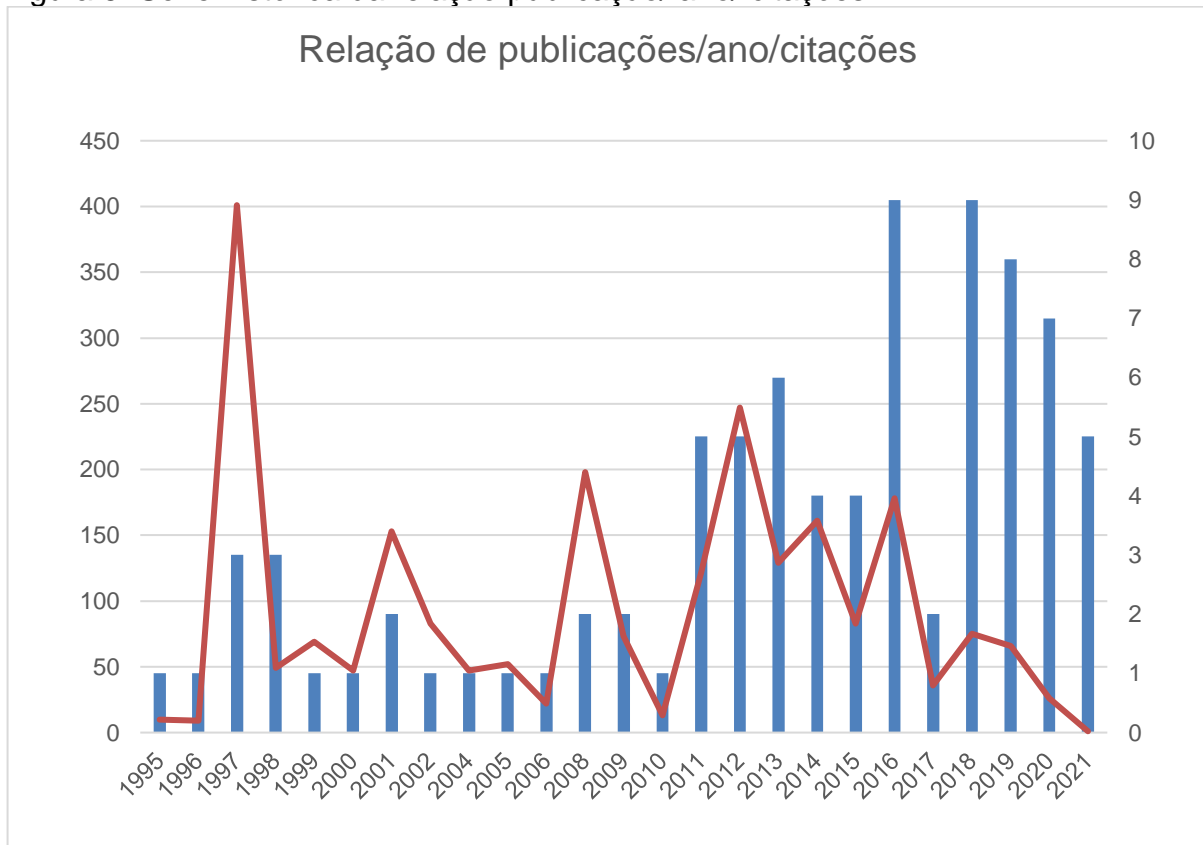
Finalidade do estudo	Quantidade de trabalhos	Matriz estudada
Adulteração/ Fraude	9	Abacaxi, bergamota, laranja, limão, tangerina, toranja, e maracujá
Atividade biológica	1	Longan
Classificação	7	Coco, durian, laranja, manga, suco de laranja, toranja, tangerina, romã
Compostos voláteis	1	Noni
Controle de qualidade	42	Abacaxi, abacate, banana, bergamota, <i>bayberry</i> , caju, coco goiaba, graviola, kiwis, laranja, limão, lima, manga, maracujá, pêsego, peras, tangerinas, toranja, tomate, umbu, uva.
Estágio de maturação	5	Acerola, manga, damasco.
Metabolômica	3	Açaí, laranja, limão, tangerina, toranja e manga
Origem geográfica	7	Abacate, clementina, laranja, limão, pomelos, tangerinas

Fonte 10: Própria, 2021.

Analisado as citações dos trabalhos, foi verificado que aqueles publicados no ano de 1997, possuem o maior número de citações da série histórica da temática, com total de 400 citações, conforme se vê na Figura 5, possuindo a laranja como uma das matrizes estudadas. Foi examinado a relação publicações/ano/citações, o artigo com maior destaque é intitulado “*An electronic tongue based on voltammetry*” dos autores WINQUIST, WIDE, e LUDSTRÖM, publicado na revista “*Analytica Chimica Acta*” com o total de 307 citações, configurando-o como um dos trabalhos mais importantes para área da quimiometria.

O trabalho realizou a classificação de diversas bebidas de frutas e leite, utilizando o conceito de uma língua eletrônica baseada em voltametria, com a finalidade de averiguar o potencial da técnica e uso de voltametria de pulso combinada com métodos multivariados para fins de classificação.

Figura 5: Série histórica da relação publicação/ ano/ citações.

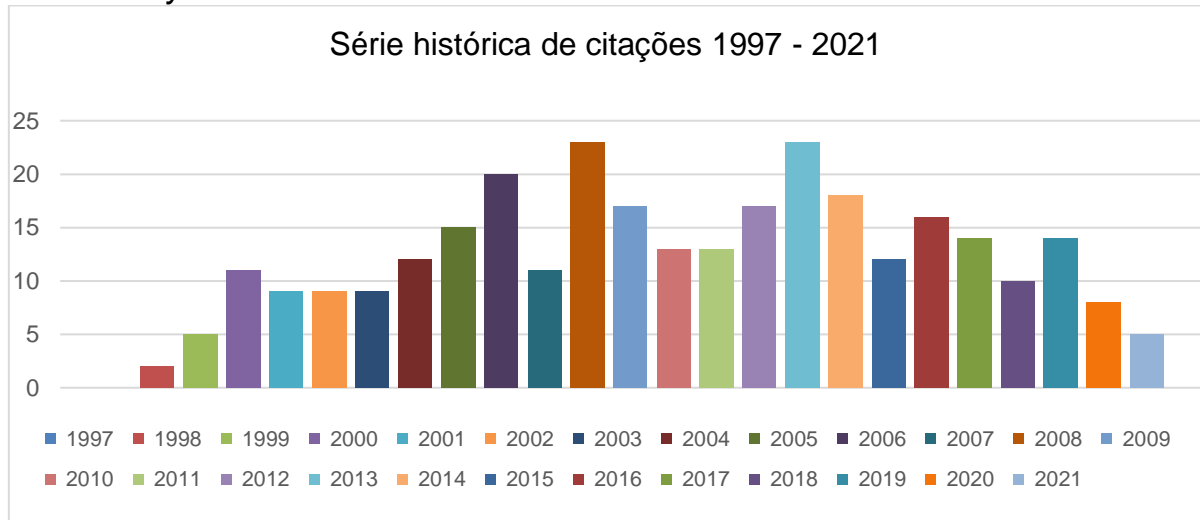


Fonte 11: Própria, 2021.

Analisando a série histórica de citações deste trabalho, pode-se observar que apenas em 1997 (ano de publicação do artigo) o trabalho não foi citado, porém ao longo dos anos o número de citações cresce significativamente, conferindo maior notoriedade ao manuscrito.

Este fato corrobora com a ideia de que há um tempo mínimo para o reconhecimento de um determinado trabalho, pela comunidade científica, a depender do seu grau de inovação. Para o trabalho citado, foram 2 anos pós - publicação, vê-se que nos primeiros 10 anos (1997 – 2006) o trabalho atingiu 92 citações, contudo o segundo decênio (2007 – 2017) é o período de maior visibilidade do artigo obtendo um total de 163 citações, sendo o ano de 2008 com o maior número (23). Para o período de 2018 a 2021, o artigo atinge 51 citações. Como pode ser visto na Figura 6.

Figura 6: Série histórica de citações do artigo “*An electronic tongue based on voltammetry*”

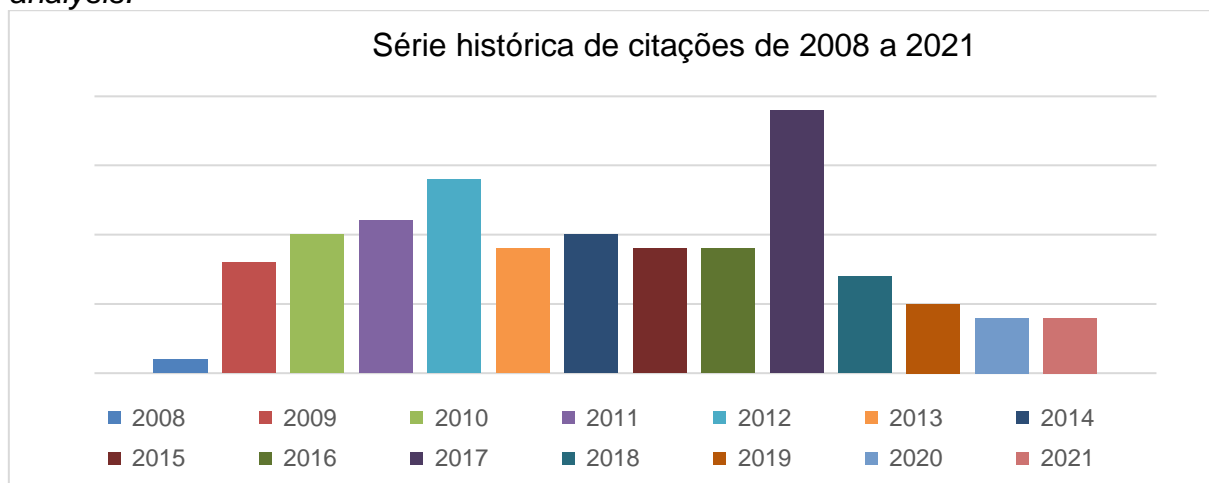


Fonte 12: Própria, 2021.

Analogamente, o artigo de título “*Determination of effective wavelengths for discrimination of fruit vinegars using near infrared spectroscopy and multivariate analysis*”, possui o segundo maior número de citações (121), publicado no ano de 2008 na revista “*Analytica Chimica Acta*” pelo autores LIU, HE e WANG. O trabalho atinge seu ápice de citações no ano de 2017, cerca de 10 anos após sua indexação na base. Figura 7.

O trabalho realizou análise de amostras de vinagres de maçã, limão e pêsego, por Espectroscopia de infravermelho próximo (NIR), baseada em comprimentos de onda efetivos (EWs). Foram analisadas um total de 180 amostras, subdivididas em 45 de cada variedade selecionadas aleatoriamente para o conjunto de calibração e 60 amostras divididas em 15 para cada variedade para o conjunto de validação, 24 amostras para o conjunto de variáveis independentes. A análise discriminante de mínimos quadrados parciais (PLS-DA) e máquina de vetor de suporte de mínimos quadrados (LS-SVM) foram implantados para os modelos de calibração. O manuscrito descreve que a espectroscopia NIR combinada com modelos de LS-SVM discriminou com alta precisão as variedades de vinagres de frutas.

Figura 7: Série histórica de citações do artigo “*Determination of effective wavelengths for discrimination of fruit vinegars using near infrared spectroscopy and multivariate analysis*”.



Fonte 13: Própria, 2021.

Contudo, o grau de importância de um artigo, para uma determinada área de estudo, nem sempre está relacionado apenas com seu número de citações. É necessário considerar outros fatores inerentes como, fator de impacto da revista, ano de publicação e a correlação entre estes elementos. Neste trabalho, para determinar a relevância dos artigos estudados, foi aplicado o método *InOrdination*, conforme indicado na metodologia, elencando - os de acordo com seu grau de relevância. A tabela 7 apresenta os 15 artigos mais relevantes, entre os estudados neste trabalho, conforme o método, o *ranking* com todos os artigos está disponível no apêndice 1.

Tabela 7: Classificação dos artigos segundo método *InOrdination*

(continua)				
Título	Autores	Revista	Citações	Ano
An electronic tongue based on voltammetry	Winqvist, F; Wide, P; Lundstrom, I	Analytica chimica acta	307	1997
Determination of effective wavelengths for discrimination of fruit vinegars using near infrared spectroscopy and multivariate analysis	Liu, F; He, Y; Wang, L	Analytica chimica acta	121	2008
Rapid and non-destructive determination of quality parameters in the 'Tommy Atkins' mango using a novel handheld near infrared spectrometer	Marques, EJN; de Freitas, ST; Pimentel, MF; Pasquini, C	Food chemistry	76	2016

Tabela 7: Classificação dos artigos segundo método *InOrdination*

(continuação)

Content based image retrieval using image features information fusion	Ahmed, KT; Ummesafi, S; Iqbal, A	Information fusion	39	2019
Reflectance Vis/NIR spectroscopy for nondestructive taste characterization of Valencia oranges	Jamshidi, B; Minaei, S; Mohajerani, E; Ghassernian, H	Computers and electronics in agriculture	80	2012
Determination of five pesticides in juice, fruit and vegetable samples by means of liquid chromatography combined with multivariate curve resolution	Boeris, V; Arancibia, JA; Olivieri, AC	Analytica chimica acta	59	2014
The use of visible and near infrared spectroscopy for evaluating passion fruit postharvest quality	Maniwaru, P; Nakano, K; Boonyakiat, D; Ohashi, S; Hiroi, M; Tohyama, T	Journal of food engineering	54	2014
Liquid chromatography-mass spectrometry-based metabolomics for authenticity assessment of fruit juices	Vaclavik, L; Schreiber, A; Lacina, O; Cajka, T; Hajslova, J	Metabolomics	63	2012
Fruit juice authentication by H-1 NMR spectroscopy in combination with different chemometrics tools	Cuny, M; Vigneau, E; Le Gall, G; Colquhoun, I; Lees, M; Rutledge, DN	Analytical and bioanalytical chemistry	78	2008
Total anthocyanin content determination in intact acai (<i>Euterpe oleracea</i> Mart.) and palmitero-jucara (<i>Euterpe edulis</i> Mart.) fruit using near infrared spectroscopy (NIR) and multivariate calibration	Inacio, MRC; de Lima, KMG; Lopes, VG; Pessoa, JDC; Teixeira, GHD	Food chemistry	48	2013
Determination of main fruits in adulterated nectars by ATR-FTIR spectroscopy combined with multivariate calibration and variable selection methods	Miaw, CSW; Assis, C; Silva, ARCS; Cunha, ML; Sena, MM; de Souza, SVC	Food chemistry	23	2018

Tabela 7: Classificação dos artigos segundo método *InOrdination*

(conclusão)				
Quality evaluation of frozen guava and yellow passion fruit pulps by NIR spectroscopy and chemometrics	Alamar, PD; Carames, ETS; Poppi, RJ; Pallone, JAL	Food research international	28	2016
Provenance discrimination of Sorrento lemon with Protected Geographical indication (PGI) by multi-elemental fingerprinting	Ruggiero, L; Fontanella, MC; Amalfitano, C; Beone, GM; Adamo, P	Food chemistry	0	2021
Quantification of carbohydrates in fruit juices using FTIR spectroscopy and multivariate analysis	Leopold, LF; Leopold, N; Diehl, HA; Socaciu, C	Spectroscopy-biomedical applications	57	2011
Rapid assessment of metal contamination in commercial fruit juices by inductively coupled mass spectrometry after a simple dilution	Tormen, L; Torres, DP; Dittert, IM; Araujo, RGO; Frescura, VLA; Curtius, AJ	Journal of food composition and analysis	52	2011

Fonte 14: Própria, 2021.

Quando analisado a relação dos artigos classificados pelo método, percebemos que alguns trabalhos, mesmo possuindo um maior número de citações, localizam-se em posições abaixo de outros com menores citações. Isto se deve ao fato do ajuste proposto pelo método, ajustando a relação do ano de publicação do artigo/fator de impacto da revista/quantidade de citações, bem como as suas correlações. Considerando aqueles artigos mais jovens e com poucas citações, mas que foram publicados em revistas com altos fatores de impacto, conforme disposto na equação 1, descrita na metodologia.

