



**Bernardo Murteira Salgado**

Licenciado em Produção Alimentar em Restauração

**Incorporação de Bebidas Alcoólicas em  
Gelados de Produção Artesanal –  
Avaliação das Propriedades Físicas,  
Químicas e Sensoriais**

Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em  
Tecnologia e Segurança Alimentar

Orientador: Prof. Doutor Fernando José Cebola Lidon, Faculdade de  
Ciências e Tecnologia da Universidade Nova da Lisboa.

Coorientadora: Mestre Maria do Rosário Carvalho Ramalheira,  
Responsável pelo Departamento de Qualidade e  
Segurança Alimentar da Santini S.A.

Júri:

Presidente: Prof.<sup>a</sup> Doutora Ana Lúcia Monteiro Durão Leitão – FCT/UNL

Arguente: Prof.<sup>a</sup> Doutora Maria Paulina Estorninho Neves da Mata – FCT/UNL

Vogais: Prof. Doutor Fernando José Cebola Lidon – FCT/UNL

Mestre Maria do Rosário Carvalho Ramalheira – Santini S.A.



**Bernardo Murteira Salgado**

Licenciado em Produção Alimentar em Restauração

**Incorporação de Bebidas Alcoólicas em  
Gelados de Produção Artesanal – Avaliação  
das Propriedades Físicas, Químicas e  
Sensoriais**

Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em  
Tecnologia e Segurança Alimentar

Orientador: Prof. Doutor Fernando José Cebola Lidon, Faculdade de Ciências e  
Tecnologia da Universidade Nova da Lisboa.

Coorientadora: Mestre Maria do Rosário Carvalho Ramalheira,  
Responsável pelo Departamento de Qualidade e Segurança  
Alimentar da Santini S.A.

Júri:

Presidente: Prof.<sup>a</sup> Doutora Ana Lúcia Monteiro Durão Leitão – FCT/UNL  
Arguente: Prof.<sup>a</sup> Doutora Maria Paulina Estorninho Neves da Mata – FCT/UNL  
Vogais: Prof. Doutor Fernando José Cebola Lidon – FCT/UNL  
Mestre Maria do Rosário Carvalho Ramalheira – Santini S.A.

# **Incorporação de Bebidas Alcoólicas em Gelados de Produção Artesanal – Avaliação das Propriedades Físicas, Químicas e Sensoriais**

© **Bernardo Salgado FCT-UNL**

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostava de expressar o meu reconhecimento e agradecimento a todos os que tornaram possível, direta ou indiretamente a realização deste trabalho.

Em primeiro lugar quero agradecer a disponibilidade e a oportunidade que Eduardo Santini, Martin de Botton, administradores executivos da Santini S.A. e Rosário Ramalheira, responsável pelo Departamento de Qualidade e Segurança Alimentar da Santini S.A., me concederam ao possibilitarem o desenvolvimento deste trabalho nas instalações da empresa. Quero agradecer também a todos os colaboradores da Santini S.A., em especial ao Carlos Arrepia e Diogo Marinho por toda a disponibilidade que demonstraram durante o desenvolvimento do meu trabalho. Quero agradecer ainda à Diana Dias pela apoio e partilha de conhecimentos que permitiu enriquecer o trabalho desenvolvido.

Ao Professor Doutor Fernando Lidon, meu orientador, por ter possibilitado a realização deste trabalho e por toda a disponibilidade demonstrada durante a realização do mesmo.

Ao Doutor José Cochicho Ramalho, do Instituto de Investigação Científica Tropical, I.P. (IICT) por ter disponibilizado e permitido a realização de alguns testes no laboratório do Centro Ambiente, Agricultura e Desenvolvimento (BIOTROP). Queria deixar ainda um agradecimento especial ao Lima Martins.

À D.<sup>a</sup> Teresa Gato, proprietária de um café/restaurante nas instalações da Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) da Universidade Nova de Lisboa (UNL), por ter permitido a realização de provas de análise sensorial no interior do seu estabelecimento e à restante equipa pela disponibilidade e apoio durante esta parte do trabalho.

A todos os alunos, professores, colaboradores e visitantes da FCT que participaram nas provas sensoriais pela sua disponibilidade, interesse e pelos comentários que permitiram enriquecer este trabalho.

À Professora Doutora Maria Madalena Dionísio queria deixar um agradecimento especial pela disponibilidade que demonstrou, apoio que forneceu e pelos conhecimentos que me transmitiu. Sem ela não teria sido possível realizar este trabalho.

Aos meus colegas de curso em especial à Ana Correia, Cláudia Pestana, Inês Pataco e João Granja que me acompanharam ao longo destes dois anos pelo companheirismo, partilha de conhecimentos e amizade. Foi um prazer contar com eles.

Aos meus amigos, em especial ao Nuno Ferreira, pelos materiais de microscopia que disponibilizou e pelas técnicas que partilhou e permitiram a concretização dos ensaios de microscopia.

Por último, e não menos importante, quero agradecer aos meus pais, irmã, avó e restante família que sempre me apoiaram e acreditaram em mim. O vosso apoio foi fundamental e motivante, não só ao longo do presente trabalho, mas principalmente durante todo o mestrado. Obrigado por acreditarem em mim.

Muito obrigado a todos,

Bernardo Murteira Salgado

## RESUMO

Um gelado é um sistema complexo constituído por cristais de gelo, glóbulos de gordura parcialmente coalescida, bolhas de ar e uma matriz aquosa composta por açúcares, proteínas, sais e água. As bebidas alcoólicas são potenciais ingredientes adicionados a este produto de forma a obter sabores distintos, contudo a sua incorporação apresenta limitações devido ao baixo ponto de congelação do etanol.

O objetivo deste trabalho consistiu em testar no contexto de produção artesanal da Santini S.A., a incorporação de whisky num gelado de base de nata. Nesse sentido foram realizados controlos e avaliações químicas, físicas e sensoriais ao longo do tempo de armazenamento de 28 dias.

Os diversos ensaios efetuados englobaram a avaliação da composição química dos gelados; observação das bolhas de ar e cristais de gelo; determinação do perfil térmico; determinação da desestabilização da gordura; determinação do perfil de derretimento; análise sensorial descritiva genérica; e análise sensorial hedónica. A adição de whisky à formulação do gelado teve importantes implicações na estrutura e estabilidade deste, situação que esteve associada a uma diminuição da temperatura de congelação, *onset* de fusão e transições vítreas; diminuição da incorporação de ar e aumento do tamanho médio das bolhas de ar e cristais de gelo; aumento do derretimento total e da taxa de derretimento máximo; redução da desestabilização da gordura. No decurso do estudo foi ainda possível verificar que o teor de álcool diminuiu; aumentou o derretimento total e o tamanho médio dos cristais de gelo e bolhas de ar, tendo ainda ocorrido a redução do número total das mesmas.

No final do estudo foi possível concluir que a adição até 5% de whisky (2% de álcool) à fórmula do gelado permitiu obter um produto estável, do ponto de vista químico, físico e sensorial, com elevada aceitabilidade por parte dos consumidores. A adição de maiores teores de bebida alcoólica requer utilização de estabilizantes e emulsionantes, e de temperatura de fabrico e armazenamento mais baixas, incompatíveis com produção artesanal da Santini S.A..

**Palavras-chave:** Estabilidade; Estrutura; Gelado Artesanal; Incorporação de Whisky; Perfil Térmico.



## **ABSTRACT**

An ice cream is a complex system composed by ice crystals, partially coalesced fat globules, air bubbles and an aqueous matrix consisting of sugars, proteins, salts and water. Alcoholic beverages are potential ingredients added to this product to obtain exquisite flavors, although its incorporation is limited due to the ethanol's low freezing point.

This study tested, in the context of Santini S.A. artisanal production, the incorporation of whisky in a cream based ice cream. The product's chemical, physical and sensory properties were tested over 28 days of storage time. The various tests performed included the determination of the chemical composition of the ice cream; observation of air bubbles and ice crystals, determination of the thermal profile, fat destabilization, melting profile, generic descriptive sensory analysis, and hedonic sensory analysis. The whisky incorporation in ice cream had important implications in its structure and stability, manifested by a decrease of the freezing temperature; onset of melting and glass transitions; reduction of incorporated air and increase of the average size of the air bubbles and ice crystals; an increase of the overall meltdown and maximum meltdown rate; and reduction of fat destabilization. During the study, the alcohol content decreased, the overall meltdown and the average size of the ice crystals and air bubbles increased and the number of air bubbles decreased.

The study concluded that the addition of up to 5% of whisky (2 % alcohol) to the ice cream formula resulted in a chemically, physically and sensory stable product, with high acceptability by consumers. The addition of higher amounts of alcohol beverages depends on the incorporation of stabilizers and emulsifiers, as well as lower manufacturing and storage temperature, incompatible with Santini S.A.'s artisan production.

**Key words:** Artisan Ice Cream; Stability; Structure; Thermal Profile; Whisky Incorporation.



# ÍNDICE DE MATÉRIAS

AGRADECIMENTOS .....	i
RESUMO .....	iii
ABSTRACT .....	v
ÍNDICE DE MATÉRIAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE TABELAS .....	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xvii
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 O Gelado .....	1
1.1.1 Componentes Estruturais .....	3
1.1.2 Desenvolvimento da Estrutura .....	7
1.1.3 Estabilidade Estrutural e Tempo de Prateleira .....	9
1.1.4 Avaliação da Estrutura .....	12
1.2 Bebidas Alcoólicas e a sua Incorporação nos Gelados .....	18
1.3 Gelataria Artesanal.....	20
1.4 Gelataria Santini – História e Produção .....	21
1.4.1 O Gelado Santini e Processo Produtivo.....	22
1.5 Plano de Trabalho e Objetivos .....	25
2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL .....	27
2.1 Preparação do Gelado e Variações na Fórmula.....	27
2.2 Caracterização da Composição do Gelado .....	28
2.2.1 Determinação do Overrun e Desestabilização da Gordura .....	28
2.3 Caracterização Avançada do Gelado .....	29
2.3.1 Teste do Derretimento.....	29
2.3.2 Microscopia Ótica.....	30
2.3.3 Calorimetria Diferencial de Varrimento.....	32
2.4 Caracterização Sensorial do Gelado .....	33
2.4.1 Análise Sensorial Descritiva .....	33

2.4.2 <i>Análise Sensorial Hedonista</i> .....	33
2.5 <i>Análise Estatística</i> .....	34
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	35
3.1 <i>Produção dos Gelados</i> .....	35
3.2 <i>Caracterização da Composição do Gelado</i> .....	35
3.2.1 <i>Composição Química dos Gelados</i> .....	35
3.2.2 <i>Determinação do Overrun</i> .....	37
3.2.3 <i>Determinação do Índice de Desestabilização da Gordura</i> .....	38
3.3 <i>Caracterização Avançada do Gelado</i> .....	41
3.3.1 <i>Perfil de Derretimento</i> .....	41
3.3.2 <i>Microscopia Ótica</i> .....	43
3.3.3 <i>Calorimetria Diferencial de Varrimento</i> .....	48
3.4 <i>Caracterização Sensorial do Gelado</i> .....	55
3.4.1 <i>Análise Sensorial Descritiva</i> .....	56
3.4.2 <i>Análise Sensorial Hedonista</i> .....	59
4. CONCLUSÃO.....	63
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
6. ANEXOS.....	69
Anexo 1 – <i>Descritores da Análise Sensorial Descritiva Genérica</i> .....	69
Anexo 2 - <i>Folha de Prova da Análise Sensorial Descritiva</i> .....	70
Anexo 3 - <i>Folha de Prova da Análise Sensorial Hedónica</i> .....	71
Anexo 4 – <i>Teste do Derretimento</i> .....	73
Anexo 5 – <i>Bolhas de Ar</i> .....	75
Anexo 6 – <i>Cristais de Gelo</i> .....	78
Anexo 7 – <i>Correlações</i> .....	79
Anexo 8 – <i>Termogramas</i> .....	80
Anexo 9 – <i>DSC</i> .....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Termograma da sacarose obtido por DSC que apresenta ilustrados o pico exotérmico de cristalização (A), pico endotérmico de fusão (B) e a temperatura de transição vítrea (C) adaptado de Clas <i>et al.</i> (1999). .....	15
Figura 1.2 – Identificação da temperatura de transição vítrea com representação do <i>Onset</i> , <i>Midpoint</i> e <i>Endpoint</i> a partir de um termograma obtido por DSC. Adaptado de Clas <i>et al.</i> (1999).....	15
Figura 1.3 - Representação do fluxograma do processo de produção do gelado de base de nata Santini. Adaptado de Santini SA (2013a).....	24
Figura 2.1 – Estrutura concebida para determinar o perfil de derretimento do gelado. Composta por uma rede metálica com pequenos furos e dois apoios em madeira. ....	30
Figura 2.2 – Observação de um quadrado de 1 mm <sup>2</sup> de papel milimétrico ampliado 40x, para estabelecimento da escala. ....	30
Figura 2.3 – Observação de 40x de uma amostra de gelado com representação de um quadrado de área = 1 mm <sup>2</sup> para contagem de bolhas de ar.....	31
Figura 2.4 – Exemplo de uma observação de 40x de uma amostra de gelado preparada de modo a permitir a observação dos cristais de gelo. ....	32
Figura 3.1 – Variação do <i>overrun</i> (%) nos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4. As letras (a - d) representam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre amostras pelo teste de Tukey. Cada barra representa a média de 3 repetições e as barras de erro representam o EP. ....	38
Figura 3.2 – Índice de Desestabilização da Gordura (%) nos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4 determinado por espectrofotometria através de variação da turbidez. Cada barra representa a média de três repetições e as barras de erro representam o EP. As letras (a - d) representam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre amostras pelo teste de Tukey. ....	39
Figura 3.3 – Regressão polinomial de 3.º grau do Índice de Desestabilização da Gordura (%) em função do Teor de Whisky (%) com indicação da equação da regressão e coeficiente de determinação ( $R^2$ ). ....	40
Figura 3.4 – Tamanho médio dos cristais de gelo ( $\mu\text{m}$ ) dos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4 em função do teor de whisky (%) adicionado à sua fórmula nos dias 14 e 28 após a produção. Encontram-se representadas as equações das retas e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) das regressões lineares dos dias 14 e 28. Os pontos representados referem-se á média de três repetições e as barras de erro referem-se ao EP.....	47
Figura 3.5 – Termograma do perfil de cristalização dos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4. ....	49

Figura 3.6 – Termograma de água pura obtido por DSC com observação dos picos de cristalização e de fusão. ....	49
Figura 3.7 – Termograma do perfil de fusão dos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4.....	50
Figura 3.8 – Taxa de variação das Transições Vítreas (°C) (A – $T_g$ e B – $T_m$ ) em função do teor de whisky (%) com indicação das equações das retas referentes ao <i>Midpoint</i> de cada transição. As temperaturas dos parâmetros <i>Onset</i> , <i>Midpoint</i> e <i>Endpoint</i> referem-se à média de três repetições e as barras de erros representam o EP.....	53
Figura 3.9 – Taxa de variação da fusão em função do teor de whisky (%) com indicação da equação das retas referentes ao <i>Onset</i> e ao pico Mínimo de fusão. As temperaturas dos parâmetros <i>Onset</i> e pico Mínimo referem-se à média de três repetições e as barras de erros referem-se ao erro padrão. ....	53
Figura 3.10 – Projeção das amostras de gelado GC, NW1, NW2, NW3 e NW4 sobre o plano CP1xCP2 definido pelas duas componentes principais resultantes das avaliações realizadas aos gelados nos dias 1, 14 e 28 após a produção. Os testes incluídos são: <i>overrun</i> , IDG, taxa de derretimento máximo, gelado derretido total, tamanho médio das bolhas de ar e respetiva distribuição ( $1 \text{ mm}^2$ ), tamanho médio dos cristais de gelo e perfil térmico. ....	54
Figura 3.11 – Dendograma relativo às avaliações realizadas às propriedades físicas e perfil térmico dos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4, com base nas distâncias euclidianas.....	55
Figura 3.12 – Projeção das amostras de gelado GC, NW1 e NW2 sobre o plano CP1xCP2 definido pelas duas componentes principais resultantes da análise sensorial descritiva genérica realizada nos dias 1, 14 e 28 após a produção dos gelados. ....	58
Figura 3.13 – Dendograma da análise sensorial descritiva genérica realizada aos gelados GC, NW1 e NW2, com base nas distâncias euclidianas. ....	58
Figura 3.14 – Perceção de sabor a álcool (%) pelo painel hedonista ( $n = 70$ ) nos dias 1, 14 e 28 de provas. As opções de resposta incluem a deteção do álcool em “ambos os gelados”, “apenas no NW2”, “apenas no NW1” e “nenhum”.....	60
Figura 6.1 – Folha de Prova de Análise Sensorial Descritiva Genérica. ....	70
Figura 6.2 – Folha de Prova de Análise Sensorial Hedónica. ....	72
Figura 6.3 – Taxa de Derretimento (%/minuto) dos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4. Cada gráfico encontra-se identificado com a abreviatura referente a cada gelado. ....	74
Figura 6.4 – Observações microscópicas (40x) dos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4 nos dias 1, 14 e 28 após a produção, com observação das bolhas de ar. As imagens são representativas dos gelados indicados, no entanto, naturalmente, não constituem na totalidade os dados analisados. ....	76

Figura 6.5 – Distribuição de tamanhos das bolhas de ar nos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4 nos dias 1, 14 e 28 após a sua produção. Cada gráfico encontra-se identificado com a abreviatura do gelado a que se refere.....	77
Figura 6.6 – Distribuição de tamanhos dos cristais de gelo nos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4 nos dias 14 e 28 após a sua produção. Cada gráfico encontra-se identificado com a abreviatura do gelado a que se refere. ....	78
Figura 6.7 – Termograma representativo do GC. A - Ciclo Completo; B - Cristalização; C - Fusão e D - Transições Vítreas.....	80
Figura 6.8 – Termograma representativo do gelado NW1. A - Ciclo Completo; B - Cristalização; C – Fusão e D – Transições Vítreas. ....	81
Figura 6.9 – Termograma representativo do gelado NW2. A - Ciclo Completo; B - Cristalização; C – Fusão e D – Transições Vítreas. ....	82
Figura 6.10 – Termograma representativo do gelado NW3. A - Ciclo Completo; B - Cristalização; C – Fusão e D – Transições Vítreas.....	83
Figura 6.11 – Termograma representativo do gelado NW4. A - Ciclo Completo; B - Cristalização; C – Fusão e D – Transições Vítreas.....	84



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1 – Classificação dos gelados em função dos atributos gordura, sólidos totais, <i>overrun</i> e custo, adaptado de Goff e Hartel (2013a). .....	3
Tabela 2.1 – Descrição do teor de whisky adicionado a cada gelado e o respetivo teor de álcool estimado. ....	27
Tabela 3.1 – Tempo (minutos) e temperatura (°C) utilizada para a realização da operação de congelação dinâmica nos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4.....	35
Tabela 3.2 – Composição (%) dos gelados em estudo no dia 1 e 28 após a produção. A composição foi avaliada quanto ao teor em humidade, proteínas, matéria gorda, açúcares totais e álcool. Os dados foram fornecidos pela Santini S.A. e encontram-se sobre a forma de valores médios. As letras (r - s) em cada parâmetro revelam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre os dias 1 e 28. ....	36
Tabela 3.3 – Composição em sólidos solúveis totais (°Brix) dos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4 no dia 1 e no dia 28 após a produção. As letras diferentes (a – c) em cada coluna representam diferenças significativas entre gelados ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey e as letras diferentes (r – s) em cada linha representam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) do dia 1 para o dia 28 em cada gelado pelo mesmo teste. Os valores apresentados representam a média de três repetições $\pm$ EP. ....	37
Tabela 3.4 – Taxa de Derretimento Máximo (%/minuto) do GC e dos gelados NW1, NW2, NW3 e NW4 ao longo do tempo. As letras (a – d) em cada coluna representam diferenças significativas entre gelados ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey e as letras (r – s) em cada linha representam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) para o mesmo gelado ao longo do tempo pelo mesmo teste. Os valores apresentados representam a média de três repetições $\pm$ EP. ....	41
Tabela 3.5 – Gelado Derretido Total (%) ao fim dos 90 minutos do teste do derretimento dos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4 nos dias 1, 14 e 28 após a produção. As letras (a – d) em cada coluna representam diferenças significativas entre gelados ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey e as letras (r – s) em cada linha representam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) para o mesmo gelado ao longo do tempo, pelo mesmo teste. Os valores apresentados representam a média de três repetições $\pm$ EP. ....	42
Tabela 3.6 – Tamanho médio das bolhas de ar ( $\mu\text{m}$ ) dos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4 nos dias 1, 14 e 28 após a produção. As letras (a – d) em cada coluna representam diferenças significativas entre gelados ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey e as letras (r – t) em cada linha representam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) para o mesmo gelado ao longo do tempo, pelo mesmo teste. Os valores apresentados referem-se á média de três repetições $\pm$ EP. ....	43

Tabela 3.7 - Número médio das bolhas de ar por 1 mm <sup>2</sup> dos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4 nos dias 1, 14 e 28 após a produção. As letras (a – b) em cada coluna representam diferenças significativas entre gelados ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey assim como as letras (r – s) em cada linha representam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) para o mesmo gelado ao longo do tempo, pelo mesmo teste. Os valores apresentados referem-se á média de três repetições $\pm$ EP.....	44
Tabela 3.8 – Tamanho médio dos cristais de gelo ( $\mu\text{m}$ ) dos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4 nos dias 14 e 28 após a produção. As letras (a – d) em cada coluna representam diferenças significativas entre gelados ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey e as letras diferentes (r – s) em cada linha representam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) para o mesmo gelado ao longo do tempo, pelo mesmo teste. Os valores apresentados referem-se á média de três repetições $\pm$ EP.....	46
Tabela 3.9 – Perfil da cristalização e fusão dos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4, através da determinação do <i>onset</i> ( $^{\circ}\text{C}$ ), máximo/mínimo ( $^{\circ}\text{C}$ ) e da entalpia (J/g). As letras (a – b) em cada coluna representam diferenças significativas entre gelados ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Os valores apresentados representam a média de três repetições $\pm$ EP. ....	48
Tabela 3.10 – Temperaturas de transição vítrea dos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4, observadas através do <i>Onset</i> ( $^{\circ}\text{C}$ ), <i>Midpoint</i> ( $^{\circ}\text{C}$ ) e <i>Endpoint</i> ( $^{\circ}\text{C}$ ), e $\Delta\text{CP}$ (J/(g. $^{\circ}\text{C}$ )) da $T_g$ e $T_m$ . As letras (a – e) em cada coluna representam diferenças significativas entre gelados ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Os valores representados representam a soma de três repetições $\pm$ EP. ....	51
Tabela 3.11 – Resultados da Avaliação Sensorial Descritiva Genérica realizada por um painel de especialista ( $n = 6$ ) ao longo de 28 dias onde foram avaliados os atributos aparência, aroma, sabor e textura (na boca). Os resultados mostram a média de seis avaliações $\pm$ DP. As letras (a - c) em cada coluna e (r - s) em cada linha representam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey. ....	57
Tabela 3.12 – Resultados do teste de aceitabilidade da avaliação sensorial hedonista realizada por um painel de especialista ( $n = 70$ ) nos dias 1, 14 e 28 onde foram avaliados os atributos sabor e textura (na boca). Os resultados mostram a média de 70 avaliações $\pm$ DP. As letras diferentes (a - b) em cada coluna e (r - s) em cada linha representam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey. ....	59
Tabela 3.13 – Resultados do teste de preferência da avaliação sensorial hedonista realizada por um painel de especialista ( $n = 70$ ) nos dias 1, 14 e 28 onde foi avaliada a preferência (%) e intenção de compra dos consumidores (%). ....	60
Tabela 6.1 – Lista e descrição dos descritores utilizados na análise sensorial descritiva genérica realizada pelo painel de especialistas, em função dos atributos: aparência, aroma, sabor e textura na boca.....	69

Tabela 6.2 – Taxa de Derretimento (%/10 minutos) obtida através do teste de derretimento. Os resultados referem-se aos cinco gelados em estudo nos dias 1, 14 e 28 após a produção. Os resultados representam a média de três repetições ± EP.....	73
Tabela 6.3 – Correlações lineares de Pearson entre os vários testes o Teor de Whisky, Ponto de Congelação, <i>Onset</i> da Fusão, Sólidos Solúveis Totais nos dias 1 e 28, <i>Overrun</i> , IDG, Taxa de Derretimento Máximo no dia 1, Gelado Derretido Total no dia 1, Tamanho Médio das Bolhas de Ar nos dias 1, 14 e 28, Número de Bolhas de Ar por 1 mm <sup>2</sup> nos dias 1, 14 e 28, e Tamanho Médio dos Cristais de Gelo nos dias 14 e 28.....	79
Tabela 6.4 – Determinação do perfil térmico do Gelado Controlo por leitura de três termogramas compostos por dois ciclos cada. Na análise aos termogramas foram avaliados a cristalização, fusão e transições vítreas. Os dados obtidos foram utilizados na determinação do valor médio e do EP. ....	85
Tabela 6.5 – Determinação do perfil térmico do Gelado NW1 por leitura de três termogramas compostos por dois ciclos cada. Na análise aos termogramas foram avaliados a cristalização, fusão e transições vítreas. Os dados obtidos foram utilizados na determinação do valor médio e do EP. ....	86
Tabela 6.6 – Determinação do perfil térmico do Gelado NW2 por leitura de três termogramas compostos por dois ciclos cada. Na análise aos termogramas foram avaliados a cristalização, fusão e transições vítreas. Os dados obtidos foram utilizados na determinação do valor médio e do EP. ....	87
Tabela 6.7 – Determinação do perfil térmico do Gelado NW3 por leitura de três termogramas compostos por dois ciclos cada. Na análise aos termogramas foram avaliados a cristalização, fusão e transições vítreas. Os dados obtidos foram utilizados na determinação do valor médio e do EP. ....	88
Tabela 6.8 – Determinação do perfil térmico do Gelado NW4 por leitura de três termogramas compostos por dois ciclos cada. Na análise aos termogramas foram avaliados a cristalização, fusão e transições vítreas. Os dados obtidos foram utilizados na determinação do valor médio e do EP. ....	89



## LISTA DE ABREVIATURAS

ACP – Análise de Componentes Principais  
Alc. – Álcool  
ANOVA – Análise de Variância  
BAD – Número de Bolhas de Ar por Unidade de Área  
BATM – Tamanho Médio das Bolhas de Ar  
CE – Comunidade Europeia  
CEE – Comunidade Económica Europeia  
CGTM – Tamanho Médio dos Cristais de Gelo  
CP1 – Componente Principal 1  
CP2 – Componente Principal 2  
DP – Desvio Padrão  
DSC – Calorimetria Diferencial de Varrimento  
EP – Erro Padrão  
GC – Gelado Controlo  
GDT – Gelado Derretido Total  
IDG – Índice de Desestabilização da Gordura  
NP – Norma Portuguesa  
NW1 – Gelado de Base de Nata com 2,5% de Whisky Adicionado  
NW2 – Gelado de Base de Nata com 5% de Whisky Adicionado  
NW3 – Gelado de Base de Nata com 7,5% de Whisky Adicionado  
NW4 – Gelado de Base de Nata com 10% de Whisky Adicionado  
OnsFus – *Onset* da Fusão  
OVRN – *Overrun*  
PCg – Ponto de Congelação  
SST – Sólidos Solúveis Totais  
TDM – Taxa de Derretimento Máximo  
 $T_g$  – Temperatura de Transição Vítreá  
 $T_m$  – Temperatura de Transição Vítreá Mecânica  
UE – União Europeia  
Vol. – Volume



## 1. INTRODUÇÃO

O gelado é um sistema complexo constituído por vários ingredientes que garantem o desenvolvimento de uma estrutura complexa quando misturados e submetidos a uma operação de congelação. Os gelados são produtos bastante atrativos para os consumidores, especialmente devido aos sabores doces e frescos, e às texturas suaves e cremosas. Estes produtos permitem a combinação de inúmeros ingredientes, fazendo do comércio de gelados um mercado com um enorme potencial de crescimento. Uma fórmula bem equilibrada, além de formar um gelado estável estruturalmente e apelativo visualmente, garante propriedades sensoriais únicas. A aposta contínua na inovação neste mercado passa pela busca de novos sabores e texturas de modo a captar novos clientes e a fidelizar os habituais.

A evolução da tecnologia de produção e o aparecimento de novas tendências de consumo, nomeadamente ligadas a uma maior preocupação dos consumidores com a saúde e bem-estar ou à procura por novos sabores, têm servido de premissa para o desenvolvimento de novos produtos. Nos últimos anos têm sido desenvolvidos gelados funcionais, com a adição de antioxidantes, gelados próbióticos, com a adição de bactérias próbióticas (Soukulis *et al.*, 2010), gelados adequados para pessoas com intolerâncias e alergias alimentares ou gelados *light* (Buyck *et al.*, 2011).

Numa perspetiva de desenvolver gelados, com novos e mais complexos sabores, surge a ideia da incorporação de bebidas alcoólicas à sua formulação. Na literatura da especialidade, as bebidas alcoólicas são frequentemente mencionadas como intensificadoras de sabor, no entanto, não são conhecidos estudos em que seja avaliado o impacte da adição deste tipo de bebidas aos gelados, nomeadamente na sua estrutura e estabilidade.

A adição de bebidas alcoólicas apresenta como vantagem principal a possibilidade de criação de novos gelados, eventualmente, com sabores mais complexos e requintados. Outra vantagem inclui a possibilidade de captar um novo segmento de clientes, os apreciadores de bebidas alcoólicas. Estes consumidores podem ser captados através do desenvolvimento de uma gama de sabores de gelados alcoólicos.

As principais limitações da adição deste tipo de bebidas à fórmula de gelados estão relacionadas com o ponto de fusão do etanol, presente nas bebidas alcoólicas, que por ser demasiado baixo pode, dependendo da quantidade adicionada, afetar a estabilidade e estrutura do gelado.

### 1.1 O Gelado

Um gelado, do ponto de vista físico-químico, caracteriza-se como uma dispersão coloidal complexa composta por três tipos de dispersões (Clarke, 2004a). Uma dispersão coloidal consiste na dispersão de pequenas partículas sólidas, líquidas ou gasosas numa fase

contínua, ou fase dispersante. As três dispersões que compõem um gelado são a emulsão, a sol<sup>1</sup> e a espuma líquida.

As emulsões que constituem os gelados são emulsões de gordura láctea dispersa em água e podem ser definidas como sistemas compostos por três partes: uma fase de gordura hidrófoba, uma fase aquosa e o material intersticial que liga as duas fases (Dalglish, 2006).

Uma emulsão forma-se ao misturar vigorosamente gordura com a água, fazendo com que a gordura fique dispersa na água sob a forma de pequenos glóbulos. Quanto mais pequenos estes glóbulos maior a área intersticial. Esta área é suscetível à redução através da coalescência, ou junção, dos pequenos glóbulos que, devido à instabilidade intrínseca das emulsões, dão origem a glóbulos de maiores dimensões (Clarke, 2004a).

A estabilização das emulsões pode ocorrer através de moléculas tensoativas como as caseínas do leite ou através da adição de emulsionantes, que previnem ou atrasam a separação da gordura da água. Isto é possível devido ao facto de estas moléculas apresentarem um lado hidrofóbico que se liga aos glóbulos de gordura e um lado hidrófilo que se liga à água.

Outra das dispersões que constitui um gelado é a sol e refere-se à presença de cristais de gelo dispersos na fase aquosa contínua - fase dispersante (Clarke, 2004a).

A espuma líquida é a terceira dispersão constituinte dos gelados e refere-se à incorporação de ar no gelado. Esta fase é propícia a desestabilização através de vários mecanismos, desenvolvidos mais à frente neste trabalho, e pode levar à coalescência de toda a fase gasosa.

Um gelado é normalmente descrito como um género alimentício congelado, constituído por cristais de gelo, bolhas de ar e por glóbulos e agregados de gordura parcialmente coalescida. Estes constituintes encontram-se rodeados por uma matriz aquosa constituída por açúcares, proteínas, sais e água (Goff, 2002).

De acordo com a NP 3293 (2008), um gelado é um “género alimentício obtido por congelação, e mantido nesse estado até ao momento de ser ingerido pelo consumidor, em cuja composição podem entrar todos os ingredientes alimentares, bem como os aditivos previstos pela legislação em vigor”. Os gelados de acordo com a mesma norma são classificados de acordo com os ingredientes que os compõem e as suas respetivas proporções. Um produto com a denominação de venda de “gelado” refere-se a uma “emulsão tipicamente composta por água e, ou, leite, gorduras alimentares, proteínas e açúcares”. A classificação de “gelado de nata”, mais importante no contexto do presente trabalho, contempla “pelo menos 5% de gordura láctea com exclusão das gorduras e, ou, proteínas que não sejam lácteas”.

O armazenamento e conservação de gelados alimentares devem ser feitos, de acordo com a norma supracitada, em câmaras frigoríficas que devem garantir uma temperatura no interior dos gelados “igual ou inferior a -18°C e nunca superior a -15°C”.

---

<sup>1</sup> Dispersão composta por uma fase dispersante líquida e uma fase dispersa sólida.

A mistura-base de um gelado refere-se ao conjunto de ingredientes utilizados para fornecer os constituintes base da estrutura do gelado, à exceção do ar que é introduzido durante a sua produção propriamente dita.

A composição dos gelados pode variar de acordo com os objetivos e preocupações de cada empresa, e a variação na percentagem dos constituintes base do gelado pode resultar num produto com uma qualidade bastante diferente. Na tabela 1.1 é possível verificar como a variação de alguns dos seus constituintes influenciam o tipo de gelado e o custo a ele associado. Estas variações afetam também a estrutura do gelado, assim como os seus atributos organoléticos.

**Tabela 1.1 – Classificação dos gelados em função dos atributos gordura, sólidos totais, overrun e custo, adaptado de Goff e Hartel (2013a).**

<b>Atributo</b>	<b>Económico</b>	<b>Standard</b>	<b>Premium</b>	<b>Super Premium</b>
<b>Gordura</b>	8-10%	10-12%	12-15%	15-18%
<b>Sólidos Totais</b>	35-36%	36-38%	38-40%	>40%
<b>Overrun</b>	Máximo legal	100-120%	60-90%	25-50%
<b>Custo</b>	Baixo	Médio	Médio-alto	Alto

### **1.1.1 Componentes Estruturais**

Um gelado é, como referido anteriormente, constituído por quatro componentes principais: gelo, ar, gordura e uma matriz aquosa. A estrutura e propriedades do gelado são definidas através de um adequado equilíbrio destes componentes. As etapas a que a mistura-base do gelado é sujeita ao longo do processo de produção são igualmente fundamentais no desenvolvimento de uma estrutura estável do mesmo. Estas são desenvolvidas mais à frente neste trabalho.

No que diz respeito aos componentes principais, todos estes desempenham funções importantes na estrutura e estabilidade do gelado. A descrição individual de cada um destes componentes é feita de seguida.

#### **Matriz Aquosa**

A matriz aquosa é uma solução composta por água não congelada e por todos os componentes dissolvidos como os açúcares, minerais, proteínas e eventualmente alguns estabilizantes adicionados à base do gelado que, ao serem somados, se designam por sólidos solúveis totais.

Aquando da produção do gelado, à medida que a temperatura no interior da máquina congeladora, também conhecida por produtora de gelado, vai baixando, a água é progressivamente transformada em gelo reduzindo a sua disponibilidade no estado líquido na matriz aquosa. Isto faz com que a matriz aquosa se torne concentrada nos sólidos dissolvidos como os açúcares e sais. A este fenómeno dá-se o nome de concentração de congelação (Goff

e Hartel, 2013d). Este aumento de concentração reflete-se no aumento da viscosidade da matriz aquosa e no abaixamento do ponto de congelação do gelado<sup>2</sup> (Goff e Hartel, 2013d).

Quando a concentração dos componentes dissolvidos na matriz aquosa aumenta até um ponto onde apenas 18 a 20% da água original permanece no estado líquido, o ponto de congelação atinge uma temperatura à qual não é possível formar mais gelo devido a limitações de mobilidade molecular. Este ponto é normalmente denominado por temperatura de transição vítrea à máxima concentração de congelação ( $T_g$ ). São normalmente identificadas duas transições vítreas sendo que a primeira ocorre a aproximadamente  $-40^{\circ}\text{C}$  e a segunda a cerca de  $-32^{\circ}\text{C}$  (Goff *et al.*, 1993). De acordo com Goff e Hartel (2013d), à transição que ocorre a temperaturas mais negativas dá-se o nome de temperatura de transição vítrea ( $T_g$ ), e à transição que ocorre a temperaturas mais elevadas dá-se o nome de temperatura de transição vítrea mecânica ( $T_m$ ) (Soukulis *et al.*, 2009). A  $T_g$  representa a temperatura à qual a forma vítrea é atingida, ou seja, a esta temperatura ocorre uma mudança na matriz aquosa que passa de um líquido viscoelástico a um sólido amorfo devido ao aumento de viscosidade (Goff *et al.*, 1993). Já a  $T_m$  representa a temperatura à qual a mobilidade molecular é suspensa e não permite o fluxo de moléculas e é, por isso, considerada mais importante para os produtores de gelados, uma vez que abaixo dessa temperatura, devido à viscosidade, o produto encontra-se estável e a sua qualidade não se deteriora, mas acima dessa temperatura o tempo de prateleira do produto reduz-se devido à propagação das moléculas e ao crescimento dos cristais de gelo (Roos, 2010).

Os estabilizantes, quando utilizados, encontram-se dispersos na matriz aquosa e têm como principal função o aumento da viscosidade da matriz. No entanto existem outros efeitos associados como a redução da taxa de derretimento, o mascarar da perceção dos cristais de gelo e o abrandamento da recristalização dos cristais de gelo (Clarke, 2004b).

### **Cristais de Gelo**

Os cristais de gelo são fundamentais na estrutura de um gelado, são eles os principais responsáveis pela textura suave dos gelados e pela sensação de frescura na boca ao comer, mas são também responsáveis pela degradação da qualidade dos gelados ao longo do tempo e, por isso, limitam o tempo de prateleira do produto. A dimensão dos cristais de gelo é o principal parâmetro de análise dos cristais de gelo. O seu controlo é fundamental na obtenção de um produto estável e com qualidade ao longo do tempo (Aleong *et al.*, 2008).

