

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS MEDIANEIRA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS

DJONATHAN ADAMANTE
NATIELI MINOSSO

AVALIAÇÃO DA VISCOSIDADE DE CARRAGENAS COMERCIAIS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA - PR
2012

DJONATHAN ADAMANTE

NATIELI MINOSSO

AVALIAÇÃO DA VISCOSIDADE DE CARRAGENAS COMERCIAIS

Trabalho de conclusão de curso, apresentado como requisito parcial para a obtenção do Grau de Tecnólogo, do Curso Superior de Tecnologia em Alimentos pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cristiane Canan
Co-orientador: Prof. Dr. Eder Lisandro de Moraes Flores



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação do Curso Superior de
Tecnologia em Alimentos



TERMO DE APROVAÇÃO

AVALIAÇÃO DA VISCOSIDADE DE CARRAGENAS COMERCIAIS

Por

DJONATHAN ADAMANTE

NATIELI MINOSSO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 16:30h do dia 29 de junho de 2012 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Câmpus* Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^a. Dr^a. Cristiane Canan
UTFPR – *Câmpus* Medianeira
(Orientador)

Prof. Dr. Eder L. de Moraes Flores
UTFPR – *Câmpus* Medianeira
(Co-orientador)

Prof^a. Dr^a. Aziza Kamal Genena
UTFPR – *Câmpus* Medianeira
(Convidado)

Prof. Dr. Paulo Rodrigo S. Bittencourt
UTFPR – *Câmpus* Medianeira
(Convidado)

Prof. Msc. Fábio A. Bublitz Ferreira
UTFPR – *Câmpus* Medianeira
(Cordenador TCC)

“Bendito o SENHOR, minha rocha, que ensina minhas mãos para a peleja e os meus dedos para a guerra; meu refúgio e fortaleza minha; alto retiro meu e meu libertador és tu; escudo meu, em que eu confio, e que me sujeita a meu povo”.

Salmo 144: 1-2

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida e pela força a nós concebida, pois assim conseguimos realizar esta pesquisa.

Aos nossos familiares, especialmente nossos pais, pelo apoio e compreensão.

Aos professores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, que nos acompanharam durante nossa jornada acadêmica, em especial a professora Dr.^a Cristiane Canan, Dr. Eder Lisandro de Moraes Flores e Dr. Paulo Rodrigo Stival Bittencourt, pela dedicação e instrução durante o desenvolvimento desse trabalho.

Agradecemos também a Instituição UTFPR que nos cedeu suas instalações para realizar a pesquisa.

RESUMO

ADAMANTE, Djonathan; MINOSSO, Natieli. **Avaliação da viscosidade de carragenas comerciais**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Câmpus Medianeira*.

A carragena é um polissacarídeo que tem muitas aplicações na indústria alimentícia devido as suas características diferenciadas. Porém, devido a dificuldade para sua obtenção, padronização e controle de qualidade, diferentes polissacarídeos e sais podem ser adicionados para baratear o seu custo. Neste trabalho, foram avaliados o comportamento reológico (viscosidade) de amostras de carragena (Padrão) em diferentes proporções de 0,15; 0,20; 0,25; 0,30 e 0,35% (m/m) e de dez amostras de diferentes marcas comerciais a 0,35% (m/m). Para o estudo da viscosidade destas soluções, o aumento da tensão de cisalhamento foi obtido através de rotações entre 60 e 100 rpm com acréscimo de 10 rpm a cada 3 min, em curvas ascendentes e descendentes. As soluções de carragena nas soluções a 0,15; 0,20 e 0,25% (m/m), não apresentaram tendência de geleificação, enquanto que a 0,30% (m/m) foi possível observar uma tendência a formação de gel. A carragena nas concentrações de 0,15, 0,20%, 0,25% e 0,30% (m/m) apresentou-se como um fluido dilatante. A 0,35% (m/m), observou-se a formação de um gel fraco, ocasionando um comportamento pseudoplástico. Foi possível observar que a viscosidade da carragena depende da concentração. Das dez amostras comerciais analisadas, observou-se diferença no comportamento reológico entre as mesmas, nove amostras apresentaram a viscosidade inferior a carragena padrão a 0,35% (m/m), sendo que em uma das amostras, houve formação de gel. Ao estudarmos a viscosidade da carragena padrão em concentrações iguais ou inferiores a 0,30% (m/m), observamos um comportamento dilatante e viscosidade máxima de 25 cP. Ao serem comparadas a viscosidade das amostras comerciais a carragena na concentração de 0,15% (m/m), observamos que três amostras comerciais apresentaram comportamento muito parecido à carragena padrão em todas as condições analisadas, indicando que estas amostras não foram adicionadas ou foram adicionadas de quantidades mínimas de outras substâncias responsáveis por contribuírem na viscosidade destas amostras. O contrário foi observado nas outras sete amostras comerciais analisadas que tiveram o comportamento da viscosidade completamente diferente da carragena padrão e uma das dez amostras comerciais avaliadas, não teve sua viscosidade analisada devido a formação de gel, indicando claramente a adição de possíveis adulterantes. Desta forma, 70% das carragenas comerciais analisadas apresentaram comportamento diferente da carragena padrão, indicando a adição de outros polissacarídeos, sais ou outras substâncias utilizadas que influenciaram nas suas características reológicas, sendo necessários estudos futuros, a fim de desenvolver técnicas para o controle de qualidade da carragena.

Palavras-chave: Carragena. Controle de qualidade. Reologia.

ABSTRACT

ADAMANTE, Djonathan; MINOSSO, Natieli. **Assessment of viscosity of commercial carrageenans**. 2012. End of Course Work (Degree in Food Technology) – University Federal Technological of Parana, *Câmpus* Medianeira.

The carrageenan is a polysaccharide that has many applications in the food industry due to their different characteristics. However, due to difficulty in obtaining it, standardization and quality control, different polysaccharides and salts can be added to lower the cost. In this study, we evaluated the rheological behavior (viscosity) of samples of carrageenan (Standard) in different ratios of 0.15, 0.20, 0.25, 0.30 and 0.35% (m / m) and ten Samples of different commercial brands 0.35% (w / w). To study the viscosity of these solutions, the increase in shear strength obtained was 60 rpm and 100 rpm with an additional 10 rpm every 3 min, on bends upward and downward. The solutions of carrageenan solutions at 0.15, 0.20 and 0.25% (w / w) showed no tendency to gelation whereas at 0.30% (w / w) was observed a tendency to gel formation. The carrageenan in concentrations of 0.15 and 0.20%, 0.25% and 0.30% (w / w) presented as a fluid dilatant. A 0.35% (w / w), we observed the formation of a weak gel, resulting in a thixotropic behavior. It was observed that the viscosity depends on the concentration of carrageenan. Of the ten samples analyzed, there was a difference in rheology between them, nine samples showed a viscosity of less than the standard carrageenan 0.35% (w / w), and in a sample, the formation of gel. In studying the viscosity of the carrageenan standard in concentrations equal to or less than 0.30% (m / m), we observe a behavior dilatant and maximum viscosity of 25 cP. When compared to the viscosity of commercial carrageenan samples at a concentration of 0.15% (m / m), we observed that three commercial samples showed very similar behavior to the carrageenan standard in all conditions examined, indicating that these samples were not added or were added amounts of other substances responsible for contributing viscosity of these samples. The opposite was observed at seven samples analyzed to have a completely different behavior of the viscosity of the standard carrageenan and commercial samples of the ten measured, was not examined due to its viscosity, gel formation, clearly indicating the possible addition of fillers. Thus, commercial 70% of carrageenans analyzed showed different behavior of the standard carrageenan, indicating the addition of other polysaccharides, salts or other substances used to influence the rheological characteristics of further studies are necessary to develop techniques for quality control of carrageenan.

