

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

Clarissa da Silva Munhoz

Avaliação tecnológica da substituição do óleo de palma em gelados comestíveis

Buri
2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

Clarissa da Silva Munhoz

Avaliação tecnológica da substituição do óleo de palma em gelados comestíveis

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como exigência parcial para
obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Alimentos na
Universidade Federal de São Carlos.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo das Graças
Pereira

Buri
2023

da Silva Munhoz, Clarissa

Avaliação tecnológica da substituição do Óleo de Palma em gelados comestíveis / Clarissa da Silva Munhoz -- 2023. 68f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Lagoa do Sino, Buri

Orientador (a): Gustavo das Graças Pereira

Banca Examinadora: Kivia Mislaine Albano, Maria Aliciane Fontenele Domingues

Bibliografia

1. Gelados Comestíveis. 2. Substituição de óleos e gorduras. 3. Avaliações reológicas, de *overrun* e de comportamento de derretimento. I. da Silva Munhoz, Clarissa. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Lissandra Pinhatelli de Britto - CRB/8 7539

CLARISSA DA SILVA MUNHOZ

Avaliação tecnológica da substituição de óleo de palma em gelados comestíveis

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de São Carlos.

Aprovado em: 18/08/2023.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 GUSTAVO DAS GRACAS PEREIRA
Data: 21/08/2023 09:18:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Gustavo das Graças Pereira(Orientador)
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

Documento assinado digitalmente
 KIVIA MISLAINE ALBANO SCOBOSA
Data: 21/08/2023 13:33:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Kivia Mislaine Albano
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

Documento assinado digitalmente
 MARIA ALICIANE FONTENELE DOMINGUES
Data: 21/08/2023 09:44:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa.Dra. Maria Aliciane Fontenele Domingues
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais que me deram asas para alcançar novos voos, à minha irmã pela cumplicidade e suporte e ao meu cunhado pela inspiração diária.

AGRADECIMENTO

Primeiramente a Deus e à virgem Maria, pelo dom da vida e pelo grande propósito em meu dia a dia.

Aos meus pais, Sueli e Ademir, por sempre acreditarem nos meus sonhos e me permitirem caminhar para realizá-los, por crerem em mim mesmo quando eu já não o fazia, por serem minha base e meu ponto de refúgio.

À minha irmã, Thaís, por sempre me incentivar a seguir, acreditando todos os dias no meu potencial e pela inspiração de mulher.

Ao meu cunhado, Éder Carlos, pelo carinho e pelo modelo de profissional e engenheiro que é.

Aos meus tios e primos, pelo apoio. Em especial, aos meus tios Aparecida e José, por serem sempre meu maior amparo.

Aos meus avôs, Valdemar e Elzio, e minhas avós, Maria (*in memoriam*) e Alaydes (*in memoriam*), por criarem meus pais de maneira esplêndida e libertadora, pelo amor e dedicação a mim.

Aos meus amigos de infância, do SESI e do escoteiro, pelo ombro amigo e pelos incentivos a persistir.

Às minhas amigas de universidade, Ana Julia, Kéllen, Rafaela, Ingrid, Ana Beatriz, Larissa, Maristela, Olivia e tantos outros, pela amizade, companheirismo, por dividirem grandes momentos e por me ajudarem a crescer como pessoa.

À toda Universidade Federal de São Carlos, pelo suporte, infraestrutura e conhecimento. Em especial meu orientador, Gustavo Pereira, pela disponibilidade e auxílio.

Aos meus gestores, Luciano e Isabella, e todo o meu time de R&D, por acreditarem em mim e no meu potencial, e por todo conhecimento de vida e profissional.

À Manoela e ao time AarhusKarlshamn (AAK) pela disponibilidade, troca de conhecimento e pelo fornecimento das diferentes fontes lipídicas para o desenvolvimento deste trabalho.

“Hoje eu só vim agradecer por tudo que Deus me fez, quem me conhece sabe o que eu vivi e o que passei, o tanto que ralei pra chegar até aqui! E cheguei, cheguei.”

(IZA)

RESUMO

DA SILVA MUNHOZ, Clarissa. **Avaliação tecnológica da substituição de óleo de palma em gelados comestíveis**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de São Carlos, campus Lagoa do Sino, Buri, 2023.

O presente trabalho teve por objetivo testar três fontes lipídicas em substituição ao óleo de palma na formulação de gelados comestíveis. A formulação padrão (PAD) foi composta de 6,5% de óleo de palma, 62,54% de água, 11% de xarope de glucose, 11% de açúcar, 6,5% de soro de leite, 1,7% de leite em pó desnatado, 0,65% de mix de estabilizantes e emulsificantes e 0,014% de corante urucum. Os demais tratamentos se diferenciaram da amostra PAD pela origem da fonte lipídica, onde o protótipo 1 (PT1) empregou 6,5% do *blend* de gordura de soja, óleo de palma totalmente hidrogenado e estearina de palma; o protótipo 2 (PT2) com 6,5% de óleo de coco e o protótipo 3 (PT3) utilizou 6,5% do *blend* de óleo de karité e óleo de palma refinado. As amostras foram submetidas às análises de reologia, incorporação de ar (*overrun*) e comportamento de derretimento, de forma a avaliar a influência dessas substituições sobre suas características reológicas, físicas e de estabilidade. Com base nos reogramas, as misturas base apresentaram comportamento pseudoplástico e as amostras PT3 e PAD apresentaram os maiores valores de viscosidade aparente. No que se refere às análises de incorporação de ar e de estabilidade, a amostra PT1 exibiu o menor *overrun* e a maior taxa de derretimento, já que ambos os parâmetros tender a se relacionar inversamente. As amostras PT2 e PT3, por sua vez, apresentaram resultados intermediários para *overrun* e comportamento de derretimento, sendo, portanto, possíveis alternativas para substituir o óleo de palma, fonte lipídica que apresentou os melhores resultados tecnológicos no presente trabalho.

Palavras-chave: *Blend* de óleos. *Elaeis guineensis*. Derretimento. Óleo de coco. *Overrun*. Sorvete.

ABSTRACT

This study aimed to test three lipid sources to replace palm oil in ice cream. The standard formulation (PAD) was composed of 6.5% of palm oil, 62.54% of water, 11% of glucose syrup, 11% of sugar, 6.5% of whey protein, 1.7% of skimmed milk powder, 0.65% of mix of stabilizers and emulsifiers, and 0.014% of annatto coloring. The other treatments differed from the PAD sample by the origin of the lipid source, where prototype 01 (PT1) used 6.5% of the blend of soybean fat, fully hydrogenated palm oil and palm stearin, prototype 02 (PT2) with 6.5% of coconut oil and prototype 03 (PT3) used 6.5% of the blend of shea oil and refined palm oil. The samples were submitted to analyses of rheology, air incorporation (overrun) and melting behavior, in order to evaluate the influence of these substitutions on their rheological, physical and stability characteristics. Based on the rheograms, the mixes showed a pseudoplastic behavior and the PT3 and PAD samples showed the highest apparent viscosity values. With regard to the air incorporation and stability analyses, the PT1 exhibited the lowest overrun and the highest melting rate, as both parameters tend to be inversely related. Samples PT2 and PT3 presented intermediate results for overrun and melting behavior, being, therefore, possible alternatives to replace palm oil, the lipid source that presented the best technological results in the present work.

Keyword: Blends of oils. *Elaeis guineensis*. Melting. Coconut oil. Ice cream.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma do processamento de sorvetes.	20
Figura 2 - Dispersão dos estabilizantes e emulsificantes.	43
Figura 3 - Adição do leite e soro de leite em pó à mistura.	44
Figura 4 - Pasteurização da mistura base.....	44
Figura 5 - Maturação da mistura base.	45
Figura 6 - Finalização da etapa de batimento e início da etapa de envase.	46
Figura 7 - Reograma geral (tensão de cisalhamento x taxa de deformação) das misturas base formuladas com diferentes fontes lipídicas.	49
Figura 8 – Relação entre a viscosidade aparente e a taxa de deformação das misturas base formulados com diferentes fontes lipídicas.	50
Figura 9 – Overrun dos sorvetes formulados com diferentes fontes lipídicas.....	52
Figura 10 – Comportamento de derretimento dos sorvetes formulados com diferentes fontes lipídicas.....	54
Figura 11 - Fotografias da análise de derretimento a cada 30 minutos.	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição em ácidos graxos do óleo de palma.	34
Tabela 2 - Composição em ácidos graxos presentes no óleo de coco.	37
Tabela 3 - Composição em ácidos graxos presentes nos óleos e manteigas de karité.	38
Tabela 4 - Composição em ácidos graxos do óleo de soja.	40
Tabela 5 – Formulação dos sorvetes elaborados com diferentes fontes lipídicas.	42
Tabela 6 - Massa (g) dos sorvetes formulados com diferentes fontes lipídicas durante 180 minutos.	53
Tabela 7 - Massa de sorvete derretido (g) durante 180 minutos.....	54

LISTA DE ABREVIATURAS

ABIS	Associação Brasileira das Indústrias e do Setor de Sorvetes
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
B2C	<i>Business to customer</i>
BHT	Antioxidante butil-hidroxitolueno
BOPP	Polipropileno Biorientado
BPF	Boas Práticas de Fabricação
EUA	Estados Unidos da América
HSTS	<i>High-temperature short-time</i>
IAC	Instituto Agrogenômico de Campinas
IN	Instrução Normativa
LBG	<i>Locust Bean Gum</i>
MDG	Mono e diacilgliceróis de ácidos graxos
OP	Óleo de Palma
Pa	Pascal
PAD	Padrão
PLP	1,3-dipalmitol-2-linoleoil-glicerol
POO	Palmitoil-dioleoil-glicerol
POP	1-3-dipalmitoil-2-oleoilglicerol
POP	Procedimento Operacional Padronizado
PT	Protótipo
R&D	<i>Research and Development</i>
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
Rpm	Rotações por minuto
SFC	Conteúdo de gordura sólida
TAG	Triacilgliceróis
USDA	Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL.....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3.1 HISTÓRICO	17
3.2 MERCADO	18
3.2.1 Segmentação	18
3.2.2 Mercado e Consumo Nacional	19
3.3 PROCESSAMENTO.....	20
3.3.1 Pesagem	20
3.3.2 Preparo da Mistura	21
3.3.3 Pasteurização	21
3.3.4 Homogeneização e Resfriamento	22
3.3.5 Maturação	23
3.3.6 Saborização	23
3.3.7 Batimento e Congelamento	23
3.3.8 Envase e Endurecimento	24
3.3.9 Armazenamento	25
3.3.10 Distribuição	25
3.4 LEGISLAÇÃO	25
3.5 DEFINIÇÕES E TIPOS DE SORVETE	26
3.6 COMPOSIÇÃO E FUNCIONALIDADES	27
3.6.1 Leite e seus Derivados	27
3.6.2 Açúcares e Adoçantes	28
3.6.3 Emulsificantes	29
3.6.4 Estabilizantes	30
3.6.5 Flavorizantes e Corantes	30
3.6.6 Sal	31
3.7 FONTES DE ÓLEOS E GORDURAS APLICADAS EM SORVETES	31
3.7.1 Exemplos de Fontes Vegetais	32

3.7.1.1 Óleo de Palma.....	32
3.7.1.1.1 <i>Histórico e Dados de Consumo</i>	32
3.7.1.1.2 <i>Composição e Fracionamentos</i>	33
3.7.1.1.3 <i>Problemas Ambientais Relacionados a Seu Uso</i>	35
3.7.1.2 Óleo de Coco	35
3.7.1.2.1 <i>Histórico e Dados de Consumo</i>	35
3.7.1.2.2 <i>Composição</i>	36
3.7.1.3 Óleo de Karité.....	37
3.7.1.4 Óleo de Soja	39
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	41
4.1 MATERIAIS.....	41
4.2 DESENVOLVIMENTO DA FORMULAÇÃO	41
4.3 PROCESSAMENTO DOS SORVETES.....	42
4.4 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS.....	46
4.4.1 Avaliação reológica das misturas bases.....	46
4.4.2 Avaliação da incorporação de ar e estabilidade dos sorvetes	47
4.4.2.1 <i>Overrun</i>	47
4.4.3 Comportamento de derretimento (<i>Melting down</i>)	47
4.4.4 Análise estatística.....	48
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
5.1 COMPORTAMENTO REOLÓGICO DAS MISTURAS BASE.....	48
5.2 <i>OVERRUN</i>	51
5.3 COMPORTAMENTO DE DERRETIMENTO (<i>MELTING DOWN</i>).....	53
6 CONCLUSÃO.....	56
REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

Os óleos vegetais são obtidos por meio da extração do material lipídico presente nas fontes vegetais, em sua maioria de grãos e sementes. Assim como a vasta variedade botânica existente no mundo, a indústria disponibiliza óleos de diferentes fontes que possuem características únicas (Fani, 2017).

O óleo de palma é o óleo vegetal mais produzido no mundo, com produção de 79,46 milhões de toneladas no período de 2022/2023, seguido pelos óleos de soja, colza e girassol (USDA, 2023). Este conta com uma rica composição em carotenoides, que contribui para sua coloração laranja avermelhada, e contém de 39,3 a 47,5% de ácido palmítico, de 36 a 44% de ácido oleico, de 9 a 12% de ácido linoleico e de 3,5 a 6% de ácido esteárico, além de 26% de triacilgliceróis POP (1-3-dipalmitoil-2-oleoilglicerol), 19% POO (Palmitoil-dioleoil-glicerol) e 7% de PLP (1,3-dipalmitol-2-linoleoil-glicerol). Sua composição característica permite uma vasta aplicação na indústria alimentícia, com destaque para os processamentos de chocolate, biscoitos, margarinas e sorvetes (Aditivos e Ingredientes, 2013; Brasil, 2021).

Durante o final do século XX e início deste século, a indústria processadora de óleo de palma tornou-se capaz de produzir em larga escala, atingindo uma produção anual de 15 milhões de toneladas, permitindo assim a migração da antiga fonte lipídica de origem animal para uma fonte 100% vegetal, permitindo uma maior aplicabilidade em diversos outros setores da indústria (Kadandale; Marten; Smith, 2019).

Com o decorrer das décadas, cerca de 80% dos produtos alimentícios introduzidos no mercado passaram a possuir em sua formulação o óleo de palma (PO), obtido da polpa do fruto, ou sua variável de mesma fonte, o palmiste (PKO), originado da extração de suas amêndoas. Por ser um vegetal de plantio em países com clima quente, sua produção é restrita, tornando-se necessário importar os volumes quase que totalitários (Monteiro; Homma, 2014).

No cenário nacional, este processo de importação não é diferente. Em 2021, o Brasil produziu cerca de 590.000 toneladas de PO, que foram distribuídos para as indústrias do mercado B2C - *business to customer*. Porém, o mercado interno requereu um consumo de 793.000 toneladas, sendo então necessária a importação de 293.000 toneladas, oriundas de países como Indonésia e Colômbia (Malaysian Palm Oil Council, 2022a; Zuker, 2022).

Diversos problemas podem estar atrelados à dependência das importações ou de fornecedores únicos de óleo de palma, como aumento dos preços despedidos para recebimento e envio de matérias-primas, aumento dos custos de produção, falta de matéria-prima,

necessidade de busca por fontes substitutivas e questões legais. Em 2022, diversos fatores afetaram este mercado, a exemplo da guerra entre Rússia e Ucrânia, que forneciam este material para Holanda, Turquia, Índia e China, ocasionando com que estes países buscassem novos fornecedores; escassez de mão de obra na Malásia, gerando grandes perdas na colheita do fruto; e no Brasil foram veiculadas várias questões sensíveis do ponto de vista cultural e ambiental no que se refere ao cultivo da palma (Barbosa, 2021; Chu, 2022; Malaysian Palm Oil Council, 2022b).

Como consequência, cresce a necessidade de busca por novas fontes lipídicas, de forma a reduzir os impactos pela falta ou escassez da matéria-prima. Assim, a seleção de novas fontes compreende muito mais que a pesquisa e aplicação em bases de diferentes categorias de produtos, exigindo também avaliar as novas propriedades físico-químicas, sua similaridade sensorial com itens já disponíveis no mercado, nível de estabilidade, custos e disponibilidade do material para produção em larga escala.

Os gelados comestíveis, conhecidos popularmente como sorvetes, por sua vez, possuem uma complexa estrutura que contempla em sua formulação médio a alto nível de aplicação de óleos e/ou gorduras, sendo elas de origem animal e/ou vegetal. Seu uso tem por objetivo tecnológico contribuir para o desenvolvimento da cremosidade do produto, auxiliando na textura, na incorporação de ar à massa, em sua maciez e, por fim, na maior resistência às variações térmicas (Fani, 2023). Assim, os gelados comestíveis são susceptíveis a todas essas questões de volatilidade dos ingredientes lipídicos no mercado e são um bom exemplo para se mensurar as possíveis alterações ocasionadas pela aplicação dos novos óleos e/ou gorduras.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar fontes lipídicas alternativas para aplicação em gelados comestíveis, comparativamente ao óleo de palma, e avaliar as propriedades reológicas da mistura base e as propriedades físicas e de estabilidade do sorvete.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Desenvolver uma formulação base que permita a fácil identificação de quaisquer alterações ao produto;
2. Desenvolver três formulações com diferentes fontes de óleos em sua composição (*blend* de gordura de soja, óleo de palma totalmente hidrogenado e estearina de palma; óleo de coco; *blend* de óleo de karité e óleo de palma refinado), além da formulação padrão com óleo de palma;
3. Avaliar o comportamento reológico das misturas base formuladas com as novas propostas de material lipídico, comparativamente à formulação com óleo de palma;
4. Compreender a influência das fontes lipídicas testadas no nível de incorporação de ar dos sorvetes;
5. Verificar a estabilidade ou comportamento de derretimento dos sorvetes formulados com diferentes bases lipídicas;

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 HISTÓRICO

A diversas origens e culturas são atribuídas a responsabilidade de criação do sorvete. Por exemplo, entre 356-323 anos antes de Cristo, o conquistador Alexandre, o Grande, era apreciador do consumo de uma mistura de gelo, frutas e mel, datando, assim, o surgimento dos gelados comestíveis na Europa. Existem ainda relatos de que, na Grécia antiga, o imperador Nero frequentemente requisitava que os seus escravos buscassem gelo nas montanhas para misturá-lo com frutas (Food Ingredients Brasil, 2010; Mendes, *et al.*, 2002).