A formação dos cristais de gelo ocorre na operação de congelação dinâmica, que se realiza nas produtoras de gelados. A mistura-base ao entrar em contacto com a parede do cilindro da produtora de gelados é rapidamente arrefecida pelo refrigerante, formando uma camada de gelo. Esta camada é então removida pela lâmina de raspagem e misturada com a restante mistura que se encontra a temperaturas mais elevadas. Ao ser incorporado na mistura o gelo derrete levando ao abaixamento da temperatura da mistura-base (Clarke, 2003). Devido

---

<sup>2</sup> Temperatura à qual uma mistura-base de gelado transita para o estado sólido, dando origem a um gelado.

à ação da lâmina de raspagem este processo é repetido até que a temperatura do gelado favoreça a sobrevivência dos pequenos núcleos de gelo que se vão formando na parede do tambor (Cook e Hartel, 2010), processo ao qual se dá o nome de nucleação. Estes pequenos núcleos com o decorrer do processo de congelação dinâmica aumentam de tamanho e formam cristais de gelo.

Ao sair da produtora, os gelados têm já a quantidade de cristais de gelo definida e continuam a crescer até a quantidade de gelo estar em equilíbrio com a temperatura do gelado, apresentando normalmente um tamanho médio que varia entre os 15  $\mu\text{m}$  e os 30  $\mu\text{m}$  (Goff e Hartel, 2013d). Assim, esta operação deve ser controlada, nomeadamente no tempo que o gelado permanece na produtora e na temperatura a que é realizada a operação, de modo a favorecer a formação do maior número de núcleos de gelo e minimizar o crescimento dos cristais. Os gelados com cristais de gelo de pequenas dimensões garantem texturas mais suaves e uma maior estabilidade durante o armazenamento, distribuição e comercialização (Goff e Hartel, 2013d).

Numa produção industrial, após a operação de congelação dinâmica, o gelado parcialmente congelado é submetido a uma congelação estática de modo a estabilizá-lo. No fim desta operação o tamanho médio dos cristais de gelo aumenta até aproximadamente 40  $\mu\text{m}$  (Caillet *et al.*, 2003). Um gelado é normalmente definido como suave quando a maior parte dos seus cristais de gelo apresentam um tamanho inferior a 55  $\mu\text{m}$ , se o seu tamanho médio for muito superior a essa dimensão, o gelado poderá apresentar uma textura granizada indesejável (Buyck *et al.*, 2011).

## **Gordura**

A presença de gordura num gelado garante um sabor e textura agradáveis e é responsável por dar corpo ao produto, sendo por isso um importante indicador da qualidade, como é possível verificar na tabela 1.1. Outras funções desempenhadas pela gordura no gelado incluem a estabilização das bolhas de ar, a incorporação de sabores e aromas não solúveis em água, aumentar a viscosidade da matriz aquosa bem como controlar a taxa de derretimento (Clarke, 2004b). A gordura, apesar da sua importância para a qualidade do gelado, não deve ser adicionada em excesso, uma vez que aumentaria o valor calórico e os custos do mesmo.

A gordura utilizada na produção de gelados é normalmente proveniente do leite. Esta gordura contribui significativamente para um aroma rico bem como para uma textura lisa e cremosa. Esse aroma característico é proveniente dos ácidos gordos voláteis de cadeia curta que fazem parte dos triglicéridos da gordura proveniente do leite, em particular o ácido butírico (Goff e Hartel, 2013d).

A gordura, ao longo do processo de produção, passa por um complexo processo a que se dá o nome de desestabilização da gordura. Este processo consiste na coalescência parcial da gordura que ocorre devido às colisões dos glóbulos de gordura provocadas pelas forças de cisalhamento no interior da produtora de gelados. A coalescência parcial dos glóbulos de

gordura é possível por estes se encontrarem parcialmente no estado cristalino o que permite manter a integridade esférica dos glóbulos e limitar a extensão da coalescência total (Pawar *et al.*, 2012).

Quando a mistura-base de gelado chega à operação de congelação dinâmica, referida anteriormente, os cristais de gelo formam-se gradualmente fazendo aumentar a viscosidade e, conseqüentemente, também as forças de cisalhamento no interior do tambor da máquina congeladora (Goff e Jordan, 1989). Estas condições favorecem a desestabilização da emulsão levando à formação de aglomerados de glóbulos de gordura parcialmente coalescidos (Goff e Hartel, 2013d). Estes aglomerados migram para o interface das bolhas de ar, incorporadas nesta operação, e garantem estrutura à fase da matriz aquosa à medida que ajudam a estabilizar as bolhas de ar. Outras funções associadas a estes aglomerados incluem a retenção de forma do gelado no derretimento, a redução da taxa de derretimento, a aparência seca e a cremosidade no consumo (Méndez-Velasco e Goff, 2012a).

Uma vez criada a rede de gordura durante a etapa de congelação, esta estrutura mantém-se estável durante o seu armazenamento (Goff e Hartel, 2013d). Geralmente uma fraca desestabilização da gordura leva a uma fraca retenção de forma e a um derretimento rápido, no entanto há inúmeros outros fatores estruturais que afetam a taxa de derretimento, pelo que nem sempre se pode apontar a fraca desestabilização da gordura como causa para um derretimento rápido. Quando a desestabilização ocorre em excesso pode levar à formação indesejável de grânulos de manteiga visíveis no gelado (Adleman e Hartel, 2001).

A desestabilização da gordura na produção de um gelado é de aproximadamente 30% sendo este valor bastante variável e dependente de muitos fatores, nomeadamente da presença de emulsionantes (Clarke, 2004b). Em gelados sem a adição de emulsionantes a desestabilização da gordura pode variar entre 6-20% (Goff e Jordan, 1989), dependendo do tempo da operação de congelação dinâmica. Isto ocorre porque na ausência de emulsionantes as proteínas presentes na mistura-base do gelado formam uma fina camada de proteínas adsorvidas que impede que as gotículas de gordura se aproximem e ocorra a coalescência parcial (Segall e Goff, 2002).

Os emulsionantes potenciam a desestabilização da gordura. Estes, durante a fase de repouso, por serem termodinamicamente melhores surfactantes, substituem parcialmente as proteínas no interface formando uma membrana mais fina e frágil nos glóbulos de gordura, o que provoca uma redução da tensão intersticial. Esta redução leva à redução da estabilidade dos glóbulos de gordura e torna-os mais propensos à coalescência parcial durante a operação de congelação dinâmica (Adleman e Hartel, 2001).

Além dos emulsionantes, há outros fatores que afetam a extensão da desestabilização da gordura, nomeadamente a quantidade de gordura total, a distribuição de tamanhos dos glóbulos de gordura (controlados na homogeneização), o teor de gordura parcialmente cristalizada da mistura-base à entrada para a operação de congelação dinâmica (controlada durante o repouso), o tipo de proteínas presentes no interface da gordura, o tempo de batadura

na produtora de gelados bem como as forças de cisalhamento geradas por esta (Goff e Hartel, 2013d).

### **Bolhas de Ar**

O ar é outro dos principais componentes dos gelados e encontra-se na forma de bolhas microscópicas com um tamanho médio que varia normalmente entre 20 e 40  $\mu\text{m}$ , podendo algumas atingir mais de 100  $\mu\text{m}$  (Goff e Hartel, 2013d).

O ar no gelado desempenha inúmeras funções quer nas propriedades físicas, como nas propriedades organoléticas. A nível organolético, o ar garante ao produto uma textura lisa e suave. Por outro lado, nas propriedades físicas, afeta o derretimento, a dureza assim como a cor do gelado, através da dispersão da luz provocada pelas bolhas de ar (Clarke, 2004b). A incorporação de ar, também conhecida por *overrun*, não é a única responsável por garantir estas propriedades. O tamanho médio das bolhas de ar desempenha igualmente um papel fundamental na estabilidade e qualidade do gelado (Xinyi *et al.*, 2010). É por isso essencial não apenas o controlo da incorporação de ar como o controlo do tamanho das bolhas de ar (Sofjan e Hartel, 2004).

A incorporação do ar na mistura-base e conseqüente formação das bolhas ocorre, como referido anteriormente, na etapa de congelação dinâmica sob a forma de grandes bolhas de ar que vão sendo degradadas em bolhas mais pequenas pela ação das forças de cisalhamento geradas pela batidura. No decorrer desta operação a formação dos cristais de gelo aumenta a viscosidade do gelado, levando a um conseqüente aumento das forças de cisalhamento no seu interior, que favorece a redução do tamanho das bolhas de ar, tornando-as mais estáveis na sua estrutura (Chang e Hartel, 2002a). Para esta estabilidade contribuem também as proteínas, os agentes emulsionantes quando presentes e os glóbulos de gordura parcialmente coalescida da mistura-base do gelado. Estes constituintes ficam adsorvidos à superfície das bolhas de ar formando uma barreira entre estas, impedindo a sua coalescência (Crilly *et al.*, 2008).

A formação de bolhas de ar de pequenas dimensões é também favorecida pela duração da operação de congelação dinâmica e pelo equilíbrio da fórmula (Goff e Hartel, 2013d), assim como por temperaturas de congelação mais baixas que, ao permitirem a formação de um maior número de cristais de gelo, levam ao aumento da viscosidade da mistura-base e conseqüentemente ao aumento das forças de cisalhamento favorecendo, por sua vez, a diminuição do tamanho das bolhas de ar (Caillet *et al.*, 2003).

#### **1.1.2 Desenvolvimento da Estrutura**

O desenvolvimento de uma boa estrutura interna do gelado é fundamental para a obtenção de propriedades desejáveis no produto final, como por exemplo um derretimento lento, uma boa retenção de forma, uma textura agradável ao consumo e uma maior estabilidade estrutural e organolética ao longo do tempo. Para a obtenção de uma estrutura desejável é fundamental uma fórmula equilibrada que garanta todos os componentes-base referidos anteriormente, assim como um conjunto de operações-chave ao longo do processo

de produção. Entre estas operações incluem-se a homogeneização, o repouso, a congelação dinâmica e a congelação estática.

A homogeneização é uma operação da linha de produção de gelados e consiste em fazer passar, sob condições de pressão e temperatura controladas, a mistura-base por um orifício muito pequeno para estabilizar e uniformizar a gordura. O objetivo consiste na redução dos glóbulos de gordura para tamanhos inferiores a 2  $\mu\text{m}$ . Considerando que a gordura homogeneizada se desestabiliza lentamente na congelação dinâmica, é normalmente adicionado um emulsionante para incrementar essa desestabilização (Goff e Hartel, 2013b). À saída desta etapa os triglicéridos podem estar tanto na fase líquida como na fase cristalina, dependendo dos respetivos pontos de fusão (Adleman e Hartel, 2001). Esta etapa, no entanto, não é utilizada pela maior parte dos produtores artesanais de gelados.

O repouso ocorre após a batida da mistura-base numa perspectiva artesanal e após a homogeneização numa produção industrial. Esta etapa consiste em submeter a mistura-base do gelado a uma temperatura de refrigeração igual ou inferior a 4°C sem que esta congele. Nesta etapa ocorrem diversas mudanças ao nível da estrutura da gordura existente na mistura-base do gelado. É nesta fase que os emulsionantes, quando adicionados à mistura-base dos gelados, substituem as proteínas na superfície dos glóbulos de gordura. As proteínas ao serem substituídas são hidratadas e contribuem para o aumento da viscosidade da mistura-base do gelado (Segall e Goff, 2002). Nos gelados sem adição de emulsionantes as proteínas permanecem adsorvidas à superfície dos glóbulos de gordura e limitam a extensão da desestabilização da gordura.

A etapa de repouso é também importante na cristalização da gordura da mistura-base do gelado. Como referido anteriormente, esta cristalização é de extrema importância uma vez que influencia a extensão da desestabilização da gordura que ocorre na etapa de congelação dinâmica. As temperaturas baixas favorecem uma cristalização interna dos glóbulos de gordura, formando uma estrutura interna semi-cristalina que contribui para potenciar a coalescência parcial da gordura. À temperatura a que ocorre esta etapa cerca de 2/3 da gordura cristaliza (Adleman e Hartel, 2001). É importante este balanço de gordura parcialmente cristalizada, pois uma cristalização em excesso pode levar a uma coalescência parcial insuficiente e, em caso de haver demasiada gordura no estado líquido, poderá ocorrer coalescência total, pelo que deve ser feito o controlo da quantidade de gordura que cristaliza, nomeadamente através do controlo do tempo que o gelado permanece na fase de repouso (Crilly *et al.*, 2008).

A etapa de congelação é uma das operações mais importantes na produção de gelado uma vez que a qualidade, o sabor e o rendimento do produto final dependem de uma congelação adequada. Esta etapa pode dividir-se em duas operações sucessivas a congelação dinâmica e a congelação estática.

A congelação dinâmica ocorre em primeiro lugar e inicia-se com a entrada da mistura-base na produtora de gelados. Estes equipamentos são normalmente compostos por um cilindro de dimensões variáveis com uma superfície lisa, um equipamento de mistura com

lâminas raspadoras e uma unidade de refrigeração. Nesta operação a mistura-base é sujeita a uma batida constante pelas lâminas rotativas raspadoras e, através das forças de cisalhamento que provocam, favorecem, como referido anteriormente, a formação de núcleos de gelo, a desestabilização da gordura assim como a incorporação de ar. Durante esta operação muitas alterações físicas ocorrem à mistura-base do gelado. A formação dos cristais de gelo é uma dessas alterações e leva, como referido anteriormente, a uma redução da água na matriz aquosa e ao aumento da viscosidade. Além da formação dos cristais de gelo, as forças de cisalhamento exercidas durante a congelação dinâmica promovem a colisão dos glóbulos de gordura que se encontram num estado semi-cristalino. Estas colisões levam à perfuração das membranas dos glóbulos deixando-os irreversivelmente juntos sem que percam a sua identidade individual, favorecendo a formação de uma rede tridimensional de gordura parcialmente coalescida. O crescimento desta rede de gordura, em associação com a rotação das lâminas raspadoras da produtora de gelados, possibilita a incorporação e ligação das bolhas de ar, levando à criação da estrutura do gelado (Segall e Goff, 2002).

A segunda operação, que constitui a etapa de congelação, é a designada congelação estática. Nesta operação o gelado parcialmente congelado, já com a sua estrutura criada, é sujeito a uma estabilização da estrutura por abatimento rápido de temperatura. Esta operação através de um arrefecimento rápido favorece o crescimento dos cristais de gelo formados na operação de congelação dinâmica até a quantidade de gelo estar em equilíbrio com a temperatura do gelado. Isto permite reduzir a água disponível na matriz aquosa/soro e assim estabilizar o gelado (Goff e Hartel, 2013c). Esta operação no entanto não é sempre utilizada na produção artesanal de gelados.

### **1.1.3 Estabilidade Estrutural e Tempo de Prateleira**

A estabilidade da estrutura que constitui o gelado é de extrema importância uma vez que se pretende que o gelado não sofra alterações nas suas propriedades físico-químicas após a produção, armazenamento, distribuição, comercialização e, ou, durante o consumo. Os gelados que apresentam um derretimento rápido ou uma textura com elevada perceção de cristais de gelo são claros exemplos de estruturas pouco estáveis e podem ter na sua origem várias causas. A instabilidade do gelado no momento do consumo é particularmente importante uma vez que pode deixar o cliente insatisfeito e assim comprometer a sua fidelidade ao produto.

A estabilidade da estrutura é definida em todo o processo produtivo do gelado e começa no equilíbrio da fórmula. Todas as fases do processo produtivo influenciam essa estabilidade. Após a produção do gelado, as condições de armazenamento, distribuição e comercialização são o principal fator de controlo da estabilidade da estrutura e que vão limitar o tempo de prateleira do produto.

Numa perspectiva de formulação é possível tornar o gelado mais estável ao aumentar a sua temperatura de transição vítrea e de fusão, como por exemplo pela adição de açúcares de elevado peso molecular. No entanto estes açúcares, como o xarope de milho, podem também

alterar o sabor do gelado e, por isso, a sua utilização deve ser moderada. Se a formulação do gelado não for equilibrada, e as condições de armazenamento não forem as mais adequadas, a adição de açúcares como a sacarose ou a lactose pode levar ao aparecimento de defeitos nos gelados, respetivamente pontos brancos e cristais duros que acabam por originar uma textura areada ao gelado (Clarke, 2004b).

O tempo de prateleira dos produtos alimentares normalmente engloba alterações a nível microbiológico, a nível químico com o desenvolvimento de sabores desagradáveis, e alterações a nível físico. No caso dos gelados o crescimento de microrganismos não ocorre de modo significativo durante o armazenamento pelo que o tempo de prateleira dos gelados é principalmente afetado pelas alterações a nível físico e químico. Nesta perspetiva, podem ocorrer inúmeras alterações no produto, comprometendo seriamente a qualidade do mesmo. As alterações no tamanho dos cristais de gelo e das bolhas de ar, devido a variações de temperatura, são a principal causa de alteração da qualidade dos gelados e por isso a principal limitação ao tempo de prateleira do produto. Outras alterações do gelado incluem a desidratação, a oxidação das gorduras insaturadas e o desenvolvimento de aromas indesejáveis (Goff e Hartel, 2013e).

O principal problema durante o armazenamento são as flutuações de temperatura e o seu efeito nos cristais de gelo, bolhas de ar e nos outros elementos estruturais (Goff *et al.*, 1993). As flutuações térmicas estão normalmente associadas a movimentações dos produtos ao longo da cadeia de distribuição, aos ciclos de congelação e descongelação dos equipamentos de armazenamento ou à constante abertura das portas das arcas de congelação.

Numa perspetiva ideal, se o armazenamento dos gelados for feito à sua temperatura de transição vítrea, a estabilidade será garantida por longos períodos de tempo uma vez que, como referido anteriormente, a esta temperatura os gelados não apresentam mobilidade molecular e assim não ocorrem alterações durante o seu armazenamento. No entanto um armazenamento realizado a estas temperaturas não é viável devido aos custos associados a manter as arcas de congelação a temperaturas inferiores a  $-30^{\circ}\text{C}$ . As temperaturas normais de armazenamento iguais ou inferiores a  $-18^{\circ}\text{C}$  garantem uma boa estabilidade e um tempo de prateleira adequado à maioria dos gelados comercializados. No entanto a esta temperatura há sempre uma parte significativa de água na matriz aquosa que permanece no estado líquido e que afeta a estabilidade do gelado, sendo responsável pela sua degradação (Crilly *et al.*, 2008).

A recristalização dos cristais de gelo é a principal causa de limitação do tempo de prateleira dos gelados, uma vez que os consumidores preferem um gelado com uma textura lisa e suave. A recristalização leva ao aumento do tamanho dos cristais de gelo e à diminuição do seu número total ao longo do tempo, mantendo o volume de gelo inalterado (Soukulis *et al.*, 2009). As alterações nos cristais de gelo ocorrem normalmente a uma temperatura constante, mas são significativamente potenciadas quando há flutuações de temperatura. Os cristais pequenos com pontos de fusão ligeiramente mais baixos que os de maiores dimensões são mais sensíveis às flutuações térmicas. Assim, quando um cristal de gelo derrete, e uma vez

que a nucleação apenas ocorre na fase de congelação dinâmica, os outros cristais envolventes crescem de modo a incorporar a quantidade de gelo necessária para manter o equilíbrio da fase (Goff e Hartel, 2013e).

A recristalização pode ocorrer por dois mecanismos: acreção e desproporção. A acreção consiste na união de dois cristais de gelo formando apenas um cristal de maiores dimensões. Já a desproporção ocorre quando há flutuações de temperatura e o gelo derrete levando à diminuição dos maiores cristais e ao desaparecimento dos mais pequenos, quando a temperatura volta a baixar o gelo que derreteu cristaliza nos cristais que não chegaram a derreter, levando à diminuição do número total de cristais e ao aumento do seu tamanho médio (Aleong *et al.*, 2008). Ambos os mecanismos ocorrem nos gelados, no entanto o primeiro ocorre predominantemente em gelados com elevado teor de gelo e o segundo em gelados com reduzido teor de gelo (Clarke, 2004a).

Os fatores que afetam a taxa de recristalização, além das flutuações térmicas, são vários e contemplam algumas etapas de produção como a congelação dinâmica, congelação estática, as condições de armazenamento e a própria composição do gelado (Goff e Hartel, 2013e).

A fase gasosa é outra constituinte da estrutura do gelado suscetível a alterações durante o armazenamento que levam à deterioração da qualidade do produto, nomeadamente através da diminuição do número de bolhas de ar total e ao aumento do tamanho médio das mesmas (Sofjan e Hartel, 2004). Estas alterações ocorrem através de quatro mecanismos distintos: desproporção, coalescência, drenagem e distorção (Goff e Hartel, 2013e).

A desproporção ocorre devido à pressão no interior das bolhas de ar ser maior do que no exterior. Clarke (2004b) refere que a solubilidade de um gás é, de acordo com a lei de Henry, proporcional à sua pressão e, por esse motivo, as bolhas de ar mais pequenas, que apresentam uma maior pressão, são mais solúveis. Este facto faz com que o ar no interior das bolhas mais pequenas se vá dispersando para as bolhas de maiores dimensões.

A coalescência consiste na junção de duas ou mais bolhas de ar que se encontram próximas por quebra das suas membranas (Goff e Hartel, 2013e).

A drenagem consiste na distribuição desigual de ar nas bolhas à medida que estas vão subindo, devido à ação da gravidade. Este mecanismo não altera, por si só, a distribuição das bolhas de ar, altera a espessura das membranas das bolhas de ar, promovendo a coalescência (Sofjan e Hartel, 2004).

A distorção consiste na rutura da membrana das bolhas de ar devido ao crescimento dos cristais de gelo (Goff e Hartel, 2013e).

A perda de ar pode levar ao colapso e contração da estrutura do gelado alterando a sua qualidade, nomeadamente ao nível da aparência e das propriedades organoléticas, afetando a sua aceitabilidade por parte dos consumidores (Goff e Hartel, 2013e).

A estabilidade dos gelados e o tempo de prateleira dos mesmos está totalmente dependente das condições de armazenamento, sendo que o tempo de prateleira é normalmente definido tendo apenas em conta as alterações na textura do gelado (Goff e

Hartel, 2013e). Nesta fase os principais mecanismos que limitam o tempo de prateleira são a recristalização do gelo, a coalescência das bolhas de ar e outras alterações estruturais. O tempo de prateleira pode variar de vários meses a  $-30^{\circ}\text{C}$  até apenas alguns dias se a temperatura rondar os  $-14^{\circ}\text{C}$ .

No momento do consumo o derretimento do gelado é um dos principais parâmetros de avaliação da estabilidade do gelado. Se um gelado apresentar um derretimento demasiado rápido manifesta uma clara instabilidade da sua estrutura. O processo de derretimento de um gelado, de acordo com Muse e Hartel (2004), inicia-se com a transferência de calor do ambiente envolvente para o gelado levando ao derretimento gradual dos cristais de gelo. A água proveniente do derretimento dos cristais difunde-se pela matriz aquosa diluindo-a o que favorece o escorrimento do gelado que ocorre por ação da gravidade. O derretimento ocorre inicialmente na parte exterior do gelado e, quando o calor consegue penetrar no interior do gelado, inicia-se o derretimento dos cristais de gelo do interior e a solução diluída começa a escorrer também do interior do gelado. A taxa de derretimento de um gelado é afetada por inúmeros fatores incluindo a quantidade de ar incorporada, o tamanho médio das bolhas de ar e dos cristais de gelo (Muse e Hartel, 2004), assim como pela rede de glóbulos de gordura formada durante a etapa de congelação dinâmica (Koxholt *et al.*, 2001).

#### **1.1.4 Avaliação da Estrutura**

##### **Composição Química**

Um gelado é composto, como referido anteriormente, por uma mistura de ar, água, açúcares adicionados, gordura e sólidos não gordos do leite como a lactose, as proteínas, os minerais, as vitaminas e outros compostos minoritários presentes no leite. O teor destes constituintes no gelado é definido através da formulação. A formulação do gelado tem como objetivo criar uma mistura-base equilibrada que garanta um produto com o melhor sabor, textura, cor, aparência e garantir uma boa qualidade a um preço aceitável.

Numa perspetiva de caracterização da estrutura de um gelado é essencial dispor da composição do mesmo. Após determinação da composição do gelado é possível estabelecer uma relação causa-efeito entre as variações feitas à fórmula e eventuais alterações nas propriedades físicas, químicas e organoléticas. A determinação da composição química do gelado deve contemplar a medição do teor em humidade, matéria gorda, açúcares totais, proteínas e sólidos solúveis totais, devido ao impacte individual que cada um destes constituintes desempenha na sua estrutura, tal como referido anteriormente neste trabalho. Deve ainda ser considerada a incorporação de ar que é feita e que leva ao aumento do volume do gelado. O *overrun* determina-se através do quociente entre o peso de ar incorporado em determinado volume de gelado e o peso total do mesmo volume de gelado. O *overrun* é também um importante parâmetro de qualidade dos gelados como descrito na tabela 1.1.

Dado o contexto do trabalho realizado é importante também a determinação do teor de álcool presente nos gelados de modo a relacionar eventuais alterações que ocorram nas

propriedades físico-químicas e organolépticas devido à adição de uma bebida alcoólica à fórmula do gelado.

### **Turbidez**

A turbidez, mais concretamente a variação da turbidez, medida através de um espectrofotómetro, é um dos métodos mais utilizados para caracterizar a extensão da desestabilização da gordura da estrutura de um gelado. Este método consiste em medir a variação de turbidez de um gelado derretido comparando com a mistura-base que lhe deu origem. Para isso é feita a diluição de uma amostra da mistura-base do gelado e do gelado derretido com água destilada (1:500). Os glóbulos de gordura da mistura-base, de acordo com o seu tamanho e quantidade, absorvem uma determinada quantidade de luz. No gelado final encontram-se aglomerados de gordura de maiores dimensões devido à coalescência parcial que a gordura sofre na operação de congelação dinâmica e, por isso, é absorvida uma quantidade diferente de luz. O valor obtido com este método corresponde à percentagem de gordura desestabilizada, e baseia-se na diferença de turbidez observada entre o gelado e a mistura-base correspondente (Goff e Jordan, 1989).

Este método é normalmente utilizado em estudos onde se pretende avaliar o impacto da substituição ou adição de algum ingrediente à fórmula do gelado na estrutura e estabilidade deste. O conhecimento da percentagem de gordura desestabilizada permite estimar a estabilidade da estrutura, controlando, entre outros fatores, a taxa de derretimento e a retenção de forma.

### **Teste do Derretimento**

O teste do derretimento consiste em quantificar a massa de gelado que derrete e escorre através de uma rede metálica em função do tempo, a temperatura constante (Bolliger *et al.*, 2000). O gelado deve apresentar um tamanho e massa constante em cada ensaio de forma a permitir comparações, e o teste deve ser realizado num espaço sem interferência de correntes de ar que afetem a transferência de calor. Este teste permite também avaliar a retenção de forma de gelado utilizando uma máquina fotográfica para captar as alterações na estrutura do gelado em função do tempo.

A determinação da taxa de derretimento de um gelado é uma técnica quantitativa comum que estima a força e estabilidade da sua estrutura. Um gelado que apresente um derretimento demasiado rápido é indesejável e tem normalmente como causa um baixo ponto de fusão, já um derretimento demasiado lento pode ser igualmente indesejável uma vez que leva a uma lenta libertação de aromas e sabores (Goff e Hartel, 2013f).

O conhecimento da taxa de derretimento permite ajustar as fórmulas de modo a melhorar o produto final.

Este método é normalmente utilizado para avaliar o equilíbrio das fórmulas, a estabilidade da estrutura dos gelados e a sua variação ao longo do tempo. Com este método é possível também simular o comportamento do gelado a temperaturas específicas de consumo.

## **Microscopia Ótica**

A caracterização da estrutura de um gelado é feita principalmente pela análise ao tamanho dos cristais de gelo e bolhas de ar. Devido às dimensões microscópicas destes componentes estruturais, a microscopia surge naturalmente como a técnica mais adequada para a observação destes componentes. A microscopia ótica permite a observação dos cristais de gelo e das bolhas de ar do gelado. Para isso o microscópio necessita de ser colocado num ambiente de temperatura controlada de modo a permitir a estabilidade da amostra durante a sua observação (Muse e Hartel, 2004). É necessário também que o microscópio esteja equipado com um sistema de captação de imagens de modo a que as observações sejam registadas. A análise das observações é posteriormente realizada em computador através de um *software* de análise de imagens, de modo a recolher as informações desejadas.

Esta técnica permite, através da análise das imagens obtidas na microscopia, determinar o tamanho médio dos cristais de gelo e das bolhas de ar assim como a distribuição destes componentes no gelado (Muse e Hartel, 2004). A realização de observações ao longo do tempo permite analisar as alterações que estes componentes sofrem ao longo do tempo e assim recolher dados importantes na avaliação da degradação da estrutura do gelado (Buyck *et al.*, 2011).

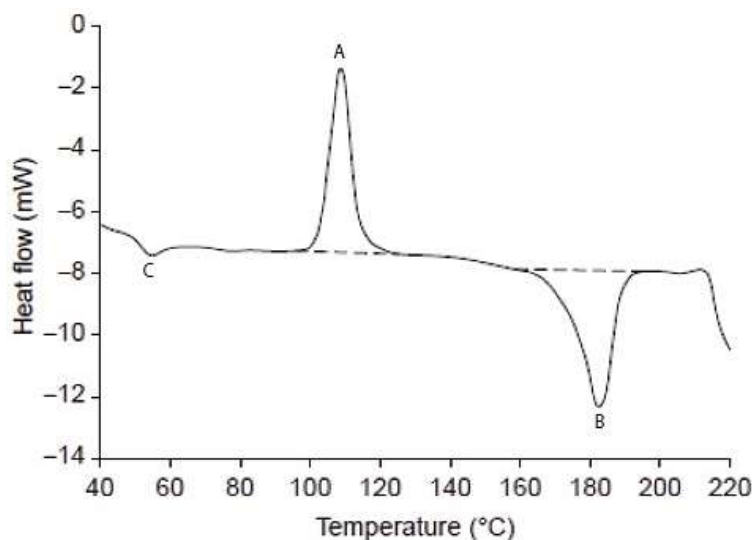
A microscopia ótica é muito utilizada em estudos onde se pretende avaliar o impacte na estrutura de variações realizadas às fórmulas dos gelados, nomeadamente pela adição, redução ou substituição de algum elemento. A microscopia ótica é também utilizada para avaliar o impacte na estrutura do gelado de alterações nas condições da operação de congelação dinâmica, do qual é exemplo o estudo realizado por Caillet *et al.* (2003). Esta técnica, de acordo com Chang e Hartel (2002c), é também utilizada para compreender o fenómeno de recristalização dos cristais de gelo assim como as alterações que ocorrem nas bolhas de ar após a produção.

## **Calorimetria Diferencial de Varrimento**

A calorimetria diferencial de varrimento (DSC) é uma das técnicas mais utilizadas na análise térmica. Esta técnica, de acordo com Cogné *et al.* (2003) consiste na medição de diferenças de fluxos de calor entre uma amostra e uma referência quando sujeitas a um programa de temperatura controlada. Nesta técnica são colocadas no calorímetro diferencial de varrimento duas cápsulas de alumínio, uma com a amostra e uma vazia que serve de referência, sobre discos termoelétricos num mesmo bloco de aquecimento de modo a sujeitar as cápsulas ao mesmo ambiente térmico (Nielsen, 2010). Durante a medição é gerado um termograma onde são registadas as variações de fluxo de calor em função da temperatura e do tempo. Os termogramas obtidos por DSC permitem identificar diferentes eventos térmicos, entre os quais, a cristalização e a fusão de materiais em análise através da observação dos picos exotérmicos e endotérmicos, respetivamente.

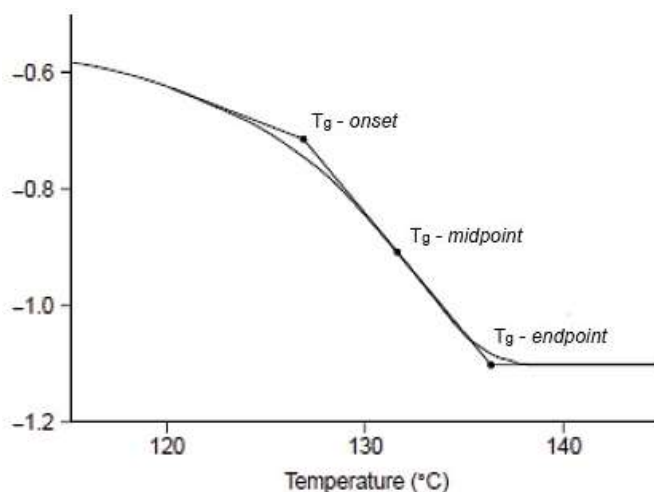
A fusão é normalmente um processo de etapa única determinado por fatores termodinâmicos. A fusão de um cristal ocorre a uma temperatura específica e é acompanhada

por uma alteração na continuidade das propriedades termodinâmicas como a entalpia e a densidade (Diogo e Moura Ramos, 2006).



**Figura 1.1 – Termograma da sacarose obtido por DSC que apresenta ilustrados o pico exotérmico de cristalização (A), pico endotérmico de fusão (B) e a temperatura de transição vítrea (C) adaptado de Clas *et al.* (1999).**

A cristalização é uma combinação de dois processos: nucleação e crescimento de cristais. A nucleação é, como referido anteriormente, a primeira etapa da cristalização e consiste na formação de pequenos núcleos de cristal. A cristalização requer a existência de núcleos onde os cristais possam crescer. Na ausência destes forma-se um vidro durante o arrefecimento (Diogo e Moura Ramos, 2006). Na figura 1.1 encontram-se representados o pico exotérmico de cristalização (A) e o pico endotérmico de fusão (B). A figura 1.1 ilustra ainda o fenómeno de transição vítrea (C).



**Figura 1.2 – Identificação da temperatura de transição vítrea com representação do Onset, Midpoint e Endpoint a partir de um termograma obtido por DSC. Adaptado de Clas *et al.* (1999).**

A DSC é também utilizada na determinação da temperatura de transição vítrea de uma substância. Esta medição é especialmente importante no contexto da produção de gelados como foi já referido anteriormente neste trabalho. Esta determinação, de acordo com Hohne *et al.* (2003) é feita a partir da descontinuidade que se observa no fluxo de calor do termograma.

Uma vez que a transição vítrea ocorre num intervalo limitado e não a uma temperatura específica, o valor da  $T_g$  é dado por um dos valores de início (*onset*), meio (*midpoint*) ou fim (*endpoint*) da variação sigmoide do fluxo de calor, tal como exemplificado na figura 1.2.

As amostras utilizadas nesta técnica são normalmente pequenas, variando entre 5 e 15 mg, e na presença de amostras com compostos voláteis é recomendado que as cápsulas de alumínio sejam seladas hermeticamente (Nielsen, 2010).

As principais vantagens da DSC são a simplicidade e rapidez das medições assim como a relevância da informação que é obtida nas medições por análise dos termogramas obtidos. O conhecimento do perfil térmico dos gelados é de extrema importância de modo a prever o comportamento de um gelado quando sujeito a temperaturas específicas. Estes dados permitem assim definir temperaturas adequadas para as várias etapas que compõem a cadeia de produção, distribuição e comercialização de um gelado. Os dados obtidos são também importantes na análise da estrutura dos componentes do gelado e estabilidade dos mesmos quando são feitas alterações à fórmula do gelado, por adição de novos ingredientes.

### **Análise Sensorial**

Um gelado é normalmente apreciado devido aos seus atributos sensoriais, que incluem um sabor rico e doce, uma textura suave e cremosa e uma agradável sensação refrescante. As propriedades físicas, químicas e organolépticas dos gelados são definidas pelos ingredientes utilizados e pelo processo produtivo e determinam as propriedades sensoriais dos gelados. De modo a otimizar a produção de um gelado é necessário uma adequada avaliação sensorial dos seus atributos.

A análise sensorial abrange uma série de técnicas para medir com precisão as respostas dos humanos aos alimentos. Estas técnicas tentam isolar as propriedades sensoriais dos alimentos e fornecem informação útil sobre as características dos alimentos aos profissionais da indústria alimentar.

A análise sensorial é definida como um método utilizado para medir, analisar e interpretar as respostas a produtos através da percepção da visão, olfato, gosto, audição e tato (Lawless e Heymann, 2010a). O seu objetivo principal é estabelecer relações específicas entre as características dos produtos e a respetiva percepção humana (Lawless e Heymann, 2010a).

As condições de realização de uma análise sensorial devem incluir um ambiente limpo, sem odores, bem iluminado, com uma temperatura confortável e bem equipado com o material adequado à prova a realizar. A avaliação sensorial de gelados, devido à natureza do produto, deve contemplar uma série de cuidados de modo a garantir que todas as amostras se apresentam em condições equivalentes. Assim, as amostras devem permanecer pelo menos 12 horas a temperaturas entre os -15 e os -13°C e o local de prova deve garantir uma temperatura constante durante as provas. As amostras sujeitas a provas devem ser examinadas de modo aleatório e apresentadas aos provadores com um código composto por três dígitos.

Os atributos normalmente avaliados numa análise sensorial a gelados são a aparência, sabor, aroma e textura. A aparência é avaliada por observação da superfície da amostra, a textura pode ser avaliada através de uma colher ou pela sensação na boca provocada pela amostra no provador, e o aroma e sabor são avaliados pelo nariz e boca respetivamente (Alvarez, 2009).

Os testes sensoriais encontram-se divididos em dois tipos de testes, cada um com objetivos e requisitos a nível de painel diferentes. São eles os testes analíticos e os hedónicos. Os testes analíticos incluem os testes discriminativos e os testes descritivos. Os testes discriminativos utilizam um painel selecionado devido à sua aptidão para diferenciação sensorial e os provadores podem ou não ser treinados, por sua vez os testes descritivos exigem que os provadores sejam rigorosamente treinados (Lawless e Heymann, 2010a).

Os testes discriminativos são utilizados quando se pretende determinar se duas amostras são diferentes de uma perspetiva sensorial. Este tipo de testes é especialmente importante quando se pretende alterar a fórmula de um produto e não se pretende que os consumidores sintam essa diferença. Estes testes realizam-se normalmente quando há apenas duas amostras, uma vez que a utilização de mais amostras é menos eficiente (Lawless e Heymann, 2010b).