Key words: Carrageenan. Quality control. Rheology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classificação Reológica dos Fluidos	14
Figura 2 – Reograma para Fluidos Independentes do Tempo	15
Figura 3 – Reograma para Fluidos Dependentes do Tempo	16
Figura 4 - Estrutura Molecular da Carragena	26
Figura 5 - Principais Tipos de Carragenas e Respektivas Estruturas	27
Figura 6 - Variação da Viscosidade (cP) em Função da Velocidade (rpm) da Carragena Padrão a 0,15% (m/m).....	33
Figura 7 - Variação da Viscosidade (cP) em Função da velocidade (rpm) da Carragena Padrão a 0,20% (m/m)	34
Figura 8 - Variação da Viscosidade (cP) em Função da Velocidade (rpm) da Carragena Padrão a 0,25% (m/m).....	34
Figura 9 - Variação da Viscosidade (cP) em Função da Velocidade (rpm) da Carragena Padrão a 0,30% (m/m)	35
Figura 10 - Variação da Viscosidade (cP) em Função da Velocidade (rpm) da Carragena Padrão a 0,35% (m/m).....	35
Figura 11 - Viscosidade (cP) das Soluções da Carragena Padrão de Acordo com a Velocidade (rpm) em Diferentes Concentrações. As Siglas Car15, Car20, Car25, Car30 e Car35 Correspondem as Concentrações de 0,15; 0,20; 0,25; 0,30 e 0,35% (m/m), Respektivamente. As Siglas R60, R70, R80, R90 e R100 Correspondem a Velocidade de 60, 70, 80, 90 e 100 rpm Respektivamente	36
Figura 12 - Variação da viscosidade (cP) em Função da Velocidade (rpm) da Carragena Comercial 1 a 0,35% (m/m)	38
Figura 13 - Variação da Viscosidade (cP) em Função da Velocidade (rpm) da Carragena Comercial 2 a 0,35% (m/m)	39
Figura 14 - Variação da Viscosidade (cP) em Função da Velocidade (rpm) da Carragena Comercial 3 a 0,35% (m/m)	39
Figura 15 - Variação da Viscosidade (cP) em Função da Velocidade (rpm) da Carragena Comercial 4 a 0,35% (m/m)	40
Figura 16 - Variação da viscosidade (cP) em função da velocidade (rpm) da carragena Comercial 5 a 0,35% (m/m).....	40

Figura 17 - Variação da Viscosidade (cP) em Função da Velocidade (rpm) da Carragena Comercial 6 a 0,35% (m/m)	41
Figura 18 - Variação da Viscosidade (cP) em Função da Velocidade (rpm) da Carragena Comercial 7 a 0,35% (m/m)	41
Figura 19 - Variação da Viscosidade (cP) em Função da Velocidade (rpm) da Carragena Comercial 8 a 0,35% (m/m)	42
Figura 20 - Variação da Viscosidade (cP) em Função da Velocidade (rpm) da Carragena Comercial 9 a 0,35% (m/m)	42
Figura 21 - Valores de Viscosidade (cP) da Carragena Padrão a 0,15% (m/m) e das Carragenas Comerciais a 0,35% (m/m) e 60 rpm. Sendo as Siglas R60 (Curva Ascendente) e R60v (Curva Descendente)	43
Figura 22 - Valores de viscosidade (cP) da Carragena Padrão a 0,15% (m/m) e das Carragenas Comerciais a 0,35% (m/m) e 70 rpm. Sendo as Siglas R70 (Curva Ascendente) e R70v (Curva Descendente)	44
Figura 23 - Valores de Viscosidade (cP) da Carragena Padrão a 0,15% (m/m) e das Carragenas Comerciais a 0,35% (m/m) e 80 rpm. Sendo as Siglas R80 (Curva Ascendente) e R80v (Curva Descendente)	44
Figura 24 - Valores de Viscosidade (cP) da Carragena Padrão a 0,15% (m/m) e das Carragenas Comerciais a 0,35% (m/m) e 90 rpm. Sendo as Siglas R90 (Curva Ascendente) e R90v (Curva Descendente)	45
Figura 25 - Valores de Viscosidade (cP) da Carragena Padrão a 0,15% (m/m) e das Carragenas Comerciais a 0,35% (m/m) e 100 rpm. Sendo as Siglas R100 (Curva Ascendente) e R100v (Curva Descendente)	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GERAL.....	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1 REOLOGIA.....	12
3.1.1 Definição e classificação reológica dos fluidos.....	13
3.2 DEFINIÇÕES A ADITIVOS ALIMENTARES	17
3.2.1 Espessante.....	17
3.2.2 Geleificante	17
3.2.3 Estabilizante	18
3.2.4 Emulsificantes	18
3.3 CARRAGENA.....	18
3.3.1 Processo de Produção da Carragena	19
3.3.2 Classificação da Carragena	21
3.3.2.1 Gelificação e Textura.....	22
3.3.2.2 Viscosidade	23
3.3.2.3 Estabilidade.....	23
3.3.2.4 Reatividade com Proteínas	24
3.3.2.5 Comportamento Reológico.....	25
3.3.3 Aplicação da Carragena	25
3.3.4 Estrutura da carragena.....	26
3.3.5 Interação com Outras Gomas	28
4 MATERIAIS E MÉTODOS	29
4.1 MATERIAIS	29
4.2 METODOLOGIA.....	30
4.2.1 Preparo das Soluções da Carragena Padrão.....	30
4.2.2 Preparo das Soluções das Carragenas Comerciais.....	30
4.2.3 Avaliação da Viscosidade da Carragena Padrão e Comercial	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
5.1 AVALIAÇÃO DA VISCOSIDADE DA CARRAGENA PADRÃO	32
5.2 AVALIAÇÃO DA VISCOSIDADE DA CARRAGENAS COMERCIAIS	37
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

1 INTRODUÇÃO

A adição de aditivos e ingredientes nos alimentos é de fundamental importância, pois auxilia na conservação, melhora a cor, textura, aroma, sabor e os tornam mais nutritivos. Os aditivos alimentares são determinados segundo a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) como qualquer ingrediente adicionado intencionalmente aos alimentos, sem propósito de nutrir, com o objetivo de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais, durante a fabricação, processamento, preparação, tratamento, embalagem, acondicionamento, armazenagem, transporte ou manipulação de um alimento. Ao serem adicionados nos alimentos, os aditivos ou seus derivados podem se converter em um componente do alimento. Esta definição não inclui os contaminantes ou substâncias nutritivas que sejam incorporadas ao alimento para manter ou melhorar suas propriedades nutricionais.

A goma Carragena é um aditivo alimentar que possui propriedades de modificar as características reológicas do produto, pois tem a capacidade de tornar a solução mais viscosa ou de formar géis (ZÓIA, 2011).