Com o passar do tempo, no leste da Macedônia, o mercador italiano Marco Polo retorna ao seu país de origem, após sua viagem ao oriente, com uma inusitada receita de *sherbet*. A partir da Itália, as receitas de sorvete foram introduzidas e difundidas na França, em 1553, pela esposa do rei Henrique II, Catarina de Medici (Food Ingredients Brasil, 2010; IFDA, 2022).

Ao público em geral, a sobremesa gelada só foi introduzida após 1660 e no novo mundo as primeiras receitas foram registradas em uma carta recebida pelo governador do estado estadunidense de Maryland em 1744 (IFDA, 2022).

Após a implementação do sorvete em todos os continentes, diversos outros fatores corroboraram para a sua maior disseminação, como a refrigeração mecânica e a produção de gelo de forma contínua. O emprego dessas novas tecnologias permitiu uma maior

produtividade, independência de fatores climáticos para a produção de gelo e a diversificação dos produtos, surgindo então os *sundaes*, *sherbets*, cones, bananas *splits*, dentre outros (Mendes, *et al.*, 2002).

No Brasil, os primeiros relatos de consumo de sorvete ocorreram noventa anos (1834) após sua chegada às Américas, por meio de um navio americano que trouxe cerca de duzentas toneladas de gelo em seus depósitos (Ramos, 2022). Em virtude das dificuldades de conservação, o produto era preparado na hora e logo consumido. Seu escalonamento industrial e sua distribuição a nível nacional só se tornou possível quando a primeira fábrica de sorvetes da U.S. Harkson do Brasil foi instalada no Rio de Janeiro (Ramos, 2022).

3.2 MERCADO

3.2.1 Segmentação

O mercado mundial de gelados comestíveis abrange uma segmentação de acordo com: (i) o tipo de produto entregue ao consumidor, como as categorias de *impulse* e consumo em casa; (ii) composição, subdividida em lácteos e não lácteos; (iii) pelos canais de comercialização e sua localização geográfica (Sharma, 2022).

Os produtos *impulse*, como o próprio nome faz menção, refere-se a todos aqueles comprados pelo impulso, onde enquadram-se porções de consumo individual, sejam estes picolés, *monobites* ou potes menores. Já os sorvetes de consumo em casa, integram todos os que são comercializados em potes de maior volumetria, onde o consumidor requer de mais alguns utensílios, tanto para a sua remoção como para o consumo, que normalmente ocorre nas dependências domésticas (Lara, 2012; Martins, 2010; Palka, 2017).

Com relação à composição, os sorvetes base leite são todos aqueles que em sua formulação apresentam a aplicação de algum ingrediente de origem láctea, como o leite integral, leite em pó, soro de leite em pó, dentre outros. Os sorvetes não lácteos ou base água abrangem os produtos formulados majoritariamente por água e/ou polpa de frutas (Brasil, 1999).

Todos os produtos acima podem ser comercializados em diferentes canais, tais como vendas diretas, *e-commerce* e lojas próprias, além das vendas indiretas em supermercados, padarias e revendedoras. Tais vendas podem ser realizadas em diversas regiões do mundo,

sendo então segmentadas em seis regiões principais: América do Norte, América Latina (América do Sul e América Central), Europa, Ásia-Pacífico (países asiáticos e da Oceania), África e Oriente Médio (Sharma, 2022; Tunu; Farina, 2014).

3.2.2 Mercado e Consumo Nacional

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias e do Setor de Sorvetes (ABIS), o consumidor brasileiro ainda não se destaca frente aos grandes consumidores mundiais, atingindo, no ano de 2021, a marca de consumo per capita de 4,73 litros (ABIS, 2022). Este diminuto consumo está atrelado a diversos estigmas culturais, tais como associar o consumo do sorvete aos períodos de calor e as crenças de que o consumo favorece a incidência de resfriados. A estes, se soma a compra em épocas ocasionais, como festividades e feriados.

Ao observar a distribuição de consumo ao longo do território, as regiões de maior consumo são a Sudeste, com 52%; Nordeste (19%); Sul (15%); Centro-Oeste (9%) e, por fim, a região Norte, representando apenas 5% do consumo nacional (ABIS, 2022).

Mesmo com o pequeno mercado interno, para suprir a demanda dos 214,3 milhões de brasileiros, foram vendidos no varejo cerca de 405,5 milhões de litros em 2021 e 386,9 milhões de litros no ano seguinte, resultando em um faturamento de R\$ 14,710 bilhões e R\$ 15,749 bilhões, respectivamente. As principais marcas responsáveis pela produção de sorvete no Brasil são Kibon, com 13% do mercado, Nestlé (4,7%), Fruttare (3,6%), Jundiá (3,5%), Cornetto (3,5%) e outras marcas que juntas totalizaram 75% do mercado (Martini, 2022).

Dentre as diversas segmentações de mercado, potes de sorvetes a base de leite atingiram o volume de venda, em 2022, de 257,6 milhões de litros, potes a base água com 0,4 milhões de litros e sorvetes veganos a base de proteína vegetal mantiveram o volume de 2021, com 0,2 milhões de litros. Para os sabores líderes de mercado, destaca-se em primeiro lugar o chocolate, seguido por creme, morango, baunilha, limão, flocos, coco, napolitano, uva e abacaxi. Com relação às formas de comercialização da segmentação de *impulse*, os cones representam aproximadamente 12,4% do mercado e os picolés 81,2%. Em geral, o consumidor busca adquirir seus produtos majoritariamente em mercados (95,2% das vendas), e em lojas de conveniência (2,6%) (Euromonitor, 2022).

De forma a compreender melhor o perfil do consumidor e o momento do consumo do sorvete, o Grupo Mintel, por meio do relatório “Hábitos de Consumo de *Snacks*”, entrevistou aproximadamente 1.331 usuários de internet com mais de 16 anos de idade e que consumiram

sorvete nos últimos seis meses, e detectou que aproximadamente 31% da geração Z (nascidos entre 1997 e 2010) consomem sorvete como um lanche e 62% deles consumiram sorvete em algum momento neste período. Já 51% dos entrevistados na faixa etária dos *millennials* (nascidos entre 1981 e 1995), declaram que consumiram sorvetes no semestre anterior e 22% deles o fizeram em um momento de lanche. Do número total de entrevistados, 58% deles optaram por comer um *snack* após a refeição, quando esta é feita em um restaurante (Mintel, 2022).

Com o objetivo de renovar e se manter em um mercado altamente competitivo, cada vez mais as empresas têm buscado introduzir novos produtos indulgentes, mini versões dos grandes *best-sellers*, unindo bebidas e guloseimas para novas experiências sensoriais, novos formatos de venda que permitem um consumo em casa com a qualidade de sorveteria, velhos conhecidos do público com novos ingredientes e melhorias nutricionais (Unilever, 2022).

3.3 PROCESSAMENTO

A Figura 1 apresenta uma esquematização geral para o processamento de sorvetes. Torna-se necessário ressaltar que este pode ser variável de acordo com os tipos de produtos processados (potes ou picolés, moldados ou extrusados, base leite ou base água), a capacidade industrial e os padrões exigidos pela indústria processadora.

Figura 1 - Fluxograma do processamento de sorvetes.



Fonte: Autoria própria (2023).

3.3.1 Pesagem

Previamente a esta etapa, todos os ingredientes que serão aplicados na formulação do produto são recebidos e direcionados ao setor de controle de qualidade, que é responsável pela coleta de amostras e pela realização de análises físico-químicas e microbiológicas. Estas têm

por finalidade avaliar se os ingredientes atendem à especificação desenvolvida pela indústria, controle e armazenamento das amostras para rastreio do material em uso e garantir a performance e a segurança do produto (Araújo, 2021; Machado; Dutra; Vianello Pinto, 2015). Em seguida, inicia-se a pesagem dos ingredientes considerando a formulação do produto.

3.3.2 Preparo da Mistura

De modo geral, a mistura é realizada em misturadores com capacidade de aquecimento ou diretamente nos tanques de pasteurização, que contam com agitadores acoplados. A depender do estado físico dos ingredientes, o preparo pode seguir fluxos distintos (Estumano; Melo, 2022). Para processos que utilizam apenas de líquidos, após a pesagem da água e do leite integral ou desnatado, acrescenta-se de maneira contínua os açúcares e os demais ingredientes em pó, diluindo-os para que não haja formação de grumos. Após a temperatura atingir o patamar de 45°C, adicionam-se as fontes de gordura, emulsificantes, estabilizantes e glicose, de forma a garantir a completa fusão do material lipídico (Angelucci; Moraes Pinto, 2007; Estumano; Melo, 2022; Milliati, 2013).

Já para os casos de processos que empregam fontes lácteas sólidas, o leite em pó é diluído em água e a ordem de adição dos demais ingredientes segue como anteriormente exemplificado. De maneira geral, esse “método em pó” é realizado por meio de bombas de alta velocidade ou por liquefator que mistura os ingredientes de forma ininterrupta, além da possibilidade de uso de misturadores específicos (Dutta, *et al.*, 2021; Estumano; Melo, 2022).

3.3.3 Pasteurização

Esta etapa tem como principal objetivo eliminar a carga de microrganismos patogênicos, além de reduzir significativamente os deteriorantes (Estumano; Melo, 2022). Além disso, a pasteurização apresenta um aspecto tecnológico de dispersão de alguns constituintes como proteínas e estabilizantes; melhoria da viscosidade da calda, também denominada como mistura; e promove maior uniformidade gerada pela completa dissolução dos compostos (Deosarkar, *et al.*, 2016; Estumano; Melo, 2022; Marshall; Goff; Hartel, 2003).

O ajuste do binômio tempo-temperatura da pasteurização é fundamental para garantir um processo eficiente do ponto de vista microbiológico e ao mesmo tempo evitar desnaturação proteica ou desenvolvimento de sabor “de cozido” (Estumano; Melo, 2022). A calda pode ser

submetida a diferentes binômios, variáveis de acordo com as exigências legais e mantendo, geralmente, a temperatura inferior a 85°C (Krahl; Fuhrmann; Dimassi, 2016).

Em geral, para processos em batelada aplicam-se fatores mais brandos, tais como 69 ou 71°C/30 minutos, sendo executados em tanques com aquecimento via energia elétrica, vapor ou água quente. No caso dos processos contínuos, em trocadores de calor a placas, pode-se fazer uso do método *high-temperature short-time* (HTST), com temperaturas próximas a 80°C em menores períodos de tempo, não inferiores a 25 segundos (Deosarkar, *et al.*, 2016; Dutta, *et al.*, 2021; Krahl; Fuhrmann; Dimassi, 2016).

Para os produtos processados no território brasileiro, a RDC n°267 de 25 de setembro de 2003, estabelece que toda mistura composta por leites e seus constituintes, ovos e seus derivados, devem ser pasteurizados e devem seguir minimamente as temperaturas de 85°C/25 segundos em processos contínuos e 70°C/30 minutos para processos em batelada. Esta também ressalta a necessidade de controle constante do emprego dos binômios por um colaborador capacitado e a implementação de Procedimentos Operacionais Padronizados (POP's), que informatizem o tipo de sistema em uso, qual produto é processado e seu respectivo volume.

3.3.4 Homogeneização e Resfriamento

Adiante, a calda pasteurizada é submetida à passagem sob alta pressão em pequenos orifícios e, como consequência, ocorre uma redução no tamanho dos glóbulos de gordura, propiciando uma suspensão mais estável e uniforme, além de possibilitar no produto final uma maior capacidade de absorção de ar, redução na taxa de derretimento e o desenvolvimento de um sorvete mais suave e com aparência adequada (Estumano; Melo, 2022). Este processo pode ser realizado em duas etapas: a primeira utiliza pressão próxima a 150 bar, ou mesmo, 15,5 a 18,9 MPa, variando conforme a composição da formulação. Já o segundo estágio emprega 3,4 MPa (Deosarkar, *et al.*, 2016; Krahl; Fuhrmann; Dimassi, 2016).

Após a completa homogeneização, a calda é resfriada até 4°C, em tempo não inferior a 2 horas, para que não haja fermentação ou mesmo contaminação da calda em processamento. Esta pode ser feita ainda nos trocadores de calor ou diretamente nos futuros tanques de maturação (Estumano; Melo, 2022).

3.3.5 Maturação

Esta etapa é de extrema importância para a qualidade do produto, pois confere uma maior leveza e uma “textura macia” ao sorvete. Essas características são obtidas em virtude de alterações na parte microestrutural do produto, tais como o início da cristalização do material lipídico, hidratação das proteínas e estabilizantes e rearranjo superficial das moléculas de proteínas e emulsificantes nos glóbulos de gordura. No processo de maturação, a calda é misturada por um período máximo de 24 horas, idealmente realizado entre 4 e 12 horas, sob temperaturas igual ou inferior a 4°C, em tanques maturadores sob agitação lenta (Estumano; Melo, 2022; Marshall; Goff; Hartel, 2003).

3.3.6 Saborização

Após a maturação são adicionados todos os ingredientes que irão diferenciar a calda do ponto de vista sensorial, tais como aromas, pigmentos naturais ou artificiais, inclusões de chocolate, sucos ou polpas de fruta, dentre outros (Estumano; Melo, 2022).

3.3.7 Batimento e Congelamento

A etapa de batimento e congelamento ocorre em equipamentos denominados produtoras de sorvete, que promovem uma conversão inicial da água líquida presente na formulação em cristais de gelo. Este processo é feito por meio de um congelamento inicial rápido, necessário para o desenvolvimento de pequenos cristais, de forma que o produto ao sair da produtora atinja temperaturas entre -5 a -14°C (Estumano; Melo, 2022; Deosarkar, *et al.*, 2016). De forma a minimizar o desenvolvimento de uma textura arenosa, os cristais de gelo devem apresentar diâmetro máximo de 50 µm. Cristais com tamanho superior a 50 µm tornam-se perspectiveis ao consumo, prejudicando à qualidade do produto (Marshall; Goff; Hartel, 2003).

Além do congelamento inicial, esta etapa promove a incorporação de ar (*overrun*) ao produto, melhor distribuição dos ingredientes de saborização na massa e auxilia na deposição em potes ou formas picoleteiras. A introdução de ar possibilita o aumento do volume do produto final em até 120% em comparação ao volume inicial (da calda) e tem um grande efeito sobre a intensidade das colorações da mistura, tornando-as opacas, pálidas e menos intensas (Krahl; Fuhrmann; Dimassi, 2016). Além disso, o *overrun* está diretamente ligado à qualidade do produto final. Produtos classificados como *premium* levam em sua formulação altos percentuais de gorduras e sólidos totais e possuem baixo nível de incorporação de ar. Por outro lado, valores

demasiados de incorporação de ar podem acarretar em produtos de menor qualidade, já que sua estrutura advém essencialmente do ar introduzido e não dos sólidos empregados (Arbuckle, 1986; Deosarkar, *et al.*, 2016).

Por meio da etapa de batimento e congelamento, o sorvete adquire uma consistência semi-sólida, onde cerca de 30-40% da água do produto se encontra na forma cristalizada, e ocorre a incorporação de aproximadamente 50% (v/v) de ar ao produto (Eisner; Wildmoser; Windhab, 2005).

3.3.8 Envase e Endurecimento

No caso de sorvetes comercializados em potes, pode-se empregar a deposição por bicos dosadores, os quais adicionam a massa já finalizada aos potes com volume previamente determinado ou por meio de técnicas de extrusão, onde o bloco de massa com um determinado grau de congelamento é cortado e depositado nos potes plásticos de polipropileno. Para os picolés, ao sair da picoleteira, são removidos das formas e seguem em esteiras onde serão recobertos por um envoltório unitário de plástico, a exemplo do polipropileno biorientado (BOPP).

Na sequência, os sorvetes ou picolés são acondicionados em caixas de papelão ou *shrinks e* direcionados a uma câmara fria central, onde completam o seu endurecimento (Dutta, *et al.*, 2021).

A etapa de endurecimento ou *hardening*, realizadas em túneis de congelamento, tem por objetivo dar prosseguimento ao congelamento do sorvete sem a sua submissão a processos de agitação, sob temperaturas inferiores a 0°C, idealmente próximas a -26°C, já que uma menor temperatura propicia um congelamento mais rápido, garantindo a formação de cristais menores e uma textura mais leve. O emprego de baixas temperaturas tem por finalidade reduzir a temperatura central a -18°C, em até 4 h (Goff; Hartel, 2013).

Essas temperaturas permitem ainda a conservação por tempos indefinidos sem o crescimento dos cristais (Arbuckle, 1986; Goff, 2021). Os percentuais de água congelada sofrem variações de acordo com as temperaturas, dos ingredientes em uso e o tipo de processo aplicado. Por exemplo, ao empregar temperaturas próximas a -3°C tem-se 10% de água congelada, já para -10°C o percentual atinge 67% (Marshall; Goff; Hartel, 2003).