Os testes descritivos permitem obter, de acordo com o pretendido, descrições sensoriais completas ou parciais dos produtos, que possibilitam, entre outras coisas, identificar quais os atributos importantes para a aceitação dos produtos. Uma análise descritiva genérica requer normalmente entre seis e doze provadores para constituir um painel de provadores treinados e são utilizadas escalas quantitativas para medir a intensidade de cada atributo e assim permitir uma análise estatística (Drake, 2007). Estes testes são, no entanto, bastante variáveis consoante o objetivo pretendido. Os testes descritivos são ideais para monitorizar os produtos da concorrência, para avaliar o tempo de prateleira dos produtos e para desenvolver novos produtos (Lawless e Heymann, 2010c). A informação obtida nestes testes pode ser relacionada com resultados de aceitabilidade de consumidores e com medições instrumentais através de técnicas estatísticas como regressões e correlações.

Na realização de testes descritivos para cada atributo são definidos descritores para avaliar o produto. Estes descritores são termos definidos para avaliar características específicas dentro de cada atributo analisado e o painel de provadores deve encontrar-se familiarizado com os termos escolhidos.

Um dos métodos de análise sensorial utilizado no presente trabalho é a análise descritiva genérica. Este método é utilizado para descrever totalmente ou parcialmente as sensações sensoriais associadas a um produto. Neste teste os provadores devem estar isolados para evitar interferências. Todas as amostras devem ser preparadas de modo igual e ser servidas aleatoriamente de modo sequencial após todos os atributos serem avaliados pelo provador. Os dados recolhidos são normalmente analisados através de uma análise de variância (Lawless e Heymann, 2010c). O outro método de análise sensorial utilizado neste trabalho é a avaliação hedónica. Esta avaliação inclui os testes de preferência e de

aceitabilidade. No teste de preferência, os consumidores devem indicar amostra que preferem no caso de serem duas ou estabelecerem uma classificação no caso de serem mais de duas amostras. Já os testes de aceitabilidade permitem quantificar o grau de preferência. Neste teste é normalmente pedido ao painel de consumidores, que varia normalmente entre 50 e 100 indivíduos, que classifique as amostras numa escala verbal categorizada quanto ao gosto (Drake, 2007). Estas escalas, chamadas de escalas hedonistas, são normalmente compostas por nove pontos onde a categoria 1 corresponde à classificação mínima e a categoria 9 corresponde à classificação máxima relativamente ao gosto dos provadores (Drake, 2007).

## 1.2 Bebidas Alcoólicas e a sua Incorporação nos Gelados

O álcool etílico, ou etanol, é um líquido transparente solúvel em água bem como noutros solventes orgânicos. Quando se encontra presente em baixas concentrações em soluções aquosas apresenta um sabor doce, mas quando a sua concentração aumenta apresenta um sabor ardente. O etanol apresenta um ponto de fusão de  $-114,1^{\circ}\text{C}$  e um ponto de ebulição de  $78,5^{\circ}\text{C}$  (Merck & Co., Inc., 1989).

O etanol é utilizado na indústria alimentar, na produção de bebidas alcoólicas, e é também muito utilizado em outras indústrias como a cosmética e farmacêutica. O etanol utilizado na produção de bebidas alcoólicas deve, de acordo com o Artigo 3.º do Regulamento (CE) n.º 110/08 (2008), ser unicamente de origem agrícola. A sua produção ocorre por fermentação alcoólica de açúcares contidos em frutas, grãos ou caules. A ação catabólica dos enzimas zímases, presentes em leveduras, em condições anaeróbicas, leva à fermentação dos açúcares e à formação de etanol e dióxido de carbono. As leveduras mais utilizadas neste processo são as *sacharomyces cerevisae*. Este processo ocorre naturalmente até ser atingido uma concentração de etanol fatal para as leveduras e terminar a fermentação. Devido às limitações deste processo, a obtenção de grandes quantidades de etanol é conseguida por destilação. Esta operação consiste na separação de compostos presentes em soluções alcoólicas tendo como base os diferentes pontos de ebulição desses compostos. Assim é possível isolar o álcool obtido na fermentação e produzir bebidas com maior título alcoométrico.

As bebidas alcoólicas, de acordo com o Artigo 2.º do Decreto-Lei 50/13 (2013), são definidas como “todas as bebidas que por fermentação, destilação ou adição contenham um título alcoométrico superior a 0,5% vol”, sendo que a partir de um título alcoométrico superior a 15% são denominadas bebidas espirituosas de acordo com o Artigo 2.º do Regulamento (CE) n.º 110/08 (2008). Numa perspetiva de consumo, as bebidas alcoólicas não espirituosas são proibidas a menores de 16 anos e as espirituosas proibidas a menores de 18 anos de acordo com o Artigo 3.º do Decreto-Lei 50/13 (2013).

As bebidas espirituosas abrangem uma grande quantidade de bebidas alcoólicas e, de acordo com o Regulamento (CE) n.º 110/08 (2008), classificam-se em 46 categorias, de entre as quais se destacam o Rum, Whisky, *Vodka*, *Gin*, como algumas das mais conhecidas. No que diz respeito à rotulagem, de acordo com o Artigo 9.º do Regulamento (UE) 1169/11 (2011),

a Indicação do teor de álcool é obrigatória nas bebidas que contenham um teor alcoólico superior a 1,2%. A indicação do volume de álcool deve acontecer com, no máximo, uma casa decimal e deve ser antecedida pelo termo “álcool” ou pela abreviatura “alc.” e seguida pelo símbolo “% vol.”. De acordo com o Regulamento (CEE) 2658/87 (1987) considera-se teor alcoólico em volume, adquirido, o número de volumes de álcool puro, a uma temperatura de 20°C, contidos em 100 volumes de produto considerado a essa temperatura. No contexto deste trabalho a designação de bebidas alcoólicas contempla as bebidas espirituosas com mais de 15% de volume de álcool.

A incorporação de álcool nos gelados através da adição de bebidas alcoólicas apresenta um enorme potencial devido à possibilidade de criação de uma grande gama de sabores. Esta adição permite criar gelados com sabores ricos e distintos com um fator único que os diferencia da concorrência. No entanto esta adição apresenta uma grande limitação devido ao ponto de fusão do etanol.

O álcool puro apresenta um ponto de fusão de -114,1°C (Merck & Co., Inc., 1989). Já as bebidas alcoólicas variam consideravelmente o teor de álcool de acordo com o tipo de bebida, e por isso, o seu ponto de congelação varia em função da concentração em álcool.

Em algumas das principais marcas de gelados, bem como em algumas gelatarias artesanais, não é raro encontrar um gelado cujo sabor seja proveniente de uma bebida alcoólica, sendo exemplo disso o conhecido sabor de rum e passas, que faz parte da carta de diferentes gelatarias. Apesar da incorporação de álcool em fórmulas de gelados não ser rara não são conhecidos trabalhos realizados onde se avalie a incorporação de bebidas alcoólicas nos mesmos, nem o impacto que essa adição pode ter no equilíbrio ou estabilidade na sua estrutura ao longo do tempo. De acordo com Whittaker (2001) é possível adicionar álcool a um gelado até um teor máximo de 4%, teor a partir do qual a estrutura começa a ser afetada. No entanto, não é conhecido, deste autor, qualquer estudo que comprove esta afirmação. Neste trabalho foi estudada a possibilidade de incorporação de álcool através da adição de whisky à fórmula de um gelado.

## **Whisky**

O whisky é uma bebida espirituosa que é obtida por destilação de um extrato aquoso de uma infusão de cevada maltada e outros cereais que foram fermentados por estirpes da levedura *Saccharomyces cerevisiae* (Lyons, 2003). Durante a fermentação, além da produção de etanol e dióxido de carbono, são também produzidos em pequenas quantidades de compostos orgânicos que contribuem para as propriedades organoléticas do produto final. Na destilação os compostos voláteis são separados seletivamente dos compostos não voláteis e são criados, por via de reações químicas que ocorrem nos alambiques, compostos adicionais que produzem os aromas característicos.

A maturação e o envelhecimento do whisky, de acordo com Lyons (2003), ocorre em barris de madeira de carvalho por períodos de tempo que dependem da prática tradicional e dos requisitos legais de cada país. Após a maturação e envelhecimento podem ser produzidos

dois tipos de whisky: whisky de malte, feito apenas de cevada maltada e whisky de mistura, que contém normalmente whisky de malte e whisky de grão, (i.e. produzido a partir de grãos que não a cevada, por exemplo, milho ou trigo) na sua constituição. A produção de whisky é muito variável de país para país, sendo que a principal diferença reside na natureza e proporção dos cereais utilizados na produção e no tipo de alambique utilizado na destilação. Por exemplo para o whisky de malte escocês é utilizada apenas cevada.

O whisky é uma bebida rica em sabores, havendo cerca de 250 compostos que contribuem para o aroma e sabor desta bebida distinta (Buglass *et al.*, 2011). Os principais compostos responsáveis pelos aromas presentes no whisky são os álcoois superiores, esterres, compostos carbonilo, ácidos orgânicos e compostos aromáticos (Lyons, 2003).

Do ponto de vista nutricional, o whisky não contém glícidos, gorduras nem proteínas, é apenas composto por água e álcool. De acordo com a tabela de composição dos alimentos do Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge (INSA, 2006), atualmente com a designação de Instituto Nacional de Segurança Alimentar, o whisky apresenta na sua composição cerca de 31,7% de álcool e cerca de 68,3% de água.

A legislação portuguesa, através do Regulamento 110/08 (2008), define o whisky como uma bebida espirituosa com um título alcoométrico mínimo de 40%. O whisky é produzido, de acordo com o mesmo regulamento, “exclusivamente por destilação de um mosto de cereais maltados, com ou sem grãos inteiros de outros cereais que foi: sacarificado pela diástase do malte que contém, com ou sem outros enzimas naturais; e fermentado por ação de levedura”. O referido regulamento refere ainda que a maturação do destilado deve ocorrer durante “pelo menos três anos em tonéis de madeira com uma capacidade igual ou inferior a 700 litros”. Esta bebida não pode conter qualquer aditivo além de caramelo simples como corante. O whisky, devido ao seu distinto e rico sabor, foi a bebida alcoólica utilizada como referência no presente trabalho.

### **1.3 Gelataria Artesanal**

A gelataria artesanal consiste na produção de gelados a partir de fórmulas e receitas caseiras onde normalmente são utilizadas matérias-primas sazonais com elevada frescura e qualidade. Todo o processo produtivo tem uma elevada intervenção humana através dos operadores que controlam todas as etapas de produção.

Os gelados de produção artesanal não incluem normalmente, no seu processo de produção, algumas etapas que a nível industrial são de grande importância, nomeadamente a operação de homogeneização da gordura da mistura-base de gelado que, como referido anteriormente, desempenha um importante papel na formação da estrutura do gelado e nas suas propriedades organoléticas. A operação de congelação estática é raramente utilizada na produção artesanal uma vez que neste tipo de produções é desejável um gelado com uma textura maleável e viscosa. No que diz respeito aos ingredientes, na produção artesanal, não é

comum a utilização de estabilizantes e emulsionantes uma vez que são pretendidos gelados com ingredientes naturais.

As principais características destes gelados são os sabores frescos, aromas intensos, texturas cremosas e suaves, dureza reduzida, *overrun* reduzido que pode variar entre 20 a 40%, e teores de sólidos totais que variam normalmente entre os 30% e 35% (Goff e Hartel, 2013g). Os gelados são servidos a temperaturas superiores às dos gelados de origem industrial, o que lhes garante uma maior sensação de suavidade e cremosidade ao consumir. São normalmente considerados gelados de grande qualidade.

Nas unidades de produção de gelados artesanais são habitualmente utilizadas máquinas congeladoras descontínuas que permitem produzir gelados em pequenas quantidades e de acordo com as necessidades, evitando assim que o produto esteja muito tempo armazenado. Este tipo de máquinas congeladoras, face às utilizadas a nível industrial, produz gelados com algumas particularidades. Nestes equipamentos são formados cristais de gelo ligeiramente maiores e o *overrun* é bastante reduzido com a formação de bolhas de ar mais largas. Devido à natureza do equipamento, que continua a batidura aquando da extração dos gelados, estes podem apresentar variações no *overrun* entre 10 a 15% (Goff e Hartel, 2013g). Estas diferenças relativamente aos gelados produzidos a nível industrial são no entanto muito dependentes de vários fatores como a fórmula, os ingredientes, o tipo de equipamento utilizado e as condições de congelação dinâmica, em especial a temperatura e a duração da mesma.

A ausência de auxiliares de produção e de algumas etapas referidas anteriormente, presentes a nível industrial, bem como a utilização de temperaturas de armazenamento substancialmente superiores levam a que os gelados de origem artesanal apresentem uma degradação mais rápida da sua estrutura e, conseqüentemente, a um tempo de prateleira do produto inferior à dos gelados industriais. Exemplo deste tipo de produção é a gelataria Santini, na qual foi realizado o presente trabalho.

#### **1.4 Gelataria Santini – História e Produção**

Os gelados Santini são produzidos desde 1949, data em que abriu a primeira gelataria Santini, na praia do Tamariz – Estoril, fundada pelo italiano Attilio Santini. No entanto, de acordo com Baraona *et al.* (1999), a tradição do fabrico de gelados na família foi iniciada pelo seu bisavô, com uma gelataria em Viena de Áustria.

Os gelados de produção artesanal feitos por Attilio Santini foram, desde essa altura considerados os “melhores gelados do mundo”. Essa frase imortalizou-se e veio a dar origem ao slogan “*I Gelati Più Fini del Mondo*” utilizado até hoje pela marca.

Estes gelados tornaram-se um sucesso, não apenas devido à inegável qualidade, mas principalmente devido à ligação que Attilio criava com os clientes. A simplicidade, simpatia e afabilidade eram alguns dos adjetivos utilizados para descrever o seu nobre carácter. O

permanente sorriso e a amizade, que criava com os clientes, permitiu cativar gerações e deu origem a uma tradição: “Ir ao Santini”.

Em 1971 deu-se a abertura da gelateria na Av. Valbom em Cascais, loja que se mantém até hoje. Baraona *et al.* (1999) refere que em 1972, numa perspetiva de continuidade, Isabel Santini, filha de Attilio, e o seu noivo, Eduardo Fuertes, começam a colaborar na gelateria. Em 1989 Eduardo Fuertes assume a direção comercial da gelateria Santini e oito anos mais tarde (1997) o filho mais velho (Eduardo Santini Fuertes) inicia a sua colaboração na gelateria que se mantém até aos dias de hoje.

Em 2009 Filipe de Botton, amigo da família Santini e presidente executivo da empresa de embalagens - Logoplaste, adquiriu 50% da marca Santini com o objetivo de expandir a marca a outros mercados. A representação desta participação foi entregue ao filho de Filipe, Martim de Botton.

Em 2013 a marca Santini conta já com quatro lojas, Santini Cascais, Santini São João do Estoril, Santini Chiado e a recém-inaugurada Santini Carcavelos que fica localizada na, também nova, unidade de produção, inaugurada em julho de 2012. A criação desta última unidade surgiu da necessidade de aumentar a produção e dar sustentabilidade ao plano de crescimento da marca. Além da produção para as lojas próprias, a gelateria produz gelado para alguns restaurantes, *Club Del Gourmet* do El Corte Inglés, e participa com regularidade em diversos eventos e feiras.

As mudanças que ocorreram ao longo dos 64 anos de existência da marca não afetaram a tradição da Santini. A responsabilidade e exigência conduziram contudo a uma maior preocupação com o tema da segurança e qualidade alimentar, assim como a um maior rigor em garantir o serviço de excelência ao cliente, tão característico desde a abertura da primeira loja.

#### **1.4.1 O Gelado Santini e Processo Produtivo**

Os gelados Santini são gelados de origem artesanal, 100% naturais, e por isso sem a adição de qualquer tipo de auxiliares de produção. Diz-se que a sua fórmula é dos segredos mais bem guardados de Portugal e é utilizada há mais de 60 anos pela família Santini. Estes gelados caracterizam-se por uma textura e sabores únicos, derivados à rigorosa seleção de fornecedores, preferencialmente nacionais, que garantem a utilização de matérias-primas da melhor qualidade. Estes gelados apresentam uma grande frescura devido à produção para consumo a curto prazo, evitando grandes períodos de armazenamento. No laboratório de gelados Santini são produzidos quatro tipos de gelados:

- *Sorbet* – cuja base é constituída por uma ou mais frutas e açúcar, apresentando um teor de fruta nunca inferior a 50%;
- Gelado de base de Baunilha – com uma base constituída por leite e, ou, nata, gema de ovo, açúcar e vagem de baunilha mais ingrediente chave (i.e. noz, avelã, cacau, ou outros);

- Gelado de base de Nata – com uma base constituída por leite, nata e açúcar mais ingrediente chave (i.e. pepitas de chocolate, ou outros);
- E “Outros” – incluem os gelados feitos com base de iogurte e gelados em que é feita a incorporação de outros ingredientes como queijo ou infusões.

Neste trabalho foi utilizado o gelado de base de nata como base para a incorporação de bebidas alcoólicas e foi também utilizado como gelado controlo. Esta escolha deveu-se principalmente ao facto de o gelado de base de nata apresentar um aroma e sabor pouco intensos e por não conter outros ingredientes que pudessem afetar a avaliação física, química e sensorial. Numa perspetiva de composição, os gelados Santini de base de nata caracterizam-se por uma baixa incorporação de ar (15-35%), um teor de proteínas de aproximadamente 2%, um teor de matéria gorda variável entre 23-30% e um teor de sólidos totais, que varia normalmente entre 35-38%. De acordo com a tabela 1.1, onde são comparadas as classificações dos gelados de acordo com a sua composição, é possível verificar que o gelado Santini apresenta características de um gelado *Premium* e *Super Premium* nomeadamente pela baixa incorporação de ar e pelo elevado teor de gordura.

Esta comparação permite comprovar a qualidade dos gelados Santini no que diz respeito à fórmula. Esta fórmula e a própria resposta dos consumidores garantem, há mais de 60 anos, o sucesso da empresa.

Como referido anteriormente, o processo de produção dos gelados Santini é artesanal e por isso são utilizados equipamentos específicos de gelataria artesanal, adaptados à escala industrial permitindo um maior volume de produção. Apesar de a Santini S.A. produzir quatro tipos de gelados, uma vez que apenas um desses tipos é abordado neste trabalho, toda a descrição do processo de produção incide apenas sobre o gelado de base de nata. O fluxograma deste processo encontra-se representado na figura 1.3.

O processo produtivo inicia-se com a receção das mercadorias. Nesta etapa todas as matérias-primas são verificadas e armazenadas após remoção das embalagens. O armazenamento, dependendo do tipo de produto, é realizado a uma temperatura ambiente, de refrigeração ou de congelação.

A produção propriamente dita do gelado inicia-se com a preparação das matérias-primas (leite, nata e açúcar) à qual se segue a pesagem e batadura das mesmas de modo a criar uma mistura-base homogénea. Após batadura, a mistura-base é transferida para uma arca de refrigeração e é mantida entre 0 - 4°C, durante 30 - 60 minutos, até poder ser transformada em gelado propriamente dito. Segue-se a operação de congelação dinâmica onde a mistura-base é submetida a um abaixamento de temperatura nas produtoras de gelado, que promovem a batadura em parede fria. Esta etapa pode levar entre 10 - 15 minutos, dependendo do tipo de mistura-base e é controlada visualmente pelos operadores até o gelado adquirir as condições de consistência, brilho e cor desejáveis e ser extraído.

A extração do gelado das máquinas produtoras ocorre a aproximadamente -11°C, sendo feita com estas ainda em funcionamento e com recurso a pás próprias para o efeito. O gelado é então colocado em tubos de inox, previamente rotulados com a data de produção,

nome do produto e código interno de rastreio, e, após enchimento, são tapados com papel vegetal. Os gelados são armazenados numa arca de congelação entre  $-17^{\circ}\text{C}$  e  $-15^{\circ}\text{C}$  até serem distribuídos para as lojas. O transporte é realizado em veículos com caixa térmica a temperaturas entre os  $-17^{\circ}\text{C}$  e os  $-15^{\circ}\text{C}$ .

Uma vez na loja, os gelados são igualmente armazenados a uma temperatura entre os  $-17^{\circ}\text{C}$  e os  $-15^{\circ}\text{C}$ , até serem colocados em exposição no balcão de venda. Já no balcão os gelados são expostos a temperaturas entre os  $-15^{\circ}\text{C}$  e os  $-11^{\circ}\text{C}$  para assumirem uma textura mais cremosa e assim permitir uma melhor experiência de consumo. Cada tubo permanece para venda ao balcão até ao máximo de dois dias, prazo a partir do qual o gelado é rejeitado.

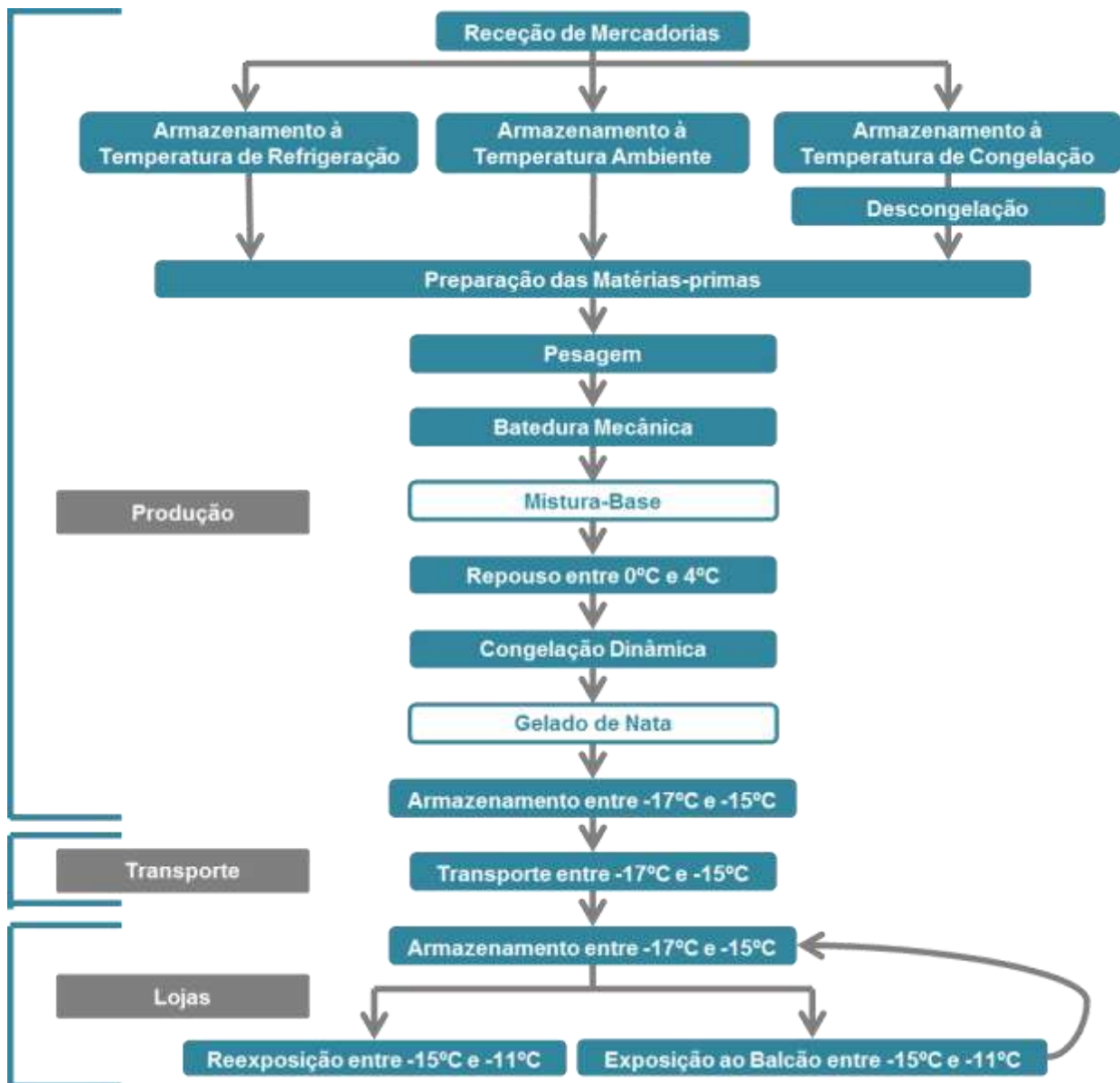


Figura 1.3 - Representação do fluxograma do processo de produção do gelado de base de nata Santini. Adaptado de Santini SA (2013a).

## 1.5 Plano de Trabalho e Objetivos

Este trabalho encontra-se dividido em duas partes. Na primeira parte foi produzido um gelado padrão de base de nata, representativo dos gelados sem adição de bebidas alcoólicas. Este gelado é, ao longo do trabalho, denominado como gelado controlo, ou abreviado como GC. Foram também produzidos quatro gelados de base de nata com a adição de diferentes teores de whisky. Estes gelados foram sujeitos a vários testes de modo a avaliar as alterações na estrutura de cada gelado em função do teor de whisky e do tempo de armazenamento.

De modo a avaliar a estabilidade dos gelados ao longo do tempo e tendo em conta o modo de produção da empresa de consumo a curto prazo, foram escolhidos três tempos de análise após a produção: 1, 14 e 28 dias. Ainda na primeira parte foi também traçado um perfil térmico de cada gelado de modo a perceber o impacto da adição de bebidas alcoólicas nas temperaturas de congelação e fusão dos gelados em estudo. Esta primeira fase teve como principais objetivos:

- Avaliar o impacto da adição de diferentes teores de bebida alcoólica na microestrutura dos gelados;
- Determinar o perfil térmico de cada gelado de modo a relacionar a adição de bebida alcoólica com a estabilidade do gelado;
- Determinar, num contexto de produção artesanal, o teor máximo de bebida alcoólica que é possível incorporar para que a estrutura do gelado permaneça estável.

Na segunda parte do trabalho, os gelados que apresentaram um perfil térmico compatível com as temperaturas de produção, armazenamento, distribuição e comercialização da empresa, e que apresentaram uma estrutura mais estável ao longo dos 28 dias de análise, voltaram a ser produzidos. Estes gelados foram submetidos a dois tipos de provas de análise sensorial, uma realizada por um painel de especialistas e outra por um painel de consumidores. Ambas as análises foram realizadas, de forma análoga à primeira parte do trabalho: no primeiro dia, após a produção e repetida 14 e 28 dias após a mesma. A segunda parte teve como principais objetivos:

- Avaliar as principais alterações a nível sensorial dos gelados com bebida alcoólica adicionada face ao gelado controlo;
- Avaliar, a nível sensorial, o impacto da incorporação de bebida alcoólica nos gelados ao longo do tempo;
- Estimar o tempo de prateleira dos gelados com adição de bebidas alcoólicas com base nas alterações físico-químicas e organoléticas sofridas ao longo do tempo;
- Avaliar a aceitabilidade e preferência de gelados com incorporação de bebidas alcoólicas, pelos consumidores, ao longo do tempo.



## 2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

### 2.1 Preparação do Gelado e Variações na Fórmula

A produção dos gelados ocorreu de acordo com o modo de produção descrito no ponto 1.4.1 da *Introdução*. Para a produção do gelado controlo foi feita uma mistura-base de 5 litros de gelado de base de nata composta apenas por leite, natas e açúcar e nas proporções da fórmula Santini, que por motivos de confidencialidade não é revelada. Após mistura dos ingredientes, a mistura-base do gelado foi colocada numa arca refrigerada, a 4°C, e aí permaneceu em repouso até ser direcionada para a operação de congelação dinâmica. A congelação dinâmica ocorreu em produtoras de gelado artesanais Cattabriga effe 6, durante o tempo necessário à obtenção de gelados com as características desejadas, normalmente entre 10 e 15 minutos. Após a operação de congelação dinâmica da mistura-base que deu origem ao gelado foi feita a extração do mesmo para um tubo de inox e este foi levado para a arca de congelação a -15°C.

Além do gelado controlo foram produzidos quatro outros gelados segundo o mesmo processo, com a particularidade de lhe terem sido adicionadas diferentes teores de whisky. O whisky foi incorporado à mistura-base após a batida da mistura-base de nata e antes de esta ser direcionada para a arca de refrigeração para repousar.

A adição do whisky a cada gelado foi feita de modo a que os gelados finais apresentassem respetivamente 1, 2, 3 e 4% de álcool. Estes teores alcoólicos foram escolhidos de modo a determinar o valor alcoólico ótimo e, simultaneamente, testar o valor máximo, referido na literatura por Whittaker (2001), que sugere a possibilidade de incorporar até 4% de álcool em gelados antes que a sua estrutura seja afetada. Na tabela 2.1 encontra-se descrito o teor de whisky adicionado a cada gelado e o respetivo teor de álcool estimado.

Ao longo do presente trabalho os quatro gelados de nata com adição de whisky são denominados por NW1, NW2, NW3 e NW4 consoante o seu teor em álcool seja respetivamente 1, 2, 3 ou 4%.

**Tabela 2.1 – Descrição do teor de whisky adicionado a cada gelado e o respetivo teor de álcool estimado.**

<b>Gelado</b>	<b>Teor de Whisky (%)</b>	<b>Teor de Álcool (%)</b>
<b>GC</b>	0	0
<b>NW1</b>	2,5	1
<b>NW2</b>	5	2
<b>NW3</b>	7,5	3
<b>NW4</b>	10	4

## 2.2 Caracterização da Composição do Gelado

Os dados relativos à composição do gelado, teor em proteínas, teor em matéria gorda, teor em açúcares totais, teor em álcool e o teor em humidade foram fornecidos pela Santini S.A., através de análises realizadas por uma entidade externa. Estas análises foram realizadas no dia 1 e dia 28 após a produção do gelado. O teor de humidade foi determinado de acordo com a NP 875 (1994), o teor de matéria gorda foi determinado de acordo com a NP 3294 (2005) através da técnica Röse-Gottlieb, o teor de proteínas foi determinado através de um método de combustão e o teor de açúcares foi determinado de acordo com a NP 1420 (1987) através do método Luff-Schoorl (Santini SA, 2013b).

A determinação do teor de sólidos solúveis totais (SST) foi realizada através do índice de refração medido com recurso a um refractómetro, Atago® pal-1. Esta técnica baseia-se na relação entre os índices refrativos a 20°C e a percentagem em massa dos sólidos solúveis totais presentes numa solução aquosa. Os seus resultados são expressos em graus Brix (°Brix). Esta determinação foi realizada numa sala climatizada a 20°C com recurso a um equipamento de ar condicionado. Esta determinação exigiu que o gelado fosse deixado a derreter até este atingir a temperatura de 20°C. Para a calibração do equipamento foi utilizada água destilada a 20°C. Este teste foi realizado em triplicado para cada gelado e realizou-se no dia 1 e 28 após a produção do mesmo.

### 2.2.1 Determinação do *Overrun* e Desestabilização da Gordura

O *overrun*, de acordo Wildmoser *et al.* (2004) e Hwang *et al.* (2009), representa o ar incorporado no gelado durante a operação de congelação dinâmica. O cálculo desta incorporação faz-se de acordo com a equação 2.1, onde *wa* refere-se ao peso do volume conhecido de mistura-base de gelado e *wb* refere-se ao peso do mesmo volume de gelado.

Neste trabalho a determinação do *overrun* dos gelados foi realizada de acordo com o método seguido por Wildmoser *et al.* (2004) e consistiu na recolha de 250 mL da mistura-base de gelado e 250 mL de gelado, seguida de pesagem de ambos os volumes. Os valores obtidos foram utilizados no cálculo do *overrun* através da equação 2.1. O teste foi realizado em triplicado para cada gelado.

$$\text{Overrun (\%)} = \frac{wa - wb}{wb} \times 100$$

**Equação 2.1 – Fórmula de cálculo do *overrun* no gelado (Hwang *et al.*, 2009).**

O Índice de Desestabilização da Gordura (IDG) foi determinado com base no método apresentado por Goff e Jordan (1989). Foram recolhidas pequenas amostras de 3 g de mistura-base de gelado e 3 g de gelado derretido e foram de seguida feitas diluições de 1:500. Após agitação as diluições foram deixadas em repouso por, pelo menos, 10 minutos e de seguida foi medida a absorvância da solução no espectrofotómetro UV-1800 SHIMADZU a 540 nm. A turbidez foi utilizada como indicador da desestabilização da gordura por aplicação da equação 2.2, na qual *A0* refere-se à absorvância da mistura-base do gelado e *Ab* refere-se à

absorvância do gelado derretido. Foi utilizada água destilada como branco para calibrar o equipamento. Este procedimento foi realizado em triplicado para cada gelado em análise.

$$IDG (\%) = \frac{(A0 - Ab)}{A0} \times 100$$

**Equação 2.2 – Fórmula de cálculo do Índice de Desestabilização da Gordura (Hwang *et al.*, 2009).**

## 2.3 Caracterização Avançada do Gelado

### 2.3.1 Teste do Derretimento

O teste do derretimento foi realizado com base numa adaptação do método utilizado por Sofjan e Hartel (2004) e Méndez-Velasco e Goff (2012b). Os gelados a analisar foram previamente temperados a -15°C, durante cerca de 16 horas e, após essa preparação foi recolhida e pesada, com recurso a uma balança digital (Lacor, Espanha), uma amostra de 130 g de gelado com um molde circular de plástico com 7 cm de diâmetro e 3,5 cm de altura. A amostra recolhida foi de seguida colocada sobre uma rede metálica, especialmente construída para o efeito, com pequenos furos, figura 2.1, de modo a permitir a escorrência do gelado diretamente para um recipiente de peso conhecido. A realização do teste do derretimento consistiu em deixar a amostra de gelado derreter em condições de temperatura controlada de 18°C ± 1. O teste decorreu, durante 90 minutos após a queda da primeira gota de gelado, e a massa de gelado derretido foi registada de dez em dez minutos. Este teste foi realizado em triplicado para cada gelado, no dia 1 após a produção, e repetido nos dois tempos de análise seguintes, dias 14 e 28.

A massa de gelado derretido a cada dez minutos foi utilizada na determinação da taxa de gelado derretido através da equação 2.3, onde o  $m_{D10}$  representa a massa de gelado derretido em cada dez minutos e  $m_T$  representa a massa de gelado total. Esta taxa é definida como a razão entre a massa de gelado derretido, em cada dez minutos, e a massa total de gelado.

$$\text{Taxa de gelado derretido (\%)} = \frac{m_{D10}}{m_T} * 100$$

**Equação 2.3 – Fórmula de cálculo da Taxa de Gelado Derretido a cada 10 minutos.**

Os resultados obtidos foram trabalhados de modo a obter a taxa de derretimento máximo de gelado e a percentagem total de gelado derretido ao fim de 90 minutos.

A determinação da taxa de derretimento máximo de gelado obteve-se por conversão da taxa de gelado derretido em cada dez minutos em taxa de gelado derretido por minuto. Esta taxa foi representada graficamente, em função do tempo, e a taxa de derretimento máxima de gelado foi determinada através da identificação, na curva ascendente do gráfico, do pico máximo de derretimento do gelado.

A percentagem total de gelado derretido foi determinada através da soma das percentagens de gelado derretido durante os 90 minutos que compõem o teste. Os resultados

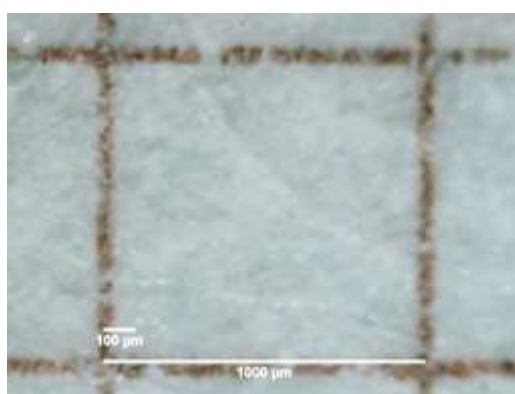
foram utilizados na comparação da taxa de derretimento máxima dos gelados e da percentagem total de gelado derretido.



**Figura 2.1 – Estrutura concebida para determinar o perfil de derretimento do gelado. Composta por uma rede metálica com pequenos furos e dois apoios em madeira.**

### 2.3.2 Microscopia Ótica

Neste trabalho o microscópio ótico foi utilizado para avaliar o tamanho e distribuição das bolhas de ar dos gelados assim como as suas variações ao longo do tempo. Foi também utilizado este equipamento para determinar o tamanho dos cristais de gelo e a sua variação ao longo do tempo. Para estas análises foi utilizado um microscópio ótico Bresser Biolux LCD equipado com uma câmara fotográfica.



**Figura 2.2 – Observação de um quadrado de 1 mm<sup>2</sup> de papel milimétrico ampliado 40x, para estabelecimento da escala.**

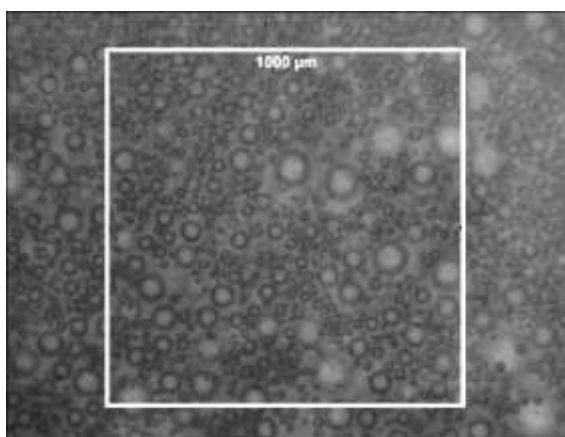
Para estabelecer uma escala que permitisse determinar o tamanho dos cristais de gelo e bolhas de ar foi utilizado um quadrado de papel milimétrico de 1 cm x 1 cm. Este papel foi colocado entre uma lâmina e uma lamela e observado ao microscópio numa ampliação de 40x. A observação foi fotografada e passada para um computador pessoal Toshiba Satellite L755-104 e, com recurso ao *software* de contagem de elementos em imagens de microscopia ótica, Image J 1.46r produzido por *National Institutes of Health, USA*, foi determinado o número de pixéis da imagem correspondente a um comprimento conhecido, neste caso um quadrado de papel milimétrico (1 mm x 1 mm). Assim, com a determinação do número de pixéis correspondentes a 1 mm (1000 µm) foi possível estabelecer a escala, indicada na figura 2.2. Uma vez definida a escala foi possível determinar o tamanho em micrómetros de qualquer

objeto presente nas imagens por conversão automática de pixéis em micrómetros, desde que as imagens apresentassem a mesma resolução.