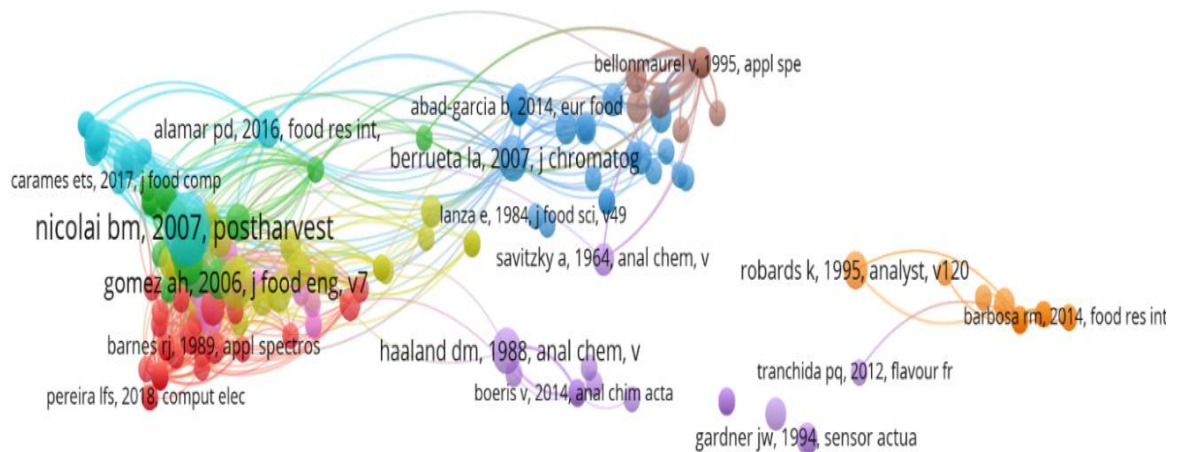
5.2 ANÁLISES DE REDES DE RELACIONAMENTO

Com o auxílio do *software VOSviewer*, para organizar o banco de dados, foram construídas redes para acorrer na análise dos artigos. Inicialmente, arquitetou-se um diagrama de cocitações de artigos, ou seja, a relação das referências citadas

concomitantemente pelo conjunto de artigos da amostra. A figura 8 apresenta os *clusters* referentes às redes de citações. Os *clusters* em maior destaque representam os artigos mais citados.

Observamos um total de 178 autores citados, realizando 2525 interligações, formando 9 (nove) *clusters* distintos, com as seguintes representações: *Cluster 1* cor vermelho, com 26 autores; *cluster 2* – verde, com 24 autores; *cluster 3* – azul escuro, com 23 autores; *cluster 4* – verde claro, com 21 autores; *cluster 5* – lilás escuro, com 19 autores; *cluster 6* – azul claro, com 18 autores; *cluster 7* – laranja, com 17 autores; *cluster 8* – marrom, com 17 autores; e *cluster 9* – lilás claro, com 13 autores.

Figura 8: Gráfico de rede de relacionamento de cocitação



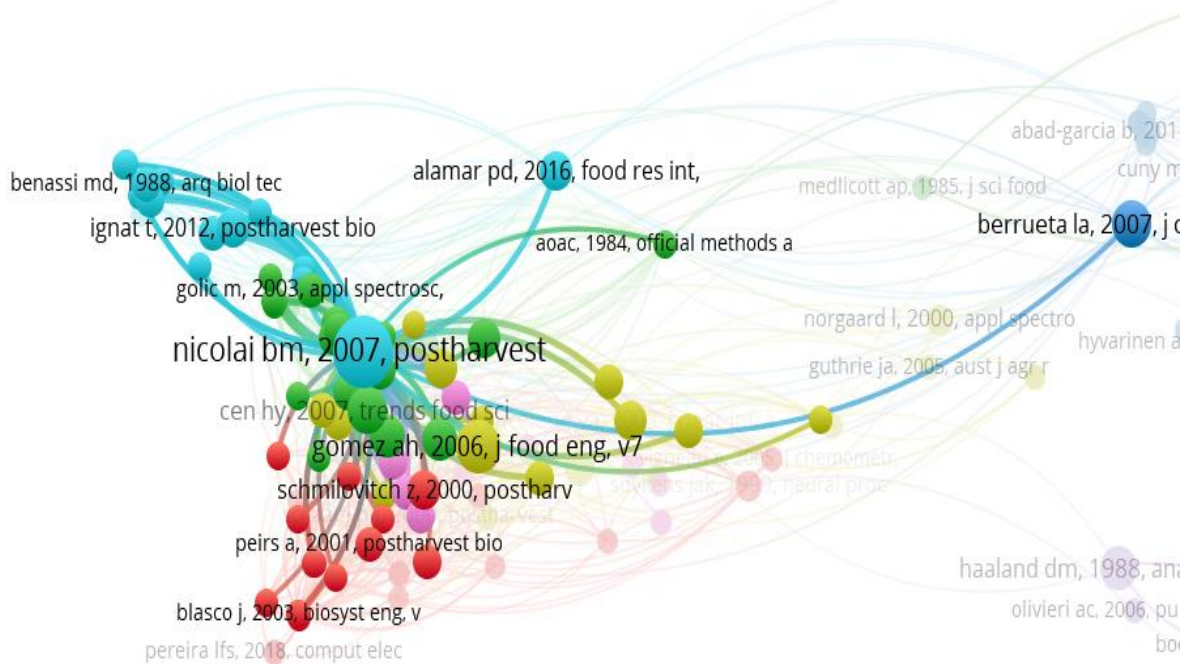
Fonte 15: Própria, 2021.

O autor NICOLAI, BM, 2008, destaca-se com maior número de citações, integrante do *cluster 6*, possui 15 citações no conjunto dos artigos analisados, embora seu trabalho não esteja indexado na WOS, vimos que realizou avaliação por meio da espectroscopia de transformada de Fourier – NIR, no controle de qualidade de

laranjas valências, utilizando-se de pré-processamento nos modelos de CI (cor de indicador), massa, SST e vitamina C.

É notório as interligações realizadas pelo trabalho supracitado, em quase todos os *clusters*, afirmando sua importância para área estudada, servindo de base teórica para outras técnicas de análises, a exemplo do trabalho de ABAD-GARCIA, 2012, que faz referencia ao trabalho de NICOLAI, 2008, embora a técnica analítica utilizada para suas análises seja HPLC de fase reversa. A figura 9, apresenta as interligações dos trabalhos citados, entre outros.

Figura 9: Gráfico de bolhas - representação dos principais co-citados.



Fonte 16: Própria, 2021.

Os *clusters* na tonalidade laranja, figura 8, como pode ser observado, não possuem muitas conexões com aqueles que apresentam maiores volumes de citações, o mesmo ocorre para alguns autores do *cluster* lilás escuro, que se apresentam de forma isolados, indicando que estes trabalhos possuem pouca visibilidade para área.

Analisando as palavras-chave e suas respectivas frequências, observa-se, na tabela 8, que as palavras “*fruit juice*” (suco de fruta) e “*quality control*” (Controle de qualidade), possuem as maiores ocorrência e interligações, corroborando com que foi

discutido anteriormente, no que se refere a distribuição dos artigos por finalidades estudadas.

Tabela 8: Relação das palavras-chaves e suas ocorrências.

Paravras-chave	Ocorrência	Total de interligações
<i>fruit juice</i>	20	246
<i>quality control</i>	20	218
<i>non destructive method</i>	18	190
<i>chemometrics</i>	16	185
<i>nir spectroscopy</i>	16	168
<i>pls</i>	15	166
<i>soluble solids</i>	15	170
<i>fruits</i>	14	142
<i>chromatography</i>	13	153
<i>classification</i>	13	160
<i>pattern recognition</i>	13	133
<i>mass spectrometry</i>	10	129
<i>predictive model</i>	10	113
<i>multivariate calibration</i>	8	84
<i>adulteration</i>	7	80
<i>mango fruit</i>	7	80
<i>principal component analysis</i>	7	101
<i>spectroscopy</i>	7	79
<i>apple fruit</i>	6	74
<i>food analysis</i>	6	86

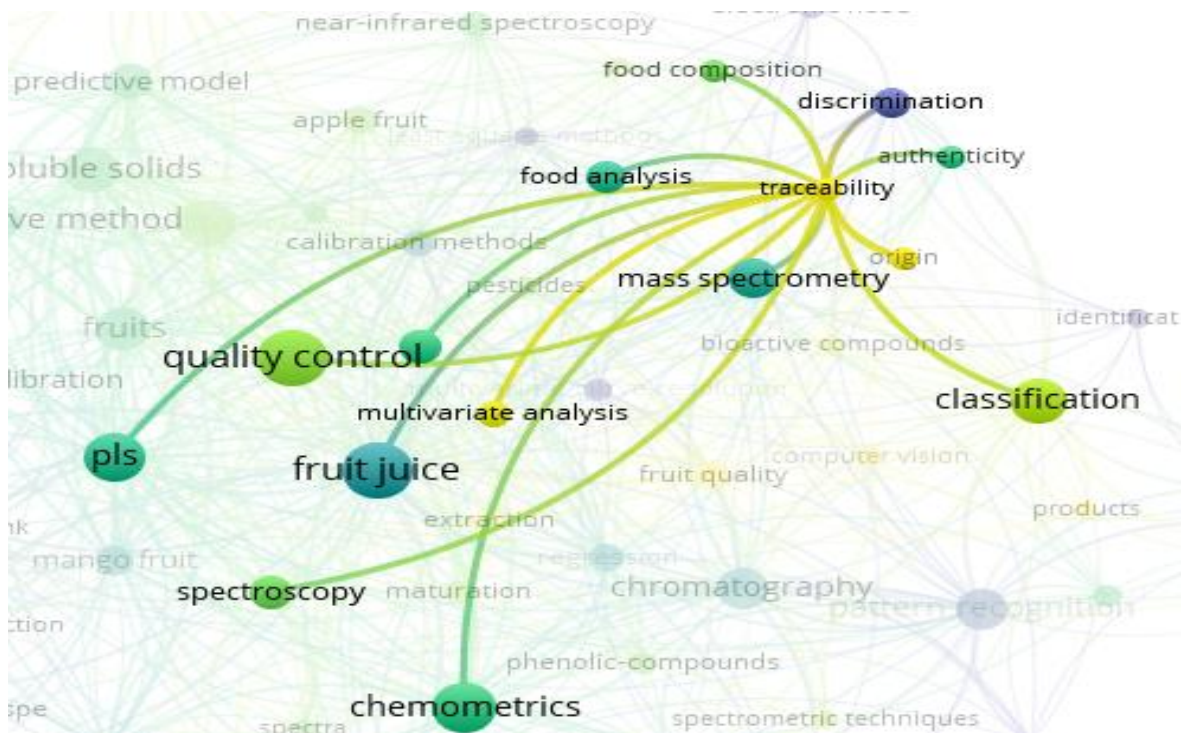
Fonte 17: Própria, 2021.

A ocorrência das palavras “*non destructive method*”, “*nir spectroscopy*” e “*pls*”, indica que um conjunto significativo de autores, utilizam-se das técnicas não destrutivas em suas análises a exemplo das técnicas de espectroscopia no infravermelho, aplicando a quimiometria em suas análises, com maior destaque para a técnica dos mínimos quadrados parciais (PLS).

Destacamos outras duas técnicas analíticas também dispostas na tabela a *chromatography* (13) – Cromatografia e a *mass spectrometry* (10) – Espectrometria de massa, assim como as técnicas quimiométricas *principal component analysis* (PCA), 7, e *multivariate calibration*, 8. Observamos que estas palavras estão associadas a *adulteration* (7), elucidando a ideia das análises no âmbito da adulteração e fraude e *soluble solids* (15), notoriamente um analito. Estas relações

analíticas e quimiométricas para análise visando o controle de qualidade, assim como na rastreabilidade dos produtos e detecção da origem das frutas e derivados, haja vista que há uma interligação com *juice fruit* (suco de fruta). Conforme observado na figura 11.

Figura 11: Rede de correlação das palavras-chave dos artigos mais recentes



Fonte 19: Própria, 2021.

As análises realizadas no programa VOSviewer possibilitou verificar ao longo do tempo, quais técnicas estão sendo mais utilizadas e qual a relação daquela técnica com o conjunto de matriz de interesse (fruta e/ou derivado), bem como as tendências das pesquisas relativas ao tema.

5.3 INDICADORES DA APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS ANALÍTICAS EM AMOSTRAS DE FRUTAS

Foi observado os métodos de análises das matrizes estudadas, nos trabalhos indexados, buscando a correlação das técnicas analíticas com os métodos quimiométricos aplicado nas análises das amostras. É importante informar que para

melhor compreensão e análise, o conjunto de artigos estudados foi dividido naqueles que apresentaram apenas uma técnica analítica em suas análises, constituindo 87% dos artigos indexados e os que apresentaram duas ou mais técnicas para análise das amostras, totalizando 13% dos trabalhos.

Verificou-se que as técnicas mais aplicadas na análise de frutas são as espectroscópicas, com um total de 49% dos artigos, com ênfase para o conjunto de técnica que tange a espectroscopia no infravermelho, 37 %. Outras técnicas de análise que merecem destaque são as que realizaram análise por imagem, com 13% dos trabalhos indexados, e a cromatografia líquida de alta eficiência, com 9% dos indexados. Conforme disposto na tabela 9.

Tabela 9: Indicadores de aplicação das técnicas analíticas.

Técnica de análise	Quantidade de artigos publicados	% Contribuição
Análise por imagem	10	13%
Cromatografia líquida de alta eficiência	8	11%
Digestão por micro-ondas	1	1%
Eletroforese Capilar (CE)	1	1%
Espectroscopia de fluorescência	2	3%
Espectroscopia de Plasma	3	4%
Espectroscopia no Infravermelho	28	37%
Espectroscopia Raman	2	3%
Espectroscopia UV-VIS	1	1%
Espectroscopia de massa	1	1%
Extração de características GLCM e técnicas de computação suave	1	1%
Nariz Eletrônico	3	4%
RMN	2	3%
Voltametria	2	3%

Fonte 20: Própria, 2021.

Para os trabalhos que apresentaram mais de uma técnica analítica nas análises das amostras, a Cromatografia Gasosa foi a técnica que apresenta maior associação com outras técnicas, para as análises de frutas tropicais, conforme podemos ver na tabela 10.

Tabela 10: Lista de artigos que apresentaram mais de uma técnica analítica.

Técnica analítica	Quantidade de artigos publicados	% Contribuição
Cromatografia gasosa - espectrometria de massa	2	3%
Cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa(GC-MS); Espectroscopia de Ressonância Magnética Nuclear (RMN); Espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FITR)	1	1%
Cromatografia líquida (LC); Espectroscopia de massa (MS)	1	1%
Espectrometria de absorção atômica eletrotérmica; Espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado; Eletroforese Capilar;	1	1%
Espectroscopia de fluorescência ; Cromatografia líquida de alta eficiência	1	1%
GC-MS; RMN; cromatografia de permeação em gel de alto desempenho (HPGPC)	1	1%
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC); Cromatografia gasosa (GC)	1	1%
Revisão de diversas técnicas não destrutivas	1	1%

Fonte 21: Própria, 2021.