3.3.9 Armazenamento

Após a etapa de endurecimento, o sorvete é direcionado para os galpões de armazenamento, onde permanecem estocados a temperaturas entre -25 e -28°C, aguardando sua distribuição (Estumano; Melo, 2022). O tempo máximo de permanência deve ser de trinta dias, já que diversas características físico-químicas são modificadas ao longo dos dias como, aumento dos sólidos totais, acarretado pela perda de hidratação das proteínas e redução do *overrun* (Sigh; Goraya; Bajwa, 2014).

3.3.10 Distribuição

Através de caminhões dotados de sistema com controle de temperatura, as caixas agrupadas em *pallets* ou mesmo unitariamente são entregues aos clientes, os quais os dispõem em *freezers* verticais ou horizontais, que empregam temperaturas entre -12 e -18°C (Arbuckle, 1986; Estumano; Melo, 2022).

3.4 LEGISLAÇÃO

Com base nas normativas nacionais vigentes da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, existem dois regulamentos específicos para sorvetes: RDC n° 267 de 25 de setembro de 2003 e a RDC n° 713 de 1° de julho de 2022.

A RDC n° 267 de 2003 define os gelados comestíveis - popularmente conhecidos como sorvetes - como o produto resultante de uma emulsão de gorduras e proteínas ou da mistura de açúcares, água e outros ingredientes, submetidos ao congelamento a fim de se garantir sua conservação congelada ou parcialmente congelada (Brasil, 2003). Essa normativa trata de uma regulamentação para os procedimentos de Boas Práticas de Fabricação (BPF's) e introduz outras definições de ferramentas que auxiliam na garantia das boas práticas, como o manual de BPF, o procedimento operacional padrão (POP), higienização, contaminantes, medida de controle e registro. Além disso, a RDC n° 267 aborda as etapas de processamento dos gelados comestíveis, seus parâmetros, objetivos e metodologias para documentação de todas as variáveis de processo, assim como da qualidade final do produto e temperaturas de comercialização (Brasil, 2003).

A RDC nº 713 de 1 de julho de 2022 estabelece as exigências sanitárias para o processamento de gelados comestíveis e de seus preparados, que consistem em todos aqueles produtos que ao serem congelados, tornam-se sorvetes sem requer o acréscimo de um ingrediente adicional. A mesma dispõe sobre denominações de venda, introduz outras legislações que a indústria processadora deve atender e apresenta o único parâmetro físico-químico regulamentado, sendo este a densidade aparente mínima, estipulada em 475 g/L.

Existe ainda a RDC nº 778 de 1º de março de 2023, que revoga a RDC nº3 de 15 de janeiro de 2007, e regulamenta a aplicação de aditivos alimentares na tecnologia de alimentos, não sendo específica, portanto, ao grupo de gelados comestíveis, mas que pode ser utilizada para uma compreensão geral sobre o tema, para sanar dúvidas quanto às nomenclaturas e conscientizar quanto ao cumprimento da mesma. Porém, para verificação dos limites máximos de utilização dos aditivos, deve-se observar a Instrução Normativa nº 211 de 1º de março de 2023 (Brasil, 2023).

A nível nacional não existem outras legislações que compreendam parâmetros adicionais aos sorvetes ou que tragam outras definições, como era observado em normativas antigas e já revogadas.

3.5 DEFINIÇÕES E TIPOS DE SORVETE

A fim de melhor compreender a variedade de produtos encontrados pelos consumidores no mercado de sorvetes, a portaria revogada nº 379 de 26 de abril de 1999 apresentava algumas classificações para o produto. Vale ressaltar que estas já não são mais empregadas pelos órgãos normativos, mas podem ser úteis para caracterizar os diferentes tipos de sorvete, conforme a presença ou não de lácteos, o teor de gordura advinda do leite e sua forma de apresentação.

Os sorvetes de massa são aqueles formulados majoritariamente por fontes lácteas, que são responsáveis pelos teores de proteína e de gordura do produto. Em geral, este produto deve conter no mínimo de 3% de gordura láctea e 2,5% de proteínas do leite (Brasil, 1999).

Os gelados comestíveis com uma menor proporção de proteínas e gorduras, no mínimo 1% para ambos, são denominados *Sherbets*. Assim como os sorvetes de massa, os *Sherbets* são produzidos com leite e seus derivados, porém podem-se utilizar proteínas e gorduras de

diferentes origens. E no caso dos *sorbets*, sua principal característica é a simplicidade de fórmula, contendo basicamente frutas e seus derivados, além dos açúcares (Brasil,1999).

Outra forma de comercialização dos gelados comestíveis são os picolés, que consistem no porcionamento para consumo individual de produtos das mais variadas composições e sustentadas por uma haste plástica ou não (Brasil,1999).

Além destas previamente mencionados, existem diversas formas de classificar os gelados comestíveis, tais como *gelato*, *frozen yogurts*, base água, *granite* e *italian ice*. No que se refere a sua composição, os gelados ainda podem ser categorizados como *light*, *lowfat*, *nonfat*, *superpremium*, *premium*, dentre outros (Marshall; Goff; Hartel, 2003).

3.6 COMPOSIÇÃO E FUNCIONALIDADES

Os ingredientes utilizados no processamento de sorvetes são de vital importância para a sua qualidade final (Arbuckle, 1986). De uma forma geral, a composição básica de sorvetes é variável a depender da utilização ou não de derivados lácteos e de inclusões, além dos sabores e peculiaridades regionais. Segundo Goff (2021), a formulação de sorvetes geralmente apresenta percentuais entre 10 a 18% de gorduras do leite, 9 a 12% de sólidos não gordurosos do leite, 10 a 14% de açúcares, 4 a 5% de sólidos advindos de xaropes de glicose, 0 a 0,75% de emulsificantes-estabilizantes e de 55 a 64% de água, que representam a diferença entre a porcentagem total e a somatória dos percentuais de todos os demais ingredientes.

3.6.1 Leite e seus Derivados

Como um dos principais responsáveis pelo aporte de proteínas e gorduras em sorvetes, o leite pode ser aplicado às formulações através do creme de leite, manteiga, do leite em pó desnatado ou integral, ou mesmo do leite fluido (Udabage, *et al.*,2005). Seus componentes, como a proteína, a gordura, lactose e sais minerais são importantes do ponto de vista tecnológico, sobretudo os dois primeiros (Silva, *et al.*, 2022).

As proteínas do leite (caseínas e proteínas do soro) contribuem com 34 a 36% dos sólidos não gordurosos presentes na formulação e apresentam diversas funcionalidades ao produto, tais como (i) auxiliar na incorporação e estabilização do ar, que possui grande relevância na microestrutura do sorvete e em sua estabilidade; (ii) favorecer a formação de

cristais de gelo de pequeno diâmetro; (iii) reduzir a velocidade de derretimento; e (iv) apresentar alta capacidade de retenção de água. Desta forma, as proteínas cooperam com as futuras etapas de batimento, com o processo físico-químico de emulsificação e ao serem hidratadas, torna-se um importante fator para o comportamento reológico da mistura, aumentando a viscosidade da fase aquosa não congelada devido a sua capacidade molecular de reter água, o que permite um controle da cristalização, estabilidade dos cristais formados e redução na mobilidade da solução (Marshall; Goff; Hartel, 2003).

A gordura do leite é constituída de pequenos glóbulos em suspensão na fração aquosa, estabilizada na forma de emulsão. O diâmetro desses glóbulos varia de 0,8 a 20 μm e ao serem submetidos a etapa de homogeneização atingem o diâmetro máximo de 2 μm , aumentando a área superficial e a viscosidade da mistura, contribuindo para maior cremosidade e corpo ao produto final. Este ingrediente pode estar presente em níveis variáveis de 0 a 24% da formulação base (Aditivos e Ingredientes, 2020; Arbuckle, 1986;). A aplicação de gorduras em sorvetes é de grande relevância e até mesmo obrigatória de acordo com algumas legislações ao redor do mundo. Além de melhoria nos aspectos físico-químicos anteriormente citados, essa também permite um enriquecimento do sabor, boa sinergia com os aromas adicionados, aperfeiçoamento da textura por meio de lubrificação do paladar e, portanto, é um ingrediente determinante para a qualidade do produto (Marshall; Goff; Hartel, 2003).

3.6.2 Açúcares e Adoçantes

Existem diferentes opções de açúcares para compor a formulação de sorvetes. No caso da utilização de produtos lácteos e de seus derivados, introduz-se naturalmente a lactose, um dissacarídeo resultante da combinação entre uma molécula de glicose e uma de galactose (Marshall; Goff; Hartel, 2003). Ademais a lactose, é possível introduzir outras fontes, tais como sacarose, açúcares derivados do milho, açúcar invertido, frutose, maltodextrina, açúcar mascavo e mel. Dentre estes, a sacarose e o xarope de glicose são os mais utilizados, correspondendo de 10 a 14% e de 4 a 5% do percentual total da fórmula, respectivamente (Goff, 2013).

A sacarose, ou açúcar granulado, é um polissacarídeo cristalino, altamente solúvel, com ótimo custo-benefício e que proporciona uma redução no ponto de início congelamento da mistura. Quando a sacarose é utilizada como a única fonte de açúcares, pode vir a proporcionar a formação de cristais na superfície. Já o xarope de glicose, obtido da mandioca, arroz, aveia e,

majoritariamente do milho, é aplicado em substituição parcial à sacarose e objetiva aprimorar a cremosidade, ajudar na maior firmeza e mastigabilidade, promover melhoria nas características de derretimento, evidenciar aromas e sabores, além de aumentar a vida de prateleira do sorvete (Marshall; Goff; Hartel, 2003).

Assim, de maneira geral, os açúcares empregados na formulação promovem o aumento no teor de sólidos, do dulçor característico do produto, a diminuição da temperatura de congelamento, o aumento da viscosidade da mistura, a obtenção de uma textura mais suave e a redução da taxa de derretimento do sorvete. Em contrapartida, seu uso excessivo prolonga o tempo despendido para batimento da mistura, redução excessiva da temperatura de congelamento e *hardening*, além de mascarar os sabores típicos do produto. Além disso, valores de teor de sólidos acima de 42% reduzem a suavidade do sorvete (Aditivos e Ingredientes, 2020; Marshall; Goff; Hartel, 2003; Syed, 2018).

3.6.3 Emulsificantes

Segundo a legislação nacional vigente para aditivos alimentares, emulsificantes ou emulsionantes são a classe de ingredientes que possibilitam a formação ou a manutenção da uniformidade de uma mistura composta por uma ou mais fases imiscíveis (Brasil, 2023).

Normalmente são empregados em combinação com os estabilizantes e tem por objetivo reduzir a tensão interfacial do sistema por meio da estabilização dos glóbulos de gordura presentes na fração aquosa do sorvete, originando uma emulsão do tipo óleo em água. (Hartel; Rankin; Brandley Jr., 2017).

Os emulsificantes exercem distintas funções em gelados comestíveis, a exemplo da promoção da nucleação da gordura, reduzindo o tempo requerido para a maturação; melhora a qualidade do batimento da mistura por conta de sua função interfacial junto às bolhas de ar; possibilita uma textura mais cremosa e maior preenchimento na boca, por conta da estruturação da gordura; minimiza o desenvolvimento de textura arenosa; e origina um produto mais rígido, facilitando os futuros processos de envase (moldagem, extrusão ou dosagem) (Marshall; Goff; Hartel, 2003).

Além disso, seu principal mecanismo de ação tem por finalidade a desestabilização das moléculas de gordura, isto é, ocasiona o deslocamento da proteína da superfície dos glóbulos de gordura, atenuando sua estabilidade e propiciando a coalescência parcial durante o batimento

e o congelamento, processo que propicia maior resistência da estrutura ao encolhimento, além de contribuir para sua estrutura e textura (Goff; Hartel, 2013).

É fundamental se atentar à dosagem de emulsificantes na formulação, pois a aplicação em percentuais demasiados gera um derretimento mais lento, impacta negativamente a textura e o corpo do produto final (Aditivos e Ingredientes, 2020; Syed, 2018).

Alguns exemplos amplamente utilizados nas indústrias são os mono diacilgliceróis de ácidos graxos e a lecitina (Brasil, 2023; Syed, 2018;).

3.6.4 Estabilizantes

Conforme a Instrução Normativa nº211 de 1º de março de 2023, recebem o nome de estabilizantes o grupo de aditivos responsáveis pela manutenção de uma dispersão coesa e uniforme entre duas ou mais fases imiscíveis. Este grupo de ingredientes compreende, comumente, polissacarídeos de sabor neutro, como as gomas guar, LBG (*Locust Bean Gum*), conhecida também como jataí, tara, carragena, alginato de sódio, ágar e carboximetilcelulose (Marshall; Goff; Hartel, 2003; Syed, 2018).

Sua aplicação visa incrementar a viscosidade da mistura, auxiliar a suspensão dos aromatizantes, produzir uma textura cremosa, uniformizar o produto, prover resistência e redução da taxa de derretimento, prevenir o encolhimento do volume no armazenamento e desacelerar a migração de umidade do produto em relação ao ambiente ou a sua embalagem. Uma das funções mais importantes dos estabilizantes consiste em retardar o crescimento dos cristais de gelo durante o armazenamento e, principalmente, sob condições de flutuações de temperatura (Marshall; Goff; Hartel, 2003; Syed, 2018).

O uso de estabilizantes em quantidades excessivas pode acarretar em uma mistura excessivamente viscosa, dificultando o seu escoamento, além de impor características não desejáveis de derretimento e atenuação do ponto de congelamento (Marshall; Goff; Hartel, 2003). Por isso, a recomendação de uso está entre 0,1 a 0,5% (Aditivos e Ingredientes, 2020; Souza, *et al.*, 2010).

3.6.5 Flavorizantes e Corantes

Estes aditivos, de origem natural ou artificial, têm por objetivos aprimorar ou ressaltar o aroma, o sabor e a coloração do produto final (Marshall; Goff; Hartel, 2003; Syed, 2018).

Considerando seu alto custo e alto poder aromatizante ou corante, geralmente são empregados em pequenas concentrações e podem sofrer variações conforme a localização e disponibilidade de fornecimento.

Originalmente, aromas naturais são obtidos de especiarias, flores, frutas, ervas, folhas, e raízes, se apresentam na forma de óleos, extratos, proteínas hidrolisadas, destilados ou essências e são extraídos por meio de processos físicos, microbiológicos ou enzimáticos. Já os produtos de origem artificial são o resultado da combinação molecular realizada em laboratório, que tomam como base o aroma do produto natural, sendo então denominados como idênticos ao natural ou artificiais (Aditivos e Ingredientes, 2023; Marshall; Goff; Hartel, 2003).

Já os corantes, são aditivos alimentares aplicados com o objetivo de intensificar ou recuperar a coloração dos sorvetes. Assim como os aromas, são classificados como naturais e artificiais e são obtidos por processos físicos, químicos e enzimáticos. Sua aplicação em alimentos deve acompanhar um indicativo em rótulos, para que o consumidor possa optar por seu consumo ou não e até mesmo resguardar-se devido a eventuais alergias alimentares (Food Ingredients, 2016; Marshall; Goff; Hartel, 2003).

3.6.6 Sal

O cloreto de sódio, com uma aplicação máxima de 0,1%, pode ser utilizado na formulação com o intuito de melhorar o aspecto sensorial do produto, porém seu uso não é imprescindível. Além disso, quando empregado em altas concentrações auxilia na redução das temperaturas de congelamento (Goff; Hartel, 2013; Marshall; Goff; Hartel, 2003).

3.7 FONTES DE ÓLEOS E GORDURAS APLICADAS EM SORVETES

Ademais aos ingredientes anteriormente citados, os sorvetes levam em suas formulações uma fonte lipídica: óleos e/ou gorduras. Usualmente empregada em percentuais próximos de 10-12%, os óleos e gorduras podem ser originárias de fontes animais, como a gordura do leite, ou mesmo de fontes vegetais, como os óleos de palma, coco, palmiste, algodão, soja, milho, *blends* de óleos, entre outros (Arbuckle, 1986; Goff; Hartel, 2013).

Para a definição do óleo ou gordura apropriado para aplicação em sorvetes, diversos fatores devem ser considerados, tais como a de taxa de cristalização e a estrutura cristalina, além do conteúdo de gordura sólida (SFC) (Marshall; Goff; Hartel, 2003).

Em geral, os óleos e gorduras contribuem no “encorpamento” da mistura, atribuição de uma textura suave, maior cremosidade, lubrificação da boca durante o consumo, gerando uma sensação de maior preenchimento (Souza, *et al.*, 2010). Além disso, conforme Li *et al.* (1997), os materiais lipídicos podem auxiliar na percepção sensorial do produto, como por exemplo na intensificação das notas de baunilha.

Ao longo das décadas, o emprego das gorduras de origem animal, com destaque ao creme de leite, tornou-se mais restrito e direcionado a sorvetes artesanais ou *premium*, que podem absorver os altos custos desse ingrediente (Silva, *et al.*, 2022). Por sua vez, as grandes indústrias alimentícias, que produzem diariamente milhares de litros, geralmente optam pelo emprego de óleos e/ou gorduras vegetais que agregam menor custo por litro e que são mais facilmente armazenados e apresentam longa vida de prateleira.

A seguir estão descritas as características gerais e de composição em ácidos graxos das fontes lipídicas utilizadas no presente trabalho.