Para determinar a distribuição das bolhas de ar utilizou-se como base a escala estabelecida e em cada imagem foi definido um quadrado de área conhecida ( $1 \text{ mm}^2$ ), exemplificado na figura 2.3, e foi contabilizado o número de bolhas de ar que se encontravam no interior da área estabelecida.

### 3.3.2.1 Bolhas de Ar

De modo a observar as bolhas de ar através do microscópio e assim determinar a sua distribuição de tamanhos bem como a sua dispersão na amostra foi adotado um método adaptado de Chang e Hartel (2002b) e Sofjan e Hartel (2004). Este método consistiu em colocar o microscópio numa arca de congelação previamente climatizada a uma temperatura de aproximadamente  $-6^\circ\text{C}$  de modo a permitir o derretimento parcial dos cristais de gelo e assim permitir a observação das bolhas de ar. As observações foram realizadas com uma ampliação de 40x. De acordo com Chang e Hartel (2002b) é necessária a visualização de pelo menos 250 bolhas de ar para permitir análise estatística e, por isso, foram preparadas três amostras de gelado, entre 0,2 e 0,5 mL, de modo a permitir uma contagem de, pelo menos 300 bolhas de ar. As amostras foram fotografadas e posteriormente analisadas com o *software* referido anteriormente de modo a medir o diâmetro das bolhas de ar. Esta análise foi realizada nos três tempos de análise, dia 1, 14 e 28 após a produção.



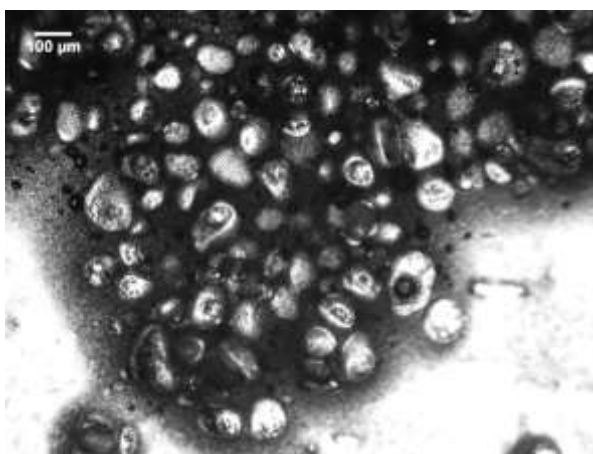
**Figura 2.3 – Observação de 40x de uma amostra de gelado com representação de um quadrado de área =  $1 \text{ mm}^2$  para contagem de bolhas de ar.**

Na determinação da quantidade de bolhas de ar, foram utilizadas as mesmas imagens que permitiram a determinação do tamanho das bolhas de ar, sendo que para esta avaliação foi definida uma área de  $1 \text{ mm}^2$ , como exemplificado na figura 2.3. Esta análise foi realizada em triplicado para todas as amostras no dia 1 após produção e foi repetida nos restantes dias em estudo (dia 14 e 28).

### 3.3.2.2 Cristais de Gelo

Na determinação das dimensões dos cristais de gelo foi utilizado um método semelhante ao utilizado para a determinação das dimensões das bolhas de ar. A diferença

reside na temperatura de climatização da arca de congelação que, neste caso, foi de aproximadamente  $-15^{\circ}\text{C}$ . As lâminas de microscopia foram previamente arrefecidas, bem como os materiais de recolha de gelado, de modo a não afetar a estrutura do gelado durante a recolha da amostra. Foram igualmente recolhidas três amostras de gelado, entre 0,2 e 0,5 mL, que foram posteriormente observadas a uma ampliação de 40x e fotografadas, como exemplificado na figura 2.4. Posteriormente procedeu-se à análise no mesmo *software* utilizado na determinação das dimensões das bolhas de ar, anteriormente referido, de modo a medir o diâmetro de 250 cristais de gelo. Devido ao facto de no dia 1, logo após a produção dos gelados, os cristais se encontrarem com dimensões demasiado reduzidas, não foi possível realizar o teste, tendo este sido apenas realizado nos dias 14 e 28 após a produção.



**Figura 2.4 – Exemplo de uma observação de 40x de uma amostra de gelado preparada de modo a permitir a observação dos cristais de gelo.**

### **2.3.3 Calorimetria Diferencial de Varrimento**

A calorimetria diferencial de varrimento foi realizada no aparelho DSC Q2000 da *TA Instruments*<sup>®</sup>. O controlo de temperatura foi assegurado pelo sistema de refrigeração RCS 90. A calibração do aparelho foi realizada com Índio de elevado grau de pureza. O método utilizado consistiu em inserir uma amostra de gelado, entre 5 e 15 mg, numa cápsula de alumínio, seguida de selagem hermética e, por fim, a cápsula foi colocada na célula calorimétrica. Em conjunto com a amostra foi também colocada uma cápsula de alumínio vazia igualmente selada a ser utilizada como referência. A amostra foi sujeita a um protocolo adaptado de Hwang *et al.* (2009) e Soukulis *et al.* (2009), e consistiu em, partindo dos  $30^{\circ}\text{C}$ , realizar dois ciclos compostos pelos seguintes passos: (1) arrefecimento até  $-90^{\circ}\text{C}$  a  $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ , (2) isotérmica durante 1 minuto a  $-90^{\circ}\text{C}$ , (3) aquecimento até  $30^{\circ}\text{C}$  a  $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$  e (4) isotérmica durante 1 minuto a  $30^{\circ}\text{C}$ . Cada ensaio foi realizado em triplicado para cada gelado em análise.

Os termogramas obtidos foram analisados no *software TA Universal Analysis 2000* versão 4.7A de modo a obter os dados relativos à cristalização e fusão (temperatura e respetiva entalpia) e à transição vítrea (temperatura e variação de capacidade calorífica). O ponto de congelação das amostras foi calculado a partir do pico mínimo das curvas endotérmicas.

## **2.4 Caracterização Sensorial do Gelado**

A análise Sensorial foi realizada por dois tipos de painéis de provadores. Um painel de especialistas em gelados, constituído por 6 colaboradores da Santini S.A. de ambos os sexos com idades compreendidas entre 24 e os 34 anos. O segundo painel constituído por 70 provadores de ambos os sexos com idades compreendidas entre os 18 e os 71 anos. Este painel era constituído por apreciadores de gelados.

### **2.4.1 Análise Sensorial Descritiva**

Na análise sensorial realizada com o painel de especialistas foi utilizado um método sensorial descritivo com o objetivo de avaliar a intensidade dos seguintes atributos sensoriais: Aparência, Aroma, Sabor e Textura. Cada provador avaliou uma amostra do gelado controlo e uma amostra dos gelados considerados mais estáveis durante os testes realizados na primeira parte do trabalho, numa escala de 6 categorias numéricas de 0 a 5, tendo em conta que a classificação 0 se referia a uma intensidade mínima e a classificação 5 à intensidade máxima associada a cada descritor.

Os provadores foram escolhidos devido à sua experiência em análise sensorial de gelados e encontravam-se familiarizados com a lista de descritores utilizados, disponível na tabela 6.1 do *Anexo 1*.

A análise foi realizada em condições de temperatura controlada, a 18°C, numa sala com luz artificial branca, paredes brancas, sem correntes de ar e sem cheiros ou odores fortes. As amostras avaliadas encontravam-se codificadas com um número aleatório composto por três dígitos e foram armazenadas nas arcas de congelação da Santini S.A. durante pelo menos 16 horas a -15°C antes da prova para garantir a homogeneidade das amostras. A prova decorreu sempre entre as 10 horas e as 12 horas da manhã de cada dia de provas e a cada provador foi fornecido um guardanapo e um copo de água para limpar o paladar entre a avaliação das amostras que foram servidas de modo aleatório.

A prova foi realizada no dia 1 e foi repetida nos dias 14 e 28 dias após a produção do gelado de modo a avaliar as alterações sensoriais que ocorrem ao longo de um mês de armazenamento. A folha de prova utilizada nesta prova encontra-se anexada ao presente trabalho, na figura 6.1 do *Anexo 2*.

### **2.4.2 Análise Sensorial Hedonista**

A análise sensorial hedonista foi realizada com recurso a elementos dos testes de preferência e dos testes de aceitabilidade com o objetivo de avaliar a aceitabilidade e preferência dos consumidores aos gelados com incorporação de uma bebida alcoólica. Foram selecionados 70 provadores de ambos os sexos que reunissem as seguintes condições: (a) ter idade superior a 18 anos e (b) não ter alergias ou intolerâncias alimentares.

Aos provadores foi pedido que avaliassem amostras dos dois gelados considerados mais estáveis durante os testes realizados na primeira parte do trabalho. As amostras foram armazenadas nas arcas congeladoras da Santini S.A. durante pelo menos 16 horas antes da

prova a -15°C para garantir a homogeneidade das mesmas, e foram codificadas com um número aleatório composto por três dígitos e apresentadas de modo aleatório aos provadores. Na primeira parte deste teste foi fornecido ao provador uma amostra de um dos gelados e foi solicitado que o provador avaliasse numa escala hedónica de 1 a 9 os atributos sabor e textura, sendo que a categoria 1 se referia à classificação “desgosto extremamente” e a categoria 9 se referia a “gosto extremamente”. De seguida foi fornecida a segunda amostra referente ao outro gelado e foi solicitado ao provador que avaliasse da mesma forma que o primeiro. Na segunda parte do teste foi pedido aos consumidores que indicassem o gelado preferido e a intenção de compra dos gelados. Por fim foi colocada, oralmente, a seguinte questão aos provadores: “Notou o sabor a bebida alcoólica em algum dos gelados?”. Em caso de resposta positiva para ambas as amostras era solicitado ao provador que identificasse a amostra em que tinha notado uma maior intensidade.

A análise sensorial hedónica foi realizada no primeiro dia após a produção e foi repetida aos dias 14 e 28. A folha de prova da análise sensorial hedónica encontra-se anexada na figura 6.2 do *Anexo 3*.

## **2.5 Análise Estatística**

A análise estatística foi realizada a todos os testes analíticos com recurso ao *software* Excel 2010 da Microsoft® de modo a fazer uma análise de variância (ANOVA) com fator único ou duplo de acordo com os dados em causa. A análise de variância foi complementada com o teste de Tukey de modo a avaliar a existência de diferenças significativas entre as amostras. Foi utilizado um nível de significância de 5% para todos os testes. Na análise dos resultados foram realizadas também regressões com um nível de significância de 5% e correlações de Pearson através do *software* Excel 2010 da Microsoft®.

Na análise de dados multivariados utilizou-se o *software* Statistica® (versão 7 - Copyright © StatSoft, INC Tulsa, OK, USA) para efetuar a Análise de Componentes Principais (ACP) e a Classificação Hierárquica.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Produção dos Gelados

Os gelados foram produzidos de acordo com o previsto no *Procedimento Experimental* e de acordo com as variações na fórmula definidas na tabela 2.1. Durante a produção, devido à dificuldade em criar um gelado estável nos intervalos de tempo e temperatura normais, nos gelados NW3 e NW4, os operadores consideraram necessário adaptar estes parâmetros de produção de forma a obter um produto com as características desejáveis para um gelado. Estas alterações encontram-se descritas na tabela 3.1. Nos gelados NW1 e NW2, a produção decorreu de modo idêntico à do GC, sendo que a única diferença residiu no tempo de permanência destes gelados na operação de congelação dinâmica, que em ambos os gelados durou mais 30 segundos. Nos gelados NW3 e NW4 foi utilizada uma temperatura de produção de -27°C, que é inferior à utilizada normalmente na produção dos gelados, de -22°C. Foi também reduzido o tempo de produção do gelado NW4 em dois minutos por os operadores terem considerado que o gelado NW3, cuja operação de congelação dinâmica durou 17 minutos, ter apresentado um aspeto demasiado seco. A opção de manter em estudo os gelados NW3 e NW4, apesar das diferentes condições de produção referidas anteriormente, justifica-se com o facto de não ter sido possível obter gelados com as características desejáveis às normais condições de produção, com aquele teor de whisky. Foi assim possível prosseguir o estudo de acordo com o procedimento estabelecido. Estes gelados permitiram assim obter dados adicionais aplicáveis diretamente à produção Santini.

**Tabela 3.1 – Tempo (minutos) e temperatura (°C) utilizada para a realização da operação de congelação dinâmica nos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4.**

Gelado	Tempo de Produção (minutos)	Temperatura de Produção (°C)
GC	11	- 22
NW1	11,5	- 22
NW2	11,5	- 22
NW3	17	- 27
NW4	15	- 27

#### 3.2 Caracterização da Composição do Gelado

##### 3.2.1 Composição Química dos Gelados

Como foi referido no *Procedimento Experimental*, a determinação da composição dos gelados no dia 1 e no dia 28 após a produção foi realizada por uma empresa contratada pela Santini S.A.. A composição dos gelados, disponibilizada pela Santini S.A., encontra-se descrita na tabela 3.2. Estes resultados apresentam a variação da composição entre os gelados em

estudo bem como as suas respetivas variações do dia 1 para o dia 28. Os resultados das análises realizadas pelo laboratório externo, já discriminadas no *Procedimento Experimental*, referem-se a valores médios.

Os resultados do teor em humidade mostraram, de acordo com a uma análise de variância, um aumento significativo entre os dias 1 e 28 ( $p \leq 0,05$ ). Assume-se que este aumento possa estar relacionado com a oxidação da matéria gorda. Este aumento não está relacionado com a adição de whisky, dado que o GC também revelou um aumento no teor em humidade.

**Tabela 3.2 – Composição (%) dos gelados em estudo no dia 1 e 28 após a produção. A composição foi avaliada quanto ao teor em humidade, proteínas, matéria gorda, açúcares totais e álcool. Os dados foram fornecidos pela Santini S.A. e encontram-se sobre a forma de valores médios. As letras (r - s) em cada parâmetro revelam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre os dias 1 e 28.**

Gelado	Humidade (%)		Proteína (%)		Matéria Gorda (%)		Açúcares Totais (%)		Álcool (%)
	Dia 1 <sup>s</sup>	Dia 28 <sup>r</sup>	Dia 1 <sup>r</sup>	Dia 28 <sup>r</sup>	Dia 1 <sup>r</sup>	Dia 28 <sup>s</sup>	Dia 1 <sup>r</sup>	Dia 28 <sup>r</sup>	Dia 28
<b>GC</b>	59,6	62,3	2,2	2,0	14,0	9,2	25,3	21,9	<0,1
<b>NW1</b>	58,1	60,0	1,8	1,8	13,3	12,9	26,3	25,5	0,8
<b>NW2</b>	56,7	59,6	2,2	1,8	13,3	11,6	28,3	26,2	1,4
<b>NW3</b>	59,2	61,3	1,7	1,9	15,6	8,9	24,6	24,1	2,1
<b>NW4</b>	60,4	61,3	1,9	1,8	14,8	9,8	23,4	23,3	2,8

O teor em proteínas é, de acordo com os resultados, bastante próximo nos cinco gelados em ambos os dias, não apresentando diferenças significativas entre os dias 1 e 28 ( $p > 0,05$ ).

O teor em matéria gorda, de acordo com os resultados, diminuiu significativamente ( $p \leq 0,05$ ) entre os dias 1 e 28. Assume-se que esta diminuição relacionada com a oxidação da matéria gorda. Atendendo ao facto de o GC, sem adição de whisky, ter apresentado também uma redução no teor em matéria gorda, assume-se que o teor de álcool não tenha contribuído para esta diminuição.

O teor médio em açúcares totais nos gelados apresentou uma tendência decrescente entre os dias 1 e 28, no entanto esta variação não foi significativa ( $p > 0,05$ ).

O teor em álcool nos gelados, resultante da adição de whisky à fórmula, apresentou, no dia 28, uma redução face ao teor inicial estimado, no entanto esta redução não foi significativa ( $p > 0,05$ ). Esta tendência de diminuição do teor em álcool poderá estar associada à volatilização do etanol durante o período de armazenamento.

Ao observar os resultados obtidos na determinação do teor de sólidos solúveis totais (SST), representados na tabela 3.3, é possível verificar que tanto no dia 1 como no dia 28 houve um ligeiro decréscimo no teor de SST nos gelados com o teor crescente de whisky adicionado aos gelados. Esta tendência é corroborada pela existência de uma correlação

linear<sup>3</sup> negativa muito forte no dia 1 ( $r = -0,95$ ) e no dia 28 ( $r = -0,96$ ) entre o teor de SST nos gelados e a adição de whisky aos mesmos. A influência da adição de whisky no teor de SST dos gelados pode dever-se à composição do whisky que, de acordo com a tabela de composição dos alimentos do instituto nacional de saúde Dr. Ricardo Jorge (INSA, 2006), é maioritariamente composto por água (68,3%). Esta composição pode ter levado à diluição dos SST presentes nos gelados e levado a uma leitura inferior dos SST com a adição de maiores quantidades de whisky.

Através de uma análise de variância e teste de Tukey verificou-se que no dia 1 o GC apresentou um teor de SST significativamente superior ( $p \leq 0,05$ ) ao dos restantes gelados. Ainda no dia 1 os gelados NW1 e NW2 não apresentaram diferenças significativas entre si ( $p > 0,05$ ), assim como os gelados NW3 e NW4 ( $p > 0,05$ ). Do dia 1 para o dia 28 apenas o GC e os gelados NW3 e NW4 apresentaram uma diminuição estatisticamente significativa ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela 3.3 – Composição em sólidos solúveis totais (°Brix) dos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4 no dia 1 e no dia 28 após a produção. As letras diferentes (a – c) em cada coluna representam diferenças significativas entre gelados ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey e as letras diferentes (r – s) em cada linha representam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) do dia 1 para o dia 28 em cada gelado pelo mesmo teste. Os valores apresentados representam a média de três repetições  $\pm$  EP.**

Gelado	Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	
	Dia 1	Dia 28
GC	36,7 $\pm$ 0,7 <sup>ar</sup>	36,1 $\pm$ 0,1 <sup>as</sup>
NW1	35,8 $\pm$ 0,5 <sup>br</sup>	35,5 $\pm$ 0,1 <sup>abr</sup>
NW2	35,1 $\pm$ 0,3 <sup>br</sup>	35,3 $\pm$ 0,1 <sup>br</sup>
NW3	34,0 $\pm$ 0,2 <sup>cr</sup>	33,8 $\pm$ 0,2 <sup>cs</sup>
NW4	34,3 $\pm$ 0,1 <sup>cr</sup>	33,7 $\pm$ 0,0 <sup>cs</sup>

### 3.2.2 Determinação do *Overrun*

Os resultados da determinação do *overrun* encontram-se descritos na figura 3.1. Ao analisar estes resultados é possível verificar que o *overrun* do gelado de nata Santini é, de acordo com este estudo, de 31,4%, isto significa que 31,4% do volume total de gelado é ar. É também possível verificar que os gelados com maior teor de whisky apresentaram um menor *overrun*. Esta tendência é corroborada pela existência de uma correlação linear negativa muito forte ( $r = -0,98$ ) entre o *overrun* e o teor de whisky nos gelados. Esta tendência pode dever-se ao abaixamento do ponto de congelação da mistura-base que, por conter álcool, ocorre a temperaturas mais baixas. Um ponto de congelação mais baixo não permite criar as forças de cisalhamento necessárias para a obtenção das condições de viscosidade da mistura-base adequadas a uma maior incorporação de ar no gelado, tal como sugerem Sofjan e Hartel (2004). Devem, no entanto, ser tidos em conta outros fatores que afetam a incorporação de ar no gelado como a desestabilização da gordura que é responsável por aumentar a viscosidade

<sup>3</sup> A tabela 6.3 do Anexo 7 fornece os resultados do estudo estatístico de correlação linear de Pearson para os diferentes resultados determinados ao longo do presente estudo.

e conseqüentemente as forças de cisalhamento durante a operação de congelação dinâmica garantindo uma maior estabilidade das bolhas de ar incorporadas, o que vai ao encontro do referido por Chang e Hartel (2002a).

Através da análise estatística de variância e teste de Tukey é possível verificar que apenas os gelados NW2 e NW3 não apresentaram um *overrun* significativamente diferente ( $p > 0,05$ ). O maior IDG obtido no gelado NW3, visível na figura 3.2, possivelmente devido às condições de congelação dinâmica diferentes, visíveis na tabela 3.1, é uma das possíveis explicações para este gelado ter obtido uma incorporação de ar mais próxima do gelado NW2.

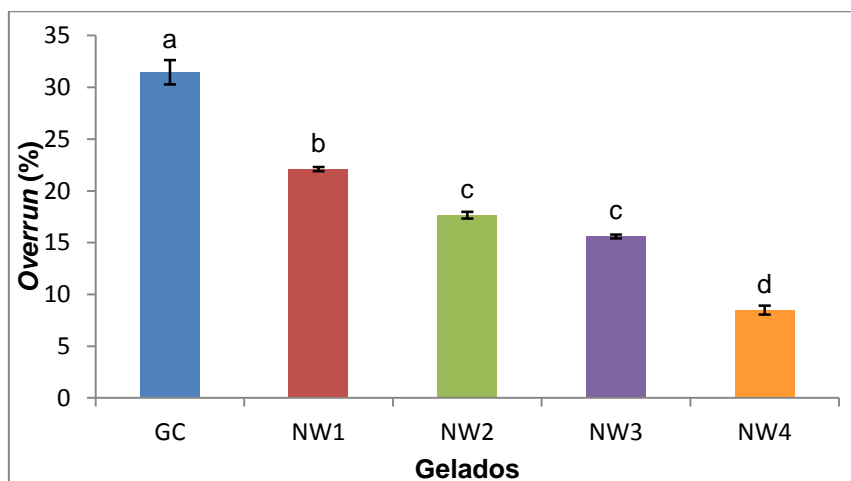


Figura 3.1 – Variação do *overrun* (%) nos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4. As letras (a - d) representam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre amostras pelo teste de Tukey. Cada barra representa a média de 3 repetições e as barras de erro representam o EP.

Os gelados estudados neste trabalho apresentaram valores de *overrun* abaixo dos referidos na literatura para gelados sem emulsionantes. De acordo com dois estudos realizados por Muse e Hartel (2004) e Hwang *et al.* (2009), onde foi determinado o *overrun* em gelados com e sem adição de emulsionantes, é possível verificar que na ausência destes na mistura-base de um gelado, o *overrun* varia aproximadamente entre 50% e 60%. Os valores de *overrun* obtidos nos cinco gelados em estudo não coincidiram com os reportados nos estudos citados, no entanto, o GC e o gelado NW1 apresentaram um *overrun* coincidente com o descrito na literatura para gelados de origem artesanal, entre 20 e 40%, conforme descrito na *Introdução*. Esta diferença face aos estudos referidos pode dever-se à ausência da operação de homogeneização ou ao tipo de máquina congeladora utilizada na produção dos gelados.

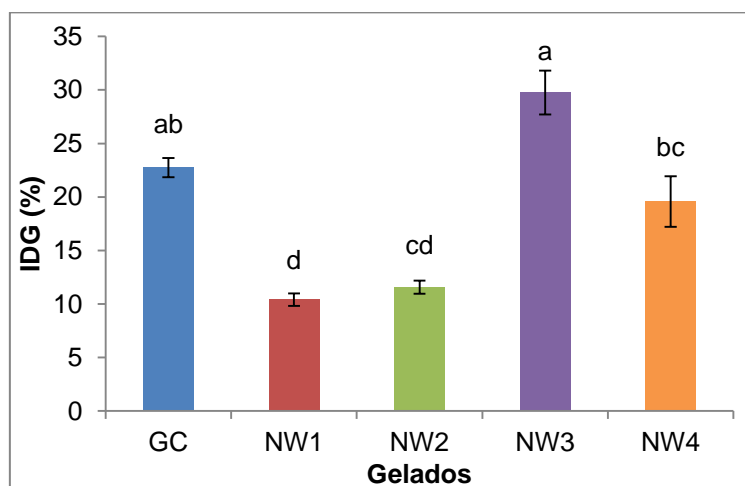
A incorporação de ar nos gelados afeta, além da sua estabilidade estrutural, as suas propriedades organoléticas, nomeadamente a suavidade e cremosidade durante o consumo. Face aos resultados obtidos é de esperar que os gelados com menor *overrun* apresentem um derretimento mais rápido e uma textura menos suave e cremosa.

### 3.2.3 Determinação do Índice de Desestabilização da Gordura

Os resultados da determinação do índice de desestabilização da gordura encontram-se representados na figura 3.2. Ao observar os resultados obtidos nesta determinação é possível

verificar que o GC apresenta um IDG de 22,7% significativamente superior ( $p \leq 0,05$ ) ao dos gelados NW1 e NW2 que apresentam respectivamente 10,4% e 11,6%. No gelado NW3 o IDG determinado foi de 29,8% e no gelado NW4 de 19,6%.

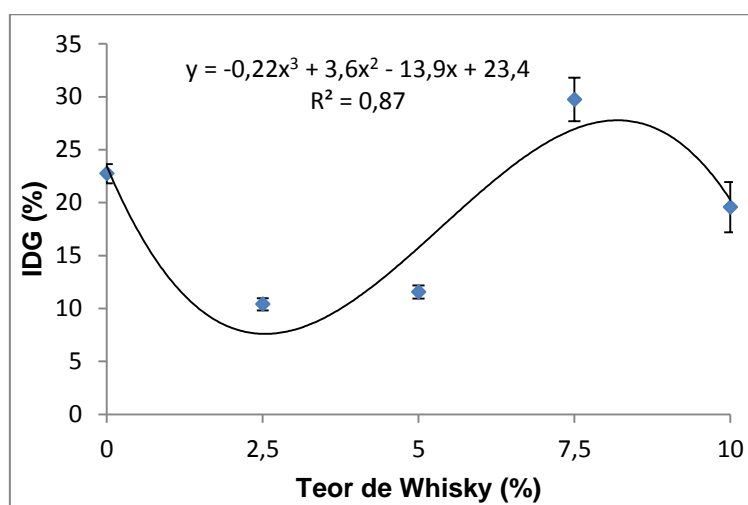
De acordo com vários estudos, onde é feita a determinação do IDG em gelados sem adição de emulsionantes, são referidos Índices de desestabilização da gordura que variam aproximadamente entre 6% (Segall e Goff, 2002) e os 10% (Goff e Jordan, 1989) quando sujeitos a 10 minutos de congelação dinâmica, e entre os 10% (Chang e Hartel, 2002c) e os 20% quando esta operação dura 15 minutos (Goff e Jordan, 1989). O GC, com 11 minutos de congelação dinâmica, apresentou um IDG maior (22,7%) face aos valores descritos na literatura para gelados sem emulsionantes, no entanto, um pouco abaixo do IDG referido por Clarke (2004b), de 30% para gelados com emulsionantes. Já os gelados NW1 e NW2, ambos com 11 minutos e meio de congelação dinâmica, apresentaram valores mais próximos dos descritos na literatura para gelados sem adição de emulsionantes. Uma vez que o GC e os gelados NW1 e NW2 foram produzidos praticamente sob as mesmas condições, assume-se que a diferença estatisticamente significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre o GC e os gelados NW1 e NW2, determinada por análise de variância e teste de Tukey, se deva à adição de whisky à sua fórmula. A comparação do IDG dos gelados NW3 e NW4 com os restantes torna-se difícil, devido à existência de vários fatores que variaram na produção dos mesmos.



**Figura 3.2 – Índice de Desestabilização da Gordura (%) nos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4 determinado por espectrofotometria através de variação da turbidez. Cada barra representa a média de três repetições e as barras de erro representam o EP. As letras (a - d) representam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre amostras pelo teste de Tukey.**

Ao submeter os resultados do IDG a uma regressão verificou-se, através do coeficiente de determinação, que a equação que melhor representa os resultados é uma equação polinomial de 3.º grau ( $R^2 = 0,87$ ). As inversões do gráfico da regressão polinomial de 3.º grau, representada na figura 3.3, devem-se provavelmente às condições de produção dos gelados, descritas na tabela 3.1. Uma vez que as condições de produção foram relativamente semelhantes no gelado sem adição de whisky e nos gelados com 2,5% (NW1) e 5% (NW2) de whisky, assume-se que a adição desta bebida possa ter provocado uma diminuição na viscosidade e no ponto de congelação da mistura-base do gelado, levando a que as forças de

cisalhamento fossem reduzidas e não tenham permitido um maior IDG. No gelado com incorporação de 7,5% de whisky (NW3), a temperatura de produção foi reduzida para -27°C e a operação de congelação dinâmica durou 17 minutos, mais 5 minutos e 30 segundos face aos gelados com 2,5% e 5% de whisky. Estas condições podem estar na origem de uma maior desestabilização da gordura. No gelado com incorporação de 10% de whisky (NW4), a temperatura de produção manteve-se igual à do gelado com 7,5% de whisky (-27°C), no entanto a duração da operação de produção foi reduzida em dois minutos para 15 minutos face ao gelado com 7,5% de whisky. Assim assume-se que a segunda inversão do gráfico possa estar relacionada com a redução da duração da operação de congelação dinâmica, que levou a que o IDG do gelado com 10% de whisky tenha apresentado um IDG inferior ao do gelado com 7,5% de whisky.



**Figura 3.3 – Regressão polinomial de 3.º grau do Índice de Desestabilização da Gordura (%) em função do Teor de Whisky (%) com indicação da equação da regressão e coeficiente de determinação ( $R^2$ ).**

O IDG é um importante parâmetro na avaliação da extensão da desestabilização da gordura que é responsável pela formação da rede de gordura que dá estrutura e estabilidade ao gelado. Esta estrutura, de acordo com Segall e Goff (2002), é responsável por estabilizar as bolhas de ar e incorporar a matriz aquosa, retardando o seu escorrimento. Assim, a um elevado IDG estão normalmente associados elevados níveis de *overrun* e uma reduzida taxa de derretimento. Um baixo IDG em gelados sem adição de emulsionantes, de acordo com Segall e Goff (2002), deve-se à camada de proteínas que cobre os glóbulos de gordura impedindo a sua aproximação e consequente coalescência parcial. A este tipo de gelados estão associados a um baixo nível de *overrun* e a maiores taxas de derretimento devido à rede de gordura formada não ser suficiente para estabilizar as bolhas de ar e retardar a escorrência da matriz aquosa. Nos gelados com adição de bebidas alcoólicas o IDG pode ser potenciado através da adição de emulsionantes à fórmula dos gelados. Outra hipótese passa por aumentar a duração da operação de congelação dinâmica que, como foi exemplificado no gelado NW3, pode permitir obter um maior IDG.

Além dos emulsionantes e das condições de congelação dinâmica, Goff e Hartel (2013d) referem a existência de outros fatores que afetam a extensão da desestabilização da

gordura nomeadamente a quantidade de gordura total, a distribuição de tamanhos dos glóbulos de gordura, o teor de gordura parcialmente cristalizada na mistura-base à entrada na produtora de gelados e o tipo de proteínas presentes no interface da gordura.

### 3.3 Caracterização Avançada do Gelado

#### 3.3.1 Perfil de Derretimento

Os dados obtidos ao longo dos 90 minutos do teste do derretimento encontram-se na tabela 6.2 do *Anexo 4*. Estes dados forneceram informações quanto à taxa de derretimento (%/min) de cada gelado, representada graficamente na figura 6.3 do *Anexo 4*. A identificação do pico máximo do derretimento localizado na curva ascendente permitiu determinar a taxa de derretimento máximo, descrito na tabela 3.4. Os dados presentes na tabela 6.2 do *Anexo 4* permitiram determinar o gelado derretido total (%) ao fim de 90 minutos dos gelados em estudo, e os resultados encontram-se descritos na tabela 3.5.

Os resultados da taxa de derretimento máximo, descrita na tabela 3.4, mostram a existência de um aumento significativo ( $p \leq 0,05$ ) nos gelados com maior teor de whisky. Este aumento é corroborado com a existência de uma correlação linear positiva muito forte ( $r = 0,99$ ) entre o teor de whisky e a taxa de derretimento máximo no dia 1. Ao longo dos 28 dias do ensaio, apenas os gelados NW1 e NW2 apresentaram variações estatisticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela 3.4 – Taxa de Derretimento Máximo (%/minuto) do GC e dos gelados NW1, NW2, NW3 e NW4 ao longo do tempo. As letras (a – d) em cada coluna representam diferenças significativas entre gelados ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey e as letras (r – s) em cada linha representam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) para o mesmo gelado ao longo do tempo pelo mesmo teste. Os valores apresentados representam a média de três repetições  $\pm$  EP.**

Gelado	Dia 1	Dia 14	Dia 28
<b>GC</b>	1,0 $\pm$ 0,0 <sup>dr</sup>	1,1 $\pm$ 0,0 <sup>br</sup>	1,2 $\pm$ 0,1 <sup>cr</sup>
<b>NW1</b>	1,3 $\pm$ 0,0 <sup>cds</sup>	1,6 $\pm$ 0,0 <sup>ar</sup>	1,6 $\pm$ 0,0 <sup>abr</sup>
<b>NW2</b>	1,5 $\pm$ 0,0 <sup>bcs</sup>	1,8 $\pm$ 0,1 <sup>ar</sup>	1,5 $\pm$ 0,0 <sup>bs</sup>
<b>NW3</b>	1,6 $\pm$ 0,1 <sup>br</sup>	1,7 $\pm$ 0,1 <sup>ar</sup>	1,7 $\pm$ 0,1 <sup>abr</sup>
<b>NW4</b>	1,9 $\pm$ 0,1 <sup>ar</sup>	1,7 $\pm$ 0,0 <sup>ar</sup>	1,8 $\pm$ 0,2 <sup>ar</sup>

A taxa de derretimento máximo do GC no dia 1 é bastante próxima ao referido num estudo realizado por Segal e Goff (2002) onde foi determinada a taxa de derretimento de gelados com e sem a adição emulsionantes, tendo-se obtido um valor de 0,2%/min e 0,9%/min respetivamente em gelados com e sem adição de emulsionantes.

Além da correlação linear verificada entre o teor de whisky e a taxa de derretimento máximo do gelado foi também identificada uma correlação linear negativa muito forte ( $r = -0,99$ ) entre o *overrun* e a taxa de derretimento máximo. Isto mostra que a incorporação de ar pode ser um dos principais responsáveis por afetar a taxa de derretimento máximo.

Ao analisar o derretimento total descrito na tabela 3.5 é possível verificar que este tende a aumentar ao longo do tempo para cada gelado. De acordo com a análise de variância e teste de Tukey verificou-se que os gelados NW1, NW2 e NW4 apresentaram um derretimento significativamente maior ( $p \leq 0,05$ ) ao longo do tempo. No entanto isso não ocorreu no GC e no gelado NW3. Estes resultados mostram também que o GC apresentou, em todos os tempos de análise, um derretimento significativamente inferior ( $p \leq 0,05$ ) a todos os outros gelados. Isto significa que a adição de whisky, nas proporções estudadas, afetou significativamente ( $p \leq 0,05$ ) a estabilidade dos gelados, levando a que o seu derretimento fosse maior. Esta influência é corroborada pela existência de uma correlação linear positiva forte ( $r = 0,81$ ) entre o teor de whisky, no primeiro dia de análise, e o gelado derretido total no mesmo dia.

**Tabela 3.5 – Gelado Derretido Total (%) ao fim dos 90 minutos do teste do derretimento dos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4 nos dias 1, 14 e 28 após a produção. As letras (a – d) em cada coluna representam diferenças significativas entre gelados ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey e as letras (r – s) em cada linha representam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) para o mesmo gelado ao longo do tempo, pelo mesmo teste. Os valores apresentados representam a média de três repetições  $\pm$  EP.**

Gelado	Dia 1	Dia 14	Dia 28
GC	67,2 $\pm$ 0,6 <sup>cr</sup>	69,0 $\pm$ 0,9 <sup>dr</sup>	71,0 $\pm$ 0,8 <sup>dr</sup>
NW1	78,0 $\pm$ 1,0 <sup>bs</sup>	80,5 $\pm$ 0,9 <sup>bcrs</sup>	84,4 $\pm$ 0,2 <sup>bcr</sup>
NW2	82,6 $\pm$ 0,2 <sup>abs</sup>	87,2 $\pm$ 0,4 <sup>ar</sup>	86,9 $\pm$ 1,0 <sup>abr</sup>
NW3	78,7 $\pm$ 1,5 <sup>br</sup>	79,5 $\pm$ 1,1 <sup>cr</sup>	81,8 $\pm$ 2,2 <sup>cr</sup>
NW4	83,6 $\pm$ 0,4 <sup>as</sup>	85,0 $\pm$ 0,8 <sup>abs</sup>	91,5 $\pm$ 0,4 <sup>ar</sup>

O gelado NW3, de acordo com a tabela 3.5, apresentou um derretimento significativamente inferior ( $p \leq 0,05$ ) ao apresentado pelo gelado NW2 nos dias 14 e 28. Este resultado pode dever-se à desestabilização da gordura que é referida por Muse e Hartel (2004) e Segall e Goff (2002) como um dos principais fatores que afetam o derretimento. Visto que os gelados NW3 e GC apresentaram um IDG superior ao dos restantes gelados, conforme evidente na figura 3.2, assume-se que o IDG tenha sido o principal responsável por um derretimento inferior no gelado NW3 face ao NW2. É importante salientar, conforme discutido anteriormente, que o gelado NW3 esteve sujeito a uma maior duração da etapa de congelação dinâmica, com implicações no IDG.

O impacto do IDG no derretimento total é reforçado pelo facto de tanto o GC como o gelado NW3 não terem apresentado uma variação do derretimento total significativa ( $p > 0,05$ ) ao longo dos 28 dias de análise, mostrando uma maior estabilidade ao longo do tempo.

Uma vez que é desejável um derretimento lento, o resultado observado no gelado NW3 permitiu destacar a importância da desestabilização da gordura na estabilidade de um gelado e, mais concretamente no contexto deste trabalho, na estabilidade de gelados com incorporação de bebidas alcoólicas. Desta forma, em fórmulas em que é incorporado álcool, deverá favorecer-se um maior IDG, nomeadamente através de uma operação de congelação dinâmica mais prolongada.

Verificou-se igualmente a existência de uma correlação linear negativa muito forte entre o derretimento total no dia 1 e o *overrun* nos gelados ( $r = -0,91$ ). Esta relação é também referida por Segall e Goff (2002), que apontam o *overrun* como um dos principais fatores que afetam o derretimento. Este teste permitiu assim detetar os prováveis fatores responsáveis pela extensão do derretimento, que foram o teor de whisky, o *overrun* e o IDG.