A detecção de impurezas, misturas ou fraudes em amostras de carragena vendidas para as indústrias alimentícias e muitas vezes diretamente ao consumidor, é um tema importante principalmente para as indústrias que a utilizam em grande quantidade como ingrediente de suas formulações. Os principais adulterantes da carragena são o cloreto de potássio, maltodextrinas, goma xantana, goma guar e até mesmo os polifosfatos podem ser utilizados para fraudar a carragena.

Sendo assim, com o intuito de avaliar possíveis fraudes, esta pesquisa fundamentou-se na constatação de que a carragena apresenta comportamento reológico de viscosidade característico e que amostras adulteradas consequentemente, apresentam este perfil alterado.

Perante o exposto, foram estudadas as viscosidades das carragenas comercializadas também como Carragenina Tipo 1, grau comercial e posteriormente, foram avaliadas a viscosidade de 10 marcas comerciais de carragena em iguais concentrações.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o comportamento reológico da Carragena Padrão Grau Comercial em diferentes concentrações e comparar a dez marcas comerciais de carragena utilizadas em produtos cárneos industrializados.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar testes de viscosidade em soluções de Carragena Padrão Grau Comercial e em Carragenas de dez diferentes marcas comerciais aplicadas em produtos cárneos industrializados;
 - Avaliar o comportamento reológico das soluções de Carragena Padrão Grau Comercial nas concentrações de 0,15; 0,20; 0,25; 0,30 e 0,35% (m/m);
 - Avaliar o comportamento reológico de 10 soluções de Carragena de diferentes marcas comerciais na concentração de 0,35% (m/m) para realizar a comparação com a concentração de 0,15% (m/m) da Carragena Padrão Grau Comercial, com intuito de comparar os resultados obtidos, verificando a possibilidade de fraude.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 REOLOGIA

No começo do século XX com intuito de estudar a deformação e o escoamento dos materiais, ou seja, a maneira como estes materiais respondem a uma tensão ou taxa de deformação, surgiu a reologia. Ciência esta, que tem por finalidade expressar a força de compressão, tração ou cisalhamento, necessária para provocar uma deformação ou escoamento em um corpo (MACOSCO, 1994; STEFFE, 1996; CASTRO, 2007).

Na reologia de sólidos, o fator de maior importância, é a elasticidade, já em líquidos, a propriedade de interesse é a viscosidade, que caracteriza a resistência ao escoamento (TONELLI, 2005). A viscosidade representa a capacidade que um líquido tem, de resistir a um fluxo induzido por meio de uma tensão aplicada. Esta por sua vez, depende da temperatura da substância, da natureza físico-química, da pressão, da taxa de cisalhamento e do tempo de aplicação da força (CASTRO, 2007).

Em um processo industrial, o comportamento de um alimento pode ser variável, pois devido às etapas de mistura, aquecimento, resfriamento, homogeneização, aeração, fermentação e cristalização, a consistência e a composição podem sofrer alterações, modificando assim, a viscosidade (LEWIS, 1993). A importância de se medir a viscosidade de um fluido nas indústrias alimentícias, é a manutenção do controle de qualidade das matérias-primas e para avaliar o efeito das variações provocadas, desde o processamento e fabricação inicial até o produto final. O conhecimento da viscosidade pode contribuir para a otimização de processos, redução de custos nos ingredientes e melhoria da consistência do produto (VENDRÚSCULO, 2005).

O conhecimento do comportamento reológico das soluções é essencial para o seu processamento, avaliação, controle de qualidade e aceitabilidade do consumidor. Além de ser medida direta da qualidade do fluido, a viscosidade pode fornecer importantes informações a respeito das mudanças fundamentais em sua

estrutura durante um determinado processo, como polimerização, emulsificação e homogeneização (STEFFE, 1996).

As soluções de gomas entre os muitos fluidos apresentam comportamento reológico não-newtoniano em soluções diluídas sendo possível verificar que, em repouso, as moléculas de polissacarídeo podem assumir uma posição equilibrada de formas (conformação) e, aleatória de orientações (configurações). Sob cisalhamento, essas moléculas mudam de forma e se afastam da posição de equilíbrio. As várias moléculas se alinham com as suas vizinhas, reduzindo a aleatoriedade do sistema molecular, tomando uma orientação global típica de sólidos, originando o comportamento viscoelástico (BOBBIO, 2001).

3.1.1 Definição e classificação reológica dos fluidos

Os fluidos são elementos que apresentam a capacidade de escoar e o volume adquire a forma do recipiente onde inserido. Quando em equilíbrio, estes não suportam forças tangenciais ou de cisalhantes. Todos os fluidos possuem grau de compressibilidade e oferecem pequenas resistências à mudança de forma (PORDEUS, 2012).

O primeiro cientista que descreveu o comportamento de fluxo foi Isaac Newton. De acordo com o comportamento reológico, os fluidos são classificados (Figura 1), por meio de análise da relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de cisalhamento para condições de temperatura e pressão estabelecidas (STEFFE, 1996).

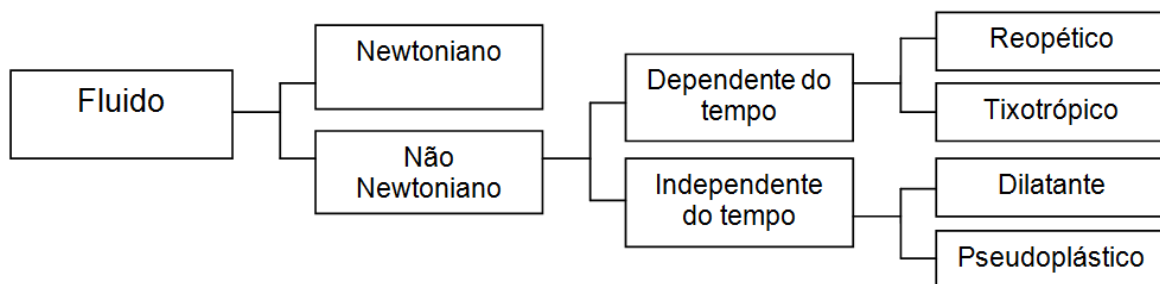


Figura 1 - Classificação Reológica dos Fluidos

Fonte: Autoria Própria (2012).

Os fluidos não-newtonianos independentes do tempo (Figura 2) os quais são aqueles cujas propriedades reológicas independem do tempo de aplicação da tensão de cisalhamento.

Os fluidos dilatantes são substâncias que apresentam um aumento de viscosidade aparente com a tensão de cisalhamento. No caso de suspensões, à medida que se aumenta a tensão de cisalhamento, o líquido intersticial que lubrifica a fricção entre as partículas é incapaz de preencher os espaços devido a um aumento de volume que frequentemente acompanha o fenômeno. Neste sentido, ocorre o contato direto entre as partículas sólidas e um aumento da viscosidade aparente. Não necessitam de uma tensão de cisalhamento inicial para começarem a escoar. Exemplos: suspensões de amido, soluções de farinha de milho e açúcar, silicato de potássio e areia (BRASEQ, 2005).

Os fluidos são denominados pseudoplásticos quando independentemente do tempo de força aplicada este abaixa sua viscosidade, e quando esta força cessa, causa deformação e o fluido volta a ter o valor de viscosidade inicial (BOBBIO, 2001).