3.7.1 Exemplos de Fontes Vegetais

3.7.1.1 Óleo de Palma

3.7.1.1.1 Histórico e Dados de Consumo

Os primeiros registros do uso do óleo de palma datam de 5000 anos atrás, onde fazia parte do processo de mumificação dos povos egípcios. Muitos anos após, com os processos migratórios forçados gerados pela escravização dos povos africanos, as sementes do coqueiro chegaram às terras latino-americanas, europeias e nas índias orientais holandesas, onde, em 1848, duas de suas unidades foram plantadas no jardim botânico próximo ao palácio do governador Buitenzorg, sendo possivelmente o estopim da futura indústria de óleos da Malásia e Indonésia (Dijkstra, 2016; Ferranti; Velotto, 2023).

Em 1853, após cinco anos de sua chegada às terras indonésias, suas espécies descendentes já estavam amplamente difundidas em todo o território, alcançando outros povos, culturas e a nova espécie asiática foi nomeada como *Deli dura*. Essa nova espécie já se mostrava mais produtiva e com uma composição de frutas superior quando comparada aos frutos africanos e com os mesmos produzidos ao leste da costa da Malásia. Em 1911, o belga Adrien Hallet, ao notar essa melhoria produtiva, iniciou o plantio de palmas *Deli* em Sumatra. Seis

anos após, seu sócio desenvolveu o primeiro cruzamento entre as espécies já amplamente cultivadas, a *Dura palm* e *Pisifera*, surgindo a híbrida *Tenera* (Dijkstra, 2016).

Com a chegada das Grandes Guerras Mundiais, a indústria de óleos pouco se desenvolveu na região, mas ao adentrar a década de 1960, as áreas de plantio aumentaram rapidamente, tornando-se as maiores nações produtoras no mercado mundial (Dijkstra, 2016). A nível mundial, segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), atualmente a Indonésia e a Malásia são responsáveis por 59 e 24% da produção mundial, respectivamente, sendo a Indonésia responsável pela produção de 46 milhões de toneladas de óleo e a Malásia por 19 milhões de toneladas, no período de 2022/2023 (USDA, 2023).

No Brasil, o cultivo informal do fruto e sua introdução foram realizados pelos escravos no século XVI. Porém, apenas em 1942, o chefe do Campo Agrícola Lira Castro oficializou as primeiras plantações no estado do Pará (Homma, 2016; Mandarino; Roessing; Benassi, 2005). Por meio de uma iniciativa da Lever Brother & Cia, o Instituto Agrônomo do Norte iniciou o plantio nacional com sementes originárias do Congo Belga, de forma a incentivar o plantio e entender o dendezeiro nativo. Em 1955 foram distribuídas 65 mil mudas e 160 mil sementes por todo o território nacional (Homma, 2016).

Nos anos que se seguiram, devido à queda de incentivo público, diversas empresas investiram para o desenvolvimento de projetos e, concomitantemente, adquiriram terras para o desenvolvimento de suas próprias produções. Apenas em 1980, o governo criou o Programa Nacional de Pesquisa ao Dendê, que permitiu o melhoramento genético e o aumento da produtividade. Em 1994, a então refinaria de Óleos Vegetais do Norte Ltda. atingiu a marca de 75 toneladas/dia (Homma, 2016).

Considerando os volumes de produção no ano de 2022, cerca de 79,56 milhões de toneladas de óleo de palma foram processadas no mundo, enquanto o mercado interno produziu cerca de 0,59 milhões de toneladas, tornando-se necessária a importação de países como a Indonésia e Colômbia (USDA, 2023). Segundo o USDA (2023), o Brasil é o décimo maior produtor do mundo, ficando atrás da Indonésia, Malásia, Tailândia, Colômbia, Nigéria, Guatemala, Papua Nova Guiné, Costa do Marfim e Honduras.

3.7.1.1.2 Composição e Fracionamentos

O óleo de palma é obtido a partir da extração do material lipídico do mesocarpo das frutas oriundas da palmeira *Elaeis guineensis*, espécie que pode sofrer variações de acordo com a sua origem e a criação de híbridos. O óleo de palma é um líquido alaranjado, livre de colesterol, rico em carotenoides e tocoferóis. Trata-se do óleo vegetal mais consumido no mundo, com emprego estimado de 80% em indústrias de alimentos, 19% na indústria de

cosméticos e 1% para a produção de biodiesel (Gibon, 2012; Ferranti; Velotto, 2023; Tan; Nehdi, 2012).

O óleo de palma apresenta uma composição em ácidos graxos e triacilgliceróis particular, sendo composto por cerca de 50% de ácidos graxos insaturados e 50% de ácidos graxos saturados. Os ácidos graxos majoritários são o palmítico e o oleico, com percentuais de 44 e 39,2%, respectivamente, além dos triacilgliceróis predominantes POP (26%), POO (19%) e PLP (7%) (Gibon, 2012; Tan; Nehdi, 2012). O perfil em ácidos graxos do óleo de palma está representado na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição em ácidos graxos do óleo de palma.

Ácido Graxo		%
Láurico	C12:0	0 a 0,5
Mirístico	C14:0	0,5 a 2
Palmítico	C16:0	39,3 a 47,5
Esteárico	C18:0	3,5 a 6
Oléico	C18:1	36 a 44
Linoléico	C18:2	9 a 12
Linolênico	C18:3	0 a 0,5
Araquídico	C20:0	0 a 1

Fonte: Brasil (2021).

O óleo de palma, além da sua aplicação direta, pode ser submetido ao processo de fracionamento com o objetivo de ampliar sua versatilidade. O fracionamento é um método físico que se baseia na diferença de ponto de fusão e cristalização dos distintos TAG's presentes no óleo de palma. Vale lembrar que o óleo de palma apresenta uma característica particular: composto por cerca de 50% de ácidos graxos saturados e 50% de insaturados. A partir de uma taxa de resfriamento controlada é possível obter duas frações: oleína e estearina. (Gibon, 2012; Mandarin; Roessing; Benassi, 2005). A oleína possui cerca de 39,8 a 46% de ácido oleico, 38 a 43,5% de ácido palmítico e de 10 a 13,5% de ácido linoleico. Já a estearina, apresenta maior proporção de triacilgliceróis compostos por ácidos graxos saturados, contendo de 48 a 74% de ácido palmítico (C16:0), 15,5 a 36% de ácido oleico (C18:1) e 3 a 10% de ácido linoleico (Codex Alimentarius, 2023).

No que se refere às propriedades físicas, o óleo de palma apresenta temperaturas de fusão entre 37 e 42°C (Grimaldi; Gonçalves; Ando, 2005), enquanto as frações oleína e estearina requerem temperaturas de até 24 e 44°C, respectivamente, para tornarem-se líquidas. Além disso, o óleo de palma apresenta densidade aparente de 0,889-0,895 g/mL a 50°C (Codex Alimentarius, 2023).

Ademais, a Instrução Normativa nº 87 de 15 de março de 2021 estabelece os limites para dois parâmetros de qualidade dos óleos, o índice de acidez e o índice de peróxidos. Para óleos e gorduras refinados, o máximo permitido para acidez é de 0,6 mg KOH/g e de 10 meq/kg de índice de peróxidos. Já no caso do óleo de palma bruto ou virgem, o limite máximo de índice de acidez é de 10 mg KOH/g e de 15 meq/kg de índice de peróxidos (Brasil, 2021).

3.7.1.1.3 Problemas Ambientais Relacionados a Seu Uso

Com o crescimento da demanda por fontes renováveis de energia, o óleo de palma vem sendo considerado um importante substituto considerando a sua versatilidade. Para que seja suprida esta crescente necessidade, requer-se o aumento das áreas de plantio por todo o mundo. Segundo o USDA (2023), no ano de 2022, o total de área plantada da palmeira dos frutos da palma atingiu 134 milhões de hectares, o que corresponde a 7 “Rússias” inteiramente plantadas, ou mesmo 15 “Brasis”, que possuem área total de 17.098.242 e 8.515.770 km², respectivamente (O’neill, 2023).

Esta intensificação propicia a geração de grandes quantidades de resíduos e biomassas resultantes do processamento do fruto; desflorestamento de mata nativa; redução da biodiversidade; altas taxas de extinção de mamíferos, peixes e aves; aumento das emissões de carbono; redução da qualidade da água; e diversos outros impactos sociais às comunidades residentes nas redondezas das plantações (Pulingam, *et al.*, 2022). Além disso, os noticiários apontaram problemas de cunho ambiental, culturais e legal relacionados ao cultivo da palma no Brasil (Borges, 2022; Barbosa, 2021; Lavino, 2022; Ver o Fato, 2022).

Em contrapartida, a sua cultura também traz aspectos positivos, como a evolução econômica de países em desenvolvimento e a alta empregabilidade. Tomando como base questões agrícolas, o cultivo da palma é considerado barato e mais sustentável quando comparado à soja, já que utiliza de menor extensão de terra, menos energia e emite menor concentração de gases do efeito estufa (Wassmann; Siegrist; Hartmann, 2023).

3.7.1.2 Óleo de Coco

3.7.1.2.1 Histórico e Dados de Consumo

Oriundo de duas distintas famílias de palmeiras, *Arecaceae* ou *Palmaceae*, da espécie *Cocos nucifera L.*, e descoberto nas terras do sudeste asiático, o coco logo espalhou-se pelo mundo através das grandes navegações, que o permitiram chegar a Índia e ao leste africano (Patil; Benjakul, 2018; Warwick, *et al.*, 2006).

Com os processos de criação de colônias, fora introduzido em todo continente americano. Já em solo brasileiro, os registros de seu primeiro plantio datam de 1553 e seu

cultivo em larga escala tornou-se possível apenas no início do século XVI, na região do atual estado da Bahia (Martins; Júnior, 2011).

Algumas décadas depois, aproximadamente na década de 90, as plantações alastraram-se pelas regiões Norte e Nordeste devido a fácil adaptação do fruto ao clima tropical (Martins; Júnior, 2011).

Atualmente, segundo um relatório anual elaborado pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (2023), no período de 2022/2023 foram produzidos cerca de 3,7 milhões de toneladas de óleo de coco ao redor do mundo, sendo as Filipinas, Indonésia e a Índia, as maiores responsáveis pela produção e exportação do óleo.

O Brasil produziu 1,638 milhões de toneladas de coco no ano de 2021, sendo este, em sua maioria, destinado ao consumo de sua água, reduzindo ainda mais o possível percentual de uso na extração do óleo. Com isso, a demanda de óleo de coco deve ser absorvida por meio da importação (IBGE, 2021a; IBGE, 2021b).

3.7.1.2.2 Composição

O coco é uma das frutas de melhor beneficiamento e uso no mundo, já que a partir de um único fruto torna-se possível a obtenção de sua água, leite, açúcar, óleo e polpa, permitindo sua aplicação de inúmeras formas (Kaur, *et al.*, 2019).

Um dos produtos de maior valia retirados deste fruto é o óleo virgem, obtido do processamento de sua massa branca, denominada como endosperma ou Copra, ainda úmida e fresca (Kaur, *et al.*, 2019). Em geral, o processo de extração pode empregar altas ou baixas temperaturas, e geralmente não se aplicam processos de refino químico ou mesmo processos de desodorização, comumente empregados a outras oleaginosas, já que o principal objetivo é permitir a extração do óleo, além de garantir que não se propicie a redução do potencial de seus componentes bioativos, como os tocoferóis e polifenóis (Marina; Che Man; Amin, 2009; Srivastava; Semwal; Sharma, 2018).

O óleo de coco apresenta em sua constituição ácidos graxos de cadeia média e seus principais constituintes são os ácidos láurico e mirístico, Tabela 3 (Patil; Benjakul, 2018; Srivastava; Semwal; Sharma, 2018). Sua composição majoritária em ácidos graxos saturados, sobretudo de cadeia média, lhe garante uma alta resistência à oxidação. Além disso, a presença de antioxidantes, como os tocoferóis, minimiza a rancificação oxidativa do óleo (Ferranti; Velotto, 2023). Como características adicionais, pode-se destacar a ausência de coloração, apresenta-se sólido a temperatura ambiente e torna-se líquido quando submetido a temperaturas próximas a 30°C (Ferranti; Velotto, 2023; Perera, 2016).

Tabela 2 - Composição em ácidos graxos presentes no óleo de coco.

Ácido Graxo		%
Caprílico	C8:0	4,6 a 10
Cáprico	C10:0	5 a 8
Láurico	C12:0	45,1 a 53,2
Mirístico	C14:0	16,8 a 21
Palmitico	C16:0	7,5 a 10,2
Esteárico	C18:0	2 a 4
Oleico	C18:1	5 a 10
Linoleico	C18:2	1 a 5
Linolênico	C18:3	0 a 0,2

Fonte: Brasil (2021).

Considerando os anexos III e IV da Instrução Normativa nº 87 de 15 de março de 2021, os limites para os parâmetros de qualidade podem se diferenciar a depender do tipo de óleo em uso: virgem, refinado, prensado a frio. Assim, para óleos e gorduras refinados, o máximo permitido para o índice de acidez é de 0,6 mg KOH/g e 10 meq/kg de índice de peróxidos. Para óleos prensados a frio e não refinados: máximo de 4 mg KOH/g de ácidos graxos livres e 15 meq/kg de índice de peróxidos. Santos e Conceição (2020) obtiveram as seguintes determinações para o óleo de coco: acidez de 0,558 mg KOH/g, 0,959 meq/kg de índice de peróxidos e densidade relativa entre 0.908 e 0.921 (40°C).

3.7.1.3 Óleo de Karité

Proveniente dos países da África subsaariana, entre as áreas secas da savana senegalesa e as planícies da Etiópia, as árvores do Karité possuem infinitas espécies devido à sua ocorrência em mais de dezenove países, porém as duas de maior relevância e mais estudadas no mundo científico são a *Butyrospermum parkii kotsch* e *Vitellaria pandoxa C. F. Gaertn* (Mendez; Lope, 1991; Segman; Wiesman; Yarmolinsky, 2012).

No que se refere aos principais produtores mundiais, segundo informações da Bunge, uma das maiores indústrias processadoras de óleo de karité, no ano de 2022, a Burkina Faso foi responsável por mais de 30% do volume de produção dos frutos. Em seguida, com volumes entre 10 a 30%, tem-se a Gana e o Togo, e por fim, Costa do Marfim e Mali contribuíram com cerca de 1 a 10% do volume mundial (Bunge, 2023).

Aliados a outros dezesseis países, estas nações produzem anualmente 800 mil toneladas de frutos, podendo chegar a valores superiores a depender da qualidade da safra e da menor

interferência de intempéries naturais. Vale ressaltar que 10% da colheita é realizada por povos nativos da região e cerca de 90% de todo o volume processado é convertido a manteiga de karité, produto destinado à indústria alimentícia, sobretudo para aplicação em chocolates e confeitos (Global Shea Alliance, 2023).

A partir da extração de seu óleo é possível obter compostos lipídicos em estado líquido, que representam de 45 a 53% de seu peso, e após seu fracionamento origina-se o componente mais conhecido e aplicado industrialmente, a manteiga. Torna-se possível obter produtos distintos, com diferentes pontos de fusão, coloração, acidez livre e composição em triacilgliceróis devido às suas variações botânicas, de clima e de geografia, mesmo empregando técnicas de extração similares (Segman; Wiesman; Yarmolinsky, 2012).

No setor industrial, sua vasta aplicação se dá pelo alto conteúdo de ácidos graxos esteárico e oleico (Tabela 4). É válido ressaltar que os percentuais destes ácidos graxos conferem características diferentes à consistência do material, ou seja, quanto maior a presença de esteárico, maior será sua solidez, sendo sua composição variável de acordo com a subespécie plantada. Por outro lado, altos níveis de ácido oleico proporcionam ao óleo um estado liquefeito (Segman; Wiesman; Yarmolinsky, 2012; Zhang, *et al.*, 2017).

Tabela 3 - Composição em ácidos graxos presentes nos óleos e manteigas de karité.

Ácido Graxo		%
Láurico	C12:0	0 a 0,5
Mirístico	C14:0	0 a 1,6
Palmítico	C16:0	3 a 9
Esteárico	C18:0	30 a 50
Oleico	C18:1	41 a 50
Linoleico	C18:2	4 a 11
Linolênico	C18:3	0 a 7,5
Araquídico	C20:0	1,05 a 1,83
Behênico	C22:0	0,12 a 0,2

Fonte: Mendez; Lope (1991); Segman; Wiesman; Yarmolinsky (2012); Zhang, *et al.* (2017).

Destaca-se também sua rica composição em compostos bioativos, como os tocoferóis e os compostos fenólicos, que possuem alto poder antioxidante (Mendez; Lope, 1991; Segman; Wiesman; Yarmolinsky, 2012).

Ademais, apresenta temperatura de fusão entre 38,5 a 39,5°C, viscosidade na faixa de 2,4 a 2,8 cP (34-35°C), índice de iodo de 50 a 70 e densidade relativa de 0,89 a 0,94 (Mendez; Lope, 1991; Lovett, 2015; Segman; Wiesman; Yarmolinsky, 2012).

3.7.1.4 Óleo de Soja

Nativa do leste da Ásia, nas terras próximas ao rio Amarelo na China, a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é um grão milenar, datado de 5.000 a.C. Em seu país de origem tinha a característica de ser uma planta rasteira, cultivada em locais de latitudes entre 35 a 45 graus, destinada principalmente ao consumo humano e amplamente empregada para o processamento de produtos como tofu, *shoyu*, *missô*, *natto*, *tempeh* e leite de soja (Gazzoni; Dall'agnol, 2018).