### 3.3.2 Microscopia Ótica

#### 3.3.2.1 Bolhas de Ar

A análise microscópica dos gelados, realizada através da observação de imagens dos mesmos, obtidas por microscopia ótica, das quais se apresentam exemplos na figura 6.4 do Anexo 5, permitiu determinar o tamanho das bolhas de ar assim como quantificar o número de bolhas de ar existentes por unidade de área ao longo do tempo em que decorreu o estudo.

A distribuição de tamanhos das bolhas de ar de cada gelado, ao longo do tempo, encontram-se representadas graficamente na figura 6.5 do Anexo 5, e os respetivos valores médios encontram-se descritos na tabela 3.6. Ao observar estes resultados é possível verificar que, de um modo geral, o tamanho médio das bolhas de ar aumenta com a adição de whisky aos gelados, à exceção do gelado NW1 no dia 1 e 14. Esta tendência é corroborada pela existência de uma correlação linear positiva muito forte ( $r = 0,90$ ) entre a incorporação de whisky nos gelados e o tamanho das bolhas de ar no dia 1.

**Tabela 3.6 – Tamanho médio das bolhas de ar ( $\mu\text{m}$ ) dos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4 nos dias 1, 14 e 28 após a produção. As letras (a – d) em cada coluna representam diferenças significativas entre gelados ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey e as letras (r – t) em cada linha representam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) para o mesmo gelado ao longo do tempo, pelo mesmo teste. Os valores apresentados referem-se à média de três repetições  $\pm$  EP.**

Gelado	Dia 1	Dia 14	Dia 28
GC	16,9 $\pm$ 0,5 <sup>bt</sup>	23,1 $\pm$ 0,9 <sup>cs</sup>	30,4 $\pm$ 1,1 <sup>br</sup>
NW1	14,8 $\pm$ 0,5 <sup>bs</sup>	17,7 $\pm$ 0,7 <sup>ds</sup>	34,2 $\pm$ 1,1 <sup>bar</sup>
NW2	18,1 $\pm$ 0,7 <sup>bs</sup>	21,1 $\pm$ 0,8 <sup>cs</sup>	33,6 $\pm$ 1,0 <sup>bar</sup>
NW3	25,9 $\pm$ 1,2 <sup>as</sup>	28,5 $\pm$ 0,9 <sup>bs</sup>	34,1 $\pm$ 1,0 <sup>bar</sup>
NW4	27,6 $\pm$ 1,0 <sup>as</sup>	34,3 $\pm$ 1,5 <sup>ar</sup>	34,8 $\pm$ 1,1 <sup>ar</sup>

Os resultados da análise de variância e teste de Tukey, descritos na tabela 3.6, mostram que, no dia 1, entre o GC e os gelados NW1 e NW2, o tamanho médio das bolhas de ar não foi significativamente diferente ( $p > 0,05$ ). Os gelados NW3 e NW4, que não apresentaram uma diferença significativa entre si ( $p > 0,05$ ), apresentaram um aumento significativo ( $p \leq 0,05$ ) do tamanho das bolhas de ar face ao GC e aos gelados NW1 e NW2. No dia 14 todos os gelados apresentaram um tamanho médio das bolhas de ar significativamente diferente ( $p \leq 0,05$ ), à exceção do GC e do gelado NW2. No dia 28 o tamanho médio das bolhas de ar estabilizou e apenas o GC e o gelado NW4 apresentaram uma diferença significativa entre si ( $p \leq 0,05$ ).

Os resultados mostraram também que, no geral, o tamanho médio das bolhas de ar aumentou ao longo do tempo em todos os gelados. Ao analisar individualmente cada gelado verificou-se que o tamanho médio das bolhas de ar do GC aumentou significativamente ( $p \leq 0,05$ ) nos três tempos de análise, já os gelados NW1, NW2 e NW3 apresentaram um aumento significativo ( $p \leq 0,05$ ) apenas do dia 14 para o dia 28. Por sua vez o gelado NW4 apresentou um crescimento significativo do tamanho médio das bolhas de ar ( $p \leq 0,05$ ) do dia 1 para o dia 14. Estes resultados mostram que os gelados NW1, NW2 e NW3 apresentam uma variação do tamanho das bolhas de ar semelhante ao longo do tempo. Já o gelado NW4 apresentou uma grande instabilidade ao longo do tempo já que as suas bolhas de ar aumentaram rapidamente de tamanho nos primeiros dias.

Ao comparar o tamanho médio das bolhas de ar dos gelados em estudo com os valores referidos na literatura, verifica-se que o tamanho das bolhas de ar de todos os gelados nos três tempos encontra-se dentro do intervalo esperado, de acordo com o referido por Goff e Hartel (2013g), que referem uma variação entre 20 e 40  $\mu\text{m}$ . Já Muse e Hartel (2004), num estudo realizado com gelados sem adição de estabilizantes e emulsionantes, obtiveram um tamanho médio das bolhas de ar que variou entre aproximadamente 20 e 22  $\mu\text{m}$ . Nos gelados estudados estas dimensões foram obtidas nos gelados GC, NW1 e NW2 até ao dia 14.

O tamanho médio das bolhas de ar no dia 1 apresentou também uma correlação linear positiva forte ( $r = 0,83$ ) com a taxa de derretimento máximo no dia 1. Esta correlação linear mostra que o aumento do tamanho médio das bolhas de ar pode contribuir para uma maior taxa de derretimento nos gelados. Assim, tendo em conta os resultados da taxa de derretimento máximo, assume-se que além da incorporação de ar nos gelados, o tamanho das bolhas pode ser outro dos fatores que afetam a taxa de derretimento.

**Tabela 3.7 - Número médio das bolhas de ar por 1 mm<sup>2</sup> dos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4 nos dias 1, 14 e 28 após a produção. As letras (a – b) em cada coluna representam diferenças significativas entre gelados ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey assim como as letras (r – s) em cada linha representam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) para o mesmo gelado ao longo do tempo, pelo mesmo teste. Os valores apresentados referem-se à média de três repetições  $\pm$  EP.**

Gelado	Dia 1	Dia 14	Dia 28
GC	572 $\pm$ 21 <sup>ar</sup>	547 $\pm$ 19 <sup>ar</sup>	310 $\pm$ 19 <sup>as</sup>
NW1	563 $\pm$ 26 <sup>ar</sup>	469 $\pm$ 28 <sup>as</sup>	299 $\pm$ 24 <sup>at</sup>
NW2	536 $\pm$ 26 <sup>ar</sup>	448 $\pm$ 39 <sup>ar</sup>	319 $\pm$ 26 <sup>as</sup>
NW3	276 $\pm$ 10 <sup>br</sup>	255 $\pm$ 8 <sup>br</sup>	219 $\pm$ 12 <sup>abr</sup>
NW4	214 $\pm$ 8 <sup>br</sup>	191 $\pm$ 24 <sup>br</sup>	183 $\pm$ 8 <sup>br</sup>

A tabela 3.7 apresenta os resultados da determinação do número de bolhas de ar existentes por unidade de área (1 mm<sup>2</sup>). Estes resultados mostram que, de um modo geral, houve um decréscimo no número de bolhas de ar com o aumento do teor de whisky nos gelados. Esta tendência é confirmada pela existência de uma correlação linear positiva muito forte entre a adição de whisky nos gelados e a redução do número de bolhas de ar determinado nos gelados no dia 1 ( $r = 0,92$ ).

Os resultados da análise de variância e teste de Tukey descritos na tabela 3.7 mostram que, relativamente ao número de bolhas de ar por unidade de área, no dia 1 e dia 14, os gelados não variaram significativamente entre si ( $p > 0,05$ ). Houve, no entanto, uma diminuição significativa ( $p \leq 0,05$ ) do GC e dos gelados NW1 e NW2 para os gelados NW3 e NW4. No dia 28 apenas o gelado NW4 apresentou um número de bolhas de ar significativamente menor ( $p \leq 0,05$ ) ao dos gelados GC, NW1 e NW2.

Os resultados mostram também um decréscimo no número de bolhas de ar ao longo do tempo. Os gelados NW3 e NW4, por apresentarem uma quantidade baixa de bolhas de ar logo desde o dia 1, não apresentaram variações significativas ( $p > 0,05$ ) ao longo dos três tempos de avaliação. O gelado NW1 apresentou um decréscimo significativo ( $p \leq 0,05$ ) ao longo dos três tempos de análise enquanto os gelados controlo e NW2 apresentaram um decréscimo significativo apenas do dia 14 para o dia 28. Assim verificou-se que os gelados GC, NW1 e NW2 apresentaram maior conformidade entre si quanto ao número de bolhas de ar por unidade de área podendo, por isso, ser considerados mais estáveis.

O decréscimo do número de bolhas de ar e o aumento do tamanho médio das mesmas está relacionado com os mecanismos de coalescência das bolhas de ar descritos na *Introdução*. Na tabela 6.3 do *Anexo 7* é possível verificar a existência de uma relação entre o tamanho médio das bolhas de ar e a sua respetiva distribuição nos gelados. No dia 1 e 14 verificou-se a existência, respetivamente, de uma correlação linear negativa muito forte ( $r = -0,98$ ) e de uma correlação linear negativa forte ( $r = -0,86$ ) que mostram que, nestes dias, a coalescência pode ter sido o mecanismo principal de desestabilização das bolhas de ar, uma vez que a junção destas reduz o seu número total e aumenta o tamanho médio total. A existência de uma correlação linear negativa moderada ( $r = -0,58$ ), no dia 28, pode indicar um menor impacto da coalescência na desestabilização das bolhas de ar, assumindo-se que os outros mecanismos de desestabilização das bolhas, como a desproporção, possam ter uma ação mais forte nesta fase. No entanto, para confirmar esta relação, seria necessário fazer testes mais específicos. Verificou-se também, como esperado, uma correlação linear positiva forte ( $r = 0,82$ ) entre o *overrun* e a distribuição de bolhas de ar no gelado no dia 1.

A coalescência das bolhas de ar, manifestada através da diminuição do número total de bolhas e do respetivo aumento médio do seu tamanho, afeta as propriedades físicas e organoléticas dos gelados, reduzindo a qualidade e o tempo de prateleira dos mesmos. De modo a controlar esta forma de degradação dos gelados deve considerar-se a adição de emulsionantes e, ou, estabilizantes que, de acordo com Chang e Hartel (2002c), inibem o crescimento das bolhas de ar respetivamente através da promoção da desestabilização da gordura e pelo aumento da viscosidade do gelado. Esta opção é, no entanto, descartada no contexto de produção artesanal da Santini S.A. que não contempla a utilização destes auxiliares de produção. Como alternativa, deve considerar-se a possibilidade de baixar a temperatura durante o armazenamento, assim como reduzir as flutuações de temperatura durante esta fase se o objetivo for prolongar o tempo de prateleira dos gelados.

### 3.3.2.2 Cristais de Gelo

A distribuição de tamanhos dos cristais de gelo ao longo do tempo, representada graficamente na figura 6.6 do Anexo 6, permitiu determinar o seu tamanho médio nos vários gelados em estudo. Estes resultados encontram-se descritos na tabela 3.8.

Ao observar os resultados da análise de variância e teste de Tukey é possível verificar que o tamanho médio dos cristais de gelo aumentou com a adição de whisky aos gelados. No dia 14 o tamanho médio dos cristais de gelo aumentou significativamente em função do teor de whisky adicionado ( $p \leq 0,05$ ), à exceção dos gelados NW3 e NW4 que não apresentaram diferenças significativas entre si ( $p > 0,05$ ). No dia 28 o tamanho médio dos cristais de gelo aumentou significativamente ( $p \leq 0,05$ ) nos gelados com maior teor de whisky, à exceção dos gelados NW1 e NW2, que não apresentaram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre si.

**Tabela 3.8 – Tamanho médio dos cristais de gelo ( $\mu\text{m}$ ) dos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4 nos dias 14 e 28 após a produção. As letras (a – d) em cada coluna representam diferenças significativas entre gelados ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey e as letras diferentes (r – s) em cada linha representam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) para o mesmo gelado ao longo do tempo, pelo mesmo teste. Os valores apresentados referem-se à média de três repetições  $\pm$  EP.**

Gelado	Dia 14	Dia 28
GC	40,8 $\pm$ 0,9 <sup>ds</sup>	53,0 $\pm$ 1,1 <sup>dr</sup>
NW1	50,6 $\pm$ 1,3 <sup>cs</sup>	62,1 $\pm$ 1,8 <sup>cr</sup>
NW2	57,1 $\pm$ 1,4 <sup>bs</sup>	64,9 $\pm$ 2,0 <sup>cr</sup>
NW3	64,0 $\pm$ 1,5 <sup>as</sup>	73,9 $\pm$ 1,9 <sup>br</sup>
NW4	69,0 $\pm$ 1,8 <sup>as</sup>	85,6 $\pm$ 2,3 <sup>ar</sup>

Foi também possível verificar que o tamanho médio dos cristais de gelo foi significativamente maior ( $p \leq 0,05$ ) no dia 28 em todos os gelados face ao dia 14. Este aumento deve-se ao fenómeno de recristalização, referido na *Introdução*. Embora indesejável este fenómeno ocorre naturalmente às temperaturas normais de armazenamento iguais ou inferiores a  $-18^{\circ}\text{C}$  e é agravado por flutuações de temperatura durante o armazenamento. Atendendo às temperaturas de armazenamento dos gelados em estudo, de aproximadamente  $-15^{\circ}\text{C}$ , é de esperar que a recristalização dos cristais de gelo ocorra mais rapidamente e, conseqüentemente acelere a degradação da qualidade do gelado, limitando o tempo de prateleira. Os gelados NW3 e NW4 foram os que apresentaram maiores sinais de instabilidade visto terem apresentado, tanto no dia 14 como no dia 28, os cristais de gelo de maiores dimensões.

A adição de whisky é, provavelmente, a principal razão do aumento do tamanho médio dos cristais de gelo nos gelados em estudo. A existência de uma correlação linear positiva muito forte entre o tamanho médio dos cristais de gelo no dia 14 ( $r = 0,99$ ) e 28 ( $r = 0,98$ ) e a adição de whisky, descritas na tabela 6.3 do Anexo 7, corrobora esta hipótese. Este facto, o aumento do tamanho médio dos cristais de gelo, pode dever-se ao *onset* da fusão dos gelados ser mais baixo nos gelados com maior teor de whisky, como sugere Soukulis *et al.* (2009). Este

facto favorece a recristalização e conseqüentemente leva ao aumento tamanho dos cristais de gelo.

A recristalização, de acordo do Aleong *et al.* (2008), pode ser retardada com a adição de estabilizantes e emulsionantes à fórmula dos gelados, no entanto esta hipótese é descartada devido ao tipo de produção artesanal seguido pela Santini. Outra opção pode passar pela utilização de temperaturas de armazenamento mais baixas e, principalmente, pela redução das flutuações de temperatura durante o armazenamento. Ao ter em consideração as condições de armazenamento é possível garantir um tempo de prateleira mais prolongado.

A variação do tamanho médio dos cristais de gelo, representada pelos declives das respetivas regressões lineares na figura 3.4, é muito idêntica nos dias 14 ( $2,8 \pm 0,4$ ) e 28 ( $3,1 \pm 0,8$ ). Isto significa que o tamanho dos cristais de gelo aumenta em extensão semelhante nos dias 14 e 28 para cada gelado.

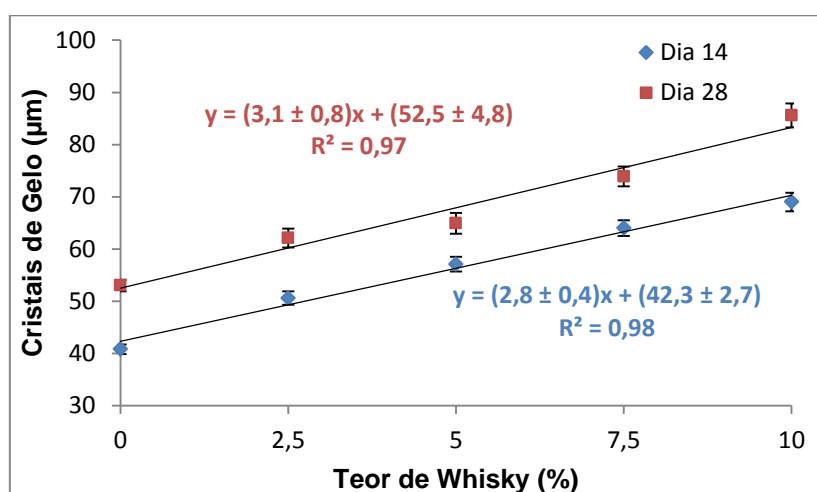


Figura 3.4 – Tamanho médio dos cristais de gelo ( $\mu\text{m}$ ) dos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4 em função do teor de whisky (%) adicionado à sua fórmula nos dias 14 e 28 após a produção. Encontram-se representadas as equações das retas e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) das regressões lineares dos dias 14 e 28. Os pontos representados referem-se à média de três repetições e as barras de erro referem-se ao EP.

Uma vez que não foi possível recolher informação referente ao tamanho dos cristais de gelo no dia 1, pela razão descrita no *Procedimento Experimental*, a comparação com os valores referidos na literatura é limitada. Sofjan e Hartel (2004), assim como Caillet *et al.* (2003), referem que o tamanho médio dos cristais de gelo após congelação estática é de aproximadamente 40  $\mu\text{m}$ . No estudo desenvolvido por Sofjan e Hartel (2004) com gelados com adição de emulsionantes e estabilizantes é referido que o tamanho médio dos cristais de gelo pode variar entre aproximadamente 65 e 71  $\mu\text{m}$  em gelados com duas semanas de armazenamento e entre 76 e 82  $\mu\text{m}$  em gelados com quatro semanas de armazenamento. No presente estudo o GC no dia 14 apresentou um tamanho médio de cristais de gelo de 40,8  $\mu\text{m}$ . Este valor é próximo ao referido pelos autores em gelados após congelação estática. O único gelado que apresentou um tamanho médio superior ao referido pelos autores para gelados com duas e quatro semanas de armazenamento foi o gelado NW4.

De acordo com Buyck *et al.* (2011) é desejável que o tamanho dos cristais de gelo seja inferior a 55  $\mu\text{m}$ , limite a partir do qual são perceptíveis os cristais de gelo na textura do gelado.

Tendo em conta este limite e face aos resultados obtidos neste trabalho é de esperar que os gelados NW2, NW3 e NW4 a partir do dia 14 e do gelado NW1 a partir do dia 28 apresentem uma textura granizada indesejável.

### 3.3.3 Calorimetria Diferencial de Varrimento

A DSC permitiu determinar o perfil térmico dos gelados através da obtenção dos respetivos termogramas, representados com exemplos individuais dos cinco gelados em estudo nas figuras de 6.7 a 6.11 do *Anexo 8*. A análise dos termogramas encontra-se nas tabelas de 6.4 a 6.8 do *Anexo 9*, e os resultados médios encontram-se na tabela 3.9 referente à cristalização e fusão e na tabela 3.10 referente às transições vítreas.

**Tabela 3.9 – Perfil da cristalização e fusão dos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4, através da determinação do *onset* (°C), máximo/mínimo (°C) e da entalpia (J/g). As letras (a – b) em cada coluna representam diferenças significativas entre gelados ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Os valores apresentados representam a média de três repetições  $\pm$  EP.**

Cristalização			
Gelado	<i>Onset</i> (°C)	Máximo (°C)	Entalpia (J/g)
GC	-24,6 $\pm$ 0,73 <sup>ab</sup>	-21,6 $\pm$ 1,55 <sup>a</sup>	117 $\pm$ 3,3 <sup>a</sup>
NW1	-24,8 $\pm$ 0,28 <sup>ab</sup>	-21,6 $\pm$ 0,54 <sup>a</sup>	117 $\pm$ 5,1 <sup>a</sup>
NW2	-21,3 $\pm$ 0,80 <sup>a</sup>	-20,7 $\pm$ 1,09 <sup>a</sup>	111 $\pm$ 9,0 <sup>a</sup>
NW3	-27,5 $\pm$ 0,83 <sup>b</sup>	-24,8 $\pm$ 1,31 <sup>a</sup>	107 $\pm$ 8,6 <sup>a</sup>
NW4	-27,7 $\pm$ 0,78 <sup>b</sup>	-25,3 $\pm$ 1,96 <sup>a</sup>	99 $\pm$ 4,6 <sup>a</sup>
Fusão			
Gelado	<i>Onset</i> (°C)	Mínimo (°C)	Entalpia (J/g)
GC	-7,9 $\pm$ 0,16 <sup>a</sup>	-2,6 $\pm$ 0,18 <sup>a</sup>	105 $\pm$ 2,3 <sup>a</sup>
NW1	-9,0 $\pm$ 0,77 <sup>ab</sup>	-3,1 $\pm$ 0,44 <sup>ab</sup>	105 $\pm$ 5,9 <sup>a</sup>
NW2	-10,8 $\pm$ 0,90 <sup>ab</sup>	-4,3 $\pm$ 0,59 <sup>ab</sup>	96 $\pm$ 9,7 <sup>a</sup>
NW3	-11,6 $\pm$ 0,94 <sup>ab</sup>	-4,2 $\pm$ 0,70 <sup>ab</sup>	93 $\pm$ 10,1 <sup>a</sup>
NW4	-13,0 $\pm$ 0,76 <sup>b</sup>	-5,6 $\pm$ 0,47 <sup>b</sup>	91 $\pm$ 3,1 <sup>a</sup>

Ao observar os resultados do *onset* e o pico máximo da cristalização na tabela 3.9 é possível ver que o *onset* da cristalização, em todos os gelados ocorre a temperaturas inferiores comparando com o pico máximo de cristalização que ocorre a temperaturas superiores. Este resultado pode explicar-se devido à elevada exotermicidade da cristalização da água que aumenta a temperatura do sistema (auto aquecimento) e a uma sobreposição com o processo de sobrearrefecimento.

Na figura 3.6 encontra-se representado um termograma de água pura onde se observa o mesmo efeito devido à cristalização da água sobrearrefecida com *onset* a -17,7°C e máximo a -14,0°C. É possível observar este comportamento na figura 3.5 e nos exemplos dos termogramas individuais do GC e do gelado NW1, respetivamente nas figuras 6.7 e 6.8 do *Anexo 8*. O perfil do processo exotérmico altera-se ligeiramente nas restantes amostras que contêm um maior teor de whisky provavelmente devido a uma interação entre o álcool e a

água. A ligeira diminuição da temperatura de cristalização para as amostras NW3 e NW4, descrita na tabela 3.9, parece corroborar esta hipótese.

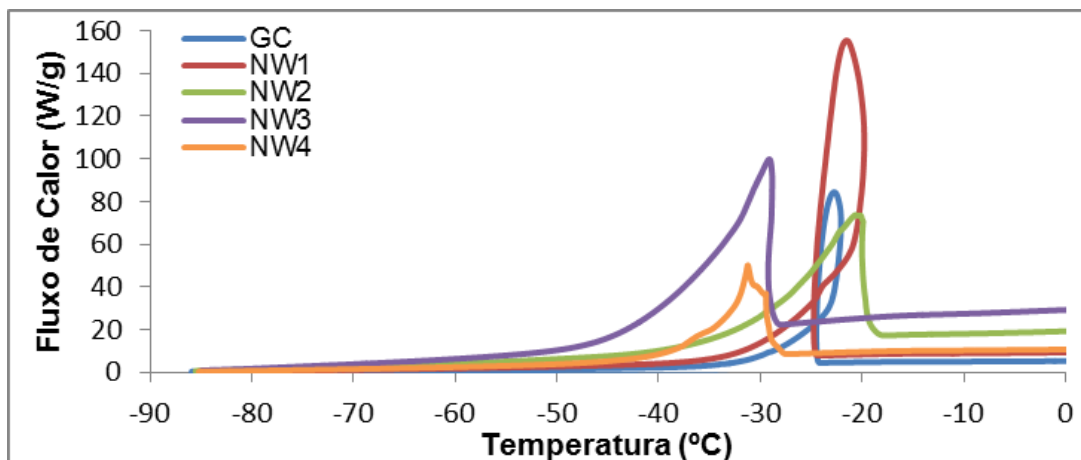


Figura 3.5 – Termograma do perfil de cristalização dos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4.

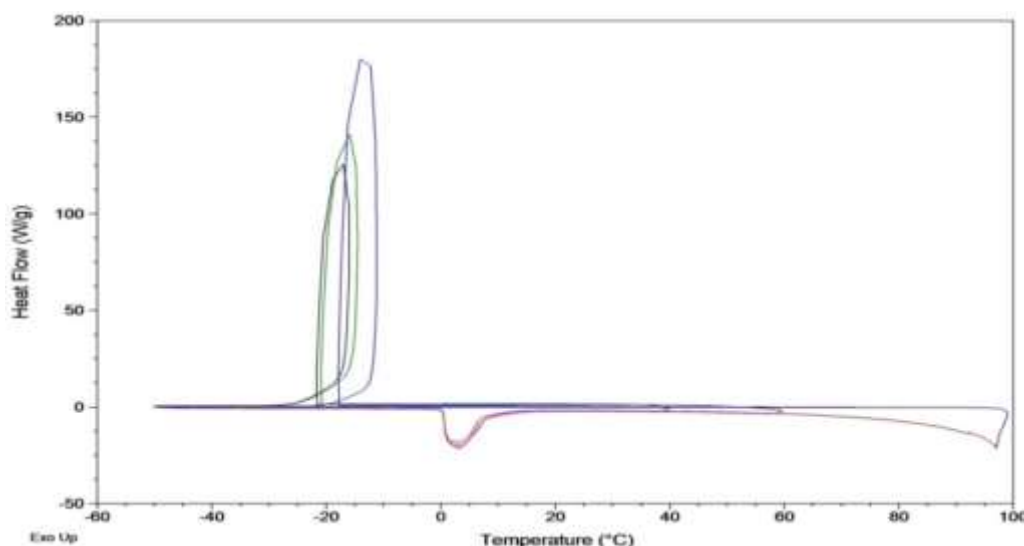


Figura 3.6 – Termograma de água pura obtido por DSC com observação dos picos de cristalização e de fusão.

Através de análise de variância e teste de Tukey é possível verificar que os gelados NW3 e NW4 apresentaram uma temperatura de *onset* da cristalização significativamente inferior ( $p \leq 0,05$ ) face ao gelado NW2, o que pode indicar a necessidade de uma temperatura de congelação dinâmica inferior nestes gelados para obtenção de gelados com as características desejadas. A temperatura a que ocorreu o pico máximo de cristalização não apresentou diferenças significativas entre os gelados ( $p > 0,05$ ).

O pico máximo da curva endotérmica, descrito na tabela 3.9, representa, de acordo com Soukulis *et al.* (2009), o ponto de congelação dos gelados. No GC, o ponto de congelação determinado foi de -2,6°C. Este valor é semelhante aos referidos por Soukulis *et al.* (2009) e Cogné *et al.* (2003), que referem respetivamente um ponto de congelação normal dos gelados de -2,4°C e -2,5°C.

Nos gelados em estudo, o ponto de congelação apresentou um decréscimo significativo do GC para o gelado NW4 ( $p \leq 0,05$ ) de aproximadamente 3°C. O decréscimo do ponto de congelação dos gelados apresentou uma correlação linear negativa muito forte ( $r = -0,96$ ) com o teor de whisky adicionado aos gelados, i.e., quanto maior é o teor de whisky nos gelados, menor é sua respetiva temperatura de congelação. Esta correlação deve-se ao teor de álcool presente no whisky que, como referido na *Introdução*, tem um ponto de fusão muito baixo e, por isso, leva à diminuição do ponto de congelação do gelado. Esta diminuição, de acordo com Soukulis *et al.* (2009), tem implicações na viscosidade do gelado, na incorporação de ar, no tamanho médio das bolhas de ar e cristais de gelo, assim como na extensão do IDG. A existência de uma correlação linear negativa forte ( $r = -0,82$ ) entre este parâmetro e o tamanho das bolhas de ar e de uma correlação linear negativa muito forte ( $r = -0,94$ ) com o tamanho médio dos cristais de gelo no dia 14 parece corroborar o efeito do ponto de congelação na distribuição de tamanhos das bolhas de ar como dos cristais de gelo, tal como referido por Soukulis *et al.* (2009). A existência de uma correlação linear positiva muito forte ( $r = 0,96$ ) entre o ponto de congelação dos gelados e o *overrun* mostra que o ponto de congelação é provavelmente um dos principais responsáveis por limitar a incorporação de ar no gelado, tal como referido por Soukulis *et al.* (2009).

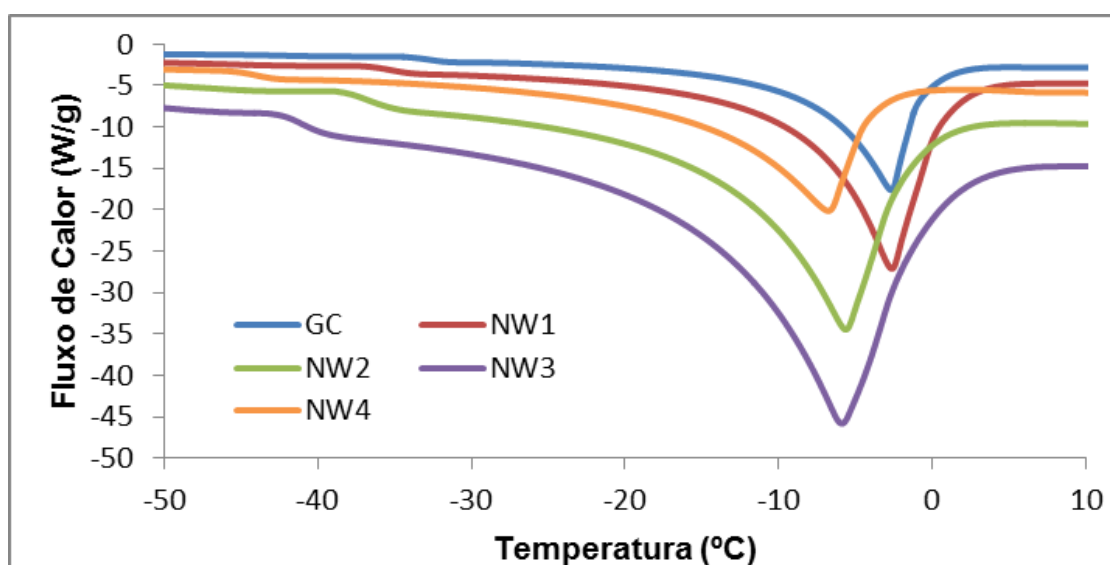


Figura 3.7 – Termograma do perfil de fusão dos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4.

O *onset* da fusão, à semelhança do ponto de congelação, é um dos parâmetros avaliados na DSC com maior relevância para os produtores de gelados, uma vez que esta temperatura representa o início da curva endotérmica referente à fusão do gelado e, por isso, esta temperatura deve ser evitada, durante todo o processo produtivo até chegar ao consumidor de modo a garantir que o gelado se mantém estável e sem sinais de derretimento. Na figura 3.7 encontram-se representados os picos endotérmicos que representam a fusão dos gelados em estudo. Nestes gelados a temperatura de *onset* da fusão, descrita na tabela 3.9, diminui com o aumento da percentagem de whisky no gelado, apresentando um decréscimo

significativo ( $p \leq 0,05$ ) de aproximadamente 5°C entre o GC e o gelado com maior teor de whisky, o gelado NW4.

Ao avaliar estes resultados é possível verificar que a adição de whisky ao gelado, devido ao seu teor de álcool, leva a uma diminuição das temperaturas do *onset* da fusão. Tendo em conta as temperaturas praticadas pela Santini S.A., nomeadamente durante a comercialização dos gelados onde a temperatura máxima definida é de -11°C, é possível afirmar que os gelados NW3 e NW4 irão apresentar uma rápida degradação e um tempo de prateleira muito limitado.

O *onset* da fusão, à semelhança do ponto de congelação, apresentou uma correlação linear negativa muito forte ( $r = -0,99$ ) com o teor de whisky, i.e., quanto maior o teor em whisky, menor a temperatura de fusão, o que indica que esta variação no *onset* da fusão deve-se muito provavelmente ao teor de whisky adicionado à fórmula do gelado. A existência de uma correlação linear negativa forte ( $r = -0,88$ ) entre este parâmetro e o tamanho das bolhas de ar e de uma correlação linear negativa muito forte ( $r = -0,99$ ) com o tamanho médio dos cristais de gelo parece demonstrar que o decréscimo na temperatura do *onset* da fusão dos gelados em estudo favorece os mecanismos de degradação dos gelados: desestabilização das bolhas de ar e recristalização dos cristais de gelo. Verificou-se ainda uma correlação linear negativa forte ( $r = -0,84$ ) e uma correlação linear negativa muito forte ( $r = -0,99$ ) entre o *onset* da fusão e, respetivamente, o gelado derretido total no dia 1 e a taxa de derretimento máximo. Estas correlações indicam a provável influência do *onset* da fusão na extensão do derretimento do gelado.

**Tabela 3.10 – Temperaturas de transição vítrea dos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4, observadas através do *Onset* (°C), *Midpoint* (°C) e *Endpoint* (°C), e  $\Delta CP$  (J/(g.°C)) da  $T_g$  e  $T_m$ . As letras (a – e) em cada coluna representam diferenças significativas entre gelados ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Os valores representados representam a soma de três repetições  $\pm$  EP.**

Gelado	<i>Onset</i> (°C)	<i>Midpoint</i> (°C)	<i>Endpoint</i> (°C)	$\Delta CP$ (J/(g.°C))
<b><math>T_g</math></b>				
GC	-45,7 $\pm$ 0,40 <sup>a</sup>	-43,3 $\pm$ 0,36 <sup>a</sup>	-40,5 $\pm$ 0,15 <sup>a</sup>	0,23 $\pm$ 0,01 <sup>bc</sup>
NW1	-50,5 $\pm$ 0,40 <sup>b</sup>	-45,5 $\pm$ 0,12 <sup>ab</sup>	-42,9 $\pm$ 0,08 <sup>b</sup>	0,30 $\pm$ 0,01 <sup>ab</sup>
NW2	-52,0 $\pm$ 0,70 <sup>b</sup>	-47,4 $\pm$ 0,14 <sup>b</sup>	-44,4 $\pm$ 0,11 <sup>c</sup>	0,32 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>
NW3	-55,7 $\pm$ 0,36 <sup>c</sup>	-51,2 $\pm$ 0,40 <sup>c</sup>	-48,4 $\pm$ 0,20 <sup>d</sup>	0,25 $\pm$ 0,00 <sup>ac</sup>
NW4	-56,4 $\pm$ 0,37 <sup>c</sup>	-53,0 $\pm$ 0,67 <sup>c</sup>	-50,6 $\pm$ 0,37 <sup>e</sup>	0,21 $\pm$ 0,02 <sup>c</sup>
<b><math>T_m</math></b>				
GC	-33,7 $\pm$ 0,21 <sup>a</sup>	-32,4 $\pm$ 0,16 <sup>a</sup>	-31,4 $\pm$ 0,34 <sup>a</sup>	0,68 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>
NW1	-36,1 $\pm$ 0,37 <sup>ab</sup>	-34,9 $\pm$ 0,48 <sup>ab</sup>	-34,1 $\pm$ 0,06 <sup>b</sup>	0,64 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>
NW2	-37,6 $\pm$ 0,92 <sup>b</sup>	-36,7 $\pm$ 0,91 <sup>b</sup>	-35,8 $\pm$ 0,79 <sup>b</sup>	0,64 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>
NW3	-43,2 $\pm$ 0,49 <sup>c</sup>	-42,2 $\pm$ 0,47 <sup>c</sup>	-40,5 $\pm$ 0,44 <sup>c</sup>	0,52 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>
NW4	-45,7 $\pm$ 0,24 <sup>c</sup>	-44,5 $\pm$ 0,20 <sup>c</sup>	-43,1 $\pm$ 0,17 <sup>d</sup>	0,54 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>

Nos gelados sob estudo observam-se duas transições vítreas, visíveis nas figuras 6.7 a 6.11 do Anexo 8, a primeira localizada a aproximadamente -48°C e a segunda a

aproximadamente  $-38^{\circ}\text{C}$ . A transição vítrea que se localiza a temperaturas mais baixas apresenta uma maior “amplitude térmica” durante a transição, diferença entre *onset* e *endpoint*, para qualquer das amostras estudadas, visível na figura 3.8. Além disso, e através da observação dos resultados na tabela 3.10, é possível verificar que a variação de fluxo de calor associada à primeira transição vítrea é inferior à da segunda transição. O intervalo de temperatura a que ocorre cada uma das transições vítreas no GC é muito próximo (para ambas as transições) do reportado na literatura por Singh e Roos (2006) para a sacarose com uma percentagem (20%) muito semelhante à do presente trabalho, de aproximadamente 23% conforme descrito na tabela 3.2. Aqueles autores atribuem a transição que ocorre a temperaturas mais baixas (a aproximadamente  $-48^{\circ}\text{C}$ ) à transição vítrea da sacarose, enquanto a segunda transição (a aproximadamente  $-38^{\circ}\text{C}$ ) é atribuída ao início da fusão do gelo. Já Goff e Hartel (2013d), conforme referido na *Introdução*, atribuem a designação de transição vítrea mecânica ( $T_m$ )<sup>4</sup> à temperatura do *midpoint* desta segunda transição vítrea e referem que esta representa a temperatura à qual a mobilidade molecular aumenta o suficiente para permitir o fluxo de moléculas possibilitando a ocorrência dos vários mecanismos responsáveis pela degradação do gelado. A  $T_m$  é, por isso, uma temperatura de grande importância durante o armazenamento. Na tabela 3.10, observa-se a existência de uma amplitude de  $12^{\circ}\text{C}$  entre as  $T_m$  dos gelados GC e NW4.

Através de análise de variância e teste de Tukey verifica-se que os gelados NW3 e NW4 apresentaram uma  $T_m$  significativamente inferior ( $p \leq 0,05$ ) aos gelados GC, NW1 e NW2. O gelado NW2 apresenta também uma temperatura significativamente inferior ao GC. Estes resultados mostram as temperaturas ideais de conservação dos gelados em estudo, abaixo das quais não há degradação dos mesmos. A  $T_m$  mais elevada é, como esperado, do GC com  $-32,4^{\circ}\text{C}$  e a mais baixa, a do gelado NW4 com  $-44,5^{\circ}\text{C}$ . A utilização destas temperaturas no contexto de produção da Santini S.A. não faz muito sentido devido à sua produção ser de consumo a curto prazo e aos custos que este abaixamento de temperatura implicaria. No entanto, o conhecimento destas temperaturas noutros tipos de produção, nomeadamente nas produções industriais onde são desejados tempos de prateleira maiores, permite prolongar o tempo de prateleira dos gelados.