5.4 INDICADORES DA APLICAÇÃO DE TÉCNICAS QUIMIOMÉTRICAS EM ANÁLISE DE FRUTAS TROPICAIS E DERIVADOS

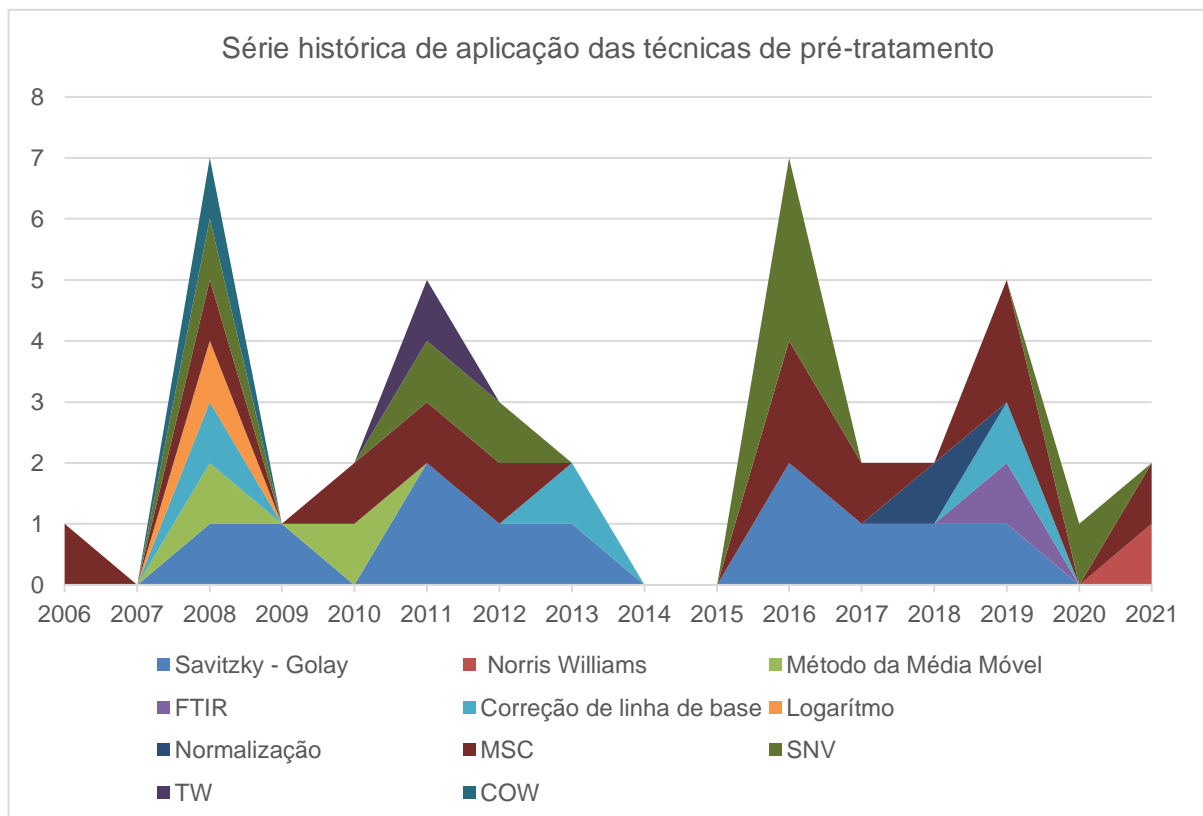
Esta seção apresenta indicadores de aplicação do conjunto de técnicas quimiométricas encontrados nos artigos indexados na base WoS e alinhados ao tema. É importante ressaltar que embora os dados possam ser apresentados separadamente para cada técnica quimiométrica, em algumas subseções, muitos

trabalhos utilizaram-se de mais de uma técnica no tratamento dos seus dados. Contudo a forma disposta aqui, consiste para organização desde trabalho.

5.4.1 Pré-tratamento

Observou-se que 22 artigos utilizaram algum tipo de pré-tratamento quimiométrico, em suas análises, o MSC (correção de dispersão multiplicativa) é o primeiro a aparecer no rol dos artigos estudados, no ano de 2006. Aplicado em espectros NIR, extraídos da análise da fruta *BayBerry*, dos autores Li, XL; He, Y, 2006, publicado na revista *European food research and technology*. Quando analisamos a série história de pré-tratamento, foi constatado que há lacunas na aplicação das técnicas, como podemos ver na figura 12.

Figura 12: Série histórica da aplicação de técnicas de pré-tratamento.



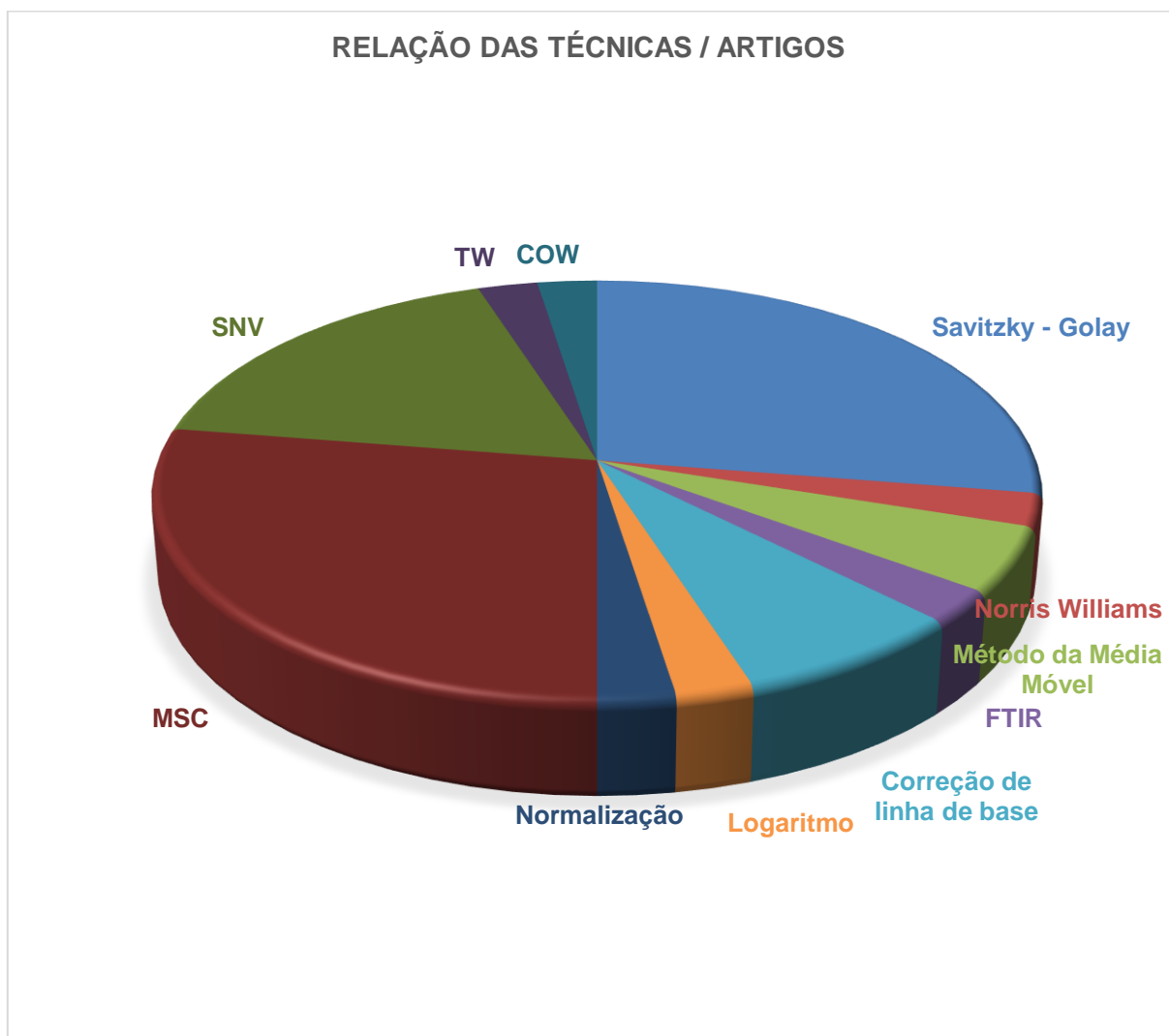
Fonte 22: Própria, 2021.

As técnicas de alisamentos Savitzky – Golay (SG), FTIR, Método da Média Móvel, correspondem a 64% do total dos artigos que aplicaram pré-tratamentos, e 19% do total dos artigos estudados. Savitzky-Golay se apresenta com uma das

técnicas de pré-tratamento mais utilizadas seguida do MSC com 15% do total dos artigos que realizaram pré-tratamento, conforme figura 13. A Padronização Normal de Sinal (SNV) é a 3ª técnica mais utilizada, contudo só aparece nos artigos indexados no ano de 2008, sendo aplicada na análise do espectro de vinagres de frutas, Babosa, maçã, limão e pêsego, pelos autores Liu, F; He, Y; Wang, L. Além da SNV os pesquisadores aplicaram os pré-tratamentos de Suavização de Média Móvel; SG e MSC.

No que se refere a aplicação de pré-tratamentos encontramos as seguintes aplicações, nas análises de frutas tropicais: Savitzky – Golay (11), Norris Williams (1), Método da Média Móvel (2), FTIR(1), Correção de linha de base(3), Logaritmo (1), Normalização (1), MSC (11), SNV (7), TW (1), COW (1).

Figura 13: Relação das técnicas de pré-tratamento por artigos e suas aplicações



5.4.2 Indicadores de aplicação das técnicas de reconhecimento de padrões não supervisionados

Esta seção aborda os indicadores de aplicação das técnicas de reconhecimento de padrão não supervisionada, no conjunto de artigos estudados.

5.4.2.1 Análise por componentes principais (PCA)

No que se refere a aplicação de PCA, em análise de frutas tropicais, observou-se que 53 % dos trabalhos indexados apresentaram análise exploratória. O primeiro artigo indexado na base que faz uso da análise por componentes principais modificada (MPCA), para analisar odores de compostos voláteis das frutas maçãs, bananas, laranja e pera, pela técnica “nariz eletrônico”. Publicado em 1996 na revista *Analytica Chimica Acta* dos autores CAO, XU, *et al.*, 1996, intitulado “*Mimicking the olfactory system by a thickness-shear-mode acoustic sensor array*”, o trabalho apresentou uma pontuação negativa no cálculo do método InOrdination ficando na penúltima colocação do *ranking*, o que demonstra a pouca visibilidade da comunidade científica com o manuscrito, outro fato que corrobora com esta ideia é o número baixo de citações do artigo, atingindo apenas 9 citações, até o momento desta pesquisa.

WINQUIST, 1997, utilizou PCA para interpretar dados de voltametria, a técnica simulou o sentido da degustação, para classificar sucos de frutas (laranja e maçã), refrigerantes e leite, avaliando seu processos de envelhecimento, quando armazenado a temperatura ambiente. O trabalho apresenta a técnica “ língua eletrônica”, é o trabalho mais bem colocado pelo método *InOrdination*, uma vez que possui obteve o maior valor do índice, conforme equação 1.

Foi observado, uma grande diversidade de técnicas aplicadas na análise de frutas tropicais, utilizando o PCA no tratamento dos dados, dentre elas temos: Cromatografia líquida de alta eficiência – análise de Tomate, suco de laranja, suco de toranja, limão e tangerina, (BOERIS, 2014); Espectroscopia no Infravermelho - utilizada na análise de Abacaxi e laranja (LEOPOLD, 2008), e manga (MARQUES, 2016); Espectroscopia de Massa com Plasma Indutivamente acoplado - laranja e pêsego (TORMEN, 2011), e limão (POTORTI, 2018), (RUGGIERO, 2021); RMN - Laranja e toranja (CUNY, 2008).

A tabela 11, apresenta a relação das técnicas analíticas utilizadas em análise de frutas tropicais e derivados e a quantidade de artigos que foram publicados, ao longo dos anos, utilizando o PCA no tratamento de seus dados.

Tabela 11: Relação do quantitativo de artigos que utilizaram PCA e técnica analítica.

Técnica analítica	Quantidade de artigos (PCA)
Análise por imagem	1
cromatografia gasosa - espectrometria de massa	2
Cromatografia líquida (LC) e espectrometria de massa (MS)	1
Cromatografia líquida de alta eficiência	7
Digestão por micro-ondas	1
Eletroforese Capilar (CE)	1
Espectroscopia de fluorescência	1
Espectroscopia de fluorescência ; cromatografia líquida de alto desempenho	1
Espectroscopia no Infravermelho	10
Espectroscopia Raman	2
Espectroscopia de massa	1
GC-MS; RMN; cromatografia de permeação em gel de alto desempenho (HPGPC)	1
HPLC e GC	1
Nariz Eletrônico	2
Revisão de diversas técnicas não destrutivas	1
RMN	2
Voltametria	2
Espectroscopia de Massa com Plasma Indutivamente acoplado	3
Total Geral	40

Fonte 24: Própria, 2021.

5.4.2.2 Análise de agrupamento hierárquico (HCA)

Em relação a aplicação de HCA em frutas tropicais e seus derivados, foi encontrado 6 artigos apresentando bons resultados no tratamento de suas análises. A laranja é a fruta com maior destaque possuindo 4 artigos indexados, tendo suas matrizes de dados oriundas das análises das técnicas: Espectroscopia de fluorescência e HPLC (ROBARDS, 1997), Espectroscopia de massa (TORMEN, 2011), Espectroscopia Raman (FENG, 2013) e Nariz Eletrônico (ROZANSKA, 2018).

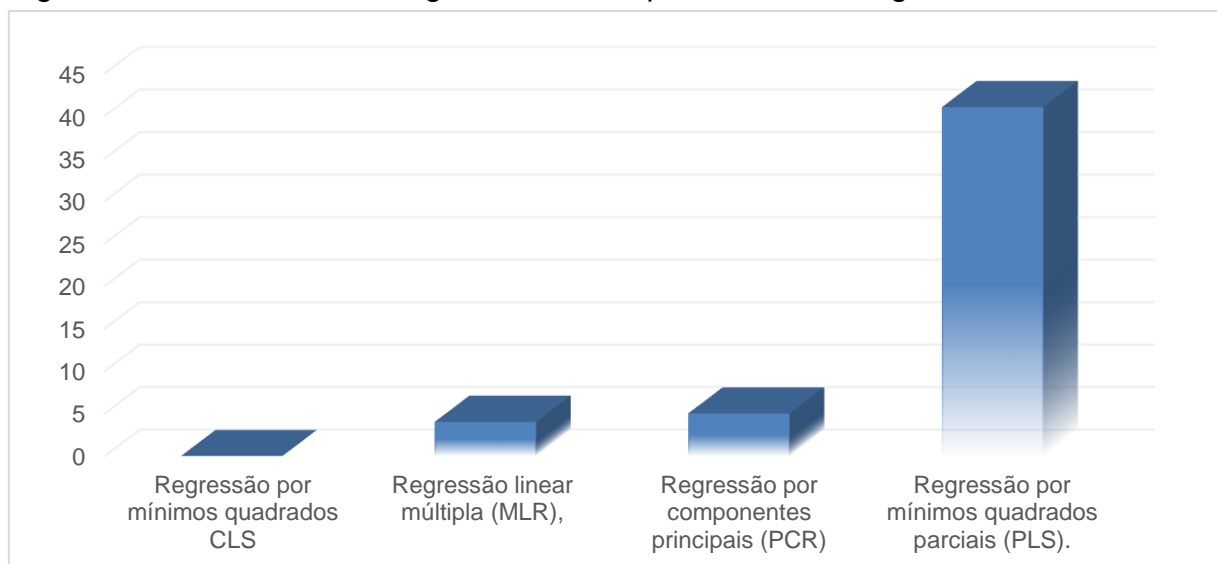
O trabalho “*Rapid assessment of metal contamination in commercial fruit juices by inductively coupled mass spectrometry after a simple dilution*” do autor TOMERN, 2011, possui a melhor colocação conforme método *InOrdination*, 15ª posição. O objetivo do trabalho foi a determinação de metais em amostras de frutas (laranja e pêsego), utilizando a espectroscopia de massa com plasma acoplado, seus resultados foram tratados com PCA e HCA, e publicado na revista *journal of food composition and analysis*. Além da laranja, foi observado a aplicação de HCA no tratamento de dados em abacate, (MARTIN-TORRES, 2020) e coco (NAOZUKA, 2011).

5.4.3 Indicadores de aplicação dos métodos de regressão

Nesta subseção apresentaremos os principais indicadores da utilização dos métodos de regressão aplicados nas análises de frutas tropicais e derivados. Foram analisados os indicadores dos quatro métodos mais utilizados em regressão linear: Regressão por mínimos quadrados (CLS), Regressão linear múltipla (MLR), Regressão por componentes principais (PCR), Regressão por mínimos quadrados parciais (PLS).

Ao analisar a matriz de dados, percebemos que nenhum artigo utilizou CLS, o que nos permitiu analisar apenas os indicadores das técnicas PLS, PCR e MLR. Conforme vemos na figura 14.