Devido a cultura e geografia chinesa, durante séculos o grão foi difundido apenas entre países asiáticos por meio da antiga rota da seda. No ocidente, sua difusão tinha como objetivo o estudo de sua taxonomia, sendo cultivada inicialmente na Holanda, em 1737, e cinquenta e três anos após foi plantada no Jardim Botânico Real de Kew (Gazzoni; Dall'agnol, 2018; Mandarinino; Roessing; Benassi, 2005).

Em território americano, as primeiras plantações iniciaram-se em 1765 no estado da Geórgia e seu destino era a obtenção de *shoyu* e *vermicelli*. Apenas em 1922 surge a primeira indústria processadora de soja estadunidense (Gazzoni; Dall'agnol, 2018; Siqueira, 2003).

Antes da intensificação dos processos de industrialização da soja nos Estados Unidos, os grandes volumes da matéria-prima ainda eram quase integralmente fornecidos pelos países asiáticos. Essa realidade permaneceu até 1920, onde após a fundação da *American Soybean Association* iniciou-se a difusão do plantio e a utilização do grão da soja. Cerca de 20 anos depois, os Estados Unidos tornaram-se o maior produtor mundial de soja (Dutton, 1981; Gazzoni; Dall'agnol, 2018).

Derivada da espécie em cultivo nos territórios norte-americanos, a soja chega ao Brasil em 1882 através dos estudos da Escola de Agronomia da Bahia. Devido à falta de adaptabilidade do grão à latitude e ao clima baiano, a pesquisa foi descontinuada. Nove anos após, o atual Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) buscou compreender e modificar o modo de adaptação da cultivar em território brasileiro. Na virada do século, iniciou-se a distribuição de sementes por todo o estado de São Paulo (Mandarino; Roessing; Benassi, 2005).

Ao adentrar a década de 70 e com o estímulo da continuidade das pesquisas anteriores, os pesquisadores estabeleceram uma adaptação ao germoplasma da soja, permitindo sua adaptação em climas quentes e sua completa difusão no Brasil (Mandarino; Roessing; Benassi, 2005).

Atualmente, aproximadamente 135,46 milhões de hectares são destinados ao plantio de soja no mundo, os quais produziram, no ano de 2022, cerca de 43 milhões toneladas cúbicas. Os principais responsáveis pela entrega desse volume são Brasil, Estados Unidos e Argentina, formando assim o *ranking* de maiores produtores mundiais (USDA, 2022).

No mês de abril de 2023, finalizou-se a safra 2022/2023 de soja, de modo que foram plantados cerca de 2.167,3 mil hectares no Brasil, resultando em uma colheita de 8.302 mil toneladas do grão (CONAB, 2023).

No que se refere a produção de óleo de soja, os principais produtores na safra 2021/2022 foram China, Estados Unidos e Brasil, que produziram 17,920; 11,768 e 9,180 milhões de toneladas, respectivamente (SOPA, 2022).

O óleo de soja é um dos óleos vegetais mais produzidos ao redor do mundo, com vasta aplicação no preparo e composição de alimentos, tintas, lubrificantes, solventes, plásticos e resinas (Gaonkar; Rosentrater, 2019). Seu grão possui cerca de 39 a 42 g/100g de proteína, 18 a 23 g/100g de lipídeos, 24 a 30 g/100g de carboidratos e 4,5 a 7g/100g de cinzas, sendo estes valores variáveis de acordo com as cultivares (Alves, *et al.*, 2011).

Por meio de processos de extração, como prensagem ou extração por solventes, sendo a segunda a via mais empregada devido a eficiência de rendimento, torna-se possível a obtenção do óleo bruto, que na sequência será destinado ao refino, originando os óleos do tipo 1 e 2, distintos entre si devido aos diferentes teores de ácidos graxos livres (acidez), ponto de fumaça e índice de peróxido (Amaral; Jaigobind; Jaigobind, 2006; Gaonkar; Rosentrater, 2019).

Quimicamente, o óleo de soja é considerado um óleo rico em ácidos graxos insaturados. No seu estado bruto possui de 1,5 a 2,5% de fosfolipídeos e 1,6% de matéria insaponificável. Após o refino, concentram-se os triacilgliceróis (aproximadamente 99%) (Woodfield; Harwood, 2017). Dentre os ácidos graxos que o constituem, o de maior relevância e presença é o linoleico (C18:2), que apresenta teor médio acima de 48%, seguido pelo oleico (17 a 30%), palmítico (8 a 13,5%), esteárico (6%) e linolênico (2%) (Tabela 4) (Brasil, 2006).

Tabela 4 - Composição em ácidos graxos do óleo de soja.

Ácido Graxo		%
Láurico	C12:0	≤ 0,1
Mirístico	C14:0	≤ 0,2
Palmítico	C16:0	≥ 8 ≤ 13,5
Esteárico	C18:0	≥ 2
Oleico	C18:1	17 a 30
Linoleico	C18:2	48 a 59
Linolênico	C18:3	≥ 3,5 ≤ 8
Araquídico	C20:0	≥ 0,1 ≤ 0,6
Behênico	C22:0	≤ 0,7

Fonte: Brasil (2006).

De modo geral, em território nacional, para que o presente óleo seja aplicado deve-se seguir os aspectos regulamentados via legislação vigente - Instrução Normativa nº87 de 15 de março de 2021 e a Instrução Normativa nº 49, de 26 de dezembro de 2006 - que estabelecem os parâmetros de identidade e qualidade do produto final (Brasil, 2006; Brasil, 2021). O óleo de soja tipo 01 deve apresentar índice de acidez menor que 0,20 mg KOH/g e índice de peróxidos inferiores a 2,5 meq/kg. Já o óleo tipo 02 deve atender os requisitos de índice de acidez entre 0,2 e 0,6 mg KOH/g e índice de peróxidos variável entre 2,5 e 5 meq/kg. Para ambos os tipos, o índice de iodo pode variar entre 124 e 139 Wijs e a densidade relativa, a 20°C, de 0,919 a 0,925 (Brasil, 2006).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

i) Óleos e *Blends*

As seguintes bases lipídicas foram utilizadas na formulação dos sorvetes:

- a. *Blend* entre a gordura de soja, óleo de palma totalmente hidrogenado e estearina de palma (AAK);
- b. Óleo de coco (AAK);
- c. *Blend* de óleo vegetal à base dos óleos de karité e de palma refinado, podendo ainda conter os fracionamentos de ambos os óleos (AAK);
- d. Óleo de palma refinado.

ii) Demais ingredientes

Os demais ingredientes destinados a compor a formulação base, como os açúcares, corantes, estabilizantes, emulsificantes, leites e seus derivados, foram obtidos por meio de uma doação e os equipamentos empregados no processamento e nas análises da mistura base e do sorvete foram realizados em uma planta piloto terceira.

4.2 DESENVOLVIMENTO DA FORMULAÇÃO

Foram elaboradas quatro formulações de sorvete com as mesmas concentrações de óleos/gorduras, diferindo-se apenas no tipo de óleo/*blend* empregado. Cada uma das fórmulas

foram individualmente numeradas e nomeadas, conforme sua composição, ou seja, a primeira denominada padrão (PAD), continha o óleo de palma com o antioxidante BHT (butil-hidroxitolueno), fazendo alusão a diversos produtos encontrados no mercado; a PT1 ou protótipo 01 utilizou um *blend* entre a gordura de soja, óleo de palma totalmente hidrogenado e estearina de palma; o protótipo 02 (PT2) empregou o óleo de coco; e o protótipo 03 (PT3) continha o *blend* de óleo de karité e o óleo de palma refinado.

De maneira geral, as misturas base tiveram como premissas as listas de ingredientes típicas para sorvetes e foram desenvolvidas conforme formulações descritas na literatura (Boff, *et al.*, 2013; Maia, *et al.*, 2008; Rodrigues, *et al.*, 2006; Santos, 2020). Assim, a composição básica das formulações foi constituída por água, açúcar, xarope de glicose, soro de leite, leite em pó desnatado, emulsificante mono e diacilgliceróis de ácidos graxos (MDG), goma guar, carragena, goma jataí, óleos e urucum. A Tabela 5 apresenta as formulações desenvolvidas.

Tabela 5 – Formulação dos sorvetes elaborados com diferentes fontes lipídicas.

Ingredientes	Padrão %	Protótipo 01 %	Protótipo 02 %	Protótipo 03 %
Água	62,636	62,636	62,636	62,636
Xarope de glucose	11,000	11,000	11,000	11,000
Açúcar	11,000	11,000	11,000	11,000
Soro de leite	6,500	6,500	6,500	6,500
Óleo de Palma	6,500	-	-	-
<i>Blend</i> de gordura de soja, óleo de palma totalmente hidrogenado e estearina de palma.	-	6,500	-	-
Óleo de Coco	-	-	6,500	-
<i>Blend</i> de óleo de karité e óleo de palma refinado	-	-	-	6,500
Leite em pó desnatado	1,700	1,700	1,700	1,700
Goma Jataí	0,130	0,130	0,130	0,130
Goma Guar	0,200	0,200	0,200	0,200
Carragena	0,020	0,020	0,020	0,020
Emulsificante mono diglicerídeos de ácidos graxos	0,300	0,300	0,300	0,300
Corante Urucum	0,014	0,014	0,014	0,014

Fonte: Autoria própria (2023).

4.3 PROCESSAMENTO DOS SORVETES

As quatro misturas base propostas foram processadas em regime de batelada, considerando a quantidade mínima necessária para processamento em planta piloto (9 kg).

A fase inicial do processamento consistiu na pesagem de cada ingrediente e no seu acondicionamento em embalagens plásticas e etiquetadas. Para maior rastreio do material em uso, as etiquetas contemplavam o nome descritivo do material, código da especificação, quantidade total empregada, o código do *batch* a ser preparado, responsável pelo *batch* e a data de validade do mesmo.

Após a pesagem dos ingredientes, iniciou-se o processo de mistura com 90% da água a ser empregada na formulação. Esta foi aquecida em uma cuba acoplada a um sistema de aquecimento em batelada, com a água em temperatura de aproximadamente 75°C. Por ordem de adição dos ingredientes, primeiramente introduziu-se junto a água todos os estabilizantes e emulsificantes e a mistura se manteve em agitação a 1200 rpm por 5 minutos, promovendo a completa dispersão dos constituintes (Figura 2).

Figura 2 - Dispersão dos estabilizantes e emulsificantes.



Fonte: Autoria própria (2023).

Em seguida, adicionou-se o açúcar, que promoveu uma queda na temperatura da mistura. O terceiro e quarto ingredientes, o leite em pó e a soro do leite em pó, foram incorporados lentamente e com a agitação ajustada a 1400 rpm, já que formam grumos e necessitam de maior atenção para a sua completa dispersão (Figura 3). E por fim, incluiu-se o xarope de glicose e os óleos/*blends* previamente fundidos.

Figura 3 - Adição do leite e soro de leite em pó à mistura.



Fonte: Autoria própria (2023).

Além disso, alguns procedimentos adicionais foram necessários após a adição dos óleos/*blends*: a inserção do restante do volume de água e o aumento gradual da velocidade de agitação até 1600 rpm.

A mistura homogênea foi submetida à pasteurização em batelada, sob agitação, com binômio temperatura *vs* tempo de 83°C/30 minutos, conforme representado na Figura 4.

Figura 4 - Pasteurização da mistura base.



Fonte: Autoria própria (2023).

Paralelamente à etapa de pasteurização, promoveu-se a higienização do homogeneizador para remoção de resíduos de misturas anteriormente processadas e para evitar possíveis contaminantes.

Após pasteurizada, a mistura foi direcionada ao homogeneizador, onde foi submetida a dois estágios de homogeneização com pressões diferentes, que totalizaram 250 bar durante 20

minutos. O primeiro estágio empregou cerca de 200 bar e o segundo 50 bar. Finalizado o período de homogeneização, fez-se necessário a adição de cerca 300 g de água para a completa remoção da mistura e para reduzir a pressão interna no equipamento. Este procedimento é conhecido industrialmente como *flush* ou *flushing* e pode ou não ser aplicado, a depender da característica do processo.

A mistura homogeneizada foi pesada e seguiu para a maturação em banhos de água fria, com velocidade inicial de 220 rpm e máxima de 400 rpm, sob a temperatura de 4°C durante 15 h (Figura 5). Após decorridos 40 minutos do início da etapa, os corantes foram adicionados à mistura.

Figura 5 - Maturação da mistura base.



Fonte: Autoria própria (2023).

Ao final da maturação, alíquotas de amostras foram retiradas para as análises reológicas e a mistura foi transferida para o tanque de entrada da bateadeira, onde recebeu a adição de ar (*overrun*) e iniciou-se o processo de congelamento. As bateadeiras são constituídas de duas bombas, uma rotativa e outra de circulação, onde a primeira tem por objetivo fazer o deslocamento do fluido e a segunda que permite o congelamento. Os seguintes parâmetros foram empregados na etapa de batimento: velocidade de $44 \frac{m}{s}$ e temperatura de saída de -6,3°C.

Com o sorvete já pré-congelado, o produto foi acondicionado nos potes (Figura 6) e seguiram para a câmara fria, onde se completou a etapa de *hardening*.

Figura 6 - Finalização da etapa de batimento e início da etapa de envase.



Fonte: Aatoria própria (2023).

Para a inserção de uma nova mistura base foi necessário esperar 6 minutos para a completa vazão da mistura anterior. Todo o procedimento descrito anteriormente foi repetido para as quatro formulações.

4.4 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS

4.4.1 Avaliação reológica das misturas bases

Como mencionado anteriormente, na etapa de maturação foram coletadas cerca de 110 mL de cada formulação de mistura base para utilização nas análises reológicas.

A análise foi realizada em um reômetro Discovery HR-2, utilizando a geometria de placa paralela lisa de 40 mm, com configuração de abertura (*geometry gap setting*) e 1,25 mL mistura, quantidade de amostra mínima requerida pelo sistema. Com a amostra devidamente posicionada e porcionada, o valor desejado para o *gap*, $1000\mu\text{m}$, foi inserido manualmente e iniciou-se o teste.

De maneira geral, o equipamento realiza cinquenta e nove testes de varreduras, em temperaturas próximas a 4°C , com aplicação da taxa de cisalhamento entre 1 e 200 1/s, a qual considera um fluxo de escoamento sem anormalidades industriais, como quebras de equipamento, entupimento, entre outros, e considera uma única rampa, sendo observado por meio de uma curva descendente, com tempo de estabilização da amostra de 60 s.

4.4.2 Avaliação da incorporação de ar e estabilidade dos sorvetes

4.4.2.1 *Overrun*

O *overrun* dos sorvetes formulados com diferentes fontes lipídicas foi obtido por meio da comparação das massas da mistura base (antes da introdução na batedeira) e do sorvete (após a etapa de *hardening*), empregando a equação descrita abaixo por Marshal; Goff e Hartel (2003):

$$\% \textit{overrun} = \left(\frac{\textit{massa de mistura inicial} - \textit{massa de sorvete}}{\textit{massa de sorvete}} \right) * 100 \quad (1)$$

4.4.3 Comportamento de derretimento (*Melting down*)

As análises de *melting down* objetivaram avaliar a capacidade dos sorvetes formulados com diferentes materiais lipídicos em resistir ao processo de derretimento quando submetido à temperatura ambiente.

O equipamento utilizado para a condução da análise utilizou o sistema desenvolvido pela ETH Zurich, que combina a drenagem da fração líquida oriunda do derretimento do sorvete, a quantificação da variação de massa do produto e a produção de imagens simultâneas, fornecendo assim, dados para a construção de uma curva de derretimento.

Para a condução das análises, 24 horas antes de seu início, as amostras foram preparadas com cerca de 290 g e em formato cilíndrico, a fim de se garantir uma transferência de calor uniforme. Após o preparo das amostras, o dispositivo foi ligado com 30 minutos de antecedência para estabilização da temperatura da câmara interna e inserção dos dados referentes à análise, tais como identificação, número da amostra, tempo de análise e data. Estabilizada a temperatura, todas as unidades de medida foram taradas e adicionaram-se de duas a quatro amostras nas bandejas. A cada 10 minutos, durante o tempo previamente estabelecido de 180 minutos, o equipamento coleta uma foto de cada amostra e a massa da amostra. Assim, ao final da análise foi possível quantificar a variação de massa do sorvete ao longo do tempo (*weight over time*).

4.4.4 Análise estatística

O experimento utilizou o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos. As análises foram conduzidas em triplicata.

Os resultados das análises foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de médias Tukey a 5% de significância, utilizando o Software Origin 2023 Pro.