No estudo realizado por Soukulis *et al.* (2009) foram determinados, por DSC, as temperaturas de transição vítrea de gelados com adição de diferentes tipos de fibra dietética. Nesse estudo o gelado controlo sem adição de fibra apresentou uma  $T_m$  de  $-36,2^{\circ}\text{C}$ . Este valor é aproximadamente  $4^{\circ}\text{C}$  inferior ao determinado no presente trabalho no gelado controlo. A explicação para esta diferença pode estar no teor de gordura inferior no gelado do estudo citado que é de 6% e no presente trabalho é de aproximadamente 14%.

A taxa de variação de ambas as transições vítreas com a percentagem de whisky, quantificada pelos declives das respetivas regressões lineares, visível na figura 3.8, é muito idêntica, significando que as temperaturas de ambas as transições diminuem em extensão semelhante para a mesma quantidade de whisky adicionado.

---

<sup>4</sup> Esta notação não deve ser confundida com  $T_m$  de *melting temperature*.

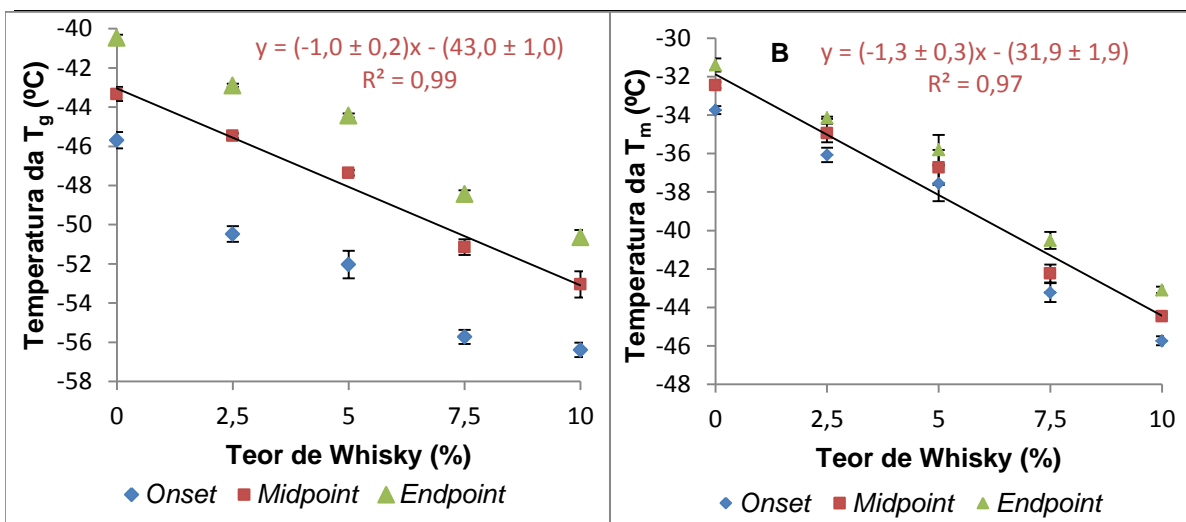


Figura 3.8 – Taxa de variação das Transições Vítreas (°C) (A –  $T_g$  e B –  $T_m$ ) em função do teor de whisky (%) com indicação das equações das retas referentes ao *Midpoint* de cada transição. As temperaturas dos parâmetros *Onset*, *Midpoint* e *Endpoint* referem-se à média de três repetições e as barras de erros representam o EP.

Ao comparar as transições vítreas com a fusão, representadas respetivamente nas figuras 3.8 e 3.9, é possível verificar que o impacto da adição de whisky ao gelado é maior nas transições vítreas do que na fusão, *onset* e mínimo, uma vez que o declive das retas de tendência das transições vítreas, de  $-1,0 \pm 0,2$  e  $-1,3 \pm 0,3$  para a  $T_g$  e  $T_m$  respetivamente, é maior face ao das retas de tendência da fusão, de  $-0,52 \pm 0,07$  e  $-0,32 \pm 0,11$  para o *onset* e mínimo respetivamente. Outro modo de avaliar a influência da adição de bebida alcoólica nas temperaturas a que ocorrem estas transformações é através da amplitude térmica entre o GC e o gelado NW4: entre 3 e 5°C na fusão e 10 e 12°C na transição vítreas.

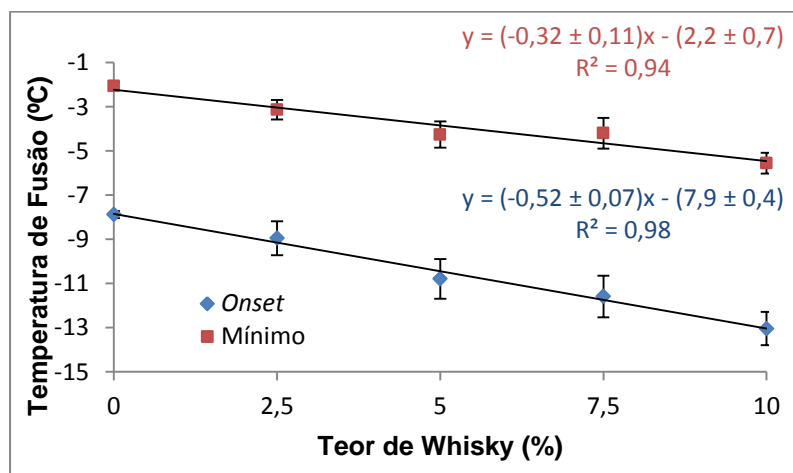
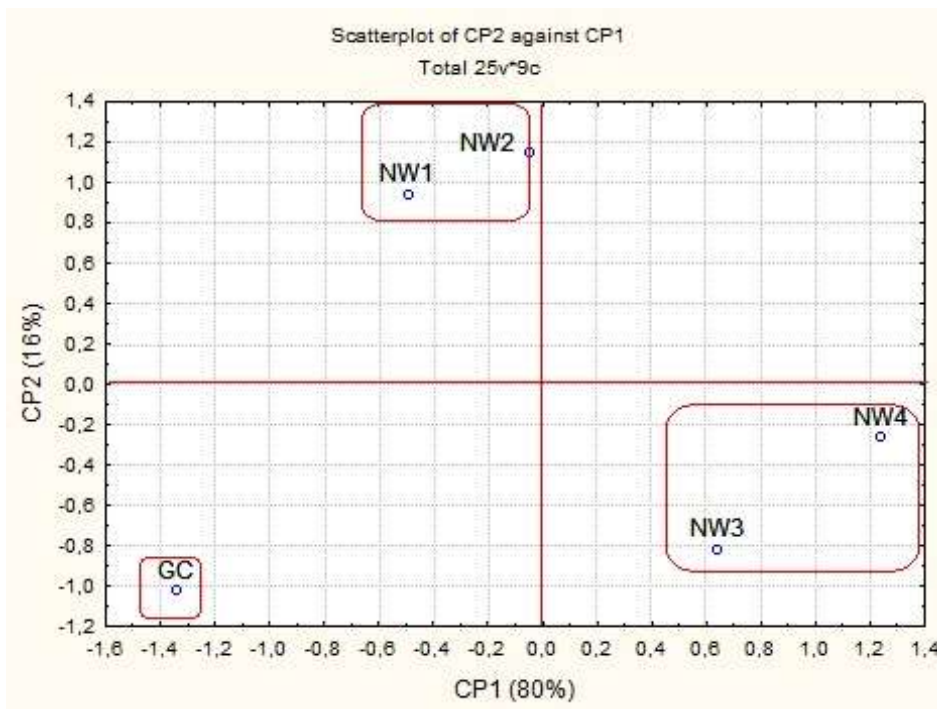


Figura 3.9 – Taxa de variação da fusão em função do teor de whisky (%) com indicação da equação das retas referentes ao *Onset* e ao pico Mínimo de fusão. As temperaturas dos parâmetros *Onset* e pico Mínimo referem-se à média de três repetições e as barras de erros referem-se ao erro padrão.

Através de uma análise de componentes principais (ACP) (figura 3.10), procedeu-se a uma caracterização dos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4, relativamente às avaliações realizadas às suas propriedades físicas e respetivo perfil térmico. Os testes considerados nesta análise são: *overrun*, IDG, taxa de derretimento máximo, gelado derretido total, tamanho médio

das bolhas de ar e distribuição das bolhas de ar ( $1 \text{ mm}^2$ ), tamanho médio dos cristais de gelo e perfil térmico. Esta análise, considerando o CP1 e o CP2 ( $Prp. Tot=0,80$  e  $0,16$ ), revelou a formação de três *clusters* representados na figura 3.10, sendo um constituído pelo GC, outro composto pelos gelados NW1 e NW2 e um terceiro composto pelos gelados NW3 e NW4. Esta representação mostra que o GC apresentou características físicas e térmicas assim como uma estabilidade estrutural ao longo do tempo diferentes das dos restantes gelados. Estes resultados permitem também verificar uma maior proximidade do *cluster* composto pelos gelados NW1 e NW2 ao *cluster* composto pelo GC.



**Figura 3.10 –** Projeção das amostras de gelado GC, NW1, NW2, NW3 e NW4 sobre o plano CP1xCP2 definido pelas duas componentes principais resultantes das avaliações realizadas aos gelados nos dias 1, 14 e 28 após a produção. Os testes incluídos são: *overrun*, IDG, taxa de derretimento máximo, gelado derretido total, tamanho médio das bolhas de ar e respetiva distribuição ( $1 \text{ mm}^2$ ), tamanho médio dos cristais de gelo e perfil térmico.

Através da análise da classificação hierárquica, representada na figura 3.11 verifica-se a existência de três grupos. Um representado à esquerda composto pelos gelados NW3 e NW4, um ao centro composto pelos gelados NW1 e NW2 e ainda um terceiro grupo composto apenas pelo GC, representado à direita. É possível verificar que a distância de ligação entre os gelados NW1 e NW2 apresenta o valor 43 e que a união deste grupo com o GC apresenta o valor de 84. Já a distância de ligação entre o gelado NW3 e NW4 apresenta o valor de 98, e a união deste grupo ao grupo composto pelos gelados NW2, NW1 e GC apresenta o valor de 342. Esta representação mostra uma clara diferença nas características apresentadas pelos vários gelados, principalmente a diferença existente entre os gelados NW3 e NW4 face aos restantes, que apresentaram, nos vários parâmetros analisados, uma maior proximidade entre si. Assim, tendo em conta os testes realizados, que tinham como objetivo caracterizar e avaliar a estabilidade estrutural destes gelados, é possível verificar que os gelados NW3 e NW4 apresentam características e comportamentos consideravelmente diferentes dos restantes

gelados durante o período avaliado de 28 dias, e foram por isso considerados menos estáveis face aos gelados NW1 e NW2.

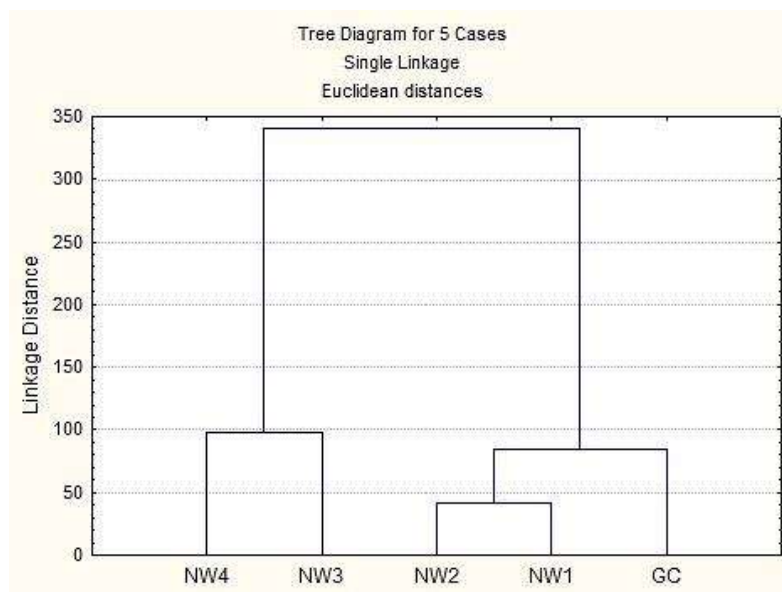


Figura 3.11 – Dendrograma relativo às avaliações realizadas às propriedades físicas e perfil térmico dos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4, com base nas distâncias euclidianas.

### 3.4 Caracterização Sensorial do Gelado

Tal como anteriormente discutido, os vários testes analíticos realizados à estabilidade dos gelados estudados demonstraram uma maior estabilidade dos gelados alcoólicos NW1 e NW2 ao longo do tempo pelo que foram os escolhidos para avaliação sensorial.

A seleção dos gelados para a caracterização sensorial teve em conta as temperaturas definidas pela Santini S.A. para o armazenamento, transporte e comercialização, que variam normalmente entre os  $-17$  e os  $-15^{\circ}\text{C}$  no caso do armazenamento e transporte, e entre  $-15$  e  $-11^{\circ}\text{C}$  na comercialização. Assim, ao comparar estas temperaturas com as temperaturas do *onset* da fusão de cada gelado, obtidas na determinação do perfil térmico, verifica-se que o *onset* da fusão dos gelados NW3 e NW4, respetivamente  $-11,6^{\circ}\text{C}$  e  $-13,0^{\circ}\text{C}$ , ocorre a temperaturas inferiores à temperatura máxima praticada pela Santini S.A. na comercialização,  $-11^{\circ}\text{C}$ .

A observação das bolhas de ar e dos cristais de gelo é de extrema importância na avaliação da estabilidade de um gelado por estes serem os principais fatores responsáveis pela degradação dos gelados ao longo do tempo. Os resultados da observação microscópica às bolhas de ar e cristais de gelo mostraram uma maior instabilidade dos gelados NW3 e NW4 por estes terem apresentado um maior tamanho médio das bolhas de ar e cristais de gelo assim como uma menor quantidade de bolhas de ar por unidade de área.

O teste do derretimento, outro importante parâmetro na avaliação da estabilidade da estrutura dos gelados, mostrou que a taxa de derretimento máximo determinada foi ligeiramente maior nos gelados NW3 e NW4. O derretimento total do gelado ao longo dos 90

minutos do teste do derretimento foi maior no gelado NW4 no dia 28, no entanto nos restantes dias os resultados foram pouco consistentes, podendo estar relacionados com a desestabilização da gordura.

#### **3.4.1 Análise Sensorial Descritiva**

Na determinação do perfil sensorial dos gelados, realizada com recurso a uma análise descritiva genérica, foram avaliados os gelados NW1 e NW2, por terem apresentado uma maior estabilidade, e o GC de modo a permitir a comparação dos atributos avaliados entre este e os gelados com adição de whisky. Os resultados da análise descritiva genérica realizada pelo painel de especialistas encontram-se descritos na tabela 3.11.

O atributo aparência foi avaliado através do descritor “derretimento” e os resultados desta avaliação mostram que o derretimento foi mais intenso nos gelados com adição de whisky, e que ocorreu mais rapidamente ao longo do período de estudo de 28 dias. No dia 1, o painel de especialistas considerou que o gelado GC não apresenta um derretimento evidente. Este gelado apresentou também uma maior estabilidade ao longo do tempo uma vez que a classificação do derretimento foi a mais baixa nos três dias de análise comparando com os gelados com adição de whisky. No entanto, este não apresentou um derretimento significativamente diferente ( $p > 0,05$ ) do gelado NW1 nos três dias de provas. A classificação do derretimento do gelado NW2 nos dias 14 e 28 foi significativamente mais pronunciada ( $p \leq 0,05$ ), tendo no dia 28 apresentado a classificação mais elevada. Os resultados desta avaliação comprovam os resultados obtidos no teste do derretimento, onde foi mostrado que os gelados apresentam um maior derretimento com o passar do tempo assim como nos gelados com maior adição de whisky.

O atributo aroma foi avaliado através do descritor “bebida alcoólica” e os resultados desta avaliação mostram que no gelado controlo, como esperado, não foi detetado o aroma a bebida alcoólica em nenhum dos dias. O gelado NW2, com maior teor de whisky, apresentou neste descritor, uma classificação mais elevada nos três dias de provas, no entanto, em nenhum dos dias apresentou uma diferença significativa ( $p > 0,05$ ) face ao gelado NW1. Ao longo do tempo, de acordo com a classificação média do painel de provadores, o aroma a bebida alcoólica foi menos intenso nos dois gelados com adição de whisky, no entanto as variações ao longo dos três dias de provas não foram significativas em nenhum dos dois ( $p > 0,05$ ). A perda de aroma a bebida alcoólica ao longo do tempo já era esperada e pode dever-se à volatilização do álcool. Estes resultados parecem corroborar os dados fornecidos pela Santini S.A. referentes ao teor de álcool no dia 28 após a produção onde é possível verificar um teor de álcool ligeiramente abaixo ao utilizado na formulação.

A bebida alcoólica, além de ter sido avaliada no aroma, foi também avaliada no sabor. Os resultados desta avaliação mostraram, tal como esperado, que no GC não foi detetado o sabor a bebida alcoólica. A intensidade do sabor a bebida alcoólica no gelado NW2 foi significativamente superior nos três dias ( $p \leq 0,05$ ) face ao gelado NW1. A percepção da intensidade do sabor a bebida alcoólica nos gelados NW1 e NW2 foi maior no dia 14 e menor

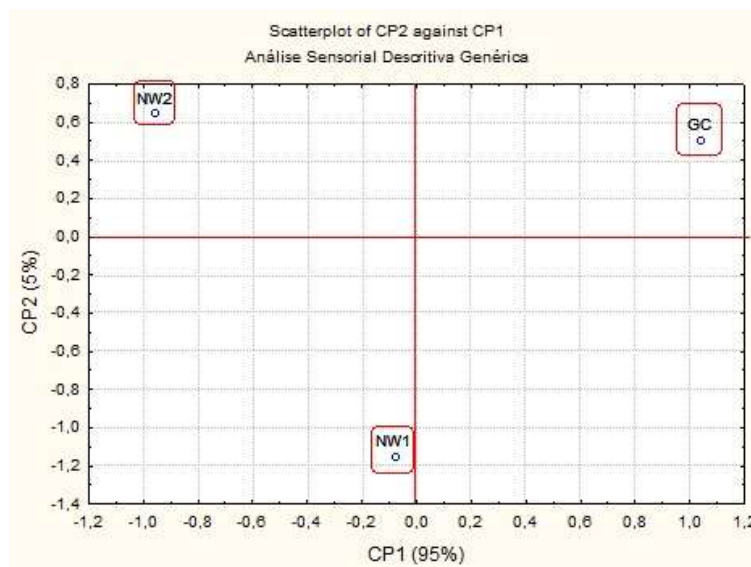
no dia 28, no entanto, apesar destas variações na classificação, a percepção do sabor a bebida alcoólica não é significativamente diferente ( $p > 0,05$ ) ao longo dos três dias de prova nos dois gelados. O facto da intensidade do sabor a bebida alcoólica ter sido superior no dia 14 relativamente ao dia 1 foi inesperado, no entanto, no dia 1, poderá estar mascarado por outros ingredientes como as natas frescas, ou pelo impacte de outros constituintes do gelado, como as bolhas de ar ou os cristais de gelo que, devido à sua evolução ao longo do tempo, podem favorecer a percepção do sabor a bebida alcoólica no dia 14.

**Tabela 3.11 – Resultados da Avaliação Sensorial Descritiva Genérica realizada por um painel de especialista ( $n = 6$ ) ao longo de 28 dias onde foram avaliados os atributos aparência, aroma, sabor e textura (na boca). Os resultados mostram a média de seis avaliações  $\pm$  DP. As letras (a - c) em cada coluna e (r - s) em cada linha representam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.**

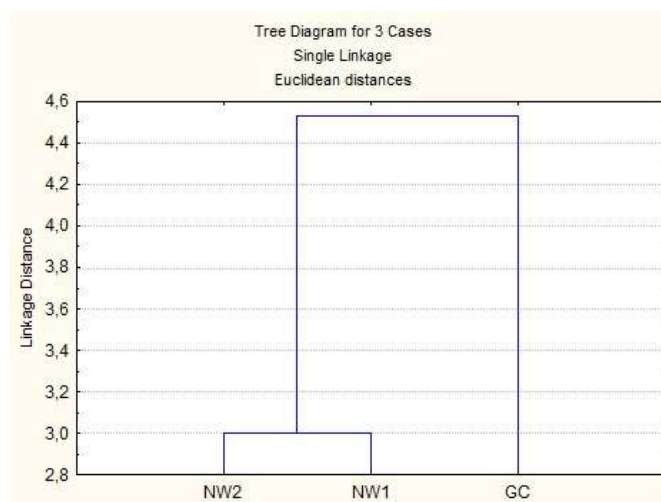
Gelados	Dia 1	Dia 14	Dia 28
<b>Aparência - Derretimento</b>			
<b>GC</b>	0,0 $\pm$ 0,0 <sup>bs</sup>	0,50 $\pm$ 0,50 <sup>bs</sup>	1,50 $\pm$ 0,75 <sup>br</sup>
<b>NW1</b>	0,67 $\pm$ 0,47 <sup>abs</sup>	1,33 $\pm$ 0,94 <sup>brs</sup>	1,67 $\pm$ 0,75 <sup>br</sup>
<b>NW2</b>	1,50 $\pm$ 0,50 <sup>as</sup>	2,33 $\pm$ 0,47 <sup>ars</sup>	2,67 $\pm$ 0,94 <sup>ar</sup>
<b>Aroma – Bebida Alcoólica</b>			
<b>GC</b>	0,0 $\pm$ 0,0 <sup>br</sup>	0,0 $\pm$ 0,0 <sup>br</sup>	0,0 $\pm$ 0,0 <sup>br</sup>
<b>NW1</b>	1,00 $\pm$ 0,58 <sup>ar</sup>	0,67 $\pm$ 0,47 <sup>abr</sup>	0,50 $\pm$ 0,50 <sup>abr</sup>
<b>NW2</b>	1,50 $\pm$ 0,50 <sup>ar</sup>	1,00 $\pm$ 0,82 <sup>ar</sup>	0,83 $\pm$ 0,69 <sup>ar</sup>
<b>Sabor – Bebida Alcoólica</b>			
<b>GC</b>	0,0 $\pm$ 0,0 <sup>cr</sup>	0,0 $\pm$ 0,0 <sup>cr</sup>	0,0 $\pm$ 0,0 <sup>cr</sup>
<b>NW1</b>	2,50 $\pm$ 0,76 <sup>br</sup>	2,67 $\pm$ 0,75 <sup>br</sup>	2,00 $\pm$ 0,58 <sup>br</sup>
<b>NW2</b>	3,83 $\pm$ 0,69 <sup>ar</sup>	4,00 $\pm$ 0,82 <sup>ar</sup>	3,33 $\pm$ 0,47 <sup>ar</sup>
<b>Textura – Cristais de Gelo</b>			
<b>GC</b>	0,17 $\pm$ 0,37 <sup>as</sup>	0,83 $\pm$ 0,37 <sup>brs</sup>	1,33 $\pm$ 0,47 <sup>ar</sup>
<b>NW1</b>	0,33 $\pm$ 0,47 <sup>as</sup>	1,17 $\pm$ 0,37 <sup>abr</sup>	1,67 $\pm$ 0,75 <sup>ar</sup>
<b>NW2</b>	0,33 $\pm$ 0,47 <sup>as</sup>	1,83 $\pm$ 0,69 <sup>ar</sup>	2,00 $\pm$ 0,58 <sup>ar</sup>

A textura do gelado foi avaliada através do descritor “cristais de gelo”, onde era pedido ao painel que avaliasse na boca a percepção de cristais de gelo. Estes resultados mostram que o GC apresentou a menor percepção de cristais de gelo nos três dias de análise e o gelado NW2 a maior percepção dos mesmos nos três dias, no entanto no dia 1 e dia 28 a percepção de cristais de gelo não foi significativamente diferente ( $p > 0,05$ ) entre os três gelados. No dia 14 a percepção dos cristais de gelo do GC foi significativamente inferior face ao gelado NW2 ( $p \leq 0,05$ ). A percepção dos cristais de gelo foi maior ao longo do tempo nos três gelados. Ao olhar individualmente para cada gelado é possível verificar que a percepção dos cristais de gelo no GC foi significativamente mais intensa ( $p \leq 0,05$ ) no dia 28 face ao dia 1. Já nos gelados NW1 e NW2 a percepção dos cristais de gelo foi significativamente menos intensa ( $p \leq 0,05$ ) no dia 1 face aos dias 14 e 28. Os resultados obtidos na avaliação deste atributo corroboram os

resultados obtidos através da observação microscópica do gelado, onde se verificou que os cristais de gelo apresentam uma dimensão crescente com o passar do tempo. Esta tendência verifica-se igualmente nos gelados com maior teor de whisky.



**Figura 3.12 –** Projeção das amostras de gelado GC, NW1 e NW2 sobre o plano CP1xCP2 definido pelas duas componentes principais resultantes da análise sensorial descritiva genérica realizada nos dias 1, 14 e 28 após a produção dos gelados.



**Figura 3.13 –** Dendrograma da análise sensorial descritiva genérica realizada aos gelados GC, NW1 e NW2, com base nas distâncias euclidianas.

Através de uma ACP (figura 3.12), procedeu-se a uma caracterização dos gelados GC, NW1 e NW2, nos três tempos de provas, atendendo às respostas que o painel de especialistas forneceu no decurso da análise sensorial descritiva genérica. Esta análise, considerando o CP1 e o CP2 ( $Prp. Totl=0,95$  e  $0,05$ ), revelou a formação de três *clusters* representados na figura 3.12, sendo cada um deles constituído por um dos gelados em estudo. Esta representação mostra que o GC apresentou características sensoriais opostas às dos gelados NW1 e NW2. Através da análise da classificação hierárquica, representada na figura 3.13 verifica-se que a

distância de ligação entre os gelados NW1 e NW2 apresenta o valor 3. Já a distância de ligação do GC aos gelados NW1 e NW2 apresenta o valor de 4,5. Estes resultados mostram uma clara diferença na percepção das características sensoriais do painel de especialistas entre o GC, exemplo de gelado sem adição de whisky, e os gelados NW1 e NW2, com incorporação de whisky.

### 3.4.2 Análise Sensorial Hedonista

A análise sensorial hedonista foi realizada por um painel de consumidores de gelados composto por 70 indivíduos de ambos os sexos e com idades compreendidas entre os 18 e os 71 anos. Esta avaliação decorreu no primeiro dia após a produção e foi repetida 14 e 28 dias depois. Os resultados da primeira parte da avaliação sensorial hedonista, onde era testada a aceitabilidade dos gelados NW1 e NW2 encontram-se descritos na tabela 3.12 e mostram que nos três dias a classificação média do painel variou entre a classificação 7 e 8, respetivamente “Gosto moderadamente” e “Gosto muito”. A classificação média maior foi obtida no gelado NW1 no dia 1, já a mais baixa foi obtida no dia 28 para o gelado NW2. Os resultados mostram que a aceitabilidade de ambos os gelados vai baixando ao longo do tempo, no entanto não há uma diferença significativa nessa diminuição ( $p > 0,05$ ). É também possível verificar que a classificação do painel em relação ao sabor, embora não significativa ( $p > 0,05$ ), foi inferior no gelado NW2 nos três dias de provas.

**Tabela 3.12 – Resultados do teste de aceitabilidade da avaliação sensorial hedonista realizada por um painel de especialista ( $n = 70$ ) nos dias 1, 14 e 28 onde foram avaliados os atributos sabor e textura (na boca). Os resultados mostram a média de 70 avaliações  $\pm$  DP. As letras diferentes (a - b) em cada coluna e (r - s) em cada linha representam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.**

Gelado	Dia 1	Dia 14	Dia 28
<b>Atributo – Sabor</b>			
<b>NW1</b>	7,6 $\pm$ 0,8 <sup>ar</sup>	7,5 $\pm$ 0,8 <sup>ar</sup>	7,5 $\pm$ 1,0 <sup>ar</sup>
<b>NW2</b>	7,4 $\pm$ 1,1 <sup>ar</sup>	7,2 $\pm$ 1,3 <sup>ar</sup>	7,2 $\pm$ 1,2 <sup>ar</sup>
<b>Atributo – Textura</b>			
<b>NW1</b>	8,0 $\pm$ 0,8 <sup>ar</sup>	7,7 $\pm$ 0,9 <sup>ars</sup>	7,5 $\pm$ 0,9 <sup>as</sup>
<b>NW2</b>	7,8 $\pm$ 1,0 <sup>ar</sup>	7,6 $\pm$ 1,0 <sup>ar</sup>	7,5 $\pm$ 1,1 <sup>ar</sup>

Os resultados da avaliação da textura dos dois gelados mostram que, à semelhança do atributo sabor, a classificação média das texturas de ambos os gelados variou entre a classificação 7 e 8, respetivamente “Gosto moderadamente” e “Gosto muito”. A classificação do painel de consumidores foi maior no gelado NW1 nos três dias de provas, apesar disso, essa diferença na classificação não foi significativa ( $p > 0,05$ ). Os resultados mostram ainda uma diminuição significativa ( $p \leq 0,05$ ) da avaliação da textura do gelado NW1 do dia 1 para o dia 28. As respostas do painel hedonista ao teste de preferência, descritas na tabela 3.13, mostram que, tanto no dia 1 como no dia 14, a maioria dos indivíduos que compunha o painel

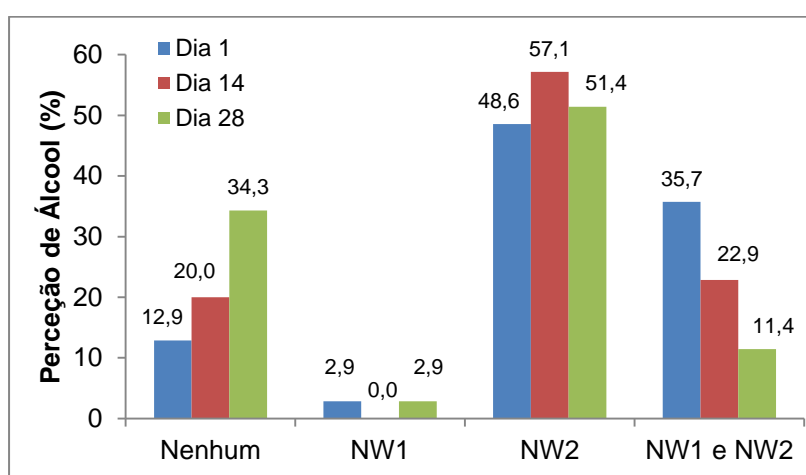
de consumidores preferiu o gelado NW1, respetivamente com 52,9% e 54,3%. Já no dia 28 a maioria (51,4%) dos indivíduos preferiu o gelado NW2.

**Tabela 3.13 – Resultados do teste de preferência da avaliação sensorial hedonista realizada por um painel de especialista ( $n = 70$ ) nos dias 1, 14 e 28 onde foi avaliada a preferência (%) e intenção de compra dos consumidores (%).**

Gelado	Dia 1	Dia 14	Dia 28
<b>Preferência (%)</b>			
NW1	52,9	54,3	48,6
NW2	47,1	45,7	51,4
<b>Intenção de Compra (%)</b>			
Nenhum	15,7	11,4	18,6
NW1	37,1	41,4	25,7
NW2	25,7	25,7	30,0
NW1+NW2	21,4	21,4	25,7

Ao analisar a intenção de compra dos consumidores face aos gelados NW1 e NW2 ao longo do tempo verifica-se que o gelado NW1 apresenta uma maior intenção de compra nos dias 1 e 14 (respetivamente 37,1% e 41,4%), já no dia 28, à semelhança do que os resultados da preferência dos consumidores mostraram, o gelado NW2 apresenta uma maior intenção de compra (30,0%). Este resultado pode dever-se à perda de aroma e sabor a whisky ao longo do tempo, identificada pelo painel de especialistas, o que pode tornar o gelado NW2, ao fim de 28 dias semelhante ao gelado NW1, no início do estudo, relativamente ao aroma e ao sabor.

Estes resultados mostram ainda que a intenção de não comprar qualquer um dos gelados foi mais baixa no dia 14 (11,4%) e foi mais elevada no dia 28 (18,6%). A intenção de comprar os dois gelados foi igual no dia 1 e dia 14 (21,4%) e foi maior no dia 28.



**Figura 3.14 – Percepção de sabor a álcool (%) pelo painel hedonista ( $n = 70$ ) nos dias 1, 14 e 28 de provas. As opções de resposta incluem a deteção do álcool em “ambos os gelados”, “apenas no NW2”, “apenas no NW1” e “nenhum”.**

Os resultados da avaliação à percepção de álcool pelo painel de consumidores encontram-se representados na figura 3.14 e mostram que o número de indivíduos que não acusou a percepção de álcool em nenhum dos gelados, NW1 e NW2, aumentou ao longo do tempo. Da mesma forma o número de indivíduos que detetou a percepção de álcool em simultâneo nos gelados NW1 e NW2 diminuiu com o tempo, provavelmente devido ao gelado NW1 que, tendo um teor de bebida alcoólica inferior, perde mais rapidamente o aroma e sabor. Estes resultados estão de acordo com os resultados obtidos na análise sensorial realizada ao painel de especialistas, que detetou uma percepção decrescente do aroma e sabor a bebida alcoólica ao longo do tempo.

A deteção do sabor a bebida alcoólica apenas no gelado NW2 foi a principal resposta dos provadores e, mesmo no dia 28, representou a maioria das respostas. Isto demonstra que a adição de 5% de bebida alcoólica que garante 2% de álcool ao gelado NW2 é reconhecida pela maioria dos consumidores, mesmo 28 dias após a produção, enquanto a percepção de bebida alcoólica no gelado NW1 no dia 28 é revelada apenas em pouco mais de 14% das respostas.



## 4. CONCLUSÃO

A realização deste trabalho justifica-se pelo interesse que existe na inovação e no desenvolvimento de novos produtos, nomeadamente, na área da indústria dos gelados. Dada a falta de estudos relativos à adição de bebidas alcoólicas na formulação de gelados, a realização deste estudo permitiu avaliar o potencial e as limitações que a produção de gelados com incorporação de bebidas alcoólicas representa no contexto de uma produção artesanal.

O trabalho realizado permitiu concluir que a incorporação de bebidas alcoólicas tem importantes implicações na estrutura e estabilidade dos gelados ao longo do tempo. O principal impacto que a adição destas bebidas teve nos gelados deveu-se à presença de álcool na sua constituição e manifestou-se na diminuição da temperatura dos eventos térmicos que caracterizam os gelados, nomeadamente, o ponto de congelação, o *onset* da fusão e as transições vítreas.

Os testes realizados permitiram concluir que as principais alterações na estrutura de um gelado, decorrentes da adição de whisky à sua fórmula, são: (a) redução da incorporação de ar; (b) aumento do tamanho médio dos cristais de gelo decorrente de uma recristalização mais intensa; (c) aumento do tamanho médio das bolhas de ar e redução do seu número total; (d) aumento do derretimento total do gelado e da taxa de derretimento máximo e (e) redução da desestabilização da gordura. No entanto verificou-se que algumas destas alterações, nomeadamente a redução da desestabilização da gordura, podem ser minimizadas através de uma operação de congelação dinâmica mais prolongada e realizada a temperaturas mais baixas.

A avaliação à estabilidade da estrutura dos gelados nos 28 dias do estudo permitiu concluir que as principais alterações na estrutura dos gelados ao longo do tempo são: (a) aumento do derretimento total; (b) redução do teor de álcool; (c) aumento do tamanho médio dos cristais de gelo devido à recristalização dos mesmos e (d) aumento do tamanho médio das bolhas de ar e redução do seu número total.

A análise sensorial descritiva genérica realizada pelo painel de especialistas permitiu concluir que: (a) a perceção do derretimento do gelado é maior nos gelados com maior teor de bebida alcoólica, e é também maior ao longo do tempo de armazenamento; (b) a perceção do aroma a bebida alcoólica é maior nos gelados com maior teor de bebida alcoólica, e é menor ao longo do tempo de armazenamento; (c) a perceção do sabor a bebida alcoólica é maior nos gelados com maior teor de bebida alcoólica e a sua perceção é maior 14 dias após a produção do gelado e menor no dia 28; (d) a perceção dos cristais de gelo é maior em função do tempo de armazenamento e não varia significativamente em função do teor de bebida alcoólica.

A análise sensorial hedónica permitiu concluir que os consumidores estão recetivos e interessados em gelados com adição de bebidas alcoólicas, uma vez que no teste de aceitabilidade a classificação média dos consumidores em relação ao sabor e textura variou entre “Gosto Moderadamente” e “Gosto Muito”. Nos testes de preferência os consumidores mostraram uma elevada intenção de compra destes gelados. Foi possível concluir que a maioria dos consumidores deteta ao longo de 28 dias o sabor a bebida alcoólica em gelados

com uma incorporação de 5% de whisky (2% de álcool). Em gelados com uma incorporação e whisky de 2,5% (1% de álcool) apenas uma parte dos consumidores detetou o sabor desta bebida.

A viabilidade deste tipo de gelados no contexto de uma produção artesanal, como a seguida pela Santini S.A., é limitada devido ao facto de o álcool presente favorecer a degradação dos gelados através da recristalização dos cristais de gelo, da desestabilização das bolhas de ar e de um derretimento mais acentuado. Tendo em conta esta limitação, e face aos resultados obtidos neste estudo, sugere-se que a incorporação de bebidas alcoólicas em gelados seja feita até um limite máximo de 5% de bebida (2% de álcool), face à maior instabilidade que os gelados com maior incorporação de whisky demonstraram. Embora a classificação dada pelo painel de consumidores no teste de aceitabilidade não tenha, de um modo geral, apresentado diferenças significativas e de a intenção de compra ter-se mantido elevada ao longo dos 28 dias, sugere-se que o tempo de prateleira, numa perspetiva de garantir a qualidade sensorial, ocorra idealmente nos primeiros 14 dias. No entanto o tempo de prateleira destes gelados poderá ser maior se forem utilizadas temperaturas de armazenamento, transporte e comercialização inferiores.