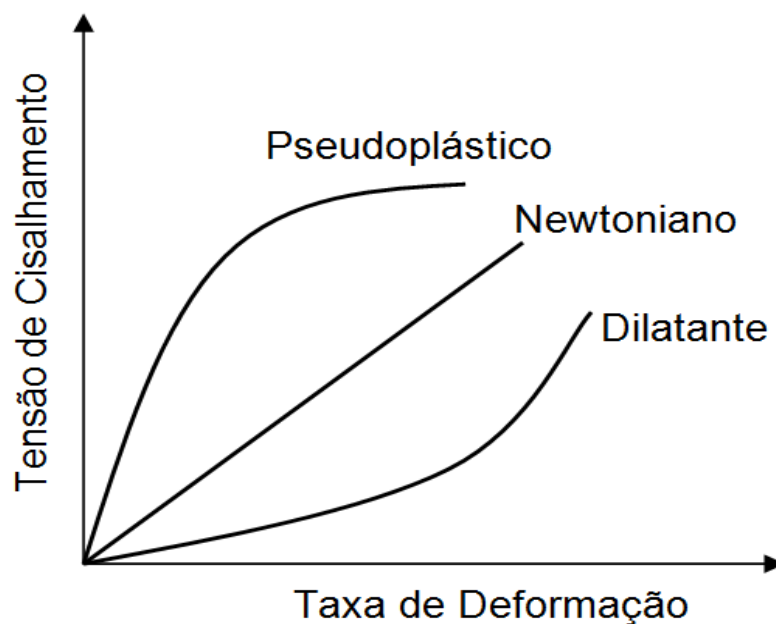


Figura 2 - Reograma para Fluidos Independentes do Tempo
Fonte: Autoria Própria (2012).

Holdsworth (1971) afirma que a maioria dos fluidos alimentícios apresenta comportamento pseudoplástico (não-newtoniano), assim, a viscosidade aparente decresce com o aumento da taxa de deformação.

Os fluidos não-newtonianos dependentes do tempo apresentam propriedades que variam, além da tensão de cisalhamento, com o tempo de aplicação desta tensão, para uma velocidade de cisalhamento constante. Exemplos:

Os fluidos tixotrópicos têm sua viscosidade diminuída com o tempo de aplicação da tensão de cisalhamento, voltando a permanecer mais viscoso quando esta cessa. Alguns exemplos de tixotrópicos são pastas dentais para profilaxias, gessos, cimentos resinosos, entre outros (PHILLIPS, 2003).

Os fluidos reopéticos apresentam um comportamento inverso ao dos tixotrópicos. Desta forma, a viscosidade destes fluidos aumenta com o tempo de aplicação da tensão, retornando à viscosidade inicial quando esta força cessa. Exemplo: argila bentonita (FERREIRA *et al.* 2005).

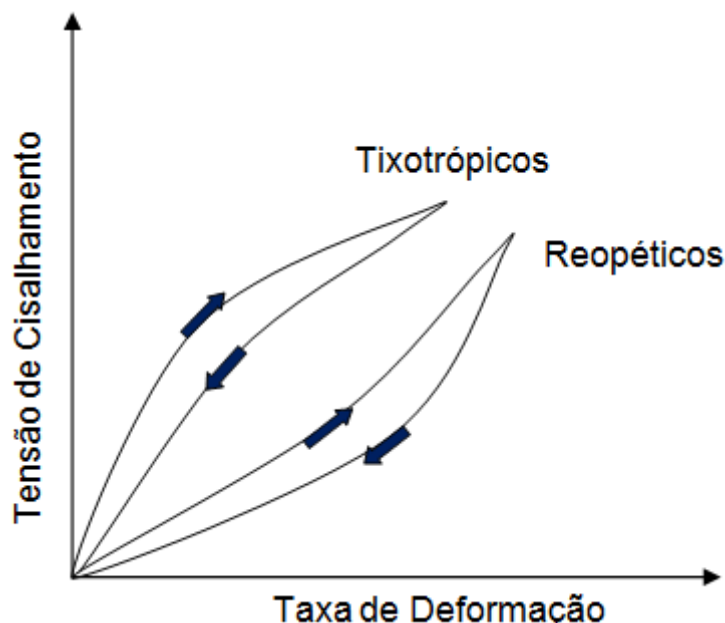


Figura 3 - Reograma para Fluidos Dependentes do Tempo.

Fonte: Aatoria Própria (2012).

De acordo com a Figura 3 é possível perceber o aumento da taxa de deformação e da tensão de cisalhamento, nos reopéticos, a viscosidade aumenta, quando essa tensão e a taxa de deformação diminui, ocorrendo a diminuição da viscosidade. O contrário ocorre com as curvas que representam os fluidos tixotrópicos, com o aumento da taxa de deformação e de tensão de cisalhamento, a viscosidade tende a diminuir, cessando estas forças esta tende a aumentar novamente.

Existem também os fluidos viscoelásticos, os quais possuem características de líquidos viscosos com propriedades elásticas e de sólidos com propriedades viscosas, ou seja, possuem propriedades elásticas e viscosas acopladas. Estas substâncias quando submetidas à tensão de cisalhamento sofrem uma deformação e quando a tensão cessa, ocorre certa recuperação da deformação sofrida (comportamento elástico). Exemplos desses fluidos são: massas de farinha de trigo, gelatinas, queijos, líquidos poliméricos, glicerina, plasma, biopolímeros, ácido hialurônico, saliva, goma xantana (BRAGA, 2006).

3.2 DEFINIÇÕES A ADITIVOS ALIMENTARES

Desde que a Portaria do Ministério da Saúde nº 540 de 27 de outubro de 1997, entrou em vigor classificando os aditivos de acordo com sua função, vem ocorrendo confusões no que se refere às definições de espessante, gelificante, estabilizante e emulsificante. Isto porque muitos hidrocolóides podem desempenhar cada uma dessas funções dependendo de sua aplicação. Para esclarecer a classificação destes aditivos, são apresentadas algumas definições abaixo.

3.2.1 Espessante

Segundo a legislação brasileira, Portaria nº 540 de 27 de outubro de 1997, do Ministério da Saúde, espessante é a substância que aumenta a viscosidade de um alimento. Ou ainda, apresenta funcionalidade referente à viscosidade, a qual consiste na resistência em fluir de um líquido (BRASIL, 1997).

3.2.2 Geleificante

Geleificante é a substância que confere textura através da formação de um gel segundo BRASIL (1997). Gel é um sistema bifásico constituído por uma rede macromolecular tridimensional sólida que retêm entre suas malhas uma fase líquida. Todos os hidrocolóides solúveis em água proporcionam aumento da viscosidade, porém poucos possuem a capacidade de formar gel.

3.2.3 Estabilizante

Segundo a legislação, estabilizante é a substância que torna possível a manutenção de uma dispersão uniforme de duas ou mais substâncias imiscíveis em um alimento. Pode-se dizer que o estabilizante favorece e mantém as características físicas das emulsões e suspensões (BRASIL, 1997).

3.2.4 Emulsificantes

Emulsificante é uma substância que torna possível a formação ou manutenção de uma mistura uniforme de duas ou mais fases imiscíveis no alimento (BRASIL, 1997). Alguns hidrocolóides são utilizados na preparação de emulsões, objetivando a redução da tensão superficial. Quando a redução é efetiva formam-se gotículas do líquido disperso.