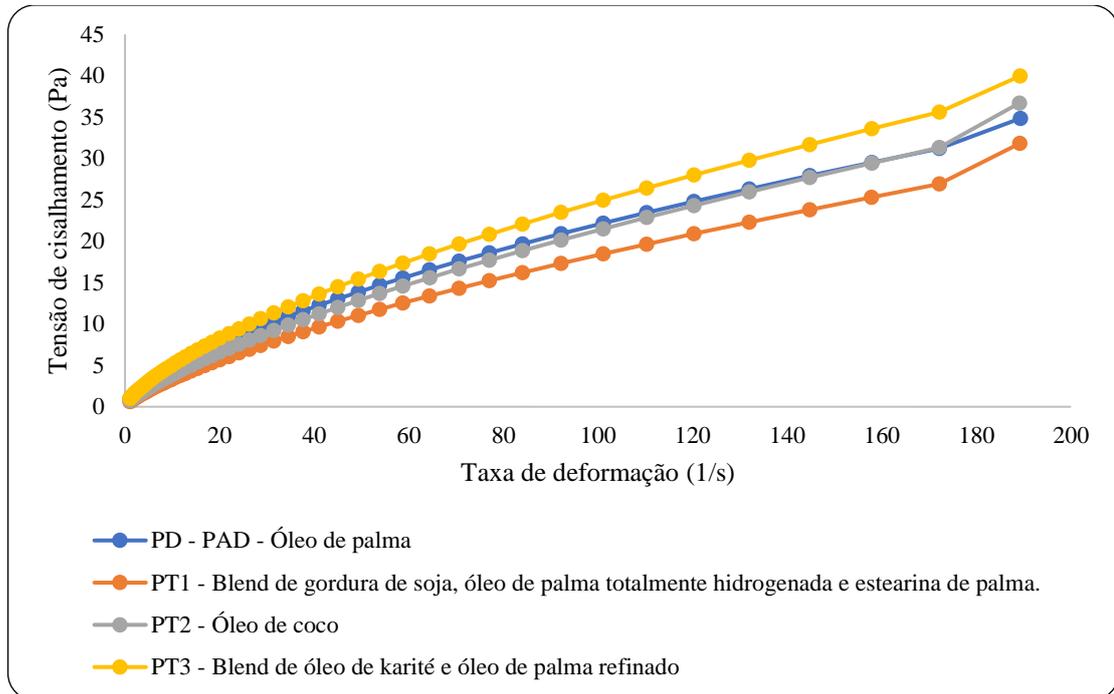
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 COMPORTAMENTO REOLÓGICO DAS MISTURAS BASE

A avaliação do comportamento reológico das misturas base formuladas com diferentes materiais lipídicos é fundamental para a qualidade microestrutural do sorvete e por questões de processamento. Neste último caso, é possível compreender se a viscosidade aparente atribuída a cada uma delas pode vir a gerar um maior gasto energético; aumento de pressão nos principais pontos do processo, na saída do pasteurizador e na entrada da mistura nos tanques de maturação; além de identificar o comportamento adotado por cada um dos fluidos em questão.

A Figura 7 representa o reograma geral, construído com base nos valores médios obtidos da triplicata da tensão de cisalhamento e taxa de deformação, sob temperatura de 4°C. Nesta, apresentou-se somente a curva descendente, comumente chamada de “curva de volta”, que remete ao cotidiano de uma linha de processamento de sorvete, uma vez que não há necessidade prévia de levantar informações sobre as quebras de equipamentos e necessidade de reprocesso devido à massa parada, fatores estes costumeiramente abordados na “curva de ida”.

Figura 7 - Reograma geral (tensão de cisalhamento x taxa de deformação) das misturas base formuladas com diferentes fontes lipídicas.

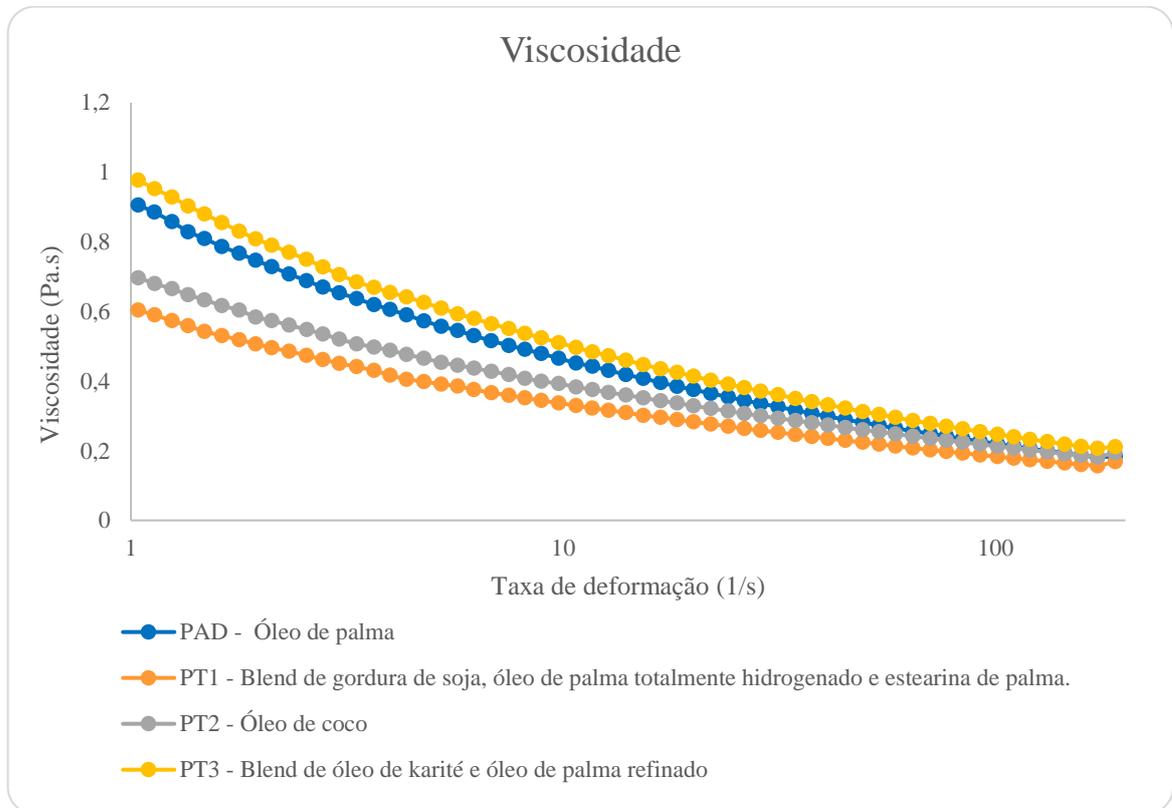


Fonte: Autoria própria (2023).

Os reogramas demonstram uma relação não linear entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação, caracterizando as misturas base como fluidos com comportamento não linear, também denominados não-newtonianos pseudoplásticos (Leal, 2005).

De acordo com a Figura 8, observou-se que as misturas base das amostras PT3 e PAD apresentaram maior viscosidade aparente, seguidas pelas amostras PT2 e PT1. Também é possível observar que a viscosidade aparente de todas as amostras reduziu conforme se aumentou a taxa de deformação.

Figura 8 – Relação entre a viscosidade aparente e a taxa de deformação das misturas base formulados com diferentes fontes lipídicas.



Fonte: Autoria própria (2023).

De modo geral, o aumento da viscosidade aparente pode ser ocasionado pela utilização de maiores concentrações de estabilizantes, proteínas e gorduras; qualidade dos ingredientes em uso; elevado peso molecular em consequência do grande percentual de açúcares; pH mais ácido; aplicação de altas temperaturas na etapa de pasteurização, que acarretam em maiores pressões de homogeneização e, por consequência, modificam a viscosidade aparente do meio, dentre outras condições (Marshall; Goff; Hartel, 2003; Milliati, 2013).

Um dos ingredientes responsáveis por alterações na viscosidade aparente da mistura são os óleos e gorduras. Como todas as propostas utilizaram o mesmo percentual de material lipídico (6,5%), as diferenças de comportamento reológico podem ser atribuídas às características físicas dos ingredientes lipídicos utilizados, a exemplo do teor de ácidos graxos saturados, tamanho da cadeia dos ácidos graxos, ponto de fusão, estrutura cristalina, comportamento de cristalização e teor de sólidos (Goff; Hartel, 2013). Considerando os

comportamentos demonstrados na curva de viscosidade ν s taxa de deformação, sugere-se que a amostra PT3 apresentou propriedades físicas mais próximas ao óleo de palma.

No que se refere ao processamento, a viscosidade aparente encontrada para as diferentes formulações de mistura base não apresentam uma influência direta que possa comprometer os equipamentos ou gerar desgaste; implicar em dificuldades durante a etapa de mistura; aumentar o consumo energético; ou mesmo ocasionar a criação de zonas de estagnação durante o deslocamento do fluido por tubulações. Por consequência, essas eventuais alterações no material lipídico da formulação dos sorvetes não necessitarão de ajustes no processamento industrial.

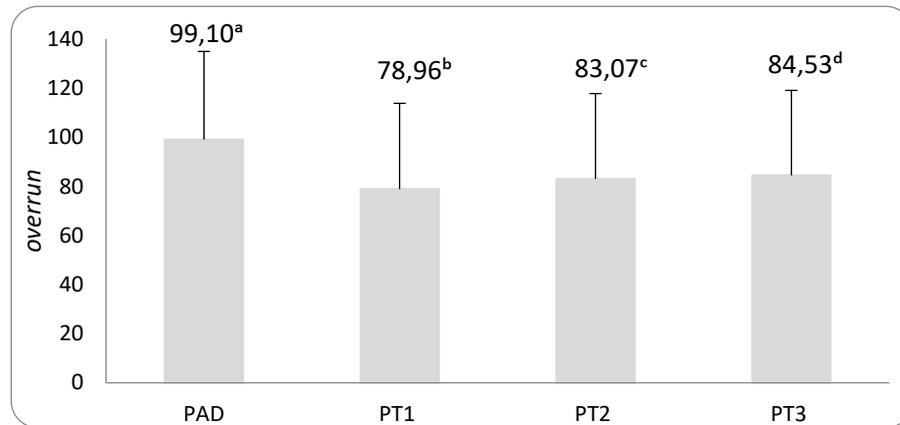
Por outro lado, os maiores valores de viscosidade aparente observados em duas amostras, PAD e PT3, podem influenciar diretamente em outras propriedades físicas de grande relevância para a microestrutura do sorvete. O aumento da viscosidade da fração aquosa não congelada do sorvete promove uma redução da mobilidade molecular dos constituintes presentes na matriz, e como consequência pode aumentar a estabilidade das bolhas de ar, reduzir a taxa de derretimento e minimizar a recristalização dos cristais de gelo no sorvete (Goff; Hartel, 2013; Muse; Hartel, 2004).

5.2 *OVERRUN*

O *overrun* indica a quantidade de ar adicionada ao produto (Goff; Hartel, 2013) e interfere diretamente na qualidade do sorvete. Algumas das consequências tecnológicas da incorporação de ar são: redução da velocidade de derretimento, já que o ar age como um agente isolante; aumenta o rendimento, visto que sua incorporação permite o aumento do volume; e confere uma textura mais leve ao produto (Arbuckle, 1986).

De acordo com a Figura 9, observou-se que todas as amostras diferiram entre si ($p < 0,05$) em relação ao *overrun*. O maior valor de incorporação de ar foi obtido na formulação que continha óleo de palma (99,1%), seguido pelo *blend* de óleo de karité e óleo de palma (84,53%), óleo de coco (83,07%) e *blend* de gordura de soja, óleo de palma totalmente hidrogenado e estearina de palma e (78,96%).

Figura 9 – *Overrun* dos sorvetes formulados com diferentes fontes lipídicas.



*As letras diferentes representam que os valores médios são distintos estatisticamente ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2023).

É possível notar que os valores de *overrun* obtidos para os sorvetes apresentaram uma relação com os valores de viscosidade aparente das misturas base. Ou seja, as misturas com maiores valores de viscosidade aparente originaram sorvetes com maior incorporação de ar, especificamente as formulações PAD e PT3. Por outro lado, a proposta PT1 demonstrou menor valor de viscosidade aparente e, conseqüentemente, menor *overrun*. Conforme mencionado anteriormente, o aumento da viscosidade da mistura base e, conseqüentemente da fração aquosa não congelada do sorvete após seu congelamento, pode favorecer a retenção e estabilização das bolhas de ar. Pereira et al. (2011) verificaram que o aumento da viscosidade das misturas base proporcionou uma maior incorporação de ar em sorvetes formulados com extrato de soja em substituição parcial ao leite em pó. Contudo, esses mesmos autores relataram que o tempo de batimento também influenciou no *overrun* dos sorvetes.

Além da viscosidade, o desenvolvimento de uma rede adequada de glóbulos de gordura pode favorecer a incorporação e estabilização das bolhas de ar no sorvete. Neste sentido, 1/2 a 2/3 do material lipídico utilizado na formulação deve se encontrar cristalizado a 4-5°C, temperatura de início do batimento, para favorecer o desenvolvimento de uma rede de glóbulos de gordura parcialmente coalescidos (Marshall; Goff; Hartel, 2003). Comparativamente, Trivana et al. (2023) observaram maiores valores de *overrun* nas formulações de sorvete que continham maiores proporções de óleo de coco em relação ao óleo de girassol.

Assim, considerando os resultados de *overrun*, pode-se sugerir, indiretamente, que a composição química e as propriedades físicas das formulações PAD, PT2 e PT3 possibilitaram uma melhor estruturação da rede de glóbulos de gordura parcialmente coalescidos.

E por fim, é válido ressaltar que a legislação nacional, regulamenta via RDC nº 713 de 1 de julho de 2022, estabelece que os gelados comestíveis devem apresentar densidade aparente mínima de 475 g/L. Esse parâmetro é importante para evitar uma incorporação de ar excessiva ao produto.

5.3 COMPORTAMENTO DE DERRETIMENTO (*MELTING DOWN*)

As amostras foram submetidas à análise de *melting* para avaliar a estabilidade das diferentes formulações de sorvete quando expostas à temperatura ambiente. A avaliação desse parâmetro é de vital importância ao se testar alterações em formulações, pois é desejável que o sorvete tenha estabilidade adequada durante o momento de consumo, ou seja, que não apresente uma elevada taxa de derretimento.

A Tabela 6, apresenta a variação de massa dos sorvetes formulados com diferentes fontes lipídicas durante 180 minutos.

Tabela 6 - Massa (g) dos sorvetes formulados com diferentes fontes lipídicas durante 180 minutos.

Tempo (min)	PAD - Óleo de palma	PT1 - <i>Blend</i> de gordura de soja, óleo de palma totalmente hidrogenada e estearina de palma.	PT2 - Óleo de coco	PT3 - <i>Blend</i> de óleo de karité e óleo de palma refinado
	Média (n = 3)	Média (n = 3)	Média (n = 3)	Média (n = 3)
0	60,50	60,53	58,10	58,77
10	60,93	60,67	58,17	59,13
20	61,30	59,93	58,03	59,67
30	61,47	58,53	57,63	58,73
40	61,17	55,90	56,90	57,77
50	60,43	53,43	56,20	56,67
60	59,90	51,80	55,50	55,73
90	58,40	48,13	53,07	53,13
120	56,43	45,13	50,10	50,63
150	54,73	42,87	47,27	48,47
180	53,24	40,90	44,80	46,57

Fonte: Autoria própria (2023).

Complementarmente, a Tabela 7 apresenta a massa de sorvete derretido ao longo do tempo, informação necessária para a melhor compreensão do comportamento de derretimento das diferentes amostras.

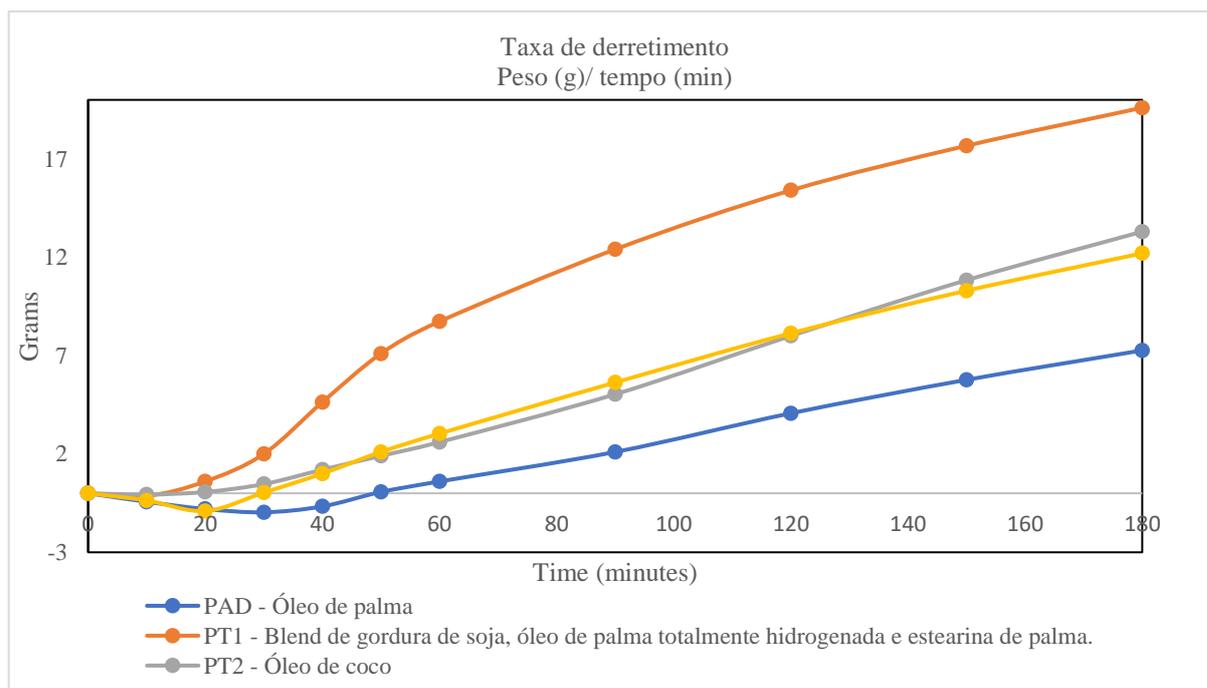
Tabela 7 - Massa de sorvete derretido (g) durante 180 minutos.