Figura 14: Quantidade de artigos analisados por método de regressão

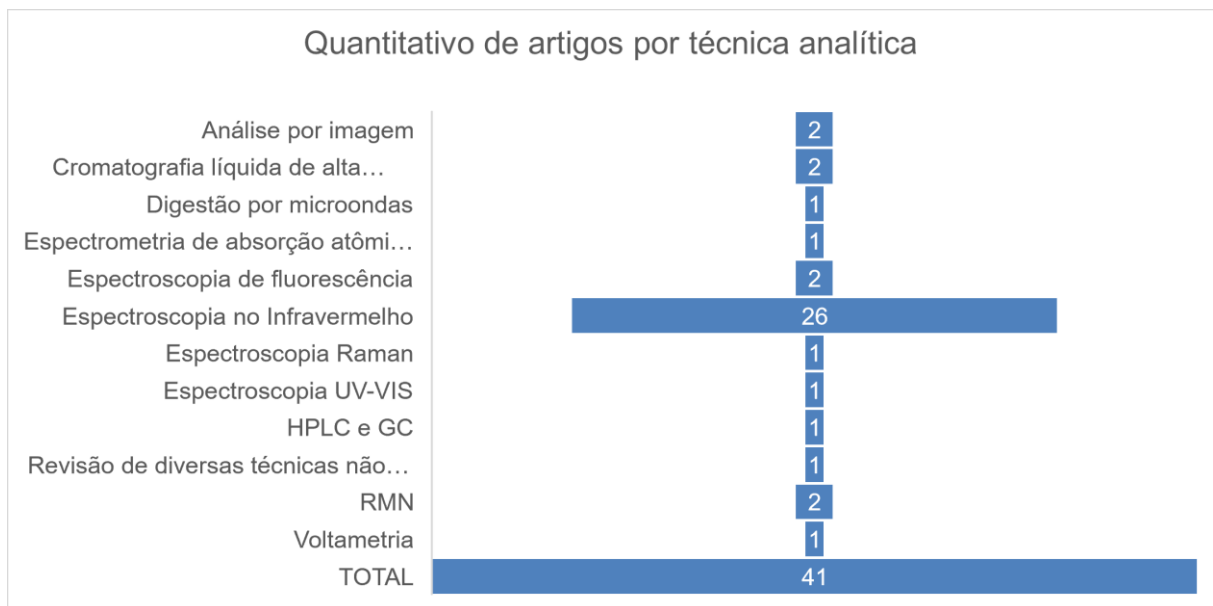


Fonte 25: Própria, 2021.

5.4.3.1 Regressão por mínimos quadrados parciais (PLS).

A regressão por mínimos quadrados parciais é a técnica quimiométrica mais utilizada, para tratamento de dados da matriz fruta. Cerca de 55% do total de artigos aplicou a técnica em suas análises. Analisando a relação da quantidade de trabalhos por técnica analítica, podemos perceber que a espectroscopia no infravermelho é a técnica que mais utilizou PLS, no tratamento de seus dados. Conforme se ver na figura 15.

Figura 15: Relação do número de artigos por técnica de análise.



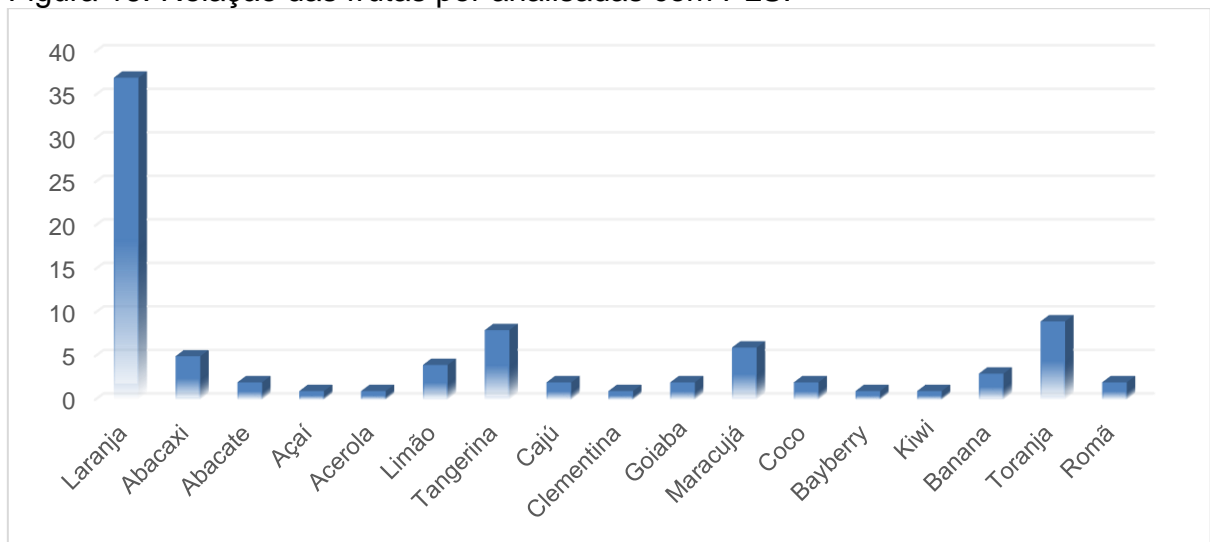
Fonte 26: Própria, 2021.

O primeiro artigo a constar na base pertence aos autores RAMBLA, GARRIGUES, *et al.*, 1998, o trabalho realizou tratamento de PLS em espectros com FITR de suco de laranja; suco de uva; suco de maçã; isotônicos; refrigerante de laranja; refrigerante de cola; água tônica.

Foi analisado a absorbância de misturas de concentrações diferentes de glicose, frutose, sacarose e teor de açúcar total. Embora apresente um quantitativo de 33 citações, o trabalho apresenta um dos piores valores de *InOrdination*, classificando-o em um dos últimos trabalhos na lista, 72ª posição, a idade do artigo, cerca de 20 anos, corrobora para colocação conforme a Eq. 1 apresentada na metodologia.

Os trabalhos mais significativos e melhores posicionados conforme o método *InOrdination*, trabalharam com análise de espectroscopia no infravermelho, com as frutas tropicais, manga (MARQUES, 2016) 3ª posição e limão (LIU, 2008) ocupando a 2ª posição, possuindo 76 e 121 citações, respectivamente. Observou-se que a laranja foi a fruta com maior número de análise, seguidas das frutas toranja e tangerinas, como podemos observar na figura 16. Ainda podemos destacar as frutas maracujá, limão, abacaxi e banana.

Figura 16: Relação das frutas por analisadas com PLS.



Fonte 27: Própria, 2021.

5.4.3.2 Regressão linear múltipla (MLR)

No que se refere a aplicação de MLR no tratamento de dados de frutas tropicais, foi observado que apenas quatro artigos utilizaram a técnica em suas análises, com um trabalho realizando análise por Espectroscopia de fluorescência nas frutas Pêra, maçã e laranja (FAROKHCHEH, 2013), dois trabalhos Espectroscopia no infravermelho para fruta Manga (YAHAYA, 2015) e (MARQUES, 2016), e um trabalho realizou revisão de literatura em estratégias de processamento de dados para inspeção e autenticação de qualidade de frutas (SRIVASTAVA, 2018). É importante ressaltar que o trabalho de MARQUES, ocupa uma das melhores colocações no ranking *InOrdination*, 3ª posição.

5.4.3.3 Regressão por componentes principais (PCR)

Ao analisarmos os indicadores de PCR, foram encontrados cinco (6) trabalhos que aplicaram a técnica em suas análises. O trabalho mais bem ranqueado, ocupa a 49ª posição, cujo intuito foi analisar, por HPCL, compostos fenólicos de frutas cítricas - laranja, tangerina limão e toranja (ABAD-GARCIA, 2012). A tabela 12 apresenta a quantidade de os artigos encontrados, assim como as matrizes estudada, vale salientar que as frutas cítricas (laranja, limão, tangerina, toranja), são as mais corriqueiras, indicando um fator de confiabilidade da técnica com este conjunto de matrizes.

Tabela 12: Relação dos artigos que aplicaram PCR, técnicas analíticas e frutas

Técnica analítica	Matriz estudada	Quantidade de artigos
Cromatografia líquida de alta eficiência	Laranja doce, tangerina, limão e toranja	1
Espectroscopia de fluorescência	Pêra, maçã e laranja	1
Espectroscopia no Infravermelho	Graviola , laranja	2
HPLC e GC - Revisão	Diversas frutas	1
Voltametria	Suco de Laranja, vinhos, cervejas, cafés, leites	1
Total		6

Fonte 28: Própria, 2021.

5.4.4 Indicadores de aplicação dos métodos de classificação ou métodos de reconhecimento de padrões supervisionados

Nesta seção apresentaremos os indicadores de aplicação dos principais métodos de classificação, para o conjunto de artigos analisados. Os métodos mais utilizados são o do k-ésimo Vizinho Mais Próximo (k-NN), Modelagem independente e flexível por analogia de classes (do inglês *Soft Independent Modeling of Class Analogy*) -SIMCA, LDA e PLS – DA.

5.4.4.1 Análise Discriminante Linear – LDA

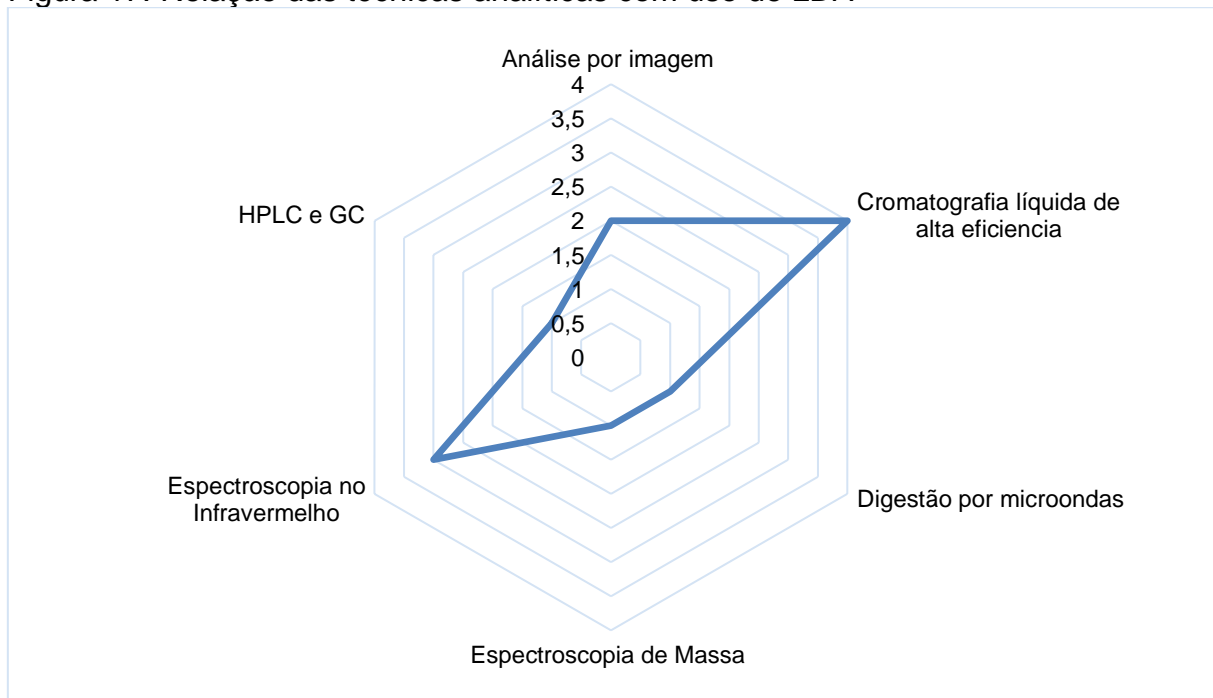
Relativo ao conjunto de artigos analisados utilizando LDA no tratamento, observou-se que um total de 12 publicações que utilizaram a técnica em questão.

Quatro trabalhos, descrevem o uso do LDA em tratamento de análises de HPLC para as frutas tropicais laranja (ABAD – GARCIA, 2012), (VACLAVIK, 2012), (PRETI, 2016) e (NICOLAU 2017), entre outras frutas.

Outras aplicações importantes do LDA podem ser observadas nos trabalhos de ZHANG, 2013, AMUAH, 2019, e WULANDARI, 2019. Cujo os trabalhos relatam o uso do LDA no tratamento de dados oriundos de espectroscopia no infravermelho, para as frutas Laranja, Abacaxi e Graviola, respectivamente.

Foi observado a utilização do LDA para o tratamento de dados em Digestão por micro-ondas, Espectroscopia de Massa Com Plasma Indutivamente Acoplado, Espectroscopia no Infravermelho, HPLC e GC. Evidencia-se que HPLC é a técnica com maior aplicação de LDA, no tratamento de dados. Como podemos ver na figura 17.

Figura 17: Relação das técnicas analíticas com uso de LDA



Fonte 29: Própria, 2021.

5.4.4.2 *k*-ésimo Vizinho Mais Próximo (*k*-NN)

Para os artigos que aplicaram *k*-NN, foi encontrado um total de cinco artigos que utilizaram a técnica para classificação de frutas tropicais. O trabalho com maior relevância ocupa a 24^a posição no ranking *InOrdination*, do autor BHARGAVA, 2020.

O trabalho aborda a análise de frutas por meio de imagens, com o objetivo de classificar múltiplas frutas e avaliar a classificação durante o processamento, armazenamento e distribuição. As frutas analisadas foram abacate, banana, laranja e maçãs. A tabela 13 descreve a relação de artigos encontrados, que usaram k-NN, por técnica analítica.

Tabela 13: Relação da quantidade de artigo e técnicas analíticas que usaram k-NN

Técnica analítica	Quantidade de artigos
Análise por imagem	1
Cromatografia gasosa - espectrometria de massa	1
Espectroscopia de fluorescência ; cromatografia líquida de alto desempenho	1
Espectroscopia no Infravermelho	1
HPLC e GC	1

Fonte 30: Própria, 2021.

5.4.4.3 Modelagem independente e flexível por analogia de classe (SIMCA)

Para o SIMCA, foi encontrado cinco artigos que descrevem a utilização da técnica em suas análises de frutas tropicais. O trabalho com maior relevância foi realizado por Espectroscopia Raman na fruta tomate (SRIVASTAVA, 2018), além do SIMCA realizou análises de ANN, SVM, PCA, PCR, PLS, entre outras. O artigo ocupa a 23ª posição no *ranking InOrdination*, e foi publicado na revista SENSORS.

O trabalho mais antigo trata da análise da fruta Clementina aplicando Digestão por micro-ondas no autor BENABDELKAMEL, 2012. Como pode ser observado na tabela 14, que apresenta a relação das técnicas analíticas que utilizaram SIMCA em suas análises, bem como a matriz utilizada e o ano.

Tabela 14: Relação dos artigos que utilizaram SIMCA em suas análises

Técnica analítica	Artigos	Fruta	Ano
Digestão por micro-ondas	1	Clementina	2012
Espectroscopia Raman	1	Tomate	2016
Espectroscopia de massa	1	Laranja doce, bergamota, laranja azeda, tangerina, cedro e toranja.	2016
HPLC e GC	1	Diversas	2018
Espectroscopia no Infravermelho	1	Graviola	2019

Fonte 31: Própria, 2021.

5.4.4.4 Análise discriminante pelo método de quadrados mínimos parciais – PLS-DA

Nesta subseção, apresenta-se os indicadores cientométricos do uso do PLS-DA, no conjunto de artigos estudados. Foi observado que sete artigos abordaram o tratamento por de frutas tropicais, por meio do PLS-DA, dois artigos indexados são de revisões revisão bibliográficas, dois trabalhos realizaram análises de espectroscopia no infravermelho, um artigo trabalhou com HPLC, um trabalhou com Digestão por micro-ondas e um trabalho realizou análise por RMN. Conforme tabela 15.