3.3 CARRAGENA

A goma carragena, descoberta em 1785, é um hidrocolóide, oriundo das regiões nortes da Irlanda. São obtidas de algas vermelhas das variedades *Gigartina*, *Chondrus* e *Iridaea*, as quais eram utilizadas na época para aumentar a viscosidade do leite consumido pela população. Existem mais de 15 tipos de frações de carragena, além das híbridas, levando os pesquisadores a proporem sistemas de nomenclaturas diferenciados dos gregos, baseando-se na estrutura química dos polissacarídeos (KNUTSEN; MYSLABODSKI; LARSEN, 1994).

Os hidrocolóides são polissacarídeos, que contêm a capacidade de formar géis ou soluções viscosas com a água, controlando assim a atividade de água e conferindo textura e corpo aos alimentos fabricados. Apresentam também

função de agentes emulsificantes, espessantes, geleificantes e estabilizantes de emulsões (TRCKOVÁ; STETINA; KÁNKÚ, 2003)

As carragenas comerciais devem ser muito bem selecionadas para aplicações específicas, pois podem ser oriundas de misturas de vários tipos de carragenas (PENNA, 2002).

Dependendo da espécie da alga e das condições marinhas, tais como luminosidade, nutrientes, temperatura e oxigenação da água, ocorre variação na porcentagem de carragena nas algas, por exemplo, o *B. gelatinum*, o *K. alvarezii* (oriundo das Filipinas) e o *K. striantum* (vindo de Madagáscar) são as carragenófitas com maior produtividade em carragenana, com valores que ultrapassam os 70% do peso seco. Todas as outras espécies apresentam valores na ordem dos 30%, como é o caso da *E. denticulatum* (de Madagáscar, Filipinas e Tanzânia - produtora de carragenana predominantemente iota), do *K. alvarezzi* (da Indonésia - produtora de carragenana predominantemente Kappa) e do *C. crispus* (do Canadá). As carragenófitas restantes apresentam conteúdos relativamente baixos, com valores a variar entre os 5,4% da *S. crispata* GF e do *M. papillatus* GF (do Chile) e os 24,6% do *C. chamissoi* (PEREIRA *et al.*, 2007).

3.3.1 Processo de Produção da Carragena

O processo de extração da carragena para produção industrial segundo ADITIVOS & INGREDIENTES (2009), é baseado nas duas principais propriedades da goma: a solubilidade em água quente e a insolubilidade em solvente orgânico polar. O processo é formado de várias fases, sendo elas: o tratamento inicial, a extração, filtração, clarificação, concentração, moagem e mistura. Para que não apresente nenhuma impureza, antes de realizar o processo deve-se fazer a lavagem através da operação de secagem em estufa e moagem para melhorar o contato entre as algas e os solventes nas diversas operações seguintes.

Estas gomas são elementos altamente solúveis em água, sendo esta propriedade que deve ser utilizada no momento de extração. Após a lavagem, ocorre a etapa de extração que é realizada por meio de moagem, onde

posteriormente são aquecidas em água a 90°C, com potencial hidrogeniônico (pH) entre 8,0 e 9,0, no qual as carragenas são estáveis. Nestas medições de pH é possível aumentar o rendimento, fazendo com que ocorra a desagregação das ligações entre as proteínas e as carragenas. Quando o pH for ácido ou básico demais, pode ocorrer a destruição das moléculas. Posteriormente, é realizado o processo de filtração e clarificação, onde o extrato aquoso quente passa por um primeiro estágio de filtração mais grosseiro para que ocorra a retirada dos resíduos das algas (HAYASHI, 2001)

Em um segundo estágio, adiciona-se um auxiliar de filtração, sendo filtrado sob pressão. Desse polimento se obtém um xarope transparente contendo carragena em solução, que irá ser concentrado e/ou purificação por precipitação seletiva. A purificação é baseada na capacidade das carragenas em formar um precipitado.

No processo de concentração, o xarope obtido na etapa anterior passa por um procedimento de precipitação que pode ocorrer na presença de um excesso de álcool, por precipitação dos polissacarídeos na forma de polímeros, eliminando-se assim as pequenas moléculas ou de forma mais seletiva, realizado pela adição de íons metálicos. Isto pode ser feito com a adição de um sal quaternário de amônio ou pela adição de uma solução diluída de cloreto de potássio.

Após a secagem por evaporação a vácuo, o produto deve ser moído até obter-se um pó branco ou bege claro, inodoro e insípido, com o tamanho de partículas desejado. Antes da comercialização, o produto passa por uma etapa na qual é diluído com a adição de açúcares e misturado com sais para alcançar as características gelificantes e espessantes oferecidas por cada marca ou produto. Obviamente, nas várias fases da produção existem operações de controle de processo destinadas a garantir a qualidade do produto acabado (AGARGEL, 2012).

As carragenas podem ser refinadas (gel claro, transparente, alto grau de pureza) ou semi-refinadas (gel opaco, com muita celulose e fibra, baixo grau de pureza). As refinadas são extraídas por aquecimento em solução aquosa, seguidas de filtração ou centrifugação para remoção de resíduos. Para remover a água da carragena existem dois métodos: por precipitação da carragena com álcool, ou pela gelificação com cloreto de potássio a 0,2%, seguida de congelamento e

descongelamento. Já as semi-refinadas são obtidas através da extração em solução aquosa quente de hidróxido de potássio, seguida de lavagens (HAYASHI, 2001).

3.3.2 Classificação da Carragena

As carragenas estão presentes na estrutura celular das algas do tipo *Rhodophyceae*, onde é possível separá-las em diferentes tipos: Lambda, Kappa, Iota, Mu e Nu. Para se extrair carragena, as variedades de algas mais utilizadas são *Gigartina*, *Chondrus* e *Iridaea*, as quais pertencem à família *Gigartinaceae*, que crescem em águas frias, e as *Euchema* (família *Solieriaceae*) e *Hypnea* (família *Hypneaceae*), que nascem em águas mais quentes. A Lambda e a Kappa carragena são produzidas pela *Gigartinaceae*, enquanto as *Solieriaceae* produzem as tipo Iota (BARUFALDI; OLIVEIRA, 1998; ADITIVOS & INGREDIENTES, 2009).

A classificação da goma carragena é realizada de acordo com sua estrutura e propriedades físico-químicas e/ou segundo seu processo de produção (AGARGEL, 2012), podemos obter três tipos principais:

- Kappa: gel rígido, quebradiço, termorreversível, alta força de gel, apresenta sinérese.
- Iota: gel elástico, termorreversível, não apresenta sinérese, propriedade tixotrópica.
- Lambda: solúvel a frio, não gelificante, produz altas viscosidades.

As carragenas Lambda podem ter comportamento espessante a frio ou a quente, as do tipo Iota e Kappa além de agentes espessantes em produtos que se preparam a altas temperaturas, também podem alcançar géis estáveis em água à temperatura ambiente sem precisar de refrigeração. Esses géis são transparentes e termorreversíveis, sendo responsáveis por uma grande variedade de texturas, dependendo da combinação das frações utilizadas (NUNES *et al.*, 2003).