Tempo (min)	PAD - Óleo de palma	PT1 - <i>Blend</i> de gordura de soja, óleo de palma totalmente hidrogenada e estearina de palma.	PT2 - Óleo de coco	PT3 - <i>Blend</i> de óleo de karité e óleo de palma refinado
	Média em base 100 (n = 3)	Média em base 100 (n = 3)	Média em base 100 (n = 3)	Média em base 100 (n = 3)
0	0,00	0,00	0,00	0,00
10	-0,43	-0,13	-0,07	-0,37
20	-0,80	0,60	0,07	-0,90
30	-0,97	2,00	0,47	0,03
40	-0,67	4,63	1,20	1,00
50	0,07	7,10	1,90	2,10
60	0,06	8,73	2,60	3,03
90	2,10	12,40	5,03	5,63
120	4,07	15,40	8,00	8,13
150	5,77	17,67	10,83	10,30
180	7,26	19,60	13,30	12,20

Fonte: Autoria própria (2023).

A partir da Tabela 7 foi possível plotar as curvas de derretimento das amostras de sorvete (Figura 10). Observou-se que o protótipo 1, que corresponde a aplicação do *blend* de gordura de soja, óleo de palma totalmente hidrogenado e estearina de palma, apresentou a maior velocidade de derretimento, seguido pelo protótipo 2 (óleo de coco), protótipo 3 (*blend* dos óleos de palma e karité) e a amostra padrão (óleo de palma).

Figura 10 – Comportamento de derretimento dos sorvetes formulados com diferentes fontes lipídicas.



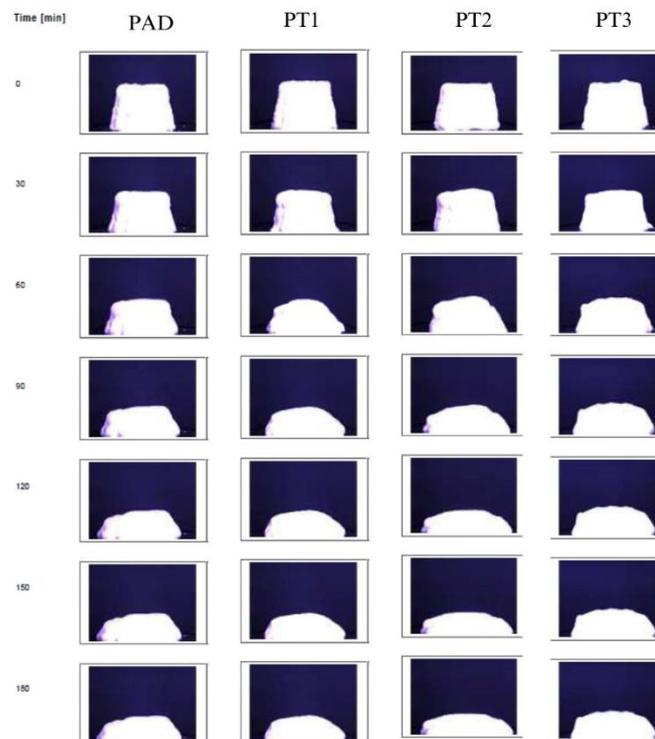
Fonte: Autoria própria (2023).

Em relação aos percentuais médios de perda de massa, verificou-se que o protótipo 1 perdeu cerca de 32% de massa ao longo dos 180 minutos, caracterizando-o como a amostra mais instável ao derretimento. As demais amostras apresentaram percentuais de perda de massa equivalentes a 22,89 (PT2), 21,28 (PT3) e 12,06% (PAD). Esses resultados correspondem a uma taxa de derretimento de 1,70 g/min para o PAD, 4,15 g/min para o PT3, 4,34 g/min para o PT2 e 8,81 g/min para o PT1.

De maneira complementar aos dados acima graficados, a Figura 12, obtida pelo equipamento a cada trinta minutos, permite visualizar uma melhor retenção do formato das amostras com menor taxa de derretimento, PAD e PT3, durante o período de 60 minutos. Já a PT1, por sua vez, nesse mesmo intervalo de tempo apresentou uma desconfiguração de sua estrutura devido ao derretimento, fato observado em menor proporção no PT2.

Segundo Muse e Hartel (2004), a menor retenção de formato está diretamente ligada a um derretimento mais rápido e a níveis de desestabilização das moléculas de gordura de até 30%. Desestabilizações superiores a 50% promovem uma melhor retenção do formato inicial dos sorvetes.

Figura 11 - Fotografias da análise de derretimento a cada 30 minutos.



Fonte: Autoria própria (2023).

Liu, Sala, Scholten (2022) constataram que o grau de desestabilização dos glóbulos de gordura e a formação de uma rede cristalina rígida reduziu a velocidade de derretimento dos sorvetes. Dessa forma, assim como já mencionado anteriormente, as amostras PAD e PT3 possivelmente apresentaram uma melhor organização da sua rede cristalina de glóbulos de gordura.

Além disso, o comportamento de derretimento das amostras demonstra uma relação direta com os percentuais de *overrun*. Os sorvetes formulados com óleo de palma, seguido pelas amostras PT2 e PT3, apresentaram maior *overrun* e, conseqüentemente, demonstraram melhor comportamento de derretimento. Por sua vez, a amostra PT1 demonstrou menor *overrun* e maior taxa de derretimento. As bolhas de ar presentes na microestrutura do sorvete atuam como uma camada de isolamento térmico ao produto, garantindo maior resistência quando submetido à temperatura ambiente (Arbuckle, 1986; Marshall; Goff; Hartel, 2003; Sofjan; Hartel, 2004).

6 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos no presente trabalho, torna-se notório que as quatro formulações desenvolvidas apresentaram comportamento de fluidos não newtonianos, sendo caracterizados como pseudoplásticos.

Comparando individualmente cada um dos protótipos e tomando como base seus desempenhos nos testes de reologia, *overrun* e *melting*, o protótipo 1, constituído pelo *blend* de gordura de soja, óleo de palma totalmente hidrogenado e estearina de palma, apresentou a menor incorporação de ar, afetando diretamente sua resposta ao teste de resistência ao processo de *melting*, uma vez que apresentou maior velocidade de derretimento dentre as amostras analisadas.

Os protótipos 2 e 3, compostos por 100% de óleo de coco e pelo *blend* dos óleos de palma e karité, respectivamente, apresentaram comportamentos similares frente à incorporação de ar e a velocidade de derretimento.

Desta forma, comparando as propriedades reológicas e físicas, a amostra padrão apresentou melhor performance e os protótipos PT2 e PT3 se enquadram como eventuais rotas de substituição, sendo necessário uma validação sensorial, que determine sua similaridade com o atual sorvete de creme formulado com o óleo de palma. Uma outra possibilidade seria a utilização dos ingredientes lipídicos presentes em PT2 e PT3 em substituição parcial ao óleo de palma.

REFERÊNCIAS

ABIS. **Mercado**. São Paulo: Associação Brasileira das Indústrias e do Setor de sorvetes, 2022. Disponível em: <https://www.abis.com.br/mercado/>. Acesso em: 09 mai. 2023.

ADITIVOS E INGREDIENTES. Aromas e Outros Ingredientes Aromatizantes. **Revista Aditivos e Ingredientes**, 2023. Disponível em: https://aditivosingredientes.com/upload_arquivos/202205/2022050180284001652461232.pdf. Acesso em: 12 ago. 2023.

ADITIVOS E INGREDIENTES. Lipídeos: Hidrogenação, Interesterificação e Fracionamento. **Revista Aditivos e Ingredientes**, p. 41-50, mai. 2013. Disponível em: https://aditivosingredientes.com/upload_arquivos/201601/2016010580182001454073079.pdf. Acesso em: 14 ago. 2023.

ADITIVOS E INGREDIENTES. Os efeitos de diferentes ingredientes na formulação de sorvetes. **Revista Aditivos e Ingredientes**, n. 165, p. 33–44, fev. 2020. Disponível em: <https://aditivosingredientes.com/revistas/fevereiro2020/index.html#p=1>. Acesso em: 18 jun. 2023.

AIME, D. B.; ARNTFIELD, S. D.; MALCOMSON, L. J.; RYLAND, D. Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products. **Food Research International**, v. 34, p. 237-246, 2001.

ALVES, F. P.; OLIVEIRA, M. A.; MANDARINO, J. M.; BENASSI, V. T.; LEITE, R. S.; SEIBEL, N. F. **Composição centesimal de grãos de soja de oito diferentes cultivares**. Paraná: EMBRAPA SOJA, 2011.

AMARAL, L.; JAIGOBIND, S. J.; JAIGOBIND, A. G. A. **Óleo de soja**. Paraná: Instituto de Tecnologia do Paraná, 2006.

ANGELUCCI, E.; MORAES PINTO, E. R. **Industrialização de Alimentos – Tecnologia de Leites e Derivados**. Campinas: SENAI “Professor Doutor Euryclides de Jesus Zerbini, 2007.

ARAÚJO, S. S. **Boas Práticas de Fabricação na Indústria de Alimentação Animal**. 2021. Relatório de Estágio Curricular Obrigatório Supervisionado (Graduação em Medicina Veterinária) - Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, 2021.

ARBUCKLE, W. S. **Ice Cream**. 1 ed. New York: Springer Science+Business media, 1986.

BARBOSA, C. Gigante do agronegócio ocupa e viola três cemitérios quilombolas e um indígena no Pará. **Brasil de Fato**, 09 jul. 2021. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2021/07/09/gigante-do-agronegocio-ocupa-e-viola-tres-cemiterios-quilombolas-e-um-indigena-no-para>. Acesso em: 27 mai. 2023.

BOFF, C. C.; CRIZEL, T. M.; ARAUJO, R. R.; RIOS, A. O.; FLÔRES, S. H. Desenvolvimento de sorvetes de chocolate utilizando fibra de casca de laranja como substituto de gordura. **Revista Ciência Rural**, v.43, n.10, p. 1892-1897, 2013. ISSN 0103-8478.

BORGES, R. Ouro Líquido: Produção de Dendê explora populações negras e indígenas no Brasil. **Metrópoles**, 06 nov. 2022. Disponível em: <https://www.metropoles.com/materias-especiais/ouro-liquido-producao-de-dende-explora-populacoes-negras-e-indigenas-no-brasil-2>. Acesso em: 27 mai. 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Instrução Normativa nº87, de 15 de março de 2021**. Estabelece a lista de espécies vegetais autorizadas, as designações, a composição de ácidos graxos e os valores máximos de acidez e de índice de peróxidos para óleos e gorduras vegetais. Brasília: ANVISA, 2021.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 778, de 1º de março de 2023**. Dispõe sobre os princípios gerais, as funções tecnológicas e as condições de uso de aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia em alimentos. Brasília: ANVISA, 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 267, de 25 de setembro de 2003**. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Industrializadores de Gelados Comestíveis e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Industrializadores de Gelados Comestíveis. Brasília: ANVISA, 2003.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Instrução Normativa nº211 de 1º de março de 2023**. Estabelece as funções tecnológicas, os limites máximos e as condições de uso para os aditivos alimentares e os coadjuvantes de tecnologia autorizados para uso em alimentos. Brasília: ANVISA, 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Instrução Normativa nº49, de 22 de dezembro de 2006**. Aprovar o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dos Óleos vegetais refinados; a Amostragem; os Procedimentos Complementares; e o Roteiro de Classificação de Óleos Vegetais Refinados, conforme os respectivos Anexos I, II, III, IV desta Instrução Normativa. Brasília: MAPA, 2006.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 713, de 1º de julho de 2022**. Dispõe sobre os requisitos sanitários dos gelados comestíveis e dos preparados para gelados comestíveis. Brasília: ANVISA, 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. **Portaria nº379, de 26 de abril de 1999**. Dispõe sobre o Regulamento Técnico referente a Gelados Comestíveis,

Preparados, Pós para o Preparo e Bases para Gelados Comestíveis. Brasília: Ministério da Saúde, 1999.

BUNGE. **Shea: Volumes Sourced**. BUNGE - Loders Croklaan, 2023. Disponível em: <https://europe.bungeloders.com/en/material/shea>. Acesso em: 03 jun. 2023.

CHU, M. M. Escassez de mão de obra deve levar Malásia a 3º ano de perdas com óleo de palma. **CNN Brasil**, 08 set. 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/escassez-de-mao-de-obra-deve-levar-malasia-a-3o-ano-de-perdas-com-oleo-de-palma/#:~:text=%C3%B3leo%20de%20palma-,Escassez%20de%20m%C3%A3o%20de%20obra%20deve%20levar%20Mal%C3%A1sia%20a%203%C2%BA,perdas%20com%20%C3%B3leo%20de%20palma&text=Os%20plantadores%20de%20palma%20da,temporada%20de%20pico%20de%20produ%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 15 dez. 2022.

CODEX ALIMENTARIUS. **Standards for Named Vegetable Oils**. Rome: Organization of the United Nations, 2023.

CONAB. **Soja - Abril/2023**. Companhia Nacional de Abastecimento, p. 1, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analise-regional-do-mercado-agropecuario/analise-regional-mg-soja/item/20705-soja-analise-abril-2023>. Acesso em: 07 jun. 2023.

DEOSARKAR, S. S.; KHEDKAR, C. D.; KALYANKAR, S. D.; SARODE, A. R. Ice Cream: Uses and Method of Manufacture. *In*: CABALLERO, B.; FINGLAS, P. M.; TOLDRÁ, F. **Encyclopedia of Food and Health**. Academic Press, p. 391-397, 2016.

DIJKSTRA, A. J. Palm Oil. **Encyclopedia of Food Science**. Elsevier, p. 199-204, 2016.

DUTTA, D.; CHEELA, V. R. S.; JAGLAN, A. M.; RANI, S.; ADIBHATLA, S.; DUBEY, B. Products, processes, environmental impacts and waste management of food industry focusing on ice cream. *In*: GALANAKIS, C. M. **Environmental Impact of Agro-Food Industry and Food Consumption**. Academic Press, p. 147-168, 2021.

DUTTON, H. J. History of the Development of Soy Oil for Edible Uses. **The Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 58, n. 3, p. 234-236, 1981.

EISNER, M. D.; WILDMOSER, H.; WINDHAB, E. J. Air cell microstructuring in a high viscous ice cream matrix. **Journal Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 263, p. 390-399, 2005. ISSN: 1873-4359.

ESTUMANO, J. F. P.; MELO, K. C. N. **Cartilha de Boas Práticas de Fabricação na Indústria de Gelados Comestíveis**. Pará: SEBRAE, 2022.

EUROMONITOR. **Ice Cream in Brazil**. London: Euromonitor International - Passport, jul. 2022.

FALQUETE, R. B. **Efeitos da Reologia do Fluido de Perfuração Sobre a Eficiência Processo de Limpeza de Poços Horizontais**. 2005. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2005.

FANI, M. Componentes lácteos e não lácteos na formulação de sorvetes. **Revista Aditivos e Ingredientes**, jan. 2023. Disponível em: <https://aditivosingredientes.com/artigos/artigos-editoriais-geral/012023-componentes-lacteos-e-nao-lacteos-na-formulacao-de-sorvetes>. Acesso em: 18 fev. 2023.

FANI, M. Os diferentes tipos de óleos vegetais. **Revista Aditivos e Ingredientes**, n.136, p. 41-47, mar. 2017. Disponível em: https://aditivosingredientes.com/upload_arquivos/201704/2017040580349001491240815.pdf. Acesso em: 18 fev. 2023.

FERRANTI, P.; VELOTTO, S. Coconut and Oil Palm Based Ingredients. **Sustainable Food Science**; Royal Society of Chemistry, v. 3, p. 229-241, 2023.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. Corantes. **Revista Food Ingredients Brasil – Dossiê Corantes**, n. 36, 2016. Disponível em: https://revista-fi.com/upload_arquivos/201612/2016120320277001480616337.pdf. Acesso em: 12 ago. 2023.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. Kibon, O Sorvete do Brasil Alimentando Paixões. **Revista Food Ingredients Brasil**, n. 15, 2010. Disponível em: https://revista-fi.com/upload_arquivos/201606/2016060245773001465320341.pdf. Acesso em: 17 jun. 2023.

GALINDO, M. S. V. **Desenvolvimento de uma Metodologia para Determinação da Viscosidade de Solos**. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

GAONKAR, V.; ROSENTRATER, K. A. Soybean. *In*: PAN, Z.; ZHANG, R.; ZICARI, S. **Integrated Processing Technologies for Food and Agricultural By-Products**. Academic Press, p. 73-104, 2019.

GAZZONI, D. L.; DALL'AGNOL, A. **A Saga da Soja: De 1050 a.C. a 2050 d.C.** Brasília: Embrapa, 2018.

GIBON, V. Palm Oil and Palm Kernel Oil Refining and Fractionation Technology. *In*: PANDE, G.; AKOH, C. C.; LAI, O. M. **Palm Oil: Production, Processing, Characterization, and Uses**. Elsevier, p. 329-375, 2012.

GLOBAL SHEA ALLIANCE. **Industry Overview**. Global Shea Alliance Secretariat, 2023. Disponível em: <https://globalshea.com/overview?page=MjkwMzA1NjI0LjE0MTU=/Industry%20Overview>. Acesso em: 03 jun. 2023.

GOFF, H. D. **Ice Cream Technology**. Canada: Dairy Education eBook Series, University of Guelph, 2021.

GOFF, H. D.; HARTEL, R. W. **Ice Cream**. 6 ed. New York: Springer, 2013.

GRANGER, C.; LEGER, A.; BAREY, P.; LANGERDORFF, V.; CANSELL, M. Influence of formulation on the structural networks in ice cream. **International Dairy Journal**, 2004.

GRIMALDI, R.; GONÇALVES, L. A. G.; ANDO, M. Y. Otimização da Reação de Interesterificação Química do Óleo de Palma. **Revista Química Nova**, v. 28, n. 8, p. 633-636, 2005.