O trabalho mais significativo ocupa a 2ª posição no ranking, publicado no ano de 2008, pelos autores, LIU, F; HE, Y; WANG L, trata da análise de vinagres de frutas, conforme descrito anteriormente. Vale ressaltar que o trabalho mais recente (2020) ocupa a 27ª posição no ranking, do autor MARTIN-TORRES, 2020 e aborda a origem geográfica de abacates por impressões digitais de cromatografia líquida e métodos de aprendizagem profunda.

Tabela 15: Relação dos métodos de análises e quantidade de artigos indexados.

Técnica analítica	Quantidade de artigos
Cromatografia líquida de alta eficiência	1
Digestão por micro-ondas	1
Espectroscopia no Infravermelho	2
Revisão de diversas técnicas não destrutivas	2
RMN	1
Total	9

Fonte 32: Própria, 2021.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A informetria, bibliometria e cienciometria, apresentam-se, hodiernamente, como essenciais no processo de detalhamento da produção do conhecimento científico, de um determinado campo ou área, ao passo que a literatura científica é um elemento deste conhecimento, pois retrata a parte fundamental da pesquisa, a produção de conhecimento.

Diante disto, é crucial o aprofundamento bibliográfico relativo à utilização dos métodos de análises em frutas ou em seus subprodutos utilizando a quimiometria, visto que vimos um crescente número de publicações na área. Assim, este trabalho, buscou reunir elementos quantitativos de avaliação relacionadas a bibliometria, cienciometria e informetria. Foi utilizado Tecnologias de Informação e Comunicações (TIC's), atrelados a ciência, auxiliados com *softwares* de construção de redes, o VOSviewer, para realização das análises dos trabalhos escolhidos. O programa VOSviewer demonstrou um enorme potencial, auxiliando na indução deste trabalho.

As análises realizadas no programa VOSviewer possibilitaram verificar ao longo do tempo, quais técnicas estão sendo mais utilizadas e qual a relação daquela técnica com o conjunto de matriz de interesse (fruta e/ou derivado), haja vista que o programa realiza a leitura do “*Title-Abstract-Keywords*” criando pontos de interrelações entre as palavras mais escritas, seus descritores, período publicado, instituição, país e todas as correlações entre estes.

Após a leitura dos trabalhos escolhidos e a partir da aplicação do método *InOrdinatio*, foi observado que os artigos mais antigos, possuem maior quantidade de citações, configurando os artigos de base para cada um dos termos pesquisados. Não obstante, os artigos mais recentes, embora não possuam um alto número de citações, apontam o Norte para as técnicas mais atuais. O método permite analisá-los com um fator ponderador entre aqueles que são considerados artigos base para as pesquisas e aqueles que apresentam as técnicas mais atuais.

Algumas limitações na metodológicas podem ser apontadas em nossa pesquisa. Inicialmente, relativa à estrutura sistemática da literatura, que pode ter suprimido documentos de conferências e refinamento por categorias de áreas de pesquisa. A base apresentou um quantitativo pequeno de trabalhos indexados, quando correlacionamos as palavras-chaves diretamente ao tema estudado, necessitando do desenvolvimento de estratégia para remontar o conjunto de palavras-

chave e booleanos da pesquisa. No entanto, trabalhamos a fim de sanar os problemas conjurados e conseguindo um quantitativo satisfatório de trabalhos alinhados, foi montado um portfólio dos principais artigos referente a temática estudada (Apêndice A).

O trabalho apresenta uma importante contribuição para área de metodologias analítica avançadas, pois possibilitou reunir, analisar e revisar um conjunto de artigos que utilizaram as ferramentas quimiométricas para análises de frutas tropicais e derivados, no contexto da cientometria. Elaborando-se indicadores da produção científica, o perfil dos artigos, quais as ferramentas quimiométricas mais utilizadas e a relação destas com as técnicas instrumentais, bem como quais as lacunas existentes dentro da temática dissertada. É importante ressaltar que, embora sejam encontrados na literatura alguns estudos da arte, que abordem a aplicação da quimiometria nas análises de frutas, não foi encontrado estudos que realizaram a revisão por meio da cientometria, mais especificamente na aplicação da quimiométrica nas análises de frutas tropicais.

Por fim, esta pesquisa também é uma síntese de trabalhos que permite a grupos de pesquisa, em frutas e derivados, e pesquisadores da área de quimiometria terem uma visão de possíveis impactos das pesquisas concatenadas e compreender as lacunas em que é possível trabalhar.

REFERÊNCIAS

ABAD-GARCIA, B. et al. Chemometric Characterization of Fruit Juices from Spanish Cultivars According to Their Phenolic Compound Contents: I. Citrus Fruits. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 60, n. 14, p. 3635-3644, April 2012. ISSN 0021-8561.

ABAD-GARCÍA, B. et al. Polyphenolic contents in Citrus fruit juices: authenticity assessment. **European Food Research and Technology**, Heidelberg, Berlin, v. 238, p. 803-818, January 2014. ISSN 1438-2377 ; E-ISSN: 1438-2385.

ABRAFRUTAS. abrafrutas.org. **ABRAFRUTAS**, 2020. Disponível em: <<https://abrafrutas.org/dados-estatisticos/>>. Acesso em: 10 abril 2020.

AHMED, K. T. et al. Deep Image Sensing and Retrieval Using Suppression, Scale Spacing and Division, Interpolation and Spatial Color Coordinates With Bag of Words for Large and Complex Datasets. **IEEEAccess**, v. 8, p. 90351-90379, May 2020.

AHMED, K. T.; UMMESAFI, S.; IQBAL, A. Content based image retrieval using image features information fusion. **Information fusion**, v. 51, p. 76-99, November 2019. ISSN 1566-2535 ; E-ISSN: 1872-6305.

AKPOLAT, H. et al. High-Throughput Phenotyping Approach for Screening Major Carotenoids of Tomato by Handheld Raman Spectroscopy Using Chemometric Methods. **Sensors**, v. 20, p. 3723, June 2020. ISSN 14248220.

ALAMAR , et al. Quality evaluation of frozen guava and yellow passion fruit pulps by NIR spectroscopy and chemometrics. **Food Research International**, Campinas, São Paulo, v. 85, p. 209-214, February 2016.

ALAMAR, P. D. et al. Quality evaluation of frozen guava and yellow passion fruit pulps by nir spectroscopy and chemometrics. **Food research international**, v. 85, p. 209-214, July 2016. ISSN 0963-9969 ; E-ISSN: 1873-7145.

ALI, H. et al. Fluorescence fingerprints of Sidr honey in comparison with uni/polyfloral honey samples. **European Food Research and Technology**, v. 246, p. 1829-1837, sep 2020.

AMUAH, C. L. Y. et al. Feasibility Study of the Use of Handheld NIR Spectrometer for Simultaneous Authentication and Quantification of Quality Parameters in Intact Pineapple Fruits. **Journal of Spectroscopy**, v. 2019, p. 1-10, August 2019. ISSN 2314-4920 ; E-ISSN: 2314-4939.

ANGAMUTHU, S. et al. Metabolic annotation, interactions and characterization of natural products of mango (*Mangifera indica* L.): ¹H NMR based chemical metabolomics profiling. **Process biochemistry**, v. 108, p. 18-25, September 2021. ISSN 1359-5113 ; E-ISSN: 1873-3298.

ASCHOFF, J. K. et al. Urinary excretion of Citrus flavanones and their major catabolites after consumption of fresh oranges and pasteurized orange juice: A randomized cross-over study. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 60, p. 2602-2610, December 2016. ISSN 1613-4125 ; E-ISSN: 1613-4133.

BAG, S.; SRIVASTAV, P.; MISHRA, H. Optimization of Process Parameters for Foaming of Bael (*Aegle marmelos* L.) Fruit Pulp. **Food and Bioprocess Technology**, v. 4, p. 1450-1458, 2011. ISSN 1935-5130 ; E-ISSN: 1935-5149.

BENABDELKAMEL, H. et al. Authenticity of PGI "Clementine of Calabria" by Multielement Fingerprint. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, p. 3717-3726, April 2012. ISSN 00218561 ; E-ISSN: 15205118.

BENABDELKAMEL, H.; DI DONNA, L. Authenticity of PGI "Clementine of Calabria" by Multielement Fingerprint. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, p. 3717-3726, April 2012.

BERNARDO , W. M.; NOBRE, M. R. C.; JANETE, F. B. A. A prática clínica baseada em evidências. Parte II: buscando as evidências em fontes de informação. **Revista da Associação Médica Brasileira**, São Paulo, v. 50, n. 1, p. 1-9, 2004.

BHARGAVA, A.; BANSAL, A. Automatic Detection and Grading of Multiple Fruits by Machine Learning. **Food Analytical Methods**, v. 13, p. 751-761, March 2020.

BOERIS, V.; ARANCIBIA, J. A.; OLIVIERI, A. C. Determination of five pesticides in juice, fruit and vegetable samples by means of liquid chromatography combined with multivariate curve resolution. **Analytica chimica acta**, v. 814, p. 23-30, March 2014. ISSN 0003-2670 ; E-ISSN: 1873 4324.

BOGGIA, R. et al. A screening method based on UV–Visible spectroscopy and multivariate analysis to assess addition of filler juices and water to pomegranate juices. **Food Chemistry**, Genoa, Italy, v. 140, p. 735-741, November 2013. ISSN 0308-8146 ; E-ISSN: 1873-7072.

BOTELHO , L. L. ; CUNHA, C. C. D. A.; MACEDO. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. **Gestão e Sociedade** , Belo Horizonte , v. 5, n. 11, p. 121-136, nov 2011.

BRASIL. gov.br. Governo Federal, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/vigilancia-agropecuaria/ivegetal/bebidas-arquivos>>. Acesso em: setembro 2020.

BRASIL, M. D. S. **VIGITEL BRASIL 2008 - Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico**. Ministério da Saúde. Brasília, DF - Brasil. 2008.

BUNDY, J. G.; DAVEY, M. P.; VIANT, M. R. Environmental metabolomics: a critical review and future perspectives. **Metabolomics**, London, v. 5, p. 3-21, December 2018. ISSN ISSN: 1573-3882.

CABRERA-BAÑEGIL, M. et al. Evolution of polyphenols content in plum fruits (*Prunus salicina*) with harvesting time by second-order excitation-emission fluorescence multivariate calibration. **Microchemical journal**, v. 158, p. 1-8, November 2020. ISSN 0026-265X ; E-ISSN: 1095-9149.

CANUTO, G. A. B. et al. Metabolômica: Ddefinições, Estado-da-Arte e Aplicações Representativas. **Química Nova**, Diadema - SP, Brasil, v. 41, n. 1, p. 75-91, out. 2018.

CASTRO, A. A. et al. Revisão sistemática e metanálise [texto na Internet]. **São Paulo (SP): LED-DIS/UNIFESP, SÃO PAULO**, 2008. Disponível em: <<http://www.virtual.epm.br/cursos/metanalise>>. Acesso em: julho 2021.

CHANDRASEKARAN, I. et al. Potential of Near-Infrared (NIR) Spectroscopy and Hyperspectral Imaging for Quality and Safety Assessment of Fruits: an Overview. **Food Analytical Methods**, v. 12, p. 2438-2458, 2019.

COELHO, E. M. et al. Multivariate chemometric analysis for the evaluation of 22 Citrus fruits growing in Brazil's semi-arid region. **Journal of Food Composition and Analysis**, Petrolina, PE, Brazil, v. 101, p. 1-9, May 2021. ISSN 0889-1575 ; E-ISSN: 1096-0481.

CORTÉS-ESTRADA, C. E. et al. Prediction of total phenolics, ascorbic acid, antioxidant capacities, and total soluble solids of *Capsicum annuum* L. (bell pepper) juice by FT-MIR and multivariate analysis. **Food science & technology**, v. 126, p. 1-10, May 2020. ISSN 0023-6438 ; E-ISSN: 1096-1127.

COSTA, R. G. et al. Effect of operating conditions on the yield and quality of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) powder produced in spouted bed. **Food science & technology**, v. 64, p. 1196-1203, December 2015. ISSN 0023-6438 ; E-ISSN: 1096-1127.

CUNY, M. et al. Fruit juice authentication by ¹H NMR spectroscopy in combination with different chemometrics tools. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 390, p. 419-427, 2008. ISSN 1618-2642 ; E-ISSN: 1618-2650.

DAHUNSI, S. O.; ORANUSI, S.; EFEOVBOKHAN, V. E. Cleaner energy for cleaner production: Modeling and optimization of biogas generation from *Carica papaya*s (Pawpaw) fruit peels. **Journal of cleaner production**, v. 156, p. 19-29, July 2017. ISSN 0959-6526 ; E-ISSN: 1879-1786.

DE SANTANA, M. C.; FERREIRA, M. M. C.; PALLONE, J. A.. Control of ascorbic acid in fortified powdered soft drinks using near-infrared spectroscopy (NIRS) and multivariate analysis. **Journal of Food Science and Technology-Mysore**, v. 57, n. 4, p. 1233-1241, April 2020. ISSN 0022-1155; E-ISSN: 0975-8402.

DEFRAEYE, T. et al. Forced-convective cooling of citrus fruit: Package design. **Journal of food engineering**, v. 118, p. 8-18, September 2013. ISSN 0260-8774 ; E-ISSN: 1873-5770.

DEFRAEYE, T. et al. Feasibility of ambient loading of citrus fruit into refrigerated containers for cooling during marine transport. **Biosystems engineering**, v. 134, p. 20-30, June 2015. ISSN 1537-5110 ; E-ISSN: 1537-5129.

DEVESCOVI, F. et al. Fruit infestation patterns by *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* reveal that cross-recognition does not lead to complete avoidance of interspecific competition in nature. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 17, n. 3, p. 325-335, March 2015.

DONNO, D. et al. Assessing Nutritional Traits and Phytochemical Composition of Artisan Jams Produced in Comoros Islands: Using Indigenous Fruits with High Health-Impact as an Example of Biodiversity Integration and Food Security in Rural Development. **Molecules**, Itália , v. 23, p. 1-10, outubro 2018.

DONNO, D. et al. Analytical Strategies for Fingerprinting of Antioxidants, Nutritional Substances, and Bioactive Compounds in Foodstu Performance Liquid Chromatography–Mass Spectrometry: An Overview. **Foods**, Grugliasco, Itália, v. 9, p. 1-18, November 2020.

DUNN, W. B.; ELLIS, D. I. Metabolomics: Current analytical platforms and methodologies. *Trends in Analytical Chemistry*, Sackville, **Manchester**, v. 24, n. 4, p. 285-294, 2005.

ELLIS, D. I. et al. Rapid, high-throughput, and quantitative determination of orange juice adulteration by Fourier-transform infrared spectroscopy†. **Analytical Methods**, v. 8, p. 5581-5586, May 2016. ISSN 1759-9660.

EVARISTO, B. et al. Harvest and post-harvest conditions influencing macauba (*Acrocomia aculeata*) oil quality attributes. **Industrial crops and products**, v. 85, p. 63-73, July 2016. ISSN 0926-6690 ; E-ISSN: 1872-633X.

FERREIRA, M. C. **Quimiometria Conceitos, Métodos e Aplicações**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2015.

FIORINO, G. M. et al. Overview on Untargeted Methods to Combat Food Frauds: A Focus on Fishery Products. **Journal of Food Quality**, 2018.

FREIRE, J.; DIAS TJ; CAVALCANTE, L. Quantum yield and gas exchange in yellow passion fruit under salinity water, biofertilization and mulch. **Revista Ciencia Agronomica**, Fortaleza, CE, Brazil, v. 45, p. 82-91, jan-mar 2014. ISSN 1806-6690.

FRONZA, D.; HAMANN, J. **Frutíferas de Clima Tropical e Subtropical**. 1º. ed. Santa Maria - RS: Universidade Federal de Santa Maria, v. I, 2015. ISBN ISBN: 978-85-63573-96-4.

FURIA, E. et al. Multielement Fingerprinting as a Tool in Origin Authentication of PGI Food Products: Tropea Red Onion. **Agric. Food Chem**, Arcavacata di Rende (CS), Italy, v. 59, n. 15, p. 8450-8457, julho 2011.

GOMES, A. D. A. **Algoritmo das Progressões Sucessivas Aplicado à Seleção de Variáveis em Regressão PLS**. Dissertação de Mestrado. João Pessoa, PB, Brasil: Universidade Federal da Paraíba. 2012.