As diferenças primárias, dos tipos de carragena, se devem ao fato do conteúdo e distribuição dos grupos éster sulfato nas moléculas, variando também em função da espécie, do habitat e da época da colheita das algas. Devido a solubilidade em cloreto de potássio, as carragenas foram subdivididas em duas

famílias, as solúveis Kappa, e as insolúveis Lambda. Mais tarde, as classificações foram baseadas no número, na posição dos agrupamentos sulfatos e na presença de pontes 3',6'-anidro nos resíduos D-galactopiranosilos. Formando-se assim quatro famílias: Kappa, Beta, Lambda e Omega. Porém, a classificação antiga ainda é a mais utilizada e as carragenas de importância comercial são divididas em Kappa, Iota e Lambda. Maiores níveis de éster sulfato implicam em menor força de gelificação e baixa temperatura de solubilização (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2009).

3.3.2.1 Gelificação e Textura

Soluções quentes de carragenas Kappa e Iota possuem a habilidade de formar géis termorreversíveis por meio do seu resfriamento. Este fenômeno ocorre devido à formação de uma estrutura de dupla hélice pelos polímeros da carragena. Em temperaturas acima da temperatura de fusão do gel, os polímeros da carragena existem na solução como espirais aleatórias. Durante o resfriamento da solução, uma rede de polímeros tridimensional é formada onde as hélices duplas constituem os pontos de junção das cadeias de polímero. O resfriamento adicional causa a agregação dos pontos de junção para formar a estrutura de gel tridimensional. A presença de alças na cadeia bem como o número, tipo e posição dos grupos de éster sulfato têm efeitos importantes nas propriedades de gelificação. Esse mecanismo de gelificação é básico para soluções de carragenas tipo Kappa e Iota. Sais de potássio ou cálcio são necessários para a obtenção do gel em água, porém não são necessários em leite. As carragenas Kappa e Iota formam gel em água somente na presença de determinados cátions (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2009).

A Kappa carragena é sensível ao íon potássio e produz géis rígidos e quebradiços em soluções aquosas com sais de potássio. O gel de Kappa carragena apresenta sinérese (extrusão espontânea de água através da superfície do gel em repouso) e quanto maior a concentração de potássio na solução maior será a sinérese. A Iota carragena é sensível ao íon cálcio e produz géis macios e elásticos

em soluções aquosas com sais de cálcio. A carragena lota não apresenta sinérese. A força de gel é diretamente proporcional à concentração de carragena e sais. A concentração de cátions superior a certo limite implicará na diminuição da força de gel (BARUFALDI, 1998).

O gel formado é termorreversível e pode ser submetido a ciclos de aquecimento e resfriamento sem considerável alteração na estrutura do gel (pH neutro). As temperaturas de geleificação e fusão do sal/gel dependem da concentração de cátions. O aumento da concentração de sais de potássio ou cálcio em soluções aquosas resultará no aumento da temperatura de geleificação (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2009).

3.3.2.2 Viscosidade

A viscosidade de soluções de carragena deve ser determinada em condições onde não exista nenhuma tendência de geleificação da solução. Quando uma solução quente de carragena é resfriada, a viscosidade aumenta gradualmente até que seja atingida a temperatura de gelificação. À medida que se inicia a formação do gel, há um aumento repentino e intenso da viscosidade. Portanto, a medida de viscosidade de soluções de carragena deve ser determinada a temperaturas suficientemente altas (75° C) para evitar o efeito da geleificação. A concentração de carragena na solução é em geral de 1,5% em peso do volume de água. As carragenas disponíveis comercialmente apresentam em geral viscosidades variando de 5 a 800 cP medidas a 75° C em soluções de 1,5% de carragena. A viscosidade de soluções de carragena depende da concentração, temperatura, presença de outros solventes, tipo de carragena e peso molecular. Maior peso molecular, maior concentração ou diminuição da temperatura da solução aumentam consideravelmente a viscosidade (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2009).

3.3.2.3 Estabilidade

A solução de carragena é bastante estável em medições de pH neutros ou alcalinos. Entretanto, os valores baixos de pH afetam a sua estabilidade, especialmente a altas temperaturas. A diminuição do pH causa a hidrólise do polímero da carragena, resultando na diminuição da viscosidade e da força de gelificação. Entretanto, uma vez formado o gel, mesmo a pH baixos (3,5 a 4,0) não há mais ocorrência da hidrólise e o gel permanece estável. Para aplicações práticas, é importante estar atento às limitações da carragena em meios ácidos (solução e gel). O processamento de soluções de carragena com pH baixo a altas temperaturas por um tempo prolongado deve ser evitado (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2009).

As concentrações de carragena, para a formação dos géis, são influenciadas pelo pH. Soluções a base de carragena são estáveis em pH entre 4,0 e 12,0 e a máxima estabilidade está no pH 9,0, não devendo processá-las a quente com pH inferior a 3,5. Em pH igual ou superior a 6,0, as soluções resistem a condições normais do processo, já em sistemas ácidos é recomendável adicionar as carragenas o mais tarde possível no processo. A ação combinada de temperatura e acidez pode gerar uma degradação das carragenas, provocando assim a hidrólise do conjunto, resultando em uma perda de viscosidade e dureza (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2009).

Na presença de cátions considerados fortes indutores de gel, como o sódio e cálcio, a carragena em baixa temperatura e em concentrações ideais destes sais, geleifica e ocorre aumento da viscosidade aparente da mesma. Este comportamento é particularmente verdadeiro para cátions considerados fortes indutores de gel, como o sódio e cálcio (PICULELL, 1995).

3.3.2.4 Reatividade com Proteínas

Uma das propriedades que diferenciam a carragena de outros hidrocolóides é a sua habilidade de interagir com as proteínas, principalmente as do leite. A alta reatividade da carragena no leite deve-se à forte interação eletrostática entre os grupos de éster sulfato negativamente carregados da molécula da carragena com a micela de caseína do leite que possui regiões de forte carga

positiva. Outra forma de interação é através de pontes entre grupos de éster sulfato da carragena com resíduos carboxílicos dos aminoácidos que compõem a proteína. A reatividade com proteínas depende de muitos fatores como concentração de carragena, tipo de proteína, temperatura, pH e ponto isoelétrico da proteína. Este fenômeno de interação e reatividade da carragena com as proteínas do leite em combinação com sua habilidade de formar gel e reter água torna-o um ingrediente eficaz para a estabilização e gelificação de produtos lácteos (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2009).

3.3.2.5 Comportamento Reológico

O interesse por hidrocolóides é devido ao fato do seu comportamento reológico, ou seja, a viscosidade, a qual só é obtida quando ocorre a solubilização completa da molécula, depois de solubilizada, elas são capazes de se organizarem de duas formas diferentes: pela retenção de água, efeito espessamento, e pela construção de redes, promovendo o efeito gelificação. Em baixas concentrações, os géis aquosos de Iota carragena possuem propriedades reológicas tixotrópicas, ou seja, diminuem a viscosidade aparente com o tempo de cisalhamento, a uma taxa de cisalhamento constante.

3.3.3 Aplicação da Carragena

A utilização de carragena em produtos industrializados de carnes tem por objetivo melhorar a textura e a fatiabilidade dos produtos como presunto cozido, aumentar rendimento e suculência em produtos assados cozidos e emulsionados por meio da retenção de água durante o cozimento (MARQUES, 2006).

A carragena pode ser adicionada a vários produtos, mas 70% das carragenas são utilizadas em indústrias alimentícias como espessante, gelificante, agente de suspensão e estabilizante, e pode ser usada tanto em sistemas aquosos

quanto em lácteos e ainda, em produtos cárneos. As principais aplicações desta goma são em produtos lácteos, doces e confeitaria, produtos cárneos, bebidas, panificação, molhos, sopas e outras aplicações industriais. Em produtos alimentícios ela é usada geralmente em concentrações de 0,25-0,50%, indicando e comprovando sua grande capacidade de produzir viscosidade e gelificar (AGARGEL, 2012).