Concluiu-se que no contexto do tipo de produção artesanal praticado pela Santini S.A., não é possível produzir gelados com um teor de álcool igual ao referido na literatura por Whittaker (2001), de 4%. A produção de gelados com este teor de álcool poderá ser possível, nomeadamente com a utilização de estabilizantes e, ou, emulsionantes. A utilização de temperaturas mais baixas de armazenamento, transporte e comercialização poderá igualmente favorecer a estabilidade deste tipo de gelados.

O desenvolvimento e viabilidade deste tipo de gelados deve, no entanto, ter em conta as questões legais, nomeadamente, ligadas à ausência de uma legislação específica para este tipo de produtos. Numa perspetiva de aplicação da legislação reguladora do setor das bebidas alcoólicas, estes gelados teriam a obrigação de referir o título alcoométrico quando este for superior a 1,2% vol., e a sua comercialização seria proibida a menores de 16 anos, quando o seu teor alcoólico for superior a 0,5% vol..

A realização deste trabalho permitiu também reforçar a importância das operações de repouso e congelação dinâmica na obtenção de gelados com estruturas estáveis e equilibradas, assim como das condições de armazenamento na conservação dessa estrutura ao longo do tempo, com impacte direto no tempo de prateleira dos gelados.

Este estudo poderá ser continuado através da avaliação do efeito que a adição de estabilizantes e, ou, emulsionantes pode ter na estabilidade deste tipo de gelados com incorporação de bebidas alcoólicas. Esta avaliação pode também contemplar a utilização de um outro tipo de gelado Santini como base para a avaliação desta incorporação, como o gelado de base de baunilha ou o *sorbet*. Poderá ainda ser feita uma avaliação ao tempo de prateleira destes produtos, quando sujeitos a diferentes temperaturas de armazenamento.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adleman, R., & Hartel, R. (2001). Lipid Crystallization and its effects on the physical structure of ice cream. In N. Garti, & K. Sato, *Crystallization Processes in Fats and Lipid Systems* (1ª ed., pp. 334-342). New York: Marcel Dekker.
- Aleong, J., Frochot, S., & Goff, H. (2008). Ice Recrystallization Inhibition in Ice Cream by Propylene Glycol Monostearate. *Journal of Food Science*, 73, 463-468.
- Alvarez, V. (2009). Ice Cream and Related Products. In S. Clark, M. Costello, M. Drake, & F. Bodyfelt, *The Sensory Evaluation of Dairy Products* (2ª ed., pp. 271-314). New York, USA: Springer.
- Baraona, J., Fuertes, E., Pereira, C., & Cabral, J. (1999). *Attilio Santini* (1ª ed.). Cascais: Gráfica Europam Lda.
- Bolliger, S., Goff, H., & Tharp, B. (2000). Correlation between colloidal properties of ice cream mix and ice cream. *International Dairy Journal*, 10, 303-309.
- Buglass, A., McKay, M., & Lee, C. (2011). Distilled Spirits. In A. Buglass, *Handbook of Alcoholic Beverages: Technical, Analytical and Nutritional Aspects* (1ª ed., p. 499). Reino Unido: John Wiley & Sons Ltd.
- Buyck, J., Baer, R., & Choi, J. (2011). Effect of storage temperature on quality of light and full-fat ice cream. *American Dairy Science Association*, 94, 2213-2219.
- Caillet, A., Cogné, C., Andrieu, J., Laurent, P., & Rivoire, A. (2003). Characterization of ice cream structure by direct optical microscopy. Influence of freezing parameters. *Swiss Society of Food Science and Technology*, 36, 743-748.
- Chang, Y., & Hartel, R. (2002a). Development of air cells in a batch ice cream freezer. *Journal of Food Engineering*, 55, 71-77.
- Chang, Y., & Hartel, R. (2002b). Measurement of air cell distributions in dairy foams. *International Dairy Journal*, 12, 465-471.
- Chang, Y., & Hartel, R. (2002c). Stability of air cells in ice cream during hardening and storage. *Journal of Food Engineering*, 55, 59-69.
- Clarke, C. (2003). The physics of ice cream. *Physics Education*, 38, 248-253.
- Clarke, C. (2004a). Colloidal Dispersions, Freezing and Rheology. In C. Clarke, *The Science of Ice Cream* (1ª ed., pp. 18-20). Cambridge, UK: RSC Paperbacks.
- Clarke, C. (2004b). Ice Cream: A Complex Composite Material. In C. Clarke, *The Science of Ice Cream* (1ª ed., pp. 135-155). Cambridge, UK: RSC Paperbacks.
- Clas, S., Dalton, C., & Hancock, B. (1999). Differential scanning calorimetry: applications in drug development. *Pharmaceutical Science & Technology Today*, 2, 311-319.
- Cogné, C., Andrieu, J., Laurent, P., Besson, A., & Nocquet, J. (2003). Experimental data and modelling of thermal properties of ice creams. *Journal of Food Engineering*, 58, 331-333.
- Cook, K., & Hartel, R. (2010). Mechanisms of ice formation in ice cream production. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9, 213-221.

- Crilly, J., Russel, A., Cox, A., & Cebula, D. (2008). Designing Multiscale Structures for Desired Properties of Ice Cream. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 47, 6362-6366.
- Dalgleish, D. (2006). Food Emulsions - their structures and structure-forming properties. *Food Hydrocolloids*, 20, 416-421.
- Decreto-Lei 50/13 (2013). Regime de disponibilização, venda e consumo de bebida alcoólicas em locais públicos e em locais abertos ao público. *Diário da República* n.º 74, I Série, 16 de Abril de 2013, pp. 2204-2206.
- Diogo, H., & Moura Ramos, J. (2006). Are Crystallization and Melting the Reverse Transformation of Each Other? *Journal of Chemical Education*, 83, 1389-1392.
- Drake, M. (2007). Invited Review: Sensory Analysis of Dairy Foods. *American Dairy Science Association*, 90, 4925-4935.
- Goff, H. (2002). Formation and Stabilisation of structure in ice-cream and related products. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, 7, 432-435.
- Goff, H., & Hartel, R. (2013a). Composition and Formulations. In H. Goff, & R. Hartel, *Ice Cream* (7<sup>a</sup> ed., p. 21). New York, USA: Springer.
- Goff, H., & Hartel, R. (2013b). Mix Ingredients. In H. Goff, & R. Hartel, *Ice Cream* (7<sup>a</sup> ed., pp. 82-83). New York, USA: Springer.
- Goff, H., & Hartel, R. (2013c). Freezing and Refrigeration. In H. Goff, & R. Hartel, *Ice Cream* (7<sup>a</sup> ed., p. 193). New York, USA: Springer.
- Goff, H., & Hartel, R. (2013d). Ice Cream Structure. In H. Goff, & R. Hartel, *Ice Cream* (7<sup>a</sup> ed., pp. 317-347). New York, USA: Springer.
- Goff, H., & Hartel, R. (2013e). Shelf Life. In H. Goff, & R. Hartel, *Ice Cream* (7<sup>a</sup> ed., pp. 353-370). New York, USA: Springer.
- Goff, H., & Hartel, R. (2013f). Analysing Frozen Desserts. In H. Goff, & R. Hartel, *Ice Cream* (7<sup>a</sup> ed., pp. 413-423). New York, USA: Springer.
- Goff, H., & Hartel, R. (2013g). Formulations for Specialty Products. In H. Goff, & R. Hartel, *Ice Cream* (7<sup>a</sup> ed., pp. 442-443). New York, USA: Springer.
- Goff, H., & Jordan, W. (1989). Action of Emulsifiers in Promoting Fat Destabilization During the Manufacture of Ice Cream. *Journal of Dairy Science*, 72, 24.
- Goff, H., Caldwell, K., Stanley, D., & Maurice, T. (1993). The Influence of Polysaccharides on the Glass Transition in Frozen Sucrose Solutions and Ice Cream. *Journal of Dairy Science*, 76, 1268-2176.
- Hohne, G., Hemminger, W., & Flammersheim, H. (2003). *Differential Scanning Calorimetry* (2<sup>a</sup> ed.). Berlin, Alemanha: Springer.
- Hwang, J., Shyu, Y., & Hsu, C. (2009). Grape wine lees improves the rheological and adds antioxidant properties to ice cream. *LWT- Food Science and Technology*, 42, 312-318.
- INSA. (2006). Tabela da Composição de Alimentos. *Centro de Segurança Alimentar e Nutrição do Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge*, 112-113.
- Koxholt, M., Eisenmann, B., & Hinrichs, J. (2001). Effect of the Fat Globule Sizes on the Melt-down of Ice Cream. *Journal of Dairy Science*, 84, 31-37.

- Lawless, H., & Heymann, H. (2010a). Introduction. In H. Lawless, & H. Heymann, *Sensory Evaluation of Food: principles and practices* (2<sup>a</sup> ed., pp. 1-8). New York, USA: Springer.
- Lawless, H., & Heymann, H. (2010b). Discrimination Testing. In H. Lawless, & H. Heymann, *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices* (2<sup>a</sup> ed., pp. 79-80). New York, USA: Springer.
- Lawless, H., & Heymann, H. (2010c). Descriptive Analysis. In H. Lawless, & H. Heymann, *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices* (2<sup>a</sup> ed., pp. 227-247). New York, USA: Springer.
- Lyons, T. (2003). Production of Scotch and Irish whiskies: their history and evolution. In K. Jacques, T. Lyons, & D. Kelsall, *The Alcohol Textbook: A reference for the beverage, fuel and industrial alcohol industries* (4<sup>a</sup> ed., pp. 193-220). Nottingham, Reino Unido: Alltech Inc.
- McClements, J., & Weis, J. (2005). Lipid Emulsions. In F. Shahidi, *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* (6<sup>a</sup> ed., pp. 470-480). Wiley-Interscience.
- Méndez-Velasco, C., & Goff, H. (2012a). Fat structure in ice cream: A study on the types of fat interactions. *Food Hydrocolloids*, 29, 152-158.
- Méndez-Velasco, C., & Goff, H. (2012b). Fat structures as affected by unsaturated or saturated monoglyceride and their effect on ice cream structure, texture and stability. *International Dairy Journal*, 24, 33-39.
- Merck & Co., Inc. (1989). *The Merck Index* (11<sup>a</sup> ed.). Rahway, New Jersey, USA: Merck & Co., Inc.
- Muse, M., & Hartel, R. (2004). Ice Cream Structural Elements that Affect Melting Rate and Hardness. *Journal of Dairy Science*, 87, 1-10.
- Nielsen, S. (2010). *Food Analysis* (4<sup>a</sup> ed.). West Lafayette, Indiana, USA: Springer.
- NP 3293 (2008) *Gelados Alimentares e misturas embaladas para congelar. Definição, classificação, características, embalagem, conservação e rotulagem*, pp. 4 - 7.
- Pawar, A., Caggioni, M., Hartel, R., & Spicer, P. (2012). Arrested coalescence of viscoelastic droplets with internal microstructure. *The Royal Society of Chemistry*, 158, 341-348.
- Regulamento (CE) n.º 110/2008 de 15 de Janeiro de 2008. Âmbito de aplicação, definição e categorias de bebidas espirituosas. *Jornal Oficial da União Europeia*, L39/16, pp. 19-30. Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. Bruxelas, Bélgica.
- Regulamento (CEE) n.º 2658/1987 de 23 de Julho de 1987. Nomenclatura pautal e estatística e à pauta aduaneira comum. *Jornal das Comunidades Europeias.*, p. 153. Conselho das Comunidades Europeia. Bruxelas, Bélgica.
- Regulamento (UE) n.º 1169/2011 de 25 de Outubro de 2011. Informação obrigatória sobre os géneros alimentícios. *Jornal Oficial da União Europeia*, L304/18, p. 28. Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. Bruxelas, Bélgica.
- Roos, Y. (2010). Glass Transition temperature its relevance in food processing. *Annual Review of Food Science and Technology*, 1, 469-496.
- Santini SA. (2013a). *Manual de HACCP*. DQSA, Carcavelos. p. 17.

- Santini SA. (2013b). *Relatório de Ensaio*. Lisboa. p. 1.
- Segall, K., & Goff, H. (2002). A modified ice cream processing routine that promotes fat destabilization in the absence of added emulsifier. *International Dairy Journal*, 12, 1013-1017.
- Singh, K., & Roos, Y. (2006). Frozen State Transitions of Sucrose-Protein-Cornstarch Mixtures. *Journal of Food Science*, 70, 198-204.
- Sofjan, R., & Hartel, R. (2004). Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. *International Dairy Journal*, 14, 255-261.
- Soukulis, C., Lebesi, D., & Tzia, C. (2009). Enrichment of ice cream with dietary fibre: Effects on rheological properties, ice crystallisation and glass transition phenomena. *Food Chemistry*, 115, 665-671.
- Soukulis, C., Lyroni, E., & Tzia, C. (2010). Sensory profiling and hedonic judgement of probiotic ice cream as a function of hydrocolloids, yogurt and milk fat content. *LWT - Food Science and Technology*, 43, 1351-1358.
- Whittaker, J. (2001). Alcohol in Ice Cream. *Dairy Industries International*, 66, 41.
- Wildmoser, H., Scheiwiller, J., & Windhab, E. (2004). Impact of disperse microstructure on rheology and quality aspects of ice cream. *Swiss Society of Food Science and Technology*, 37, 882-890.
- Xinyi, E., Pei, Z., & Schmidt, K. (2010). ice cream foam formation and stabilization - a review. *Food Reviews International*, 26, 129-130.

## 6. ANEXOS

### Anexo 1 – Descritores da Análise Sensorial Descritiva Genérica

Tabela 6.1 – Lista e descrição dos descritores utilizados na análise sensorial descritiva genérica realizada pelo painel de especialistas, em função dos atributos: aparência, aroma, sabor e textura na boca.

Descritor	Descrição
<b>Aparência</b>	
<b>Derretimento</b>	Refere-se à observação de sinais de derretimento do gelado como a escorrência e, ou, separação de fases.
<b>Aroma</b>	
<b>Bebidas Alcoólicas</b>	Percepção de aroma associado a bebidas alcoólicas.
<b>Sabor</b>	
<b>Bebidas Alcoólicas</b>	Sabor ardente associado a bebidas alcoólicas.
<b>Textura (boca)</b>	
<b>Cristais de Gelo</b>	Refere-se à percepção, na boca, de cristais de gelo na textura do gelado.

## Anexo 2 - Folha de Prova da Análise Sensorial Descritiva

Nome _____	Idade _____
Data _____	

### Instruções:

Leia atentamente todas as instruções antes de iniciar a prova.

Responda inicialmente à **coluna I** referente à aparência da amostra. De seguida responda às **colunas II, III e IV**, referentes respetivamente ao aroma, gosto e textura (na boca).

Em anexo encontra-se uma tabela com uma breve explicação de cada descritor.

Avalie, marcando com um X, os seguintes descritores relativos aos atributos da amostra e classifique cada um numa escala de 0 - 5, sendo que:

0 – Representa o nível mínimo (ausente) relativamente ao descritor;

5 – Representa o nível máximo relativamente ao descritor.

Amostra \_\_\_\_\_

<u>Coluna I</u>					
Atributo: <u>Aparência</u>					
Derretimento					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0	1	2	3	4	5

<u>Coluna II</u>					
Atributo: <u>Aroma</u>					
Bebida alcoólica					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0	1	2	3	4	5

<u>Coluna III</u>					
Atributo: <u>Sabor</u>					
Bebida alcoólica					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0	1	2	3	4	5

<u>Coluna IV</u>					
Atributo: <u>Textura (boca)</u>					
Cristais de gelo					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0	1	2	3	4	5

Figura 6.1 – Folha de Prova de Análise Sensorial Descritiva Genérica.

### Anexo 3 - Folha de Prova da Análise Sensorial Hedónica

Nome _____	Idade _____
Data _____	

**Instruções:**

Classifique os atributos escolhendo apenas uma opção.

Amostra \_\_\_\_\_

<b>Atributo: <u>Sabor</u></b>	
Gosto Extremamente	<input type="checkbox"/>
Gosto Muito	<input type="checkbox"/>
Gosto Moderadamente	<input type="checkbox"/>
Gosto Pouco	<input type="checkbox"/>
Indiferente	<input type="checkbox"/>
Desgosto Pouco	<input type="checkbox"/>
Desgosto Moderadamente	<input type="checkbox"/>
Desgosto Muito	<input type="checkbox"/>
Desgosto Extremamente	<input type="checkbox"/>

<b>Atributo: <u>Textura</u></b>	
Gosto Extremamente	<input type="checkbox"/>
Gosto Muito	<input type="checkbox"/>
Gosto Moderadamente	<input type="checkbox"/>
Gosto Pouco	<input type="checkbox"/>
Indiferente	<input type="checkbox"/>
Desgosto Pouco	<input type="checkbox"/>
Desgosto Moderadamente	<input type="checkbox"/>
Desgosto Muito	<input type="checkbox"/>
Desgosto Extremamente	<input type="checkbox"/>

Amostra \_\_\_\_\_

Atributo: <u>Sabor</u>		Atributo: <u>Textura</u>	
Gosto Extremamente	<input type="checkbox"/>	Gosto Extremamente	<input type="checkbox"/>
Gosto Muito	<input type="checkbox"/>	Gosto Muito	<input type="checkbox"/>
Gosto Moderadamente	<input type="checkbox"/>	Gosto Moderadamente	<input type="checkbox"/>
Gosto Pouco	<input type="checkbox"/>	Gosto Pouco	<input type="checkbox"/>
Indiferente	<input type="checkbox"/>	Indiferente	<input type="checkbox"/>
Desgosto Pouco	<input type="checkbox"/>	Desgosto Pouco	<input type="checkbox"/>
Desgosto Moderadamente	<input type="checkbox"/>	Desgosto Moderadamente	<input type="checkbox"/>
Desgosto Muito	<input type="checkbox"/>	Desgosto Muito	<input type="checkbox"/>
Desgosto Extremamente	<input type="checkbox"/>	Desgosto Extremamente	<input type="checkbox"/>

Qual dos dois gelados prefere?

Amostra \_\_\_\_\_

Intenção de Compra	
Compraria os dois	<input type="checkbox"/>
Compraria o gelado 159	<input type="checkbox"/>
Compraria o gelado 623	<input type="checkbox"/>
Não compraria nenhum	<input type="checkbox"/>

Observações \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Figura 6.2 – Folha de Prova de Análise Sensorial Hedónica.

## Anexo 4 – Teste do Derretimento

Tabela 6.2 – Taxa de Derretimento (%/10 minutos) obtida através do teste de derretimento. Os resultados referem-se aos cinco gelados em estudo nos dias 1, 14 e 28 após a produção. Os resultados representam a média de três repetições  $\pm$  EP.

Dia	Tempo	Teste do Derretimento - Taxa de Derretimento (%/10 minutos)				
		GC	NW1	NW2	NW3	NW4
Dia 1	10	3,8 $\pm$ 0,0	4,6 $\pm$ 0,4	9,0 $\pm$ 0,6	4,6 $\pm$ 0,0	4,9 $\pm$ 0,2
	20	8,7 $\pm$ 0,2	11,3 $\pm$ 0,2	14,6 $\pm$ 0,4	14,1 $\pm$ 0,2	16,2 $\pm$ 0,0
	30	10,5 $\pm$ 0,2	12,0 $\pm$ 0,6	14,4 $\pm$ 0,2	15,9 $\pm$ 1,0	19,5 $\pm$ 0,8
	40	9,5 $\pm$ 0,2	12,8 $\pm$ 0,2	12,8 $\pm$ 0,8	13,3 $\pm$ 0,8	16,2 $\pm$ 0,0
	50	8,7 $\pm$ 0,2	10,2 $\pm$ 0,6	11,0 $\pm$ 0,2	11,8 $\pm$ 0,6	11,5 $\pm$ 0,7
	60	8,7 $\pm$ 0,2	11,3 $\pm$ 0,2	9,0 $\pm$ 0,6	8,7 $\pm$ 1,1	7,7 $\pm$ 0,0
	70	7,2 $\pm$ 0,2	9,0 $\pm$ 0,2	6,7 $\pm$ 0,2	6,7 $\pm$ 0,8	4,6 $\pm$ 0,0
	80	5,9 $\pm$ 0,2	4,6 $\pm$ 0,9	2,8 $\pm$ 0,2	2,3 $\pm$ 0,0	1,8 $\pm$ 0,2
	90	4,1 $\pm$ 0,2	2,3 $\pm$ 0,4	2,3 $\pm$ 0,0	1,3 $\pm$ 0,2	1,3 $\pm$ 0,2
Dia 14	10	1,3 $\pm$ 0,2	5,9 $\pm$ 0,2	5,4 $\pm$ 0,4	4,1 $\pm$ 0,2	7,2 $\pm$ 0,2
	20	8,7 $\pm$ 0,2	12,8 $\pm$ 0,2	12,8 $\pm$ 0,2	14,9 $\pm$ 0,2	12,9 $\pm$ 0,6
	30	11,0 $\pm$ 0,2	16,4 $\pm$ 0,2	17,7 $\pm$ 1,0	15,1 $\pm$ 0,9	17,0 $\pm$ 0,1
	40	10,0 $\pm$ 0,4	12,3 $\pm$ 0,4	15,1 $\pm$ 0,8	16,9 $\pm$ 1,0	16,8 $\pm$ 0,4
	50	9,0 $\pm$ 0,6	10,3 $\pm$ 0,6	13,8 $\pm$ 0,4	10,5 $\pm$ 0,2	12,6 $\pm$ 0,7
	60	9,2 $\pm$ 0,4	9,5 $\pm$ 0,2	9,5 $\pm$ 0,4	8,7 $\pm$ 0,2	9,3 $\pm$ 0,4
	70	9,0 $\pm$ 0,2	6,4 $\pm$ 0,2	6,2 $\pm$ 0,4	4,9 $\pm$ 0,2	4,4 $\pm$ 0,7
	80	6,7 $\pm$ 0,2	4,1 $\pm$ 0,4	3,6 $\pm$ 0,2	3,1 $\pm$ 0,4	3,1 $\pm$ 0,0
	90	4,1 $\pm$ 0,2	2,8 $\pm$ 0,2	3,1 $\pm$ 0,4	1,3 $\pm$ 0,4	1,8 $\pm$ 0,2
Dia 28	10	3,8 $\pm$ 0,0	4,4 $\pm$ 0,2	5,1 $\pm$ 0,2	6,9 $\pm$ 0,6	5,4 $\pm$ 0,4
	20	7,7 $\pm$ 0,0	13,3 $\pm$ 0,2	12,6 $\pm$ 0,2	11,3 $\pm$ 0,6	12,6 $\pm$ 0,9
	30	10,5 $\pm$ 0,2	14,9 $\pm$ 0,2	13,6 $\pm$ 0,6	15,4 $\pm$ 0,6	15,9 $\pm$ 1,6
	40	10,5 $\pm$ 0,6	15,6 $\pm$ 0,2	14,9 $\pm$ 0,2	16,7 $\pm$ 0,8	18,2 $\pm$ 1,7
	50	11,5 $\pm$ 0,7	15,1 $\pm$ 0,2	14,1 $\pm$ 0,2	14,6 $\pm$ 1,1	17,7 $\pm$ 1,4
	60	9,5 $\pm$ 0,6	7,2 $\pm$ 0,6	10,8 $\pm$ 0,4	8,2 $\pm$ 0,8	12,1 $\pm$ 0,6
	70	7,7 $\pm$ 0,4	6,4 $\pm$ 0,2	9,0 $\pm$ 0,2	4,4 $\pm$ 0,4	6,4 $\pm$ 0,4
	80	5,9 $\pm$ 0,2	4,1 $\pm$ 0,2	4,4 $\pm$ 0,2	2,1 $\pm$ 0,2	2,3 $\pm$ 0,4
	90	3,8 $\pm$ 0,6	3,3 $\pm$ 0,2	2,6 $\pm$ 0,2	2,3 $\pm$ 0,0	1,0 $\pm$ 0,4

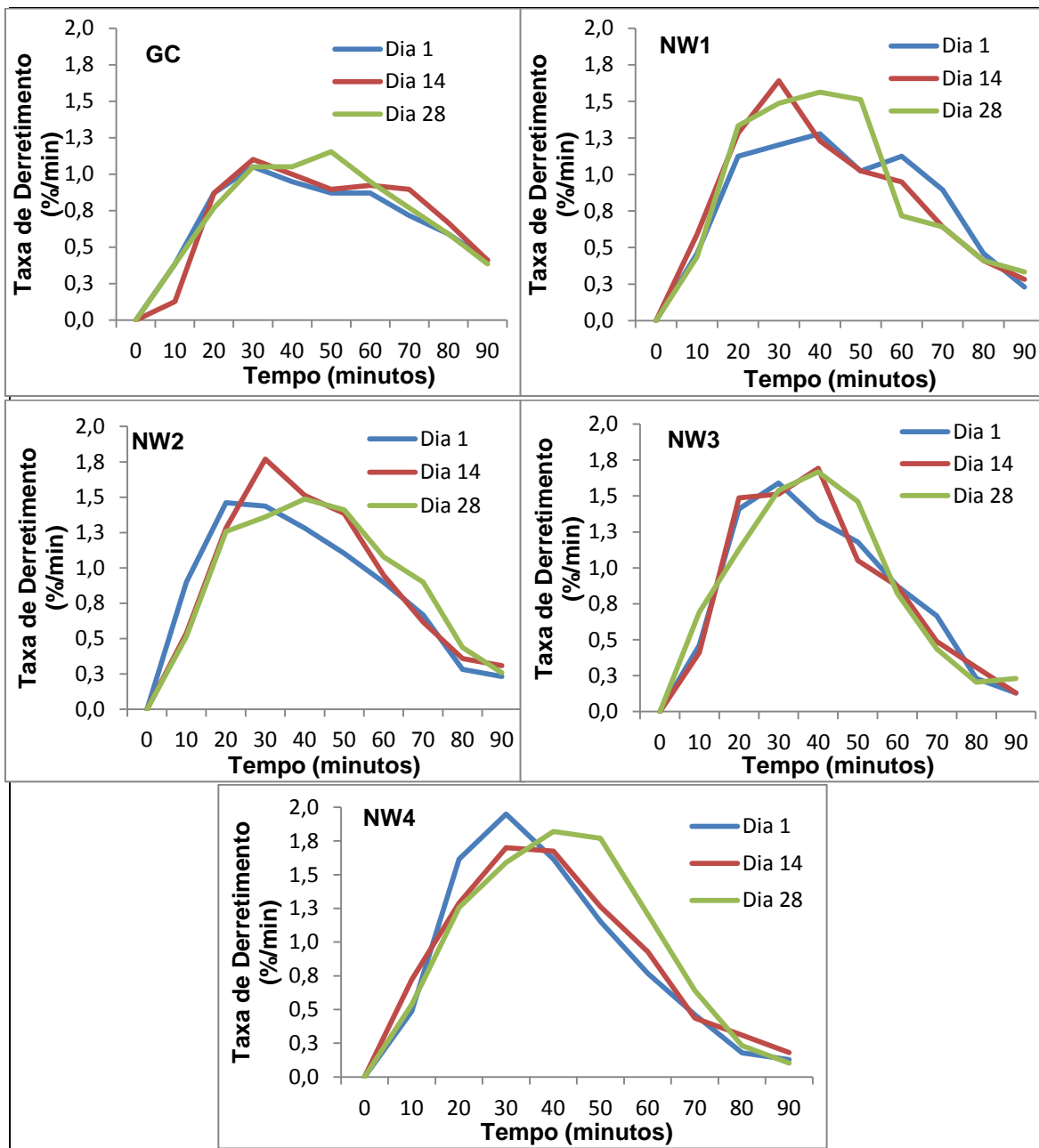


Figura 6.3 – Taxa de Derretimento (%/minuto) dos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4. Cada gráfico encontra-se identificado com a abreviatura referente a cada gelado.

## Anexo 5 – Bolhas de Ar

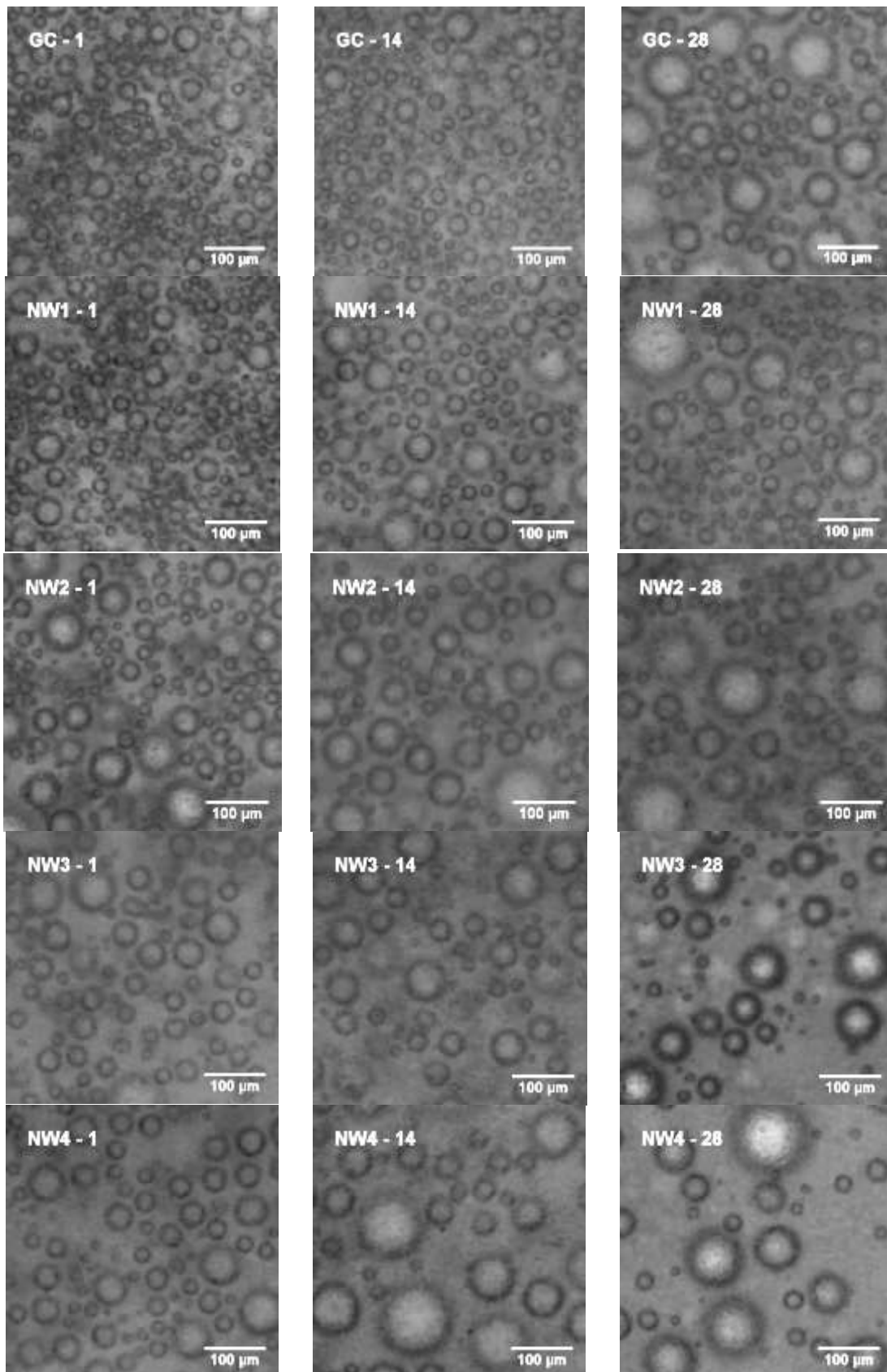


Figura 6.4 – Observações microscópicas (40x) dos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4 nos dias 1, 14 e 28 após a produção, com observação das bolhas de ar. As imagens são representativas dos gelados indicados, no entanto, naturalmente, não constituem na totalidade os dados analisados.

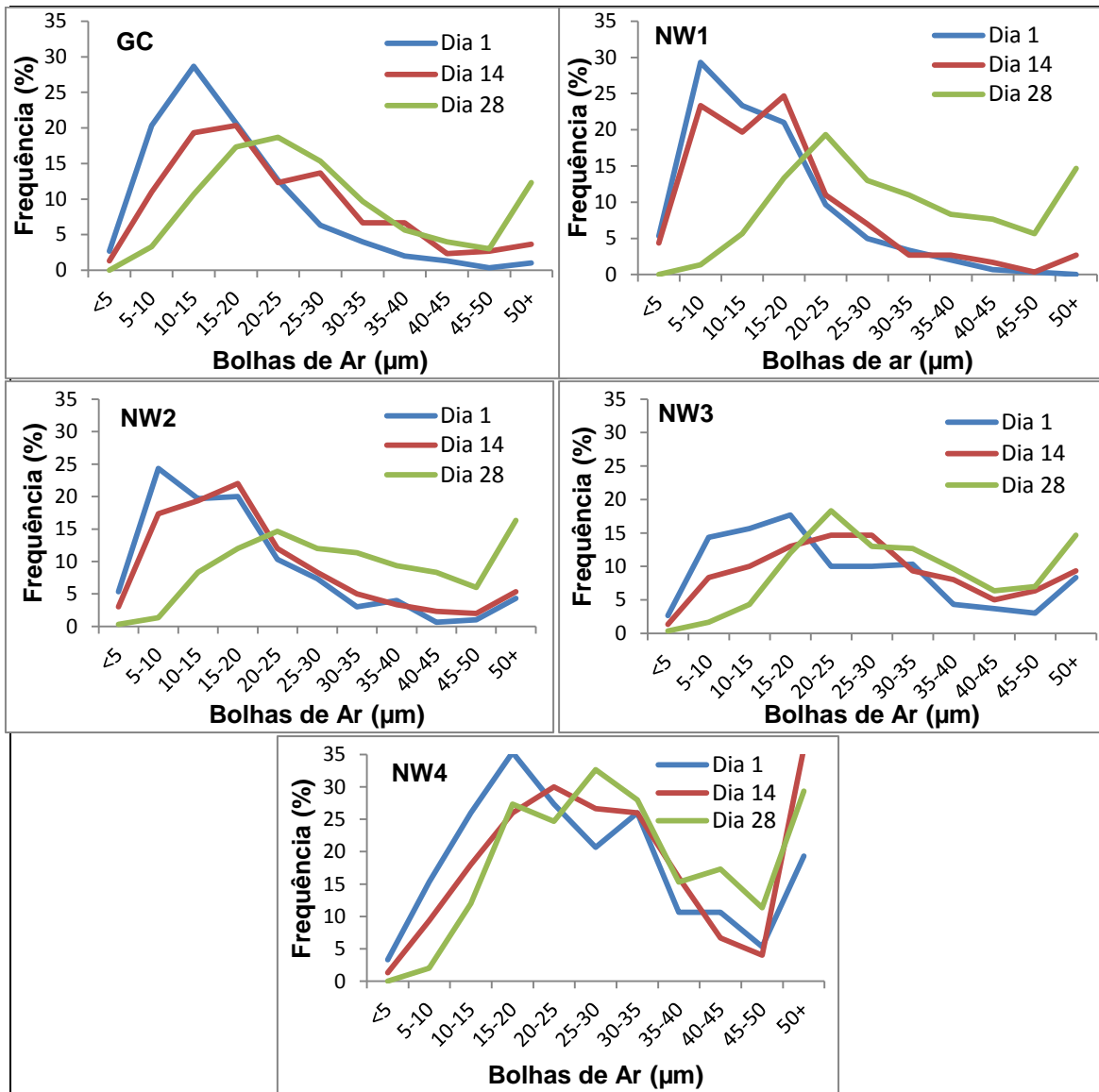


Figura 6.5 – Distribuição de tamanhos das bolhas de ar nos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4 nos dias 1, 14 e 28 após a sua produção. Cada gráfico encontra-se identificado com a abreviatura do gelado a que se refere.