GONZÁLVES, A. et al. Elemental fingerprint of wines from the protected designation of origin Valencia. **Food Chemistry**, Valencia, Spain, v. 112, p. 26-34, March 2009.

GUYON, F. et al. $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ isotope ratios of organic acids, glucose and fructose determined. **Food Chemistry**, v. 146, p. 36-40, March 2014. ISSN 0308-8146 ; E-ISSN: 1873-7072.

HAN, J. et al. PCR and DHPLC methods used to detect juice ingredient from 7 fruits. **Food Control**, Beijing, China, v. 25, p. 696-703, June 2012. ISSN 0956-7135 ; E-ISSN: 1873-7129.

HERRERA, É.; BELOTTI, C.; SANTOS, . Cadeia Produtiva de Frutas Para Exportação: Limitações e Melhorias na Infra-Estrutura de Transportes. XXX **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, São Carlos, SP, Brasil, 12 a 15 outubro 2010.

HU, H. et al. Nutritional component changes in Xiangfen 1 banana at different developmental stages. **Food & Function**, v. 11, n. 8286-8296, 2020.

INÁCIO, M. R. C. et al. Total anthocyanin content determination in intact açai (*Euterpe oleracea* Mart.) and palmitero-juçara (*Euterpe edulis* Mart.) fruit using near infrared spectroscopy (NIR) and multivariate calibration. **Food chemistry**, v. 136, p. 1160-1164, February 2013. ISSN 0308-8146 ; E-ISSN: 1873-7072.

JAMSHIDI, B. et al. Reflectance vis/nir spectroscopy for nondestructive taste characterization of valencia oranges. **Computers and Electronics in Agriculture, Tehran, Iran**, v. 85, p. 64-69, March 2012. ISSN 0168-1699 ; E-ISSN: 1872-7107.

JHAWAR, J. Orange Sorting by Applying Pattern Recognition on Colour Image. **Procedia Computer Science**, v. 78, p. 691-697, 2016.

JIMENEZ-GARCIA, N. et al. Changes in the Content of Phenolic Compounds and Biological Activity in Traditional Mexican Herbal Infusions with Different Drying Methods. **Molecules**, v. 25, p. 1601, march 2020.

JOIA, ; GOETTMES, . Geografia: Leituras e Interação. [S.l.]: LeYa, v. Unico, 2012.

KALAGATUR, N. K.; KAMASANI, J. R.; MUDILI, V. Assessment of Detoxification Efficacy of Irradiation on Zearalenone Mycotoxin in Various Fruit Juices by Response Surface Methodology and Elucidation of Its in-vitro Toxicity. **Frontiers in microbiology**, v. 9, p. 1-13, November 2018.

KATERINOPOULOU, et al. Geographical Origin Authentication of Agri-Food Products: A Review. **Foods**, Loannina, Greece, v. 9, p. 489, April 2020.

KAUSHIK, N.; RAO, S.; MISHRA, H. N. Process optimization for thermal-assisted high pressure processing of mango (*Mangifera indica* L.) pulp using response

surface methodology. **Food science & technology**, v. 69, p. 372-381, June 2016. ISSN 0023-6438 ; E-ISSN: 1096-1127.

KIEFER, J. et al. Identification of passion fruit oil adulteration by chemometric analysis of FTIR spectra. **Molecules**, Bremen, Germany, v. 24, p. 1-13, September 2019.

KOLEY, T. K. et al. Evaluation of bioactive properties of Indian carrot (*Daucus carota* L.): A chemometric approach. **Food research international**, v. 60, p. 76-85, June 2014. ISSN 0963-9969 ; E-ISSN: 1873-7145.

LACERDA, E. C. Q. et al. Starch, inulin and maltodextrin as encapsulating agents affect the quality and stability of jussara pulp microparticles. **Carbohydrate polymers**, v. 151, p. 500-510, October 2016. ISSN 0144-8617 ; E-ISSN: 1879-1344.

LEOPOLD, L. et al. Quantification of carbohydrates in fruit juices using FTIR spectroscopy and multivariate analysis. **Spectroscopy-An International Journal**, v. 26, p. 93-104, 2011. ISSN 0712-4813.

LI, C. et al. Transcriptome profiling of resistant and susceptible Cavendish banana roots following inoculation with *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense tropical race 4. **Bmc Genomics**, v. 13, p. 1-11, Aug 2012. ISSN 1471-2164.

LI, -M. et al. Deep RNA-seq analysis reveals key responding aspects of wild banana relative resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense tropical race 4. **Functional and Integrative Genomics**, v. 17, p. 1-12, January 2020. ISSN 1438793X ; E-ISSN: 14387948.

LIMA, A. C. D. et al. Effect of Daily Consumption of Orange Juice on the Levels of Blood Glucose, Lipids, and Gut Microbiota Metabolites: Controlled Clinical Trials. **Journal of Medicinal Food**, v. 22, p. 202-210, February 2019. ISSN 1096-620X ; E-ISSN: 1557-7600.

LIU, F.; HE, Y.; WANG, L. Determination of effective wavelengths for discrimination of fruit vinegars using near infrared spectroscopy and multivariate analysis. **Analytica chimica acta**, v. 615, p. 10-17, March 2008. ISSN 0003-2670 ; E-ISSN: 1873-4324.

MACIAS-CHAPULA, C. A. O papel da informetria e a cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 134-140, maio/ago 1998.

MANIWARA, P. et al. The use of visible and near infrared spectroscopy for evaluating passion fruit postharvest quality. **Journal of food engineering**, v. 143, p. 33-43, December 2014. ISSN 0260-8774 ; E-ISSN: 1873-5770.

MARAN, J.; PRIYA, B.; MANIKANDAN, S. Modeling and optimization of supercritical fluid extraction of anthocyanin and phenolic compounds from *Syzygium cumini* fruit pulp. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, p. 1938-1946, 2014. ISSN 0022-1155 ; E-ISSN: 0975-8402.

MARCHETTI, L. et al. Use of ¹H NMR to Detect the Percentage of Pure Fruit Juices in Blends. **Molecules**, Modena, Italy, v. 24, p. 1-11, July 2019. ISSN 14203049.

MARQUES, E. J. N. et al. Rapid and non-destructive determination of quality parameters in the 'tommy atkins' mango using a novel handheld near infrared spectrometer. **Food Chemistry**, Recife, PE, Brazil, v. 197, p. 1207-1214, November 2015. ISSN 0308-8146 ; E-ISSN: 1873-7072.

MARQUES, E. J. N.; DE FREITAS, S. T. Performance of new low-cost handheld NIR spectrometers for nondestructive analysis of umbu (*Spondias tuberosa* Arruda) quality. **Food chemistry**, v. 323, p. 1-10, September 2020. ISSN 0308-8146 ; E-ISSN: 1873-7072.

MARTÍN-TORRES, S. et al. Authentication of the geographical origin and the botanical variety of avocados using liquid chromatography fingerprinting and deep learning methods. **Chemometrics and intelligent laboratory systems**, v. 199, p. 1-7, April 2020. ISSN 0169-7439 ; E-ISSN: 1873-3239.

MIAW, C. S. W. et al. Determination of main fruits in adulterated nectars by ATR-FTIR spectroscopy combined with multivariate calibration and variable selection methods. **Food chemistry**, v. 254, p. 272-280, July 2018. ISSN 0308-8146 ; E-ISSN: 1873-7072.

MIAW, S. W. **Detecção de fraudes em néctares de frutas: análises espectroscópicas aliadas a métodos de calibração e classificação multivariada**. 2018. Tese de Doutorado. Belo Horizonte, MG: Faculdade de Farmácia da UFMG. 2018.

MONTERO-PRADO, P.; BENTAYEB, K.; NERÍN, C. Pattern recognition of peach cultivars (*Prunus persica* L.) from their volatile components. **Food chemistry**, v. 138, p. 724-731, May 2013. ISSN 0308-8146 ; E-ISSN: 1873-7072.

MUSTAFFA, M. et al. Durian recognition based on multiple features and linear discriminant analysis. **Malaysian journal of computer science**, v. 31, n. 5, p. 57-72, 2018. ISSN 0127-9084.

NAOZUKA, J. et al. Use of Metals and Anion Species with Chemometrics Tools for Classification of Unprocessed and Processed Coconut Waters. **Food Analytical Methods**, v. 4, p. 49-56, 2011. ISSN 1936-9751 ; E-ISSN: 1936-976X.

NETO, B. D. B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. 25 anos de quimiometria no Brasil. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 6, p. 1401-14006, Nov/Dec. 2006. ISSN 0100-4042 On-line.

NICOLAÏ, B. M. et al. Evaluation of Fourier transform-NIR spectroscopy for integrated external and internal quality assessment of Valencia oranges. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 31, p. 144-154, August 2013.

NIKOLAOU, C. et al. Differentiation of Fresh Greek Orange Juice of the Merlin Cultivar According to Geographical Origin Based on the Combination of Organic Acid and Sugar Content as well as Physicochemical Parameters Using Chemometrics. **Food Analytical Methods**, v. 10, p. 2217-2228, January 2017. ISSN 1936-9751 ; E-ISSN: 1936-976X.

NUNCIO-JÁUREGUI, N. et al. Pomegranate juice adulteration by addition of grape or peach juices. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 94, p. 646-655, March 2014. ISSN 0022-5142 ; E-ISSN: 1097-0010.

OCTI. **Panorama da ciência brasileira:2015 - 2020**. Brasília, DF. 2021.

OLANIYI, E.; OYEDOTUN, O.; OGUNLADE, C. In-line grading system for mango fruits using GLCM feature extraction and soft-computing techniques. **International journal of applied pattern recognition**, v. 6, n. 1, p. 58-75, 2019. ISSN 2049-887X.

OLIVEIRA , C. D. Dissertação de Mestrado. **Espectroscopia No Infravermelho Associada A Quimiometria Para A Determinação De Parâmetros De Qualidade E De Indicação Geográfica De Cachaças**. 2018. PPGQ - UEPB. Campina Grande, PB, Brasil. 2018.

OZAKI, Y.; MCCLURE, W. F.; CHRISTY, A. A. Near-Infrared Spectroscopy in **Food Science and Technology**. Berlin: Molecular Nutrition & Food Research, v. 51, 2007. 638-638 p.

PAGANI , N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE , L. M. M. D. Avanços na composição da Methodi Ordinatio para revisão sistemática de literatura. **Ciência da Informação**, Brasília , v. 46, n. 2, p. 161-187, maio/ago 2017.

PAGANI , R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE , L. M. Methodi ordinatio®: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. **Scientometrics**, v. 105, n. 3, p. 2109-2135, 2015.

PARASTAR, H. et al. Chromatographic fingerprint analysis of secondary metabolites in citrus fruits peels using gas chromatography-mass spectrometry combined with advanced chemometric methods. **Journal of Chromatography**, v. 1251, p. 176-187, August 2012.

PARDO, M. A. Evaluation of a dual-probe real time PCR system for detection of mandarin in commercial orange juice. **Food Chemistry**, Derio (Bizkaia), Spain, v. 172, p. 377-384, April 2015. ISSN 0308-8146 ; E-ISSN: 1873-7072.

PASSOS, H. M.; CIESLAROVA, Z.; SIMIONATO, A. V. C. CE-UV for the characterization of passion fruit juices provenance by amino acids profile with the aid of chemometric tools. **Electrophoresis**, v. 37, p. 1923-1929, July 2016. ISSN 0173-0835 ; E-ISSN: 1522-2683.

PATHAK, P. D.; MANDAVGANE, S. A.; KULKARNI, B. D. Fruit peel waste: Characterization and its potential uses. **Current Science**, v. 113, p. 444-454, August 2017. ISSN 00113891.

PORTO, S. A. et al. Determination of ascorbic acid in natural fruit juices using digital image colorimetry. **Microchemical journal**, v. 149, p. 1- 4, September 2019. ISSN 0026-265X ; E-ISSN: 1095-9149.

PRETI, R.; BERNACCHIA, R.; VINCI, G. Chemometric evaluation of biogenic amines in commercial fruit juices. **Eur Food Res Technol**, v. 242, p. 2031-2039, May 2016.

RAMADAN, N. S. et al. Nutrient and Sensory Metabolites Profiling of Averrhoa Carambola L. (Starfruit) in the Context of Its Origin and Ripening Stage by GC/MS and Chemometric Analysis. **Molecules**, 2020.

RAVEN, P. H.; EVERT, F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 8^a. ed. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Guanabara koogan, 2014.

REZENDE, Y. R. R. S.; NOGUEIRA, J. ; NARAIN, N. Comparison and optimization of conventional and ultrasound assisted extraction for bioactive compounds and antioxidant activity from agro-industrial acerola (*Malpighia emarginata* DC) residue. **Food science & technology**, v. 85, p. 158-169, November 2017. ISSN 0023-6438 ; E-ISSN: 1096-1127.

RIBEIRO, F. A. L. et al. Quimiometria: inovação no desenvolvimento e validação de métodos analíticos para controle de qualidade na indústria química. **Jornal do Conselho Regional de Química IV Região** , v. 16, n. 85, mai/jun 2007.

RICHARDSON, P. I. C. et al. Detection of the adulteration of fresh coconut water via NMR spectroscopy and chemometrics. **Analyst**, v. 144, p. 1401-1408, 2019. ISSN 0003-2654.

RODRÍGUEZ, M. C.; LAVILLA, I.; BENDICHO, C. Classification of cultivated mussels from Galicia (Northwest Spain) with European Protected Designation of Origin using trace element fingerprint and chemometric analysis. **Analytica Chimica Acta**, Vigo, Spain, v. 664, p. 121 - 128, March 2010.

RÓZANSKA, A.; DYMERSKI, T.; NAMIESNIK, J. Novel analytical method for detection of orange juice adulteration based on ultra-fast gas chromatography. **Monatshefte fur Chemie / Chemical Monthly**, v. 149, p. 1615-1621, August 2018. ISSN 0026-9247.

RUGGIERO, L. et al. Provenance discrimination of Sorrento lemon with Protected Geographical indication (PGI) by multi-elemental fingerprinting. **Food chemistry**, v. 362, p. 1-9, November 2021. ISSN 0308-8146 ; E-ISSN: 1873-7072.

SCHREYER, S. K.; MIKKELSEN, S. R. Chemometric analysis of square wave voltammograms for classification and quantitation of untreated beverage samples. **Sensors and Actuators**, Ontário, Canada., v. 71, n. 1-2, p. 147-153, July 2000. ISSN 0925-4005.

SIPOS, L. et al. Classification of Bee Pollen and Prediction of Sensory and Colorimetric Attributes—A Sensometric Fusion Approach by e-Nose, e-Tongue and NIR. **Sensors**, v. 20, p. 6768, NOVEMBER 2020. ISSN E-ISSN: 14248220.

SIVAKUMAR, V.; THIRUGNANASAMBANDHAM, K.; SRIDHAR, R. Optimization of microwave assisted extraction of pectin from orange peel. *Carbohydrate polymers*, TN, India, v. 97, p. 703-709, September 2013. ISSN 0144-8617 ; E-ISSN: 1879-1344.

SKOOG, A. et al. **Fundamentos de Química Analítica**. 8^a. ed. [S.l.]: Belmont, 2006.

SNYDER, A. B. et al. Rapid authentication of concord juice concentration in a grape juice blend using Fourier-Transform infrared spectroscopy and chemometric analysis. **Food chemistry**, v. 147, p. 295-301, March 2014. ISSN 0308-8146.

SOLTANIKAZEMI, M.; MEHDIZADEH, S. A.; HEYDARI, M. Non-destructive evaluation of the internal fruit quality of black mulberry (*Morus nigra* L.) using visible-infrared spectroscopy and genetic algorithm. **International Journal of Food Properties**, v. 20, p. 437-2447, November 2017. ISSN 1094-2912; E-ISSN: 1532-2386.

SOUZA, B. D. et al. Consumo de frutas, legumes e verduras e associação com hábitos de vida e estado nutricional: um estudo prospectivo em uma coorte de idosos. **Ciência & Saúde Coletiva**, Florianópolis, SC - Brasil, v. 24, n. 4, p. 1463-1472, 2019.