Devido ao seu elevado poder de absorção (cerca de trinta vezes o seu peso), a carragena retém a umidade natural e a agrega em produtos cárneos, e ao formar gel, elimina a perda de líquidos que arrastam as proteínas solúveis e sabores que na maioria das vezes, causam um desequilíbrio final. Essa retenção de umidade e a capacidade de formar gel trazem como vantagem o aumento da suculência, a melhora da textura, beneficiando o fatiamento e a fisionomia do produto final, e ainda conferem plasticidade para produtos elaborados com carnes de aves, agregando também textura e firmeza aos produtos injetados e massageados, tais como peru e frango, coxa e sobrecoxa (TERRA, 1993).

3.3.4 Estrutura da carragena

As carragenas são formadas basicamente de cálcio, magnésio, potássio e ésteres de sulfato de cálcio de galactose e copolímeros de 3,6 anidro galactose. A carragena geleifica a temperaturas entre 50 e 60°C, onde retém água facilmente (MARQUES, 2006).

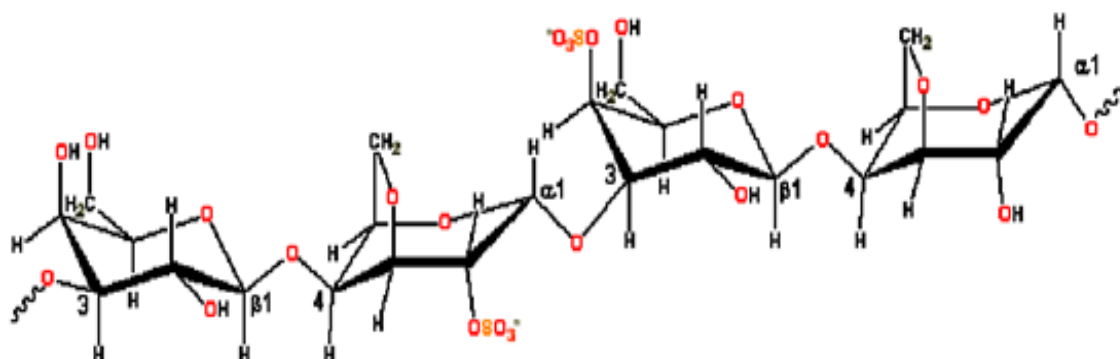


Figura 4 - Estrutura Molecular da Carragena

Fonte: CHAPLIN (2005).

A carragena possui alto peso molecular, variando de 15 a 40% de éster de sulfato, sendo formada por unidades alternadas de D-galactose e 3,6-anidro-galactose (3,6-AG) unidas por ligações α -1,3 e β -1,4-glicosídica (Figura 4), ela encontra-se localizada na parede das células e na matriz intercelular do tecido das algas. Estes fatores determinam as diferenças primárias dos vários tipos de carragenas, quanto maior os níveis de éster sulfato, menor é a força de gelificação e a solubilização ocorre em baixas temperaturas. A carragena tipo Kappa contém de 25% a 30% de éster sulfato e de 28% a 35% de 3,6-AG. A carragena tipo Iota contém de 28% a 35% de éster sulfato e de 25% a 30% de 3,6-AG. A carragena tipo Lambda contém de 32% a 39% de éster sulfato e não contém 3,6-AG (AGARGEL, 2012).

As carragenas Kappa podem ser divididas em dois tipos: Kappa I e Kappa II. A Kappa I forma géis firmes e quebradiços, com certa sinérese, devido ao alto teor de 3,6-AG, e oferecem boa retenção de água. A formação de géis elásticos e firmes se dá pela Kappa II, as quais apresentam um conteúdo entre 24% e 26% de éster sulfato e 32% e 34% de 3,6-AG, e baixa sinérese. O tipo Iota contém entre 30% e 32% de éster sulfato e entre 28% e 32% de 3,6-AG. Forma géis elásticos em água e leite, com baixa sinérese. Apresenta boa estabilidade ao ser congelada e descongelada. A carragena do tipo Lambda não geleifica, devido ao fato de não conter 3,6-AG, porém possui alta viscosidade e solubilidade por causa do seu alto grau de sulfuração. Ela também apresenta o maior conteúdo de éster sulfato, aproximadamente 35% (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2009).

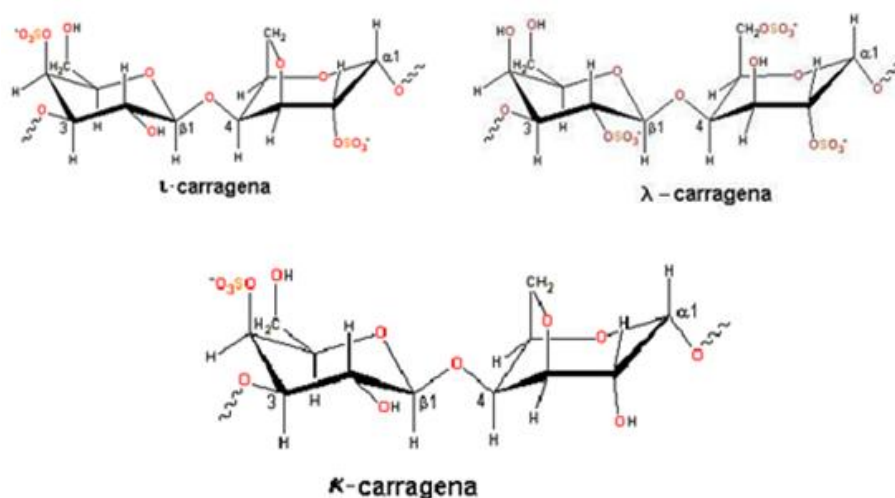


Figura 5 - Principais Tipos de Carragenas e Respectivas Estruturas

Fonte: Falshaw *et al.* (2001).

A capacidade de geleificação da carragena pode ser explicada pela formação de uma rede tridimensional de hélice dupla. Esse tipo de estrutura somente é possível nos tipos de Kappa e Iota, que formam géis termicamente reversíveis no aquecimento e resfriamento de soluções aquosas (PEREIRA, 2007).

3.3.5 Interação com Outras Gomas

A Kappa carragena apresenta uma sinergia incomum com a goma extraída do fruto alfarroba em sistemas aquosos. O gel obtido da mistura de carragena com a alfarroba apresenta um considerável aumento de força de gel, melhora na capacidade de retenção de água, redução de sinérese e uma alteração da textura do gel de quebradiça para elástica.

A Iota carragena apresenta sinergia com os amidos. Um sistema que contenha uma mistura de Iota carragena e amido apresenta um aumento de viscosidade até 10 vezes superior à viscosidade de um sistema que contenha somente o amido. Desta forma, a carragena Iota torna-se muito útil para a alteração de textura, palatabilidade e propriedades de processo de sistemas baseados em amido.