## Anexo 6 – Cristais de Gelo

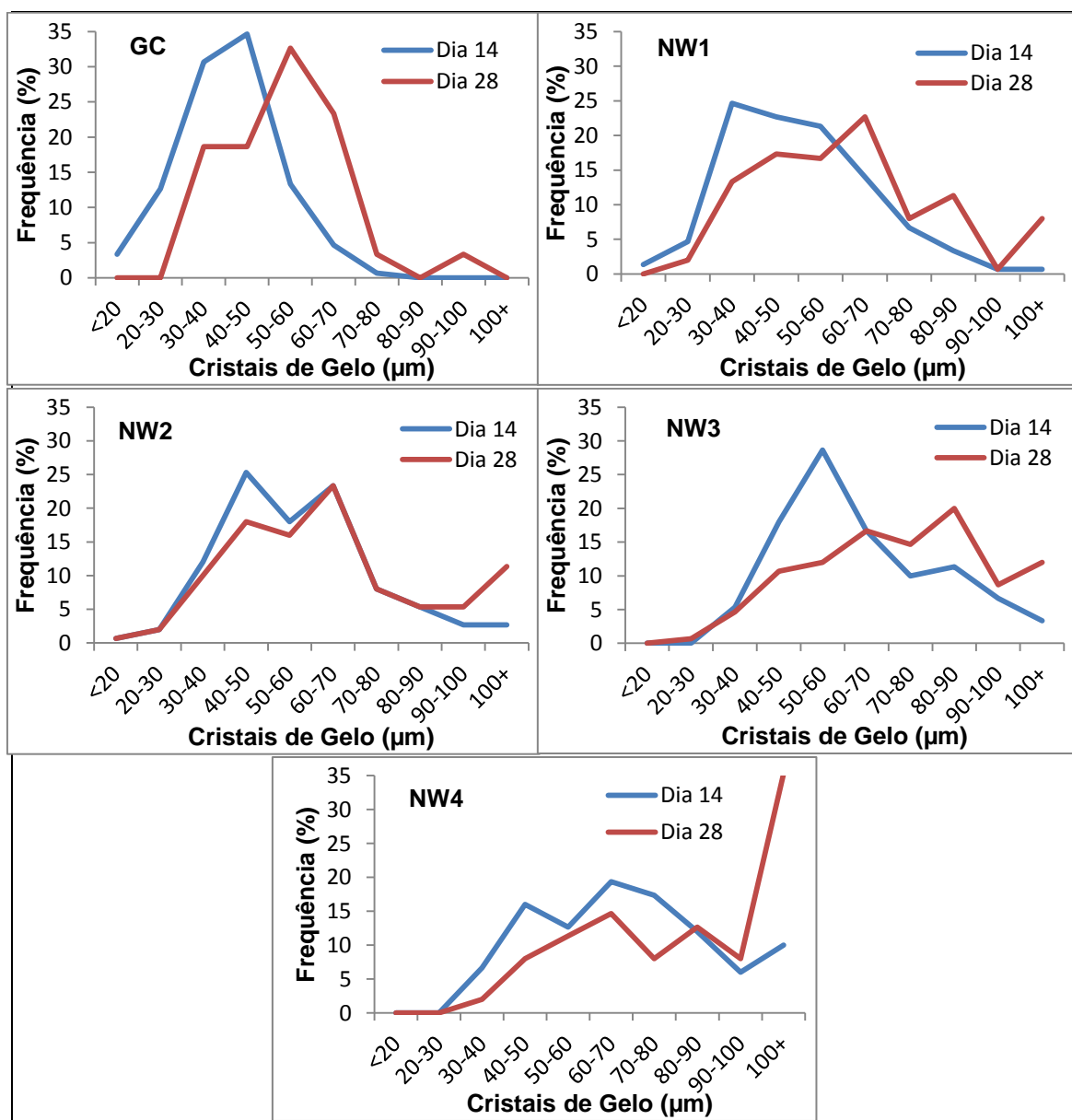


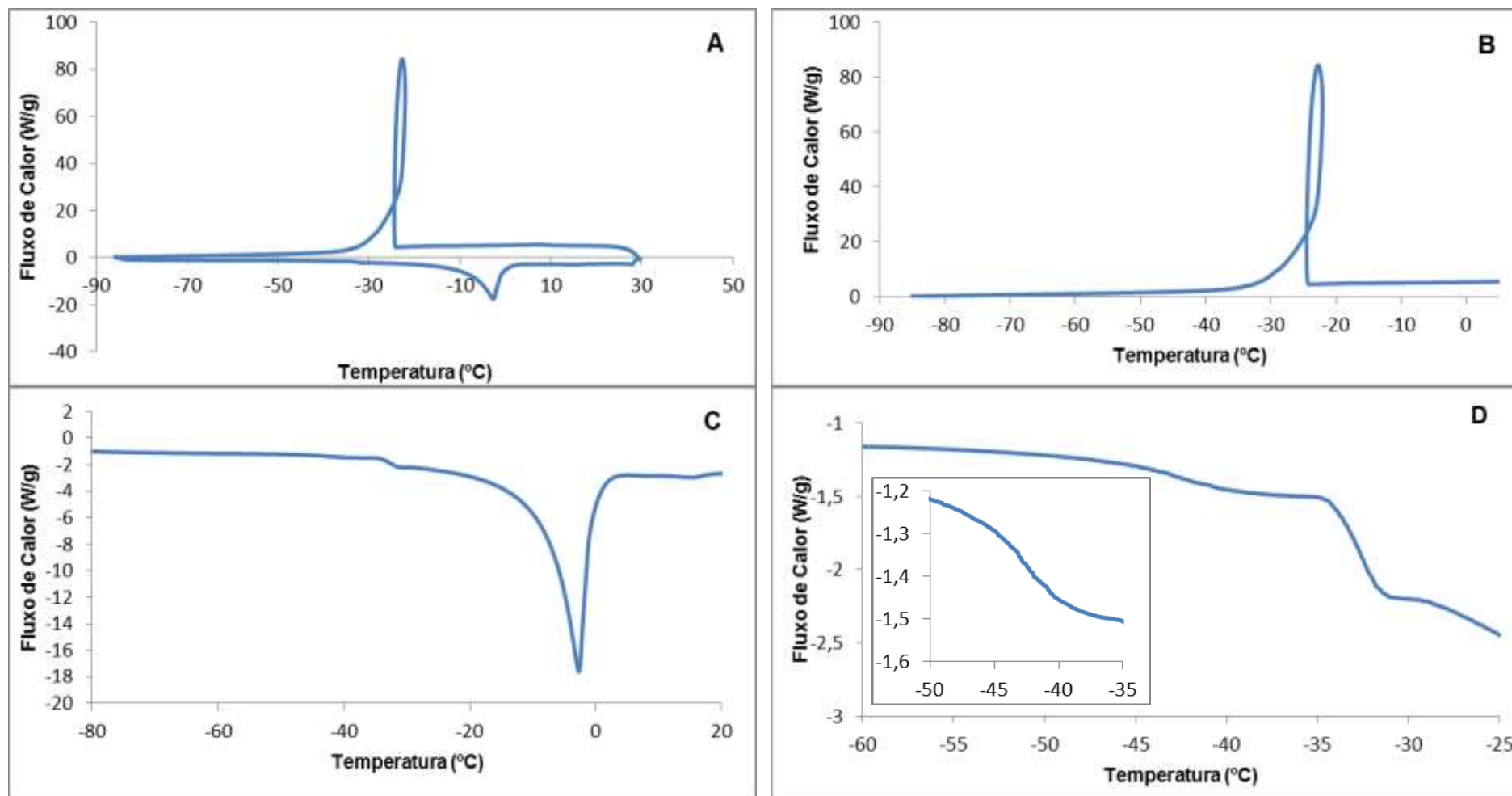
Figura 6.6 – Distribuição de tamanhos dos cristais de gelo nos gelados GC, NW1, NW2, NW3 e NW4 nos dias 14 e 28 após a sua produção. Cada gráfico encontra-se identificado com a abreviatura do gelado a que se refere.

## Anexo 7 – Correlações

Tabela 6.3 – Correlações lineares de Pearson entre os vários testes o Teor de Whisky, Ponto de Congelação, Onset da Fusão, Sólidos Solúveis Totais nos dias 1 e 28, Overrun, IDG, Taxa de Derretimento Máximo no dia 1, Gelado Derretido Total no dia 1, Tamanho Médio das Bolhas de Ar nos dias 1, 14 e 28, Número de Bolhas de Ar por 1 mm<sup>2</sup> nos dias 1, 14 e 28, e Tamanho Médio dos Cristais de Gelo nos dias 14 e 28.

	Whisky	PCg	OnsFus	SST1	SST28	OVRN	IDG	TDM1	GDT1	BATM1	BATM14	BATM28	BAD1	BAD14	BAD28	CGTM14	CGTM28
<b>Whisky</b>	1,00																
<b>PCg</b>	-0,96	1,00															
<b>OnsFus</b>	-0,99	0,98	1,00														
<b>SST1</b>	-0,95	0,85	0,94	1,00													
<b>SST28</b>	-0,96	0,85	0,93	0,95	1,00												
<b>OVRN</b>	-0,98	0,96	0,98	0,91	0,89	1,00											
<b>IDG</b>	0,26	-0,09	-0,22	-0,34	-0,47	-0,05	1,00										
<b>TDM1</b>	0,99	-0,98	-0,99	-0,91	-0,91	-1,00	0,10	1,00									
<b>GDT1</b>	0,81	-0,84	-0,83	-0,78	-0,67	-0,91	-0,30	0,88	1,00								
<b>BATM1</b>	0,90	-0,82	-0,88	-0,85	-0,94	-0,78	0,63	0,83	0,48	1,00							
<b>BATM14</b>	0,80	-0,77	-0,79	-0,67	-0,83	-0,68	0,61	0,74	0,34	0,96	1,00						
<b>BATM28</b>	0,79	-0,73	-0,77	-0,80	-0,73	-0,88	-0,20	0,84	0,92	0,49	0,32	1,00					
<b>BAD1</b>	-0,92	0,82	0,89	0,87	0,97	0,82	-0,57	-0,86	-0,53	-0,98	-0,93	-0,59	1,00				
<b>BAD14</b>	-0,97	0,88	0,94	0,92	0,99	0,91	-0,43	-0,93	-0,67	-0,95	-0,87	-0,73	0,98	1,00			
<b>BAD28</b>	-0,86	0,76	0,82	0,78	0,93	0,78	-0,54	-0,81	-0,46	-0,94	-0,92	-0,58	0,98	0,96	1,00		
<b>CGTM14</b>	0,99	-0,94	-0,99	-0,97	-0,95	-0,98	0,21	0,99	0,86	0,86	0,73	0,84	-0,89	-0,95	-0,83	1,00	
<b>CGTM28</b>	0,98	-0,95	-0,97	-0,89	-0,95	-0,96	0,23	0,98	0,78	0,89	0,83	0,79	-0,93	-0,97	-0,91	0,97	1,00

## Anexo 8 – Termogramas



08

Figura 6.7 – Termograma representativo do GC. A - Ciclo Completo; B - Cristalização; C - Fusão e D - Transições Vítreas.

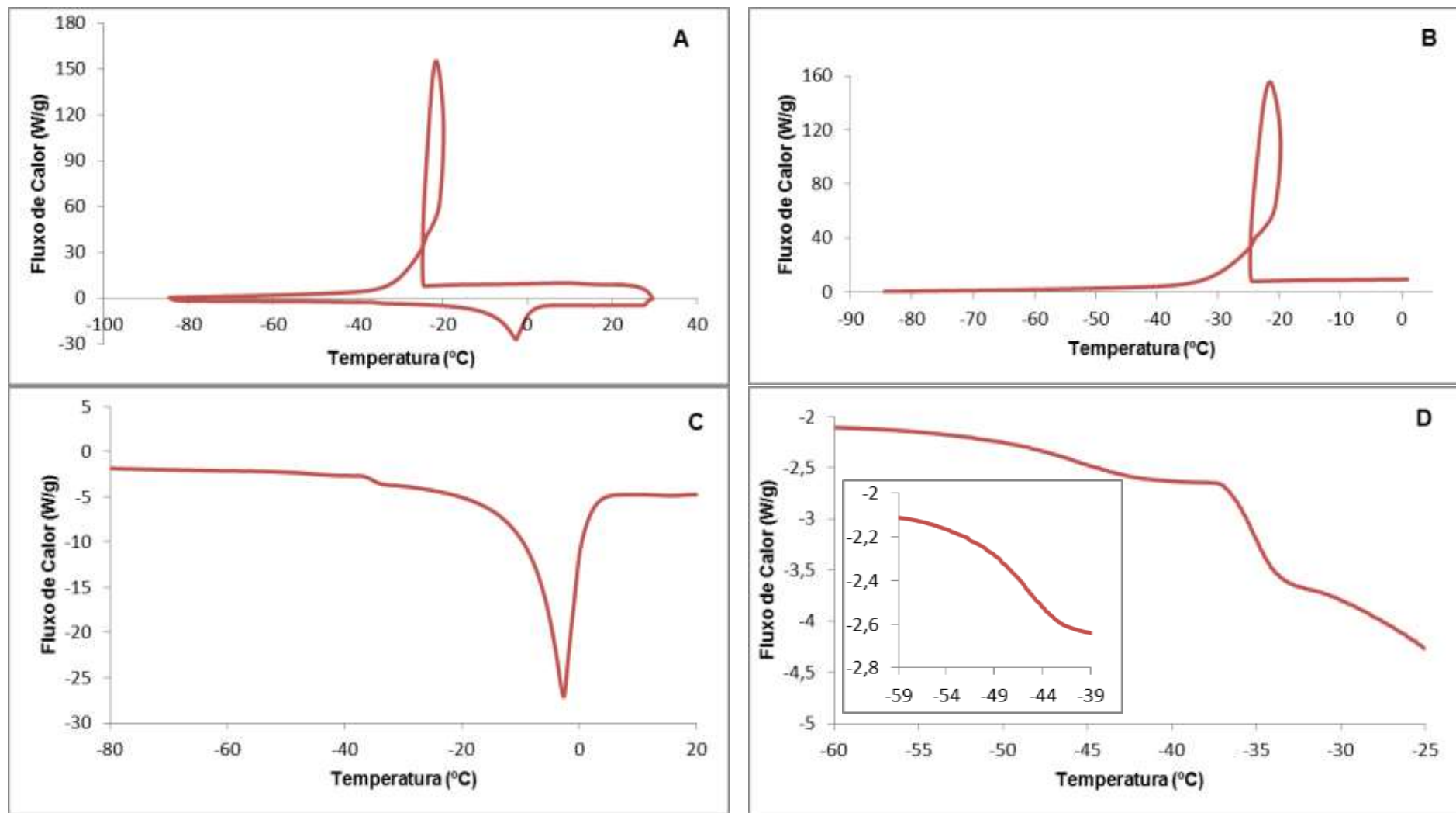


Figura 6.8 – Termograma representativo do gelado NW1. A - Ciclo Completo; B - Cristalização; C – Fusão e D – Transições Vítreas.

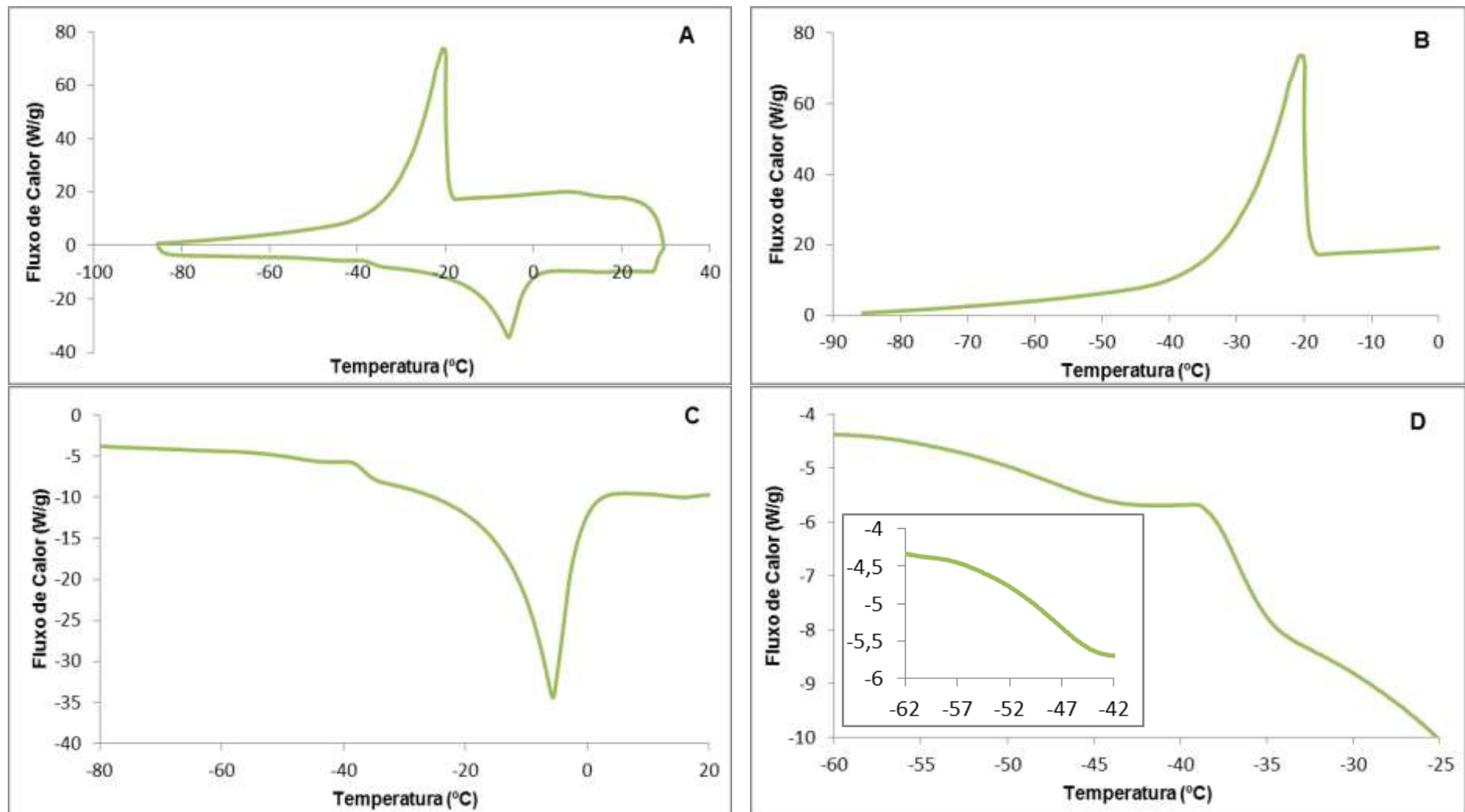


Figura 6.9 – Termograma representativo do gelado NW2. A - Ciclo Completo; B - Cristalização; C – Fusão e D – Transições Vítreas.

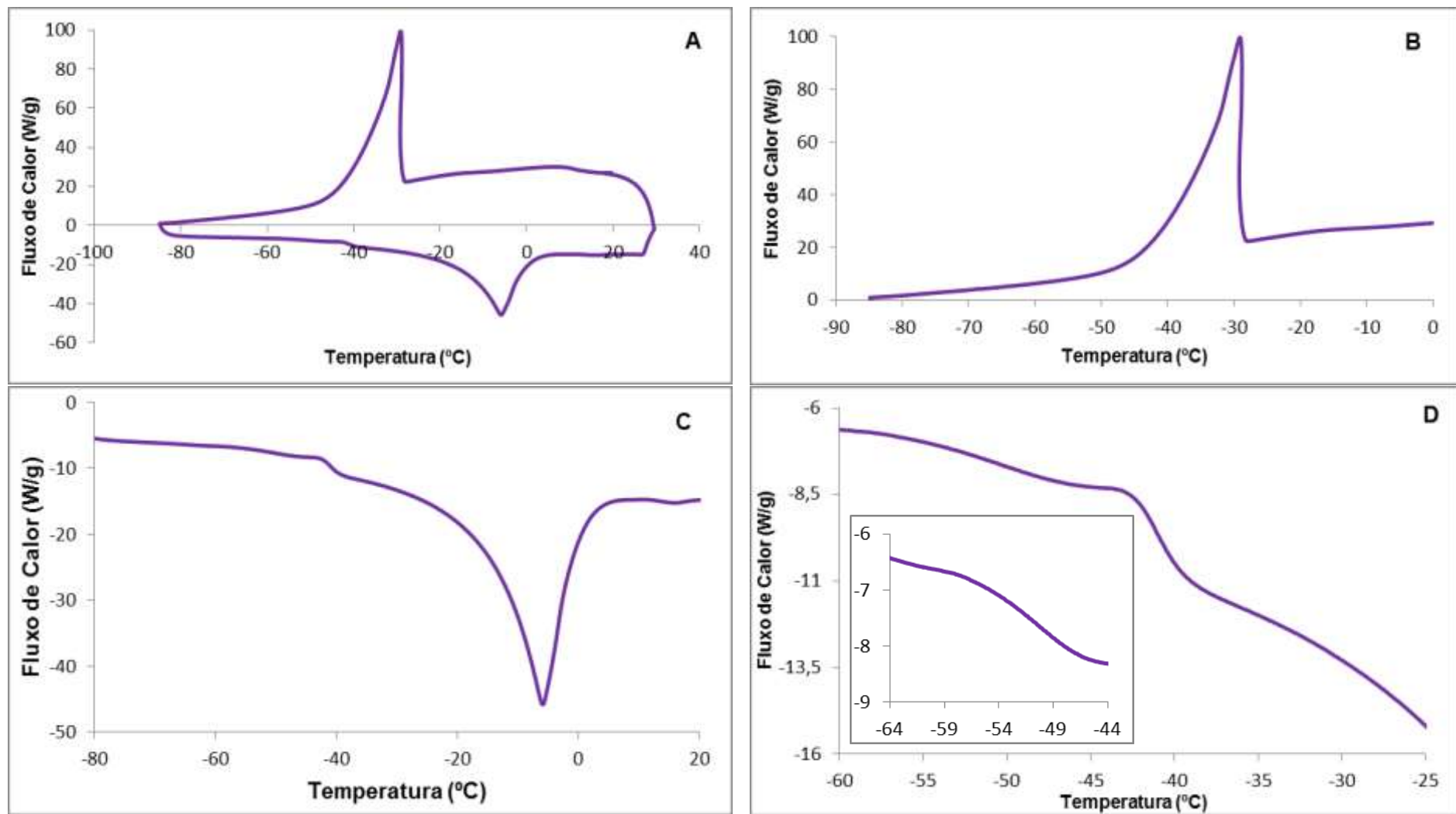


Figura 6.10 – Termograma representativo do gelado NW3. A - Ciclo Completo; B - Cristalização; C – Fusão e D – Transições Vítreas.

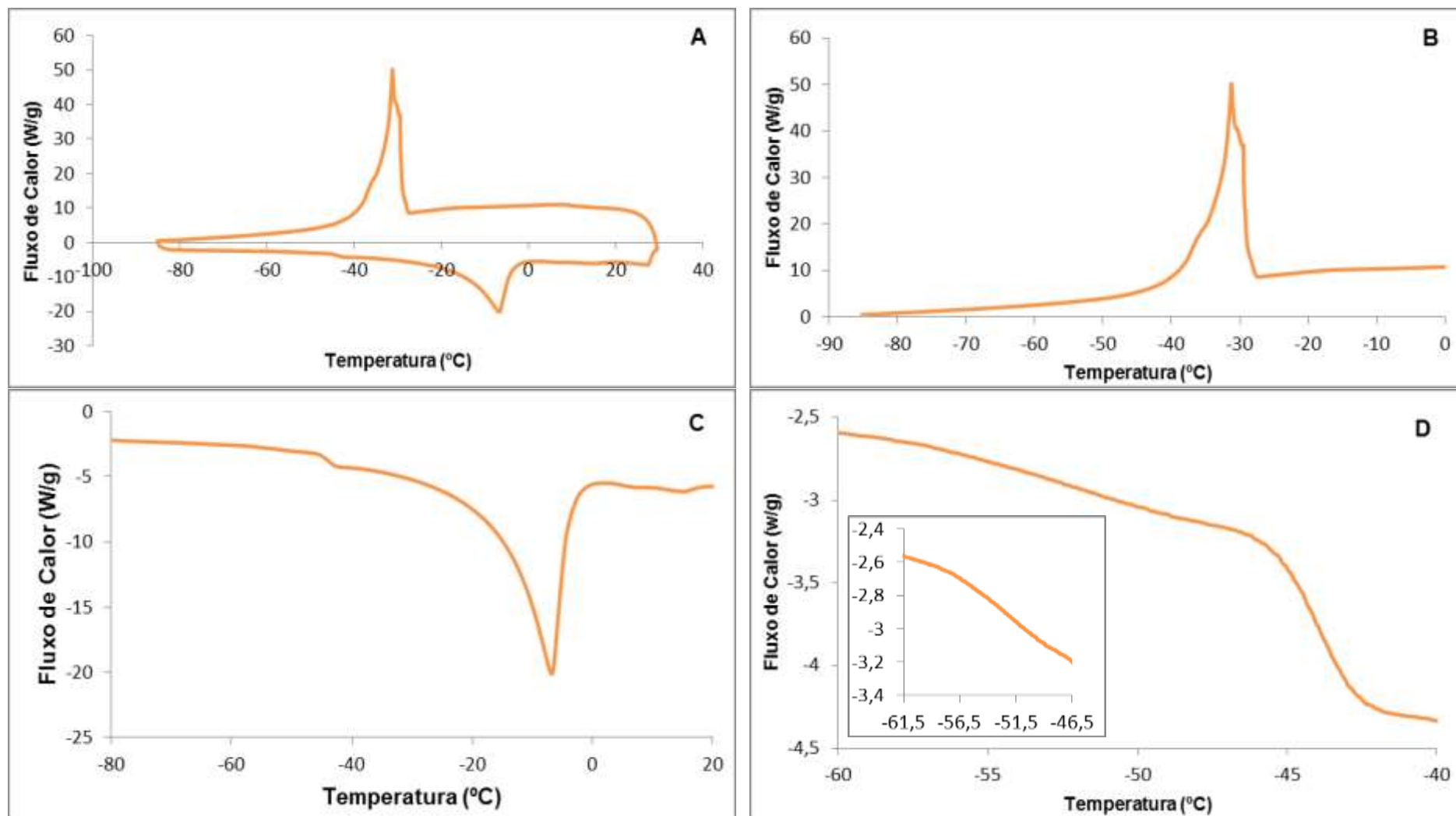


Figura 6.11 – Termograma representativo do gelado NW4. A - Ciclo Completo; B - Cristalização; C – Fusão e D – Transições Vítreas.

## Anexo 9 – DSC

Tabela 6.4 – Determinação do perfil térmico do Gelado Controlo por leitura de três termogramas compostos por dois ciclos cada. Na análise aos termogramas foram avaliados a cristalização, fusão e transições vítreas. Os dados obtidos foram utilizados na determinação do valor médio e do EP.

Amostra	I			II			III			Média Total	EP
Ciclo	ciclo 1	ciclo 2	Média	ciclo 1	ciclo 2	Média	ciclo 1	ciclo 2	Média		
<b>Cristalização</b>											
<b>Onset (°C)</b>	-23,4	-22,3	-22,9	-27,3	-24,5	-25,9	-25,2	-24,9	-25,1	-24,6	0,73
<b>Máximo (°C)</b>	-18,5	-17,3	-17,9	-25,4	-22,7	-24,1	-22,8	-22,9	-22,8	-21,6	1,55
<b>Entalpia (J/g)</b>	124,6	125,2	124,9	109,8	112,9	111,4	115,6	114,3	115,0	117,1	3,3
<b>T<sub>g</sub></b>											
<b>Onset (°C)</b>	-46,3	-46,4	-46,4	-44,7	-44,7	-44,7	-45,8	-46,2	-46,0	-45,7	0,41
<b>Midpoint (°C)</b>	-43,3	-43,6	-43,5	-42,1	-42,9	-42,5	-44,2	-43,9	-44,0	-43,3	0,36
<b>EndPoint (°C)</b>	-40,8	-40,8	-40,8	-40,0	-40,3	-40,2	-40,6	-40,2	-40,4	-40,5	0,15
<b>ΔCP (J/(g.°C))</b>	0,23	0,23	0,23	0,20	0,22	0,21	0,24	0,26	0,25	0,23	0,01
<b>T<sub>m</sub></b>											
<b>Onset (°C)</b>	-33,3	-33,2	-33,3	-34,3	-34,0	-34,1	-33,7	-33,9	-33,8	-33,7	0,21
<b>Midpoint (°C)</b>	-32,1	-32,0	-32,1	-32,9	-32,5	-32,7	-32,6	-32,5	-32,6	-32,4	0,16
<b>EndPoint (°C)</b>	-30,6	-30,6	-30,6	-32,3	-31,7	-32,0	-31,5	-31,7	-31,6	-31,4	0,34
<b>ΔCP (J/(g.°C))</b>	0,68	0,65	0,67	0,66	0,76	0,71	0,64	0,68	0,66	0,68	0,01
<b>Fusão</b>											
<b>Onset (°C)</b>	-7,7	-7,5	-7,6	-7,8	-7,7	-7,7	-8,3	-8,2	-8,3	-7,9	0,16
<b>Mínimo (°C)</b>	-2,2	-2,2	-2,2	-2,7	-2,7	-2,7	-2,9	-3,0	-3,0	-2,6	0,18
<b>Entalpia (J/g)</b>	114,1	107,7	110,9	103,4	100,8	102,1	103,0	103,3	103,2	105,4	2,3

Tabela 6.5 – Determinação do perfil térmico do Gelado NW1 por leitura de três termogramas compostos por dois ciclos cada. Na análise aos termogramas foram avaliados a cristalização, fusão e transições vítreas. Os dados obtidos foram utilizados na determinação do valor médio e do EP.

Amostra Ciclo	I			II			III			Média Total	EP
	ciclo 1	ciclo 2	Média	ciclo 1	ciclo 2	Média	ciclo 1	ciclo 2	Média		
<b>Cristalização</b>											
<b>Onset (°C)</b>	-24,4	-24,0	-24,2	-25,5	-25,2	-25,4	-24,8	-25,1	-24,9	-24,8	0,28
<b>Máximo (°C)</b>	-22,0	-23,4	-22,7	-20,6	-20,3	-20,4	-21,6	-21,5	-21,5	-21,6	0,54
<b>Entalpia (J/g)</b>	104,2	105,3	104,8	122,2	123,4	122,8	123,1	125,0	124,1	117,2	5,1
<b>T<sub>g</sub></b>											
<b>Onset (°C)</b>	-51,5	-50,5	-51,0	-50,3	-51,5	-50,9	-49,7	-49,3	-49,5	-50,5	0,40
<b>Midpoint (°C)</b>	-45,5	-45,2	-45,3	-45,3	-46,2	-45,7	-45,9	-44,7	-45,3	-45,5	0,12
<b>EndPoint (°C)</b>	-43,2	-42,8	-43,0	-43,1	-42,8	-43,0	-42,9	-42,6	-42,7	-42,9	0,08
<b>ΔCP (J/(g.°C))</b>	0,34	0,31	0,32	0,27	0,32	0,30	0,28	0,27	0,27	0,30	0,01
<b>T<sub>m</sub></b>											
<b>Onset (°C)</b>	-36,7	-33,7	-35,2	-36,6	-36,4	-36,5	-36,6	-36,6	-36,6	-36,1	0,37
<b>Midpoint (°C)</b>	-35,6	-35,7	-35,6	-32,3	-35,2	-33,8	-35,4	-35,4	-35,4	-34,9	0,48
<b>EndPoint (°C)</b>	-34,2	-34,4	-34,3	-34,2	-34,1	-34,2	-34,1	-33,9	-34,0	-34,1	0,06
<b>ΔCP (J/(g.°C))</b>	0,68	0,67	0,67	0,58	0,57	0,57	0,64	0,70	0,67	0,64	0,03
<b>Fusão</b>											
<b>Onset (°C)</b>	-11,0	-10,7	-10,8	-8,1	-8,1	-8,1	-7,9	-7,9	-7,9	-8,9	0,77
<b>Mínimo (°C)</b>	-4,2	-4,2	-4,2	-2,6	-2,6	-2,6	-2,6	-2,7	-2,6	-3,1	0,44
<b>Entalpia (J/g)</b>	92,1	88,5	90,3	113,1	108,5	110,8	116,0	110,4	113,2	104,8	5,9

Tabela 6.6 – Determinação do perfil térmico do Gelado NW2 por leitura de três termogramas compostos por dois ciclos cada. Na análise aos termogramas foram avaliados a cristalização, fusão e transições vítreas. Os dados obtidos foram utilizados na determinação do valor médio e do EP.

Amostra Ciclo	I			II			III			Média Total	EP
	ciclo 1	ciclo 2	Média	ciclo 1	ciclo 2	Média	ciclo 1	ciclo 2	Média		
<b>Cristalização</b>											
<b>Onset (°C)</b>	-19,7	-19,5	-19,6	-21,9	-20,6	-21,2	-22,5	-23,5	-23,0	-21,3	0,80
<b>Máximo (°C)</b>	-20,7	-21,0	-20,8	-18,8	-17,8	-18,3	-22,9	-22,9	-22,9	-20,7	1,09
<b>Entalpia (J/g)</b>	91,5	92,1	91,8	113,5	112,0	112,8	128,0	131,4	129,7	111,4	8,9
<b>T<sub>g</sub></b>											
<b>Onset (°C)</b>	-53,4	-51,9	-52,7	-53,1	-53,1	-53,1	-51,2	-49,4	-50,3	-52,0	0,70
<b>Midpoint (°C)</b>	-47,6	-47,7	-47,6	-47,6	-47,2	-47,4	-48,5	-45,5	-47,0	-47,4	0,14
<b>EndPoint (°C)</b>	-44,7	-44,5	-44,6	-44,1	-44,3	-44,2	-44,8	-44,4	-44,6	-44,4	0,11
<b>ΔCP (J/(g.°C))</b>	0,37	0,31	0,34	0,33	0,31	0,32	0,30	0,27	0,29	0,32	0,01
<b>T<sub>m</sub></b>											
<b>Onset (°C)</b>	-37,8	-33,8	-35,8	-37,2	-37,2	-37,2	-39,8	-39,5	-39,7	-37,6	0,92
<b>Midpoint (°C)</b>	-33,7	-36,6	-35,1	-36,2	-36,1	-36,2	-39,2	-38,6	-38,9	-36,7	0,91
<b>EndPoint (°C)</b>	-35,1	-35,1	-35,1	-34,6	-34,6	-34,6	-37,9	-37,6	-37,7	-35,8	0,79
<b>ΔCP (J/(g.°C))</b>	0,66	0,66	0,66	0,57	0,56	0,56	0,68	0,71	0,69	0,64	0,03
<b>Fusão</b>											
<b>Onset (°C)</b>	-13,1	-12,8	-12,9	-9,3	-9,3	-9,3	-9,7	-10,6	-10,1	-10,8	0,90
<b>Mínimo (°C)</b>	-5,6	-5,7	-5,7	-3,3	-3,3	-3,3	-3,8	-3,9	-3,9	-4,3	0,59
<b>Entalpia (J/g)</b>	77,7	74,5	76,1	95,5	93,0	94,3	117,5	116,6	117,1	95,8	9,7

Tabela 6.7 – Determinação do perfil térmico do Gelado NW3 por leitura de três termogramas compostos por dois ciclos cada. Na análise aos termogramas foram avaliados a cristalização, fusão e transições vítreas. Os dados obtidos foram utilizados na determinação do valor médio e do EP.

Amostra Ciclo	I			II			III			Média Total	EP
	ciclo 1	ciclo 2	Média	ciclo 1	ciclo 2	Média	ciclo 1	ciclo 2	Média		
<b>Cristalização</b>											
<b>Onset (°C)</b>	-28,9	-30,0	-29,4	-26,3	-25,6	-26,0	-27,0	-27,2	-27,1	-27,5	0,83
<b>Máximo (°C)</b>	-29,1	-26,7	-27,9	-23,7	-24,3	-24,0	-22,5	-22,6	-22,6	-24,8	1,31
<b>Entalpia (J/g)</b>	85,8	86,0	85,9	116,2	114,8	115,5	119,5	118,4	119,0	106,8	8,6
<b>T<sub>g</sub></b>											
<b>Onset (°C)</b>	-55,2	-54,6	-54,9	-56,0	-55,8	-55,9	-56,4	-56,4	-56,4	-55,7	0,36
<b>Midpoint (°C)</b>	-50,4	-50,5	-50,5	-51,0	-50,6	-50,8	-52,7	-51,7	-52,2	-51,1	0,42
<b>EndPoint (°C)</b>	-47,9	-48,0	-48,0	-48,5	-48,8	-48,6	-48,5	-48,9	-48,7	-48,4	0,20
<b>ΔCP (J/(g.°C))</b>	0,27	0,24	0,25	0,25	0,23	0,24	0,24	0,26	0,25	0,25	0,00
<b>T<sub>m</sub></b>											
<b>Onset (°C)</b>	-42,1	-41,9	-42,0	-43,8	-43,9	-43,9	-43,7	-43,9	-43,8	-43,2	0,49
<b>Midpoint (°C)</b>	-41,2	-41,0	-41,1	-42,8	-43,0	-42,9	-42,7	-42,8	-42,8	-42,2	0,47
<b>EndPoint (°C)</b>	-39,6	-39,4	-39,5	-41,1	-41,3	-41,2	-41,1	-40,6	-40,9	-40,5	0,44
<b>ΔCP (J/(g.°C))</b>	0,55	0,54	0,55	0,50	0,52	0,51	0,51	0,52	0,52	0,52	0,01
<b>Fusão</b>											
<b>Onset (°C)</b>	-14,0	-13,8	-13,9	-10,3	-10,3	-10,3	-10,6	-10,6	-10,6	-11,6	0,94
<b>Mínimo (°C)</b>	-5,9	-5,9	-5,9	-3,4	-3,4	-3,4	-3,3	-3,3	-3,3	-4,2	0,70
<b>Entalpia (J/g)</b>	70,6	65,8	68,2	105,1	98,8	101,9	111,4	104,0	107,7	92,6	10,1

Tabela 6.8 – Determinação do perfil térmico do Gelado NW4 por leitura de três termogramas compostos por dois ciclos cada. Na análise aos termogramas foram avaliados a cristalização, fusão e transições vítreas. Os dados obtidos foram utilizados na determinação do valor médio e do EP.

Amostra	I			II			III			Média Total	EP
Ciclo	ciclo 1	ciclo 2	Média	ciclo 1	ciclo 2	Média	ciclo 1	ciclo 2	Média		
<b>Cristalização</b>											
<b>Onset (°C)</b>	-27,0	-26,7	-26,9	-26,6	-26,6	-26,6	-30,2	-29,0	-29,6	-27,7	0,78
<b>Máximo (°C)</b>	-21,2	-21,5	-21,4	-24,7	-25,1	-24,9	-28,1	-31,2	-29,7	-25,3	1,96
<b>Entalpia (J/g)</b>	104,7	104,8	104,8	110,9	99,1	105,0	98,8	77,2	88,0	99,2	4,6
<b>T<sub>g</sub></b>											
<b>Onset (°C)</b>	-57,1	-57,5	-57,3	-55,3	-56,4	-55,9	-56,0	-56,0	-56,0	-56,4	0,37
<b>Midpoint (°C)</b>	-54,2	-54,2	-54,2	-52,7	-54,3	-53,5	-51,2	-51,7	-51,4	-53,0	0,67
<b>EndPoint (°C)</b>	-51,1	-51,1	-51,1	-51,3	-50,9	-51,1	-49,9	-49,6	-49,7	-50,6	0,37
<b>ΔCP (J/(g.°C))</b>	0,19	0,19	0,19	0,15	0,19	0,17	0,26	0,25	0,25	0,21	0,02
<b>T<sub>m</sub></b>											
<b>Onset (°C)</b>	-46,0	-46,0	-46,0	-46,1	-46,0	-46,0	-45,1	-45,2	-45,2	-45,7	0,24
<b>Midpoint (°C)</b>	-44,9	-44,8	-44,9	-44,7	-44,4	-44,6	-44,0	-44,0	-44,0	-44,5	0,20
<b>EndPoint (°C)</b>	-43,2	-43,2	-43,2	-43,6	-43,2	-43,4	-42,6	-42,8	-42,7	-43,1	0,17
<b>ΔCP (J/(g.°C))</b>	0,50	0,50	0,50	0,40	0,49	0,44	0,67	0,66	0,66	0,54	0,05
<b>Fusão</b>											
<b>Onset (°C)</b>	-12,1	-12,0	-12,0	-12,7	-11,8	-12,2	-14,9	-15,0	-14,9	-13,0	0,76
<b>Mínimo (°C)</b>	-4,9	-4,9	-4,9	-5,1	-5,2	-5,1	-6,6	-6,8	-6,7	-5,6	0,47
<b>Entalpia (J/g)</b>	99,8	96,3	98,0	90,1	85,8	88,0	87,4	83,9	85,7	90,6	3,1