SOUZA, C. O. et al. Mango and Acerola Pulps as Antioxidant Additives in Cassava Starch Bio-based Film. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 59, p. 2248-2254, March 2011. ISSN 0021-8561.

SPINK, J.; MAYER, C. Defining the Public Health Threat of Food Fraud. **Journal of Food Science**, East Lansing, Mich. U.S.A, v. 76, n. 9, 157-163 2011.

SRIVASTAVA, S.; SADISTAP, S. Data processing approaches and strategies for non-destructive fruits quality inspection and authentication: a review. **Journal of food measurement and characterization**, v. 12, n. 4, p. 2758-2794, DEC 2018. ISSN 2193-4126; EISSN 2193-4134.

STEFANO, V. D. et al. Effect of Sunlight Exposure on Anthocyanin and Non-Anthocyanin Phenolic Levels in Pomegranate Juices by High Resolution Mass Spectrometry Approach. **Foods**, v. 9, p. 1161, August 2020. ISSN 2304-8158.

STEUER, B.; SCHULZ, H.; LÄGER, E. Classification and analysis of citrus oils by NIR spectroscopy. **Food chemistry**, v. 72, p. 113-117, 2001. ISSN 0308-8146 ; E-ISSN: 1873-7072.

SUDHEER, K. P.; INDIRA, V. **Post Harvest Technology of Horticultural Crops**. kerala, Índia: New Índia Publishing Agency, v. 7, 2007.

TAVERNA, D. et al. Rapid discrimination of bergamot essential oil by paper spray mass spectrometry and chemometric analysis. **Journal of mass spectrometry**, v. 51, n. 9, p. 761-767, July 2016. ISSN 1076-5174; eISSN: 1096-9888.

THOMAZ, et al. **Morfologia Vegetal: Organografia**. 1ª. ed. Vitória : EDUFES, v. 1, 2009.

TORMEN, L. T. et al. Rapid assessment of metal contamination in commercial fruit juices by inductively coupled mass spectrometry after a simple dilution. **Journal of food composition and analysis**, v. 24, p. 95-102, 2011. ISSN 0889-1575 ; E-ISSN: 1096-0481.

TUESTA-MONTEZA, V. et al. **Automatic classification of Citrus aurantifolia based on digital image processing and pattern recognition**. Conference on Applications of Digital Image Processing XLIII. [S.l.]: [s.n.]. 2020.

VACLAVIK, L. et al. Liquid chromatography-mass spectrometry-based metabolomics for authenticity assessment of fruit juices. **Metabolomics**, v. 8, p. 793-803, October 2012. ISSN 15733882 ; E-ISSN: 15733890.

VANTI, N. A. P. bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento. **Ciência da Informação**, Brasília , v. 31, n. 2, p. 152-162, maio/ago 2002.

VETREKAR, N. et al. Non-invasive hyperspectral imaging approach for fruit quality control application and classification: case study of apple, chikoo, guava fruits. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, p. 6978-6989, November 2015.

WALL, M.; MILLER, S.; SIDERHURST, M. Volatile changes in Hawaiian noni fruit, *Morinda citrifolia* L., during ripening and fermentation. **Journal of the science of food and agriculture**, v. 98, n. 9, p. 3391-3399, JUL 2018. ISSN 0022-5142; eISSN:1097-0010.

WANG, H. et al. Fruit Quality Evaluation Using Spectroscopy Technology: A Review. **Sensors**, Hangzhou 310058, China, v. 15, p. 11889-11927, may 2015. ISSN 14248220.

WANG, J.-G. et al. Metabolomic and transcriptomic profiling of three types of litchi pericarps reveals that changes in the hormone balance constitute the molecular basis of the fruit cracking susceptibility of *Litchi chinensis* cv. Baitangying. **Molecular Biology Reports**, v. 46, p. 5295-5308, 2019. ISSN 0301-4851.

WANG, M. et al. Characterization, Quantification and Quality Assessment of Avocado (*Persea americana* Mill.) Oils. **Molecules**, 2020.

WANG, Z. et al. Study on the Relations between Hyperspectral Images of Bananas (*Musa* spp.) from Different Countries, Their Compositional Traits and Growing Conditions. **Sensors**, v. 20, p. 5793, October 2020. ISSN 1424-8220.

WANG, Z.; JABLONSKI, J. E. Targeted and non-targeted detection of lemon juice adulteration by LC-MS and chemometrics. **Food additives & contaminants**, v. 33, p. 560-573, March 2016. ISSN 1944-0049 ; E-ISSN: 1944-0057.

WINQUIST, F.; WIDE, P.; LUDSTRÖM, I. An electronic tongue based on voltammetry. **Analytica chimica acta**, v. 357, p. 21-31, 1997. ISSN 0003-2670 ; E-ISSN: 1873-4324.

WU, W. et al. Full-scale experiments in forced-air precoolers for citrus fruit: Impact of packaging design and fruit size on cooling rate and heterogeneity. **Biosystems engineering**, v. 169, p. 115-125, May 2018. ISSN 1537-5110 ; E-ISSN: 1537-5129.

WULANDARI, L.; SISWANTI, R. A. Y. N.; NUGRAHA, A. S. Determination of Total Phenolic Content and Classification Model of Local Variety Soursop (*Annona muricata* L.) Leaf Powder in Different Altitudes Using NIR and FTIR Spectroscopy coupled with Chemometrics. **Indonesian Journal of Pharmacy, Indonesia**, v. 30, p. 7-14, March 2019. ISSN 23389427 ; E-ISSN: 23389486.

YANG, Y.-C.; SUN, D.-W.; WANG, N.-N. Rapid detection of browning levels of lychee pericarp as affected by moisture contents using hyperspectral imaging. **Computers and electronics in agriculture**, v. 113, p. 203-212, April 2015. ISSN 0168-1699 ; E-ISSN: 1872-7107.

YI, Y. et al. Characterization of polysaccharide from longan pulp as the macrophage stimulator. **RSC Advances**, v. 5, n. 118, p. 97163-97170, 2015. ISSN 2046-2069.

ZHANG, Y. et al. Rapid determination of prochloraz in orange juice by near-infrared spectroscopy. **Analytical Letters**, v. 46, p. 2739-2751, November 2013. ISSN 0003-2719 ; E-ISSN: 1532-236X.

APÊNDICE A - RANKING DOS ARTIGOS SEGUNDO MÉTODO *INORDINATION*

Técnica de análise	Título	Autores	Revista	Fruta	Pré-tratamento	Análise quimiométrico	Ano	Citação	Ranking
Voltametria	An electronic tongue based on voltammetry	Winqvist, F; Wide, P; Lundstrom, I	Analytica chimica acta	Laranja, maçã.	0	PCA	1997	307	1
Espectroscopia no Infravermelho	Determination of effective wavelengths for discrimination of fruit vinegars using near infrared spectroscopy and multivariate analysis	Liu, F; He, Y; Wang, L	Analytica chimica acta	Babosa, maçã, limão e pêssego	Suavização de Média Móvel; SG; MSC; SNV	SVM;LS-SVM;PLS-DA;ICA	2008	121	2
Espectroscopia no Infravermelho	Rapid and non-destructive determination of quality parameters in the 'Tommy Atkins' mango using a novel handheld near infrared spectrometer	Marques, EJM; de Freitas, ST; Pimentel, MF; Pasquini, C	Food chemistry	Manga	SG; SNV; EMSC	PCA;PLS;MLR	2016	76	3
Análise por imagem	Content based image retrieval using image features information fusion	Ahmed, KT; Ummesafi, S; Iqbal, A	Information fusion	Banco de dados de frutas diversas	0	ANN	2019	39	4
Espectroscopia no Infravermelho	Reflectance Vis/NIR spectroscopy for nondestructive taste	Jamshidi, B; Minaei, S; Mohajerani, E;	Computers and electronics in agriculture	Laranja	SG; MSC; SNV	PCA;PCR;PLS; MLR	2012	80	5

	characterization of Valencia oranges	Ghassernian, H							
Cromatografia líquida de alta eficiencia	Determination of five pesticides in juice, fruit and vegetable samples by means of liquid chromatography combined with multivariate curve resolution	Boeris, V; Arancibia, JA; Olivieri, AC	Analytica chimica acta	Tomate, suco de laranja, suco de toranja, limão e tangerina	0	PCA;MCR - ALS	2014	59	6
Espectroscopia no Infravermelho	The use of visible and near infrared spectroscopy for evaluating passion fruit postharvest quality	Maniwara, P; Nakano, K; Boonyakiat, D; Ohashi, S; Hiroi, M; Tohyama, T	Journal of food engineering	Maracujá	0	PLS;PLSR	2014	54	7
Cromatografia líquida de alta eficiencia	Liquid chromatography-mass spectrometry-based metabolomics for authenticity assessment of fruit juices	Vaclavik, L; Schreiber, A; Lacina, O; Cajka, T; Hajslova, J	Metabolomics	Laranja	0	PCA;LDA	2012	63	8
RMN	Fruit juice authentication by H-1 NMR spectroscopy in combination with different chemometrics tools	Cuny, M; Vigneau, E; Le Gall, G; Colquhoun, I; Lees, M; Rutledge, DN	Analytical and bioanalytical chemistry	Laranja e toranja	Correção de linha de base; COW	ANOVA;CLV;E WZS;PCA;ICA; H-RNM	2008	78	9
Espectroscopia no Infravermelho	Total anthocyanin content determination in intact acai (Euterpe	Inacio, MRC; de Lima, KMG; Lopes,	Food chemistry	Açaí	SG	GA;ipls;PSL-SPA;ipls-GA;SPA;PLS	2013	48	10

	oleracea Mart.) And palmitero-jucara (Euterpe edulis Mart.) Fruit using near infrared spectroscopy (NIR) and multivariate calibration	VG; Pessoa, JDC; Teixeira, GHD								
Espectroscopia no Infravermelho	Determination of main fruits in adulterated nectars by ATR-FTIR spectroscopy combined with multivariate calibration and variable selection methods	Miaw, CSW; Assis, C; Silva, ARCS; Cunha, ML; Sena, MM; de Souza, SVC	Food chemistry	Uva, laranja, pêssego e maracujá	0	Ipls-OPLS; ipls-GA; PLS	2018	23	11	
Espectroscopia no Infravermelho	Quality evaluation of frozen guava and yellow passion fruit pulps by NIR spectroscopy and chemometrics	Alamar, PD; Carames, ETS; Poppi, RJ; Pallone, JAL	Food research international	Goiaba; Maracujá	SNV; MSC; SG	PLSR	2016	28	12	
Espectroscopia de Massa com Plasma Indutivamente acoplado	Provenance discrimination of Sorrento lemon with Protected Geographical indication (PGI) by multi-elemental fingerprinting	Ruggiero, L; Fontanella, MC; Amalfitano, C; Beone, GM; Adamo, P	Food chemistry	Limão	0	KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) / Esfericidade de Bartlett; PCA; S-LDA	2021	0	13	
Espectroscopia no Infravermelho	Quantification of carbohydrates in fruit juices using FTIR spectroscopy and multivariate analysis	Leopold, LF; Leopold, N; Diehl, HA; Socaciu, C	Spectroscopy-biomedical applications	Maçã, pêssego, laranja, abacaxi e pêra	SG;	PCA; PLS	2011	57	14	

Espectroscopia de Massa com Plasma Indutivamente acoplado	Rapid assessment of metal contamination in commercial fruit juices by inductively coupled mass spectrometry after a simple dilution	Tormen, L; Torres, DP; Dittert, IM; Araujo, RGO; Frescura, VLA; Curtius, AJ	Journal of food composition and analysis	Laranja e pêssego	0	PCA;HCA	2011	52	15
Espectroscopia de Massa com Plasma Indutivamente acoplado	Traceability of Protected Geographical Indication (PGI) Interdonato lemon pulps by chemometric analysis of the mineral composition	Potorti, AG; Di Bella, G; Mottese, AF; Bua, GD; Fede, MR; Sabatino, G; Salvo, A; Somma, R; Dugo, G; Lo Turco, V	Journal of food composition and analysis	Limão	0	CDA;PCA	2018	17	16
Espectroscopia no Infravermelho	Fruit Characteristics, Peel Nutritional Compositions, and Their Relationships with Mango Peel Pectin Quality	Wongkaew, M; Kittiwachana, S; Phuangsaijai, N; Tinpovong, B; Tiyyayon, C; Pusadee, T; Chuttong, B; Sringarm, K; Bhat, FM; Sommano, SR;	Plants-basel	Manga	0	PCA;PLS	2021	2	17

		Cheewangkoon, R							
Espectroscopia no Infravermelho	Quality control of cashew apple and guava nectar by near infrared spectroscopy	Carames, ETS; Alamar, PD; Poppi, RJ; Pallone, JAL	Journal of food composition and analysis	Caju e Goiaba	SG);MSC	PLS	2017	21	18
Espectroscopia no Infravermelho	Classification and analysis of citrus oils by NIR spectroscopy	Steuer, B; Schulz, H; Lager, E	Food chemistry	Toranja, laranja, tangerina, limão e lima	0	PCA;PLS	2001	98	19
Espectroscopia no Infravermelho	Performance of new low-cost handheld NIR spectrometers for nondestructive analysis of umbu (Spondias tuberosa Arruda) quality	Marques, EJM; de Freitas, ST	Food chemistry	Umbú	SNV	PCA;PLS	2020	3	20
Cromatografia líquida de alta eficiência	Multivariate chemometric analysis for the evaluation of 22 Citrus fruits growing in Brazil's semi-arid region	Coelho, EM; Haas, ICD; de Azevedo, LC; Bastos, DC; Fedrigo, IMT; Lima, MD; Amboni, RDDC	Journal of food composition and analysis	Laranja, Limões, tangerinas, pomelos	0	PCA	2021	0	21
RMN	Metabolic annotation, interactions and characterization of natural products of	Angamuthu, S; Ramaswamy, CR;	Process biochemistry	Manga	0	PCA;PLS-DA;OPLS-DA;RMN	2021	0	22

	mango (<i>Mangifera indica</i> L.): H-1 NMR based chemical metabolomics profiling	Thangaswamy, S; Sadhasivam, DR; Nallaswamy, VD; Subramanian, R; Ganesan, R; Raju, A Akpolat, H; Barineau, M; Jackson, KA; Akpolat, MZ; Francis, DM; Chen, YJ; Rodriguez-Saona, LE								
Espectroscopia Raman	High-Throughput Phenotyping Approach for Screening Major Carotenoids of Tomato by Handheld Raman Spectroscopy Using Chemometric Methods		Sensors	Tomate Maçã, abacate, banana e laranja	SNV	ANN;PCA;PLSR;SIMCA;RAMAN	AN	2016	5	23
Análise por imagem	Automatic Detection and Grading of Multiple Fruits by Machine Learning	Bhargava, A; Barisal, A	Food analytical methods		0	ANN;SVM;K-NN;SRC;RGB		2020	5	24
Espectroscopia no Infravermelho	Online accurate detection of soluble solids content in navel orange assisted by automatic orientation correction device	Hao, Y; Wang, QM; Zhang, SM	Infrared physics & technology	Laranja	NWS-MS / VCPA	PLSR		2021	0	25
Espectroscopia no Infravermelho	Identification of Passion Fruit Oil Adulteration by Chemometric Analysis of FTIR Spectra	Kiefer, J; Lampe, AI; Nicoli, SF; Lucarini, M; Durazzo, A	Molecules	Maracujá	0	PCA;PLSR		2019	8	26