GUIMARÃES, D. H.; SUMARE, J. S. Correlações das propriedades reológicas e sensoriais da calda de sorvete soft elaborado a partir do extrato da soja com leite de cabra. **Revista Brasileira de Tecnologia aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 5, n. 2, p. 117-132, 2012. e-ISSN 1984-7548.

HARTEL, R. W., RANKIN, S. A.; BRANDLEY JR, R. L. A 100-Year Review: Milestones in the development of frozen desserts. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 12, p. 10014-10025, 2017.

HILLE, F. **Mecânica dos Fluidos**. Joinville: Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.

HOJE só vim agradecer. Intérprete: Iza. Compositores: Sergio Santos, Pablo Bispo, Ruxell, Wk, Isabela Cristina Correia de Lima Lima, Lukinhas, Henrique Bacellar, Júnior Pierro e Fabinho Negramande. *In*: FÉ. Intérprete: Iza, Warner, 2022.

HOMMA, A. K. O. **Cronologia do Cultivo do Dendzeiro na Amazônia**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2016.

IBGE. **Produção de coco-da-bahia**. IBGE - Produção Agrícola Municipal, 2021b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/coco-da-baia/br>. Acesso em: 01 jun. 2023.

IBGE. **Tabela 5457 - Área plantada ou destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias e permanentes**. IBGE - Produção Agrícola Municipal, 2021a. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>. Acesso em: 01 jun. 2023.

IFDA. **The history of Ice Cream**. Washington: International Dairy Foods Association: 2022.

KARACA, O. B.; GUVEN, M.; YASAR, K.; KAYA, S.; KAHYAOGU, T. The functional, rheological and sensory characteristics office cream with various flat replacers. **International Journal of Dairy Technology**, v. 62, n. 1, p. 93-99, 2009.

KADANDALE, S; MARTEN, R; SMITH, R. The palm oil industry and noncommunicable diseases. **Geneve: Bulletin of World Health Organization**, v. 97, p. 118-128, 2019. ISSN. 0042-9686.

KAUR, K.; CHHIKARA, N.; SHARMA, P.; GARG, M. K.; PANGHAL, A. Coconut meal: Nutraceutical importance and food industry application. **Journal Food and Row materials**, v. 7, n. 2, p. 419-427, 2019. ISSN 2308-4057.

KRAHL, T.; FUHRMANN, H.; DIMASSI, S. Ice Cream. *In*: CARLE, R.; SCHWEIGGERT, R. M. **Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages**. Woodhead Publishing, p.197-207, 2016.

LARA, M. S. **Artisani Ice Cream: A taste for growth**. 2012. Dissertation. (Master's degree in business administration) – Lisbon School of Business and Economics, Universidade Católica Portuguesa, Lisbon, 2012.

LAVINO, E. Seguranças de empresa apontam armas para indígenas no Pará. **Folha**, 2 dez. 2022. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2022/12/seguranças-de-empresa-apontam-armas-para-indigenas-no-para.shtml>. Acesso em: 27 mai. 2023.

LEAL, A. B. **Estudo do Escoamento de Fluidos Não-newtonianos em dutos**. 2005. Dissertação. (Mestrado em Ciências em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2005.

LIU, X.; SALA, G.; SCHOLTEN, E. Effect of fat aggregate size and percentage on the melting properties of ice cream. **Food Research International**, v. 120, p. 111709, 2022.

LOMOLINO, G.; ZANNONI, S.; ZABARA, A.; DA LIO, M.; DE ISEPPI, A. Ice recrystallisation and melting in ice cream with different proteins levels and subjected to thermal fluctuation. **International Dairy Journal**, v. 100, p. 104557, 2020.

LOVETT, P. N. Shea butter: Properties and processing for use in food. *In*: TALBOT, G. **Especially Oils and Fats in Food and Nutrition: Properties, Processing and Application**. Woodhead, p. 125-158, 2015.

MACIEL, G. F.; SANTOS, H. K.; FERREIRA, F. O. Rheological Analysis of Water Clay Compositions in Order to Investigate Mudflows Developing in Canals. **Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering**, v. 31, p. 65-74, 2009. ISSN 1806-3691.

MACHADO, R. L. P.; DUTRA, A. S.; VIANELLO PINTO, M. S. **Documento 120: Boas Práticas de Fabricação (BPF)**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2015.

MAIA, M. C.; GALVÃO, A. P. G. L. K.; MODESTA, R. C.; PEREIRA JÚNIOR, N. Avaliação do consumidor sobre sorvetes com xilitol. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 341-347, 2008. ISSN 0101-2061.

MALAYSIAN PALM OIL COUNCIL. **Drought In South America: Implication On Palm Oil Trade By Brazil And Argentina**. MPOC, 2022a. Disponível em: <https://mpoc.org.my/drought-in-south-america-implication-on-palm-oil-trade-by-brazil-and-argentina/>. Acesso em: 24 mai. 2022.

MALAYSIAN PALM OIL COUNCIL. **Russia-Ukraine Conflict And Its Impact On The Regional Edible Oil Market**. MPOC, 2022b. Disponível em: <https://mpoc.org.my/russia-ukraine-conflict-and-its-impact-on-the-regional-edible-oil-market/>. Acesso em: 15 dez. 2022.

MANDARINO, J. M. G.; ROESSING, A. C.; BENASSI, V. T. **Óleos: Alimentos Funcionais**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2005.

MARINA, A. M.; CHE MAN, Y. B.; AMIN, I. Virgin coconut oil: emerging functional food oil. **Journal Trends in Food Science & Technology**, v. 20, p 481-487, 2009.

MARSHALL, R. T., GOFF, H. D., HARTEL, R. W. **Ice Cream**. 6 ed. New York: Kluwer Academic, 2003.

MARTINI, P. Setor de sorvete fatura mais com preço alto. **Globo Empresas-Alto Valor**, 07 dez. 2022. Disponível em; <https://valor.globo.com/empresas/noticia/2022/12/07/setor-de-sorvete-fatura-mais-com-preco-alto.ghtml>. Acesso em: 09 mai. 2023.

MARTINS, C. R.; JÚNIOR, L. A. V. **Documentos 164: Evolução da produção de coco no Brasil e o Comércio Internacional – Panorama 2010**. Aracaju: EMBRAPA, 2011. ISSN 1678-1953.

MARTINS, L. C. S. **Olá Marketing Plan: The Launching of an Ice Cream for The Senior Market**. 2010. Dissertation (Master's degree in science in Business Administration) – Business School, Instituto Universitario de Lisboa, Lisboa, 2010.

MENDES, C. H. *et al.* **Implementação de venda da Linha Premium dos Sorvetes Nápoli**. 2002. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Publicidade e Propaganda) - Faculdade de Comunicação e Artes, Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2002.

MENDEZ, M. V.; LOPE, J. H. La Manteca de Karité. **Grasas y Aceites**, v. 42, p. 151-154, 1991. ISSN-L: 0017-3495.

MILLIATI, M. C. **Estudo reológico de formulações para sorvetes produzidos com diferentes estabilizantes**. 2013. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdades de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MINTEL. **SORVETES, BRASIL**, 2022. United Kingdom: Mintel Group Ltd - Market Sizes, 2022.

MONTEIRO, K. F. G.; HOMMA, A. K. O. **Diferentes Sistemas de Produção com Palma de Óleo (*Elaeis guineensis* jaq.) e a participação do brasil no cenário internacional**. Belém: EMBRAPA, 2014.

MUSE, M. R.; HARTEL, R. W. Ice Cream Structural Elements that Affect Melting Rate and Hardness. **Journal Dairy Science**, v. 87, n. 1, p. 1-10, 2004.

MUSE, M. R.; HARTEL, R. W. Ice Cream Structural Elements that Affect Melting Rate and Hardness. **Journal of Dairy Science**, v. 87, p. 1-10, 2004.

NAZARUDDIN, R.; SYALIZA, A. S.; AL ROSNANI, W. The effect of vegetable fat on the physicochemical characteristics of dates ice cream. **International Dairy Journal**, v. 61, n. 3, p. 265- 269, 2008.

O'NEILL, A. **Largest Countries in the world by area**. New York: STATISTA, 2023.

OLIVEIRA, K. H. **Caracterização Reológica de Diferentes Tipos de Sorvete**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. *apud* STEFEE (1996).

OLIVEIRA, K. H.; SOUZA, J. A. R.; MONTEIRO, A. R. Caracterização reológica de sorvetes. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 592-598, 2008. ISSN 0101-2061.

OLIVEIRA, K. H. **Caracterização Reológica de Diferentes Tipos de Sorvete**. 2005. Dissertação. (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

PALKA, A. Consumer preferences on impulse ice cream. **Towaroznawcze Problem Jakosci – Polish Journal of Commodity Science**, v. 51, n. 2, 2017.

PATIL, U.; BENJAKUL, S. Coconut milk and Coconut Oil: Their Manufacture Associated with Protein Functionality. **Journal of Food Science**, v. 83, n. 8, p. 2019-2027, 2018.

PEREIRA, F. A. R. **Escoamento Laminar de Líquidos Não-newtonianos em Seções Anulares: Estudos de CFD e Abordagem Experimental**. 2006. Tese. (Doutorado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

PEREIRA, G. G.; RESENDE, J. V.; ABREU, L. R.; GIAROLA, T. M. O.; PERRONE, I. T. Influence of the partial substitution of skim milk powder for soy extract on ice cream structure and quality. **European Food Research and Technology**, v. 232, p. 1093-1102, 2011. ISSN 1238-2385.

PERERA, S. A. C. N. Coconut. *In*: GUPTA, S. K. **Breeding Oilseed Crops for Sustainable Production: Opportunities and Constraints**. Elsevier, p. 201-276, 2016.

PULINGAM, T.; LAKSHMANAN, M.; CHUAH, J.; SURENDRAN, A.; ZAIBAB-L, I.; FOROOZANDEH, P.; UKE, A.; KOSUGI, A.; SUDESH, K. Oil palm trunk waste: Environmental impacts and management strategies. **Industrial Crops & Products**, v. 189, p. 115827, 2022.

RAMOS, M. **O sorvete chega ao Brasil**. São Paulo: In vivo – FIOCRUZ, 2022.

RECHSTEINER, M. S. **Desenvolvimento de Amidos Fosfatados de Batata-doce e Mandioca e Aplicação como Substitutos de Gordura em Sorvetes**. 2009. Tese. (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2009. p. 167.

RODRIGUES, A. P.; PADILHA, E.; SILVESTREIN, M.; AUGUSTO, M. M. M. Elaboração de Sorvete sabor Chocolate com teor de Gorduras Reduzido utilizando Soro de Leite em Pó. **Revista de Ciências Exatas e Engenharias - Vetor**, p. 55-62, 2006. ISSN 0102-7352.

SANTOS, P. H. S. **Uso de diferentes bases gordurosas para produção de sorvetes: um estudo reológico**. 2020. Dissertação (Mestrado em Bioquímica Farmacêutica) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

SEGMAN, O.; WIESMAN, Z.; YARMOLINSKY, L. Methods and Technologies Related to Shea Butter Chemophysical Properties and to the Delivery of Bioactives in Chocolate and Related Products. *In* GARTI, N.; WIDLAK, N. R. **Cocoa Butter and Related Compounds**. AOCS Press, p. 417-441, 2012.

SHARMA, K. **Which is the most influencing segment growing in the Ice cream Market report?**. LinkedIn - Allied Market, 2022. Disponível em:

<https://www.linkedin.com/pulse/which-most-influencing-segment-growing-ice-cream-market-kriti-sharma>. Acesso em: 05 ago. 2023.

SIGH, A.; GORAYA, R. K.; BAJWA, U. Effect of Storage Period on the Physicochemical, Sensory Quality of Bakery Flavoured Ice Cream. **International Journal of Engineering Research and Applications**, v. 4, p. 80-90, 2014.

SILVA, A. A. N.; BATISTA, K. O.; ARAÚJO, R. A. B. M.; BASTOS, R. A. Sorvete: uma revisão. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n.5, p. 37310-37325, 2022.

ŞİMŞEK, B.; GÜN, I. Some physicochemical, rheological and sensory properties of flavored ice cream. **Niğde Ömer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences**, v. 10, p. 598-605, 2021.

SIQUEIRA, T. V. **O ciclo da soja: desempenho da cultura da soja entre 1961 e 2003**. Rio de Janeiro: BNDES, 2003.

SOFJAN, R. P.; HARTEL, R. W. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. **International Dairy Journal**, v. 14, p. 255-262, 2004.

SOPA. **World Soy Oil Production**. The Soybean Processors Association of India, 2022. Disponível em: <https://www.sopa.org/world-soy-oil-production/>. Acesso em: 07 jun. 2023.

SOUZA, J. C. B.; COSTA, M. R.; DE RENSIS, C. M. V.; SIVIERI, K. Sorvete: Composição, Processamento e Viabilidade da adição de probiótico. **Journal of Food and Nutritional**, v. 21, n. 1, p. 155-165, jan./mar. 2010. ISSN 0103-4235.

SRIVASTAVA, Y.; SEMWAL, A. D.; SHARMA, G. K. Virgin Coconut oil as Funcional Oil. 2018. *In*: GRUMEZESCU, A. M.; HOLBAN, A. M. **Therapeutic, Probiotic, and Unconventional Foods**. 1 ed. Academic Press - Elsevier, p. 291-301, 2018.

STEFFE, J. F. **Rheological methods in food process engineering**. 2. ed. United States: Freeman Press, 1996.

SYED, Q. A. Effects of different ingredients on texture of ice cream. **Journal of Nutritional Health & Food Engineering**, v. 8, p. 422-435, 2018. ISSN: 2373-4310.

TAN, C. P. NEHDI, I. A. The physicochemical properties of palm oil and its components. *In*: PANDE, G.; AKOH, C. C.; LAI, O. M. **Palm Oil: Production, Processing, Characterization, and Uses**. Elsevier, p. 377-391, 2012.

TRIVANA, L.; SUYATMA, N. E.; HUNAEFI, D.; PRADHANA, A. Y.; RINDENGAN, B. Physicochemical and rheology properties of ice cream prepared from sunflower oil and virgin coconut oil. **Coconut Research & Development**, v. 39, p. 1-8, 2023.

TUNU, M. P.; FARINA, M. C. **Venda Direta: Características da rede uma consultora de cosméticos.** *In: XVI ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE*, 16, FEA USP, São Paulo, 2014.

UDABAGE, P.; AUGUSTIN, M. A.; CHENG, L. J.; WILLIAMS, R. P. Physical behaviour of dairy ingredients during ice cream processing. *Le Lait*, v. 85, n. 4-5, p. 383-394, 2005.

UNILEVER. How cool! Top ice cream innovations you'll want to share. *Unilever News*, 27 sept. 2022. Disponível em: <https://www.unilever.com/news/news-search/2022/how-cool-top-ice-cream-innovations-youll-want-to-share/>. Acesso em: 09 mai. 2023.

USDA. **Word Agricultural Production.** United States of America: United States Department of Agriculture - Circular Series, May 2023.

USDA. **World Agricultural Production.** United States of America: United States Department of Agriculture - Circular Series, 2022.

VER O FATO. BOMBA – Acusada de grilagem e com 58 mil hectares cancelados pela justiça, Agropalma está à venda. *Ver o fato*, 18 set. 2022. Disponível em: <https://ver-o-fato.com.br/bomba-acusada-de-grilagem-e-com-58-mil-hectares-cancelados-pela-justica-agropalma-esta-a-venda/>. Acesso em: 27 mai. 2023.

WARWICK, D. R. N.; LEAL, E. C.; PASSOS, E. E. M.; CINTRA, F; L; D.; AMORIM, J. R. A.; SOBRAL, L. F.; SIQUEIRA, L. A.; CUENCA, M. A. G.; RESENDE, R. S.; ARAGÃO, W. M. **Coleção Plantar: Coco.** Aracaju: EMBRAPA - Tabuleiros Costeiros, 2006.

WASSMANN, B.; SIEGRIST, M.; HARTMANN, C. Palm oil and the Roundtable of Sustainable Palm Oil (RSPO) label: Are Swiss consumers aware and concerned?. *Food Quality and Preference – Elsevier*, v. 103, 2023.

WOODFIELD, H. K.; HARWOOD, J. L. Oilseed Crops: Linseed, Rapeseed, Soybean, and Sunflower. *In: THOMAS, B.; MURRAY, B. G.; MURPHY, D. J. Encyclopedia of Applied Plant Sciences.* Academic Press, v. 3, p. 34-38, 2017.

ZAMBRANO-MAYORGA, L. F.; RAMÍREZ-NAVAS, J. S.; OCHOA-MARTÍNEZ. Influencia de la formulación en las propiedades termofísicas y parámetros de calidad de un helado de crema de leche. *Revista Dyna*, v. 86, n. 208, p.117–125, 2019. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/496/49660955014/html/>. Acesso em: 10 ago. 2023.

ZHANG, Z.; MA, X.; HUANG, H.; WANG, Y. Shea olein based specialty fats: Preparation, characterization and potential application. *LWT - Food Science and Technology*, v. 86, p. 492-500, 2017. ISSN: 0023-6438.

ZUKER, F. Nestlé compra óleo de palma de empresas envolvidas em violações dos direitos humanos na Amazônia paraense. **O joio e o trigo**, 09 fev. 2022. Disponível em: <https://ojoioetrigo.com.br/2022/02/nestle-compra-oleo-de-palma-de-empresas-envolvidas-em-violacoes-de-direitos-humanos-na-amazonia-paraense/>. Acesso em: 15 dez. 2022.