Cromatografia líquida de alta eficiência	Authentication of the geographical origin and the botanical variety of avocados using liquid chromatography fingerprinting and deep learning methods	Martin-Torres, S; Jimenez-Carvelo, AM; Gonzalez-Casado, A; Cuadros-Rodriguez, L	Chemometrics and intelligent laboratory systems	Abacate	0	SVM;PCA;PLS-DA;HCA	2020	3	27
RMN	Use of H-1 NMR to Detect the Percentage of Pure Fruit Juices in Blends	Marchetti, L; Pellati, F; Benvenuti, S; Bertelli, D	Molecules	Maçã, laranja, abacaxi e romã	Ajuste da linha de base	Planejamento fatorial completo 2 ⁴ CCD;PLS;RMN	2019	7	28
Análise por imagem	A pattern recognition method on smartphones for planar chromatography and verification on chromatograms of four herbal medicines from citrus fruits	Tang, TX; Liu, H; Deng, LH; Qiu, XH; Liang, JF	Journal of liquid chromatography & related technologies	Frutas cítricas (Limões, Laranjas, limas e tangerinas)	0	NN;SVM	2021	0	29
Análise por imagem	Rapid detection of browning levels of lychee pericarp as affected by moisture contents using hyperspectral imaging	Yang, YC; Sun, DW; Wang, NN	Computers and electronics in agriculture	Lichia	0	NN;SPA;PLSR;MC;SVR;SVC	2015	25	30
Análise por imagem	Deep Image Sensing and Retrieval Using Suppression, Scale Spacing and Division, Interpolation and Spatial Color Coordinates With	Ahmed, KT; Afzal, H; Mufti, MR; Mehmood, A; Choi, GS	IEEE access	Banco de dados de frutas diversas	0	ANN;SVM;PCA;ICA;LDA	2020	2	31

Bag of Words for Large and Complex Datasets									
Espectroscopia no Infravermelho	Control of ascorbic acid in fortified powdered soft drinks using near-infrared spectroscopy (NIRS) and multivariate analysis	De Santana, MC; Ferreira, MMC; Pallone, JAL	Journal of food science and technology-mysore	Uva/Maracujá	SNV	ANOVA;PLS	2020	2	32
Cromatografia gasosa - espectrometria de massa	Chromatographic fingerprint analysis of secondary metabolites in citrus fruits peels using gas chromatography-mass spectrometry combined with advanced chemometric methods	Parastar, H; Jalali-Heravi, M; Sereshti, H; Mani-Varnosfaderani, A	Journal of chromatography a	Limão; laranja; tangerina e toranja	0	CPANN;PCA;K-NN;MCR - ALS	2012	39	33
Cromatografia líquida de alta eficiencia	Chemometric classification of early-ripening apricot (Prunus armeniaca, L.) Germplasm based on quality traits, biochemical profiling and in vitro biological activity	Carbone, K; Ciccoritti, R; Paliotta, M; Rosato, T; Terlizzi, M; Cipriani, G	Scientia horticulturae	Damascão	0	ANOVA;DA;PCA	2018	10	34
Cromatografia líquida de alta eficiencia	Differentiation of Fresh Greek Orange Juice of the Merlin Cultivar According to Geographical Origin Based on the Combination of Organic	Nikolaou, C; Karabagias, IK; Gatzias, I; Kontakos, S; Badeka, A; Kontominas, MG	Food analytical methods	Laranja	0	MANOVA;LDA	2017	15	35

	Acid and Sugar Content as well as Physicochemical Parameters Using Chemometrics								
Espectroscopia no Infravermelho	Feasibility Study of the Use of Handheld NIR Spectrometer for Simultaneous Authentication and Quantification of Quality Parameters in Intact Pineapple Fruits	Amuah, CLY; Teye, E; Lamptey, FP; Nyandey, K; Opoku-Ansah, J; Adueming, POW	Journal of spectroscopy	Abacaxi	MSC	PCA;PLS;K-NN;LDA	2019	6	36
Espectroscopia de fluorescência	Pesticide residues in fruits and vegetables: High-order calibration based on spectrofluorimetric/ph data	Pagani, AP; Ibanez, GA	Microchemical journal	Alface romana, laranja , pêra, cogumelo	0	U-PLS / RTL;PLS	2019	3	37
Espectroscopia no Infravermelho	Multivariate calibration of mango firmness using vis/NIR spectroscopy and acoustic impulse method	Valente, M; Leardi, R; Self, G; Luciano, G; Pain, JP	Journal of food engineering	Manga	SG;	GA;PLS	2009	52	38
GC-MS; RMN; FITR	Characterization of polysaccharide from longan pulp as the macrophage stimulator	Yi, Y; Wang, HX; Zhang, RF; Min, T; Huang, F; Liu, L; Zhang, MW	Rsc advances	Fruta	0	ANOVA;SNK;R MN	2015	23	39

Digestão por microondas	Authenticity of PGI "Clementine of Calabria" by Multielement Fingerprint	Benabdelkamel, H; Di Donna, L; Mazzotti, F; Naccarato, A; Sindona, G; Tagarelli, A; Taverna, D	Journal of agricultural and food chemistry	Clementina	0	PCA;PLS-DA;LDA;S-LDA;SIMCA	2012	36	40
Revisão de diversas técnicas não destrutivas	Data processing approaches and strategies for non-destructive fruits quality inspection and authentication: a review	Srivastava, S; Sadistap, S	Journal of food measurement and characterization	Diversas	0	ANOVA;ANN;SVM;PCA;PCR;PLS;PLSR;PLS-DA;K-NN;MLR;QDA;LDA;SIMCA	2018	8	41
Espectroscopia no Infravermelho	Estimation of Ascorbic Acid in Intact Acerola (Malpighia emarginata DC) Fruit by NIRS and Chemometric Analysis	De Moraes, FP; Costa, RC; de Moraes, CDM; de Medeiros, FGM; Fernandes, TRN; Hoskin, RT; de Lima, KMG	Horticulturae	Acerola	MSC e SG	GA;ipls;PLS	2019	3	42
Espectroscopia no Infravermelho	Application of FTIR spectroscopy for the quantification of sugars in mango juice as a function of ripening	Duarte, IF; Barros, A; Delgadillo, I; Almeida, C; Gil, AM	Journal of agricultural and food chemistry	Manga	0	PCA;PLS	2002	84	43

Nariz Eletrônico	Novel analytical method for detection of orange juice adulteration based on ultra-fast gas chromatography	Rozanska, A; Dymerski, T; Namiesnik, J	Monatshefte fur chemie	Laranja e Maçã	Normalização	ANOVA;NN;NB;CT;RF;HCA	2018	7	44
Cromatografia gasosa - espectrometria de massa	Volatile changes in Hawaiian noni fruit, <i>Morinda citrifolia</i> L., during ripening and fermentation	Wall, MM; Miller, S; Siderhurst, MS	Journal of the science of food and agriculture	Noni	0	Fatorial SPSS;CDA;PCA	2018	3	45
Espectrometria de absorção atômica eletrotérmica, espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado; eletroforese capilar;	Simultaneous Determination of Pesticides in Fruits by Using Second-Order Fluorescence Data Resolved by Unfolded Partial Least-Squares Coupled to Residual Bilinearization	Navarro, MV; Cabezon, MA; Damiani, PC	Journal of chemistry	Laranja e Banana	0	U-PLS	2018	4	46
Espectroscopia no Infravermelho	Near infrared spectroscopy, a suitable tool for fast phenotyping - The case of cashew genetic improvement	Samamad, NTI; Ribeiro, LPD; Lopes, MMD; Puschmann, R; Silva, ED	Scientia horticulturae	Cajú	SG	PLS	2018	3	47

Análise por imagem	Passive reflectance sensing and digital image analysis for assessing quality parameters of mango fruits	Elsayed, S; Galal, H; Allam, A; Schmidhalter, U	Scientia horticulturae	Manga	0	PLSR;RGB	2016	13	48
Cromatografia líquida de alta eficiencia	Chemometric Characterization of Fruit Juices from Spanish Cultivars According to Their Phenolic Compound Contents: I. Citrus Fruits	Abad-Garcia, B; Berrueta, LA; Garmon-Lobato, S; Urkaregi, A; Gallo, B; Vicente, F	Journal of agricultural and food chemistry	Laranja doce, tangerina, limão e toranja	0	PCA;PCR;PLS;CA;LDA	2012	31	49
Espectroscopia no Infravermelho	Determination of Total Phenolic Content and Classification Model of Local Variety Soursop (Annona muricata L.) Leaf Powder in Different Altitudes Using NIR and FTIR Spectroscopy coupled with Chemometrics	Wulandari, L; Siswanti, RAYN; Nugraha, AS	Indonesian journal of pharmacy	Graviola	0	SVM;PCR;PLS;LDA;SVR;SIMC A	2019	1	50
Extração de características GLCM e técnicas de computação suave	In-line grading system for mango fruits using GLCM feature extraction and soft-computing techniques	Olaniyi, EO; Oyedotun, OK; Ogunlade, CA; Khashman, A	International journal of applied pattern recognition	Manga	0	ANN	2019	0	51
Espectroscopia de massa	Rapid discrimination of bergamot essential oil by paper spray mass	Taverna, D; Di Donna, L; Mazzotti, F;	Journal of mass spectrometry	Laranja doce, bergamo	0	PCA;LDA;SIMC A	2016	13	52

spectrometry and
chemometric analysis

Tagarelli, A;
Napoli, A;
Furia, E;
Sindona, G

ta,
laranja
azedo,
tangerin
a, cedro
e
toranja.

Revisão de diversas técnicas não destrutivas	Targeted and non- targeted detection of lemon juice adulteration by LC-MS and chemometrics	Wang, ZF; Jablonski, JE	Food additives and contaminant s part a- chemistry analysis control exposure & risk assessment	Limão	0	PCA;PLS-DA	2016	11	53
Análise por imagem	DURIAN RECOGNITION BASED ON MULTIPLE FEATURES AND LINEAR DISCRIMINANT ANALYSIS	Mustaffa, MR; Yi, NX; Abdullah, LN; Nasharuddin, NA	Malaysian journal of computer science	Durian	0	SVM;LDA;LR;G NB	2018	2	54
Eletroforese Capilar (CE)	CE-UV for the characterization of passion fruit juices provenance by amino acids profile with the aid of chemometric tools	Passos, HM; Cieslarova, Z; Simionato, AVC	Electrophore sis	Maracuj á	0	PCA	2016	9	55

Cromatografia líquida de alta eficiência	Chemometric evaluation of biogenic amines in commercial fruit juices	Preti, R; Bernacchia, R; Vinci, G	European food research and technology	Maçã, toranja, laranja, abacaxi (suco); damascão, pêssego e pêra (Néctares)	0	ANOVA;HDS;PCA;CA;LDA	2016	9	56
Espectroscopia de fluorescência	Determination of diphenylamine residue in fruit samples using spectrofluorimetry and multivariate analysis	Farokhcheh, A; Alizadeh, N	Lwt-food science and technology	Pêra, maçã e laranja	0	PCA;PCR;PLS;MLR	2013	22	57
Espectroscopia no Infravermelho	Visible spectroscopy calibration transfer model in determining ph of Sala mangoes	Yahaya, OKM; matjafri, MZ; Aziz, AA; Omar, AF	Journal of instrumentation	Manga	0	MLR	2015	11	58
Espectroscopia de fluorescência ; cromatografia líquida de alto desempenho	Characterisation of citrus by chromatographic analysis of flavonoids	Robards, K; Li, X; Antolovich, M; Boyd, S	Journal of the science of food and agriculture	Laranja, toranja, tangerina, limão, lima	0	PCA;K-NN;HCA;SIMCA	1997	87	59
Espectroscopia no Infravermelho	Online quantitative analysis of soluble solids content in navel oranges using visible-near	Liu, YD; Zhou, YR; Pan, YY	Journal of innovative optical	Laranja	0	GA;PLS;MC;MW-PLS;MC-UVE;WT-MCUVE	2014	5	60

	infrared spectroscopy and variable selection methods		health sciences						
Espectroscopia Raman	Rapid Classification of Citrus Fruits Based on Raman Spectroscopy and Pattern Recognition Techniques	Feng, XW; Zhang, QH; Zhu, ZL	Food science and technology research	Frutas cítricas (Tagerina ; laranja;	correção de linha de base	PCA;HCA;SNK; RAMAN	2013	9	61
Espectroscopia no Infravermelho	RAPID DETERMINATION OF PROCHLORAZ IN ORANGE JUICE BY NEAR-INFRARED SPECTROSCOPY	Zhang, Y; Xiang, BR; Dong, Y; Xu, JP	Analytical letters	Laranja	0	LS-SVM;PLS-DA;LDA	2013	6	62
Espectroscopia UV-VIS	New method for the determination of benzoic and sorbic acids in commercial orange juices based on second-order spectrophotometric data generated by a ph gradient flow injection technique	Marsili, NR; Lista, A; Band, BSF; Goicoechea, HC; Olivieri, AC	Journal of agricultural and food chemistry	Laranja	0	PARAFAC;N-PLS;PLS;MCR - ALS	2004	47	63
Espectroscopia no Infravermelho	Predicting oleocellosis sensitivity in citrus using VNIR reflectance spectroscopy	Zheng, YQ; He, SL; Yi, SL; Zhou, ZQ; Mao, SS; Zhao, XY; Deng, L	Scientia horticulturae	Laranja	SEC, SEP; MSC;	PLS	2010	13	64
Análise por imagem	Automatic fruit recognition: a survey and	Jimenez, A; Jain, AK;	Pattern recognition	Laranja	0	Análise de pixel	1999	70	65

	new results using range/attenuation images	Ceres, R; Pons, JL								
Cromatografia líquida (LC) e espectrometria de massa (MS)	Use of Metals and Anion Species with Chemometrics Tools for Classification of Unprocessed and Processed Coconut Waters	Naozuka, J; da Veiga, MAMS; Richter, EM; Paixao, TRLC; Angnes, L; Oliveira, PV	Food analytical methods	Coco	0	ANOVA + Tukey – Kramer;PCA;HCA	2011	5	66	
Espectroscopia no Infravermelho	IMPROVEMENT OF NIR TRANSMISSION MODE FOR INTERNAL QUALITY ASSESSMENT OF FRUIT USING DIFFERENT ORIENTATIONS	Moghimi, A; Aghkhani, MH; Sazgarnia, A; Abbaspour-Fard, MH	Journal of food process engineering	Kiwis	SG; Wavelet, SNV, MSC	PCA;PLS	2011	5	67	
Nariz Eletrônico	Odor identification using a snO ₂ -based sensor array	Maekawa, T; Suzuki, K; Takada, T; Kobayashi, T; Egashira, M	Sensors and actuators b-chemical	Toranja, laranja doce, limão, bergamota e petit grain	0	PCA	2001	55	68	
Análise por imagem	Suitability of Feature Extraction Methods in Recognition and Classification of Grains, Fruits and Flowers	Anami, BS; Savakar, DG	International journal of food engineering	Manga; Laranja; Romã	0	Análise de Pixel ;RGB	2011	3	69	

Espectroscopia no Infravermelho	Non-destructive measurement of acidity of Chinese bayberry using Vis/NIRS techniques	Li, XL; He, Y	European food research and technology	Bayberry	MSC	PLS	2006	22	70
Voltametria	Chemometric analysis of square wave voltammograms for classification and quantitation of untreated beverage samples	Schreyer, SK; Mikkelsen, SR	Sensors and actuators b-chemical	Suco de Laranja, vinhos, cervejas, cafés, leites	0	PCA;PCR;PLS	2000	47	71
Espectroscopia no Infravermelho	Simple partial least squares-attenuated total reflectance Fourier transform infrared spectrometric method for the determination of sugars in fruit juices and soft drinks using aqueous standards	Rambla, FJ; Garrigues, S; Ferrer, N; de la Guardia, M	Analyst	Laranja, maçã, uva, ,	0	PLS; PLS - ATR	1998	33	72
Análise por imagem	Video grading of oranges in real-time	Recce, M; Plebe, A; Taylor, J; Tropiano, G	Artificial intelligence review	Laranja	0	NN; Análise de pixel	1998	12	73
Nariz Eletrônico	Mimicking the olfactory system by a thickness-shear-mode acoustic sensor array	Cao, Z; Xu, D; Jiang, JH; Wang, JH; Lin, HG; Xu, CJ; Zhang, XB; Yu, RQ	Analytica chimica acta	Maçãs, bananas, laranjas e peras	0	MPCA	1996	9	74

GC-MS; RMN; HPGPC	Chemometric aspects of sugar profiles in fruit juices using HPLC and GC	Yoon, JH; Kim, K; Lee, DS	Bulletin of the korean chemical society	Maçã, laranja, uva, abacaxi, suco de cenoura, Coco,	0	PCA	1997	8	75
----------------------	--	---------------------------------	--	---	---	-----	------	---	----

Fonte 33: Própria, 2021.