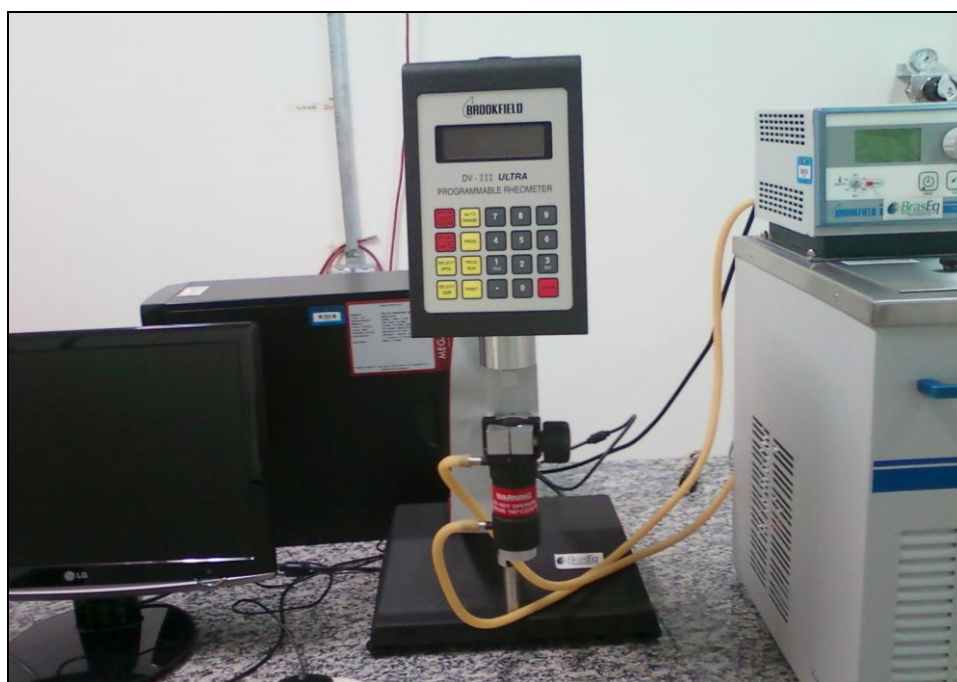
As carragenas Kappa e Iota apresentam forte interação com os íons de potássio e cálcio, respectivamente. A presença deles aumenta a dureza, a fragilidade, a temperatura de gelificação e a sinérese seus géis em água. Os sais de sódio não afetam a textura desses géis. Os sais de sódio e potássio de polifosfatos e citratos ajudam na solubilidade das carragenas em soluções frias e quentes, diminuindo a viscosidade devido ao fato deles sequestrarem os íons divalentes e ainda, ajudam a manter a estabilidade das carragenas em meios ácidos (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2009).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

Foi utilizada como amostra padrão, a carragena da marca SIGMA (C1013), também conhecida como Carragenina Tipo I Grau Comercial. Foram utilizadas para comparação com a amostra padrão, 10 amostras de carragena de diferentes marcas comerciais, empregadas em produtos cárneos.

Este trabalho foi realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Câmpus* Medianeira, que dispõe do equipamento para avaliação de viscosidade, o viscosímetro da marca Brookfield (Modelo DV-III Ultra) e *spindle* LV2.



Fotografia 1 – Viscosímetro Brookfield da UTFPR
Fonte: Autoria Própria (2012).

4.2 METODOLOGIA

4.2.1 Preparo das Soluções da Carragena Padrão

Foram preparadas cinco soluções da carragena padrão nas concentrações de 0,15; 0,20; 0,25; 0,30 e 0,35% (m/m) em água ultra-pura (Sistema de purificação de água osmose reversa - modelo OS10LX e Ultrapurificador microprocessado Master System, ambos da marca GEHAKA). Para o preparo das soluções, a carragena e a água foram pesadas em balança analítica (marca Marte, modelo AW220) e em béqueres de polietileno de 100 mL. Para completa dissolução da carragena, as soluções foram mantidas em banho-maria a 60°C (marca Quimis) até completa dissolução da amostra (aproximadamente 1h e 20 min). Posteriormente, as soluções foram deixadas em repouso até atingirem a temperatura ambiente de 25°C e em seguida, a viscosidade foi analisada (item 4.2.3).

4.2.2. Preparo das Soluções das Carragenas Comerciais

Para o preparo das amostras da carragena comercial foi utilizado o mesmo procedimento empregado no preparo das soluções da carragena padrão. A concentração utilizada para as 10 marcas comerciais avaliadas foi somente de 0,35% (m/m) devido a mesma apresentar um caráter visual fraco em comparação a padrão.

4.2.3 Avaliação da Viscosidade da Carragena Padrão e Comercial

Os parâmetros foram obtidos na temperatura de 25°C. O aumento da tensão de cisalhamento foi dado pelo aumento da rotação, sendo utilizadas rotações entre 60 e 100 rpm com acréscimo de 10 rpm a cada 3 min, em curvas ascendentes e descendentes e *spindle* LV2. Os parâmetros reológicos foram determinados usando-se o programa computacional Reocalc for Windows (Brookfield, Stoughton, USA).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 AVALIAÇÃO DA VISCOSIDADE DA CARRAGENA PADRÃO

A viscosidade das soluções de carragena quando determinada nas soluções a 0,15; 0,20 e 0,25% (m/m), não apresentou tendência de geleificação (Figuras 6, 7 e 8). Entretanto, na solução de carragena a 0,30% (m/m) foi possível observar uma tendência a formação de gel (Figura 9) e a 0,35% (m/m) a formação de gel propriamente dita (Figura 10).

Por meio de agitação ou cortes esses géis podem ser fluidizados, mas se deixados em repouso sem agitação e corte, voltam a recuperar sua forma de gel. O gel formado pela Kappa carragena não apresenta esta propriedade tixotrópica, ou seja, se seu gel for quebrado, ele não voltará a sua forma original, a não ser que seja aquecido e resfriado novamente.

Nas Figuras 6, 7, 8 e 9, observou-se que o cisalhamento aumentou a frequência das colisões entre as moléculas da carragena, que levou a um aumento de agregados e conseqüentemente um leve aumento da viscosidade. Este tipo de comportamento caracteriza a solução de carragena nas concentrações de 0,15%, 0,20%, 0,25% e 0,30% (m/m) como um fluido dilatante.

A Figura 11 apresenta a viscosidade da carragena padrão em diferentes concentrações estudadas de acordo com a velocidade (60 a 100 rpm), confirmando o aumento da viscosidade de acordo com o aumento da velocidade para todas as concentrações estudadas, exceto para a concentração de 0,35% (m/m), ou seja, observamos nas concentrações de 0,15; 0,20; 0,25 e 0,30% (m/m) de carragena um comportamento característico dilatante.

O comportamento pseudoplástico pode ser observado na solução de carragena a 0,35% (m/m) (Figuras 10 e 11), como dito anteriormente, nesta concentração pode-se observar a formação de gel fraco, ou seja, nas condições analisadas o cisalhamento da solução separou as partículas agregadas e desta forma, ocorreu uma menor resistência.

Todo fluido tixotrópico é pseudoplástico, e esse comportamento pseudoplástico da carragena é uma característica muito desejada em diversas situações. Do ponto de vista sensorial, os polissacarídeos que possuem comportamento pseudoplástico provocam menor sensação de gomosidade na boca do que aqueles com comportamento newtoniano.

Como podemos observar a viscosidade da carragena depende da concentração, e ainda segundo a literatura, dependem da temperatura, presença de outros polímeros, tipo e massa molar da carragena (PICULELL, 1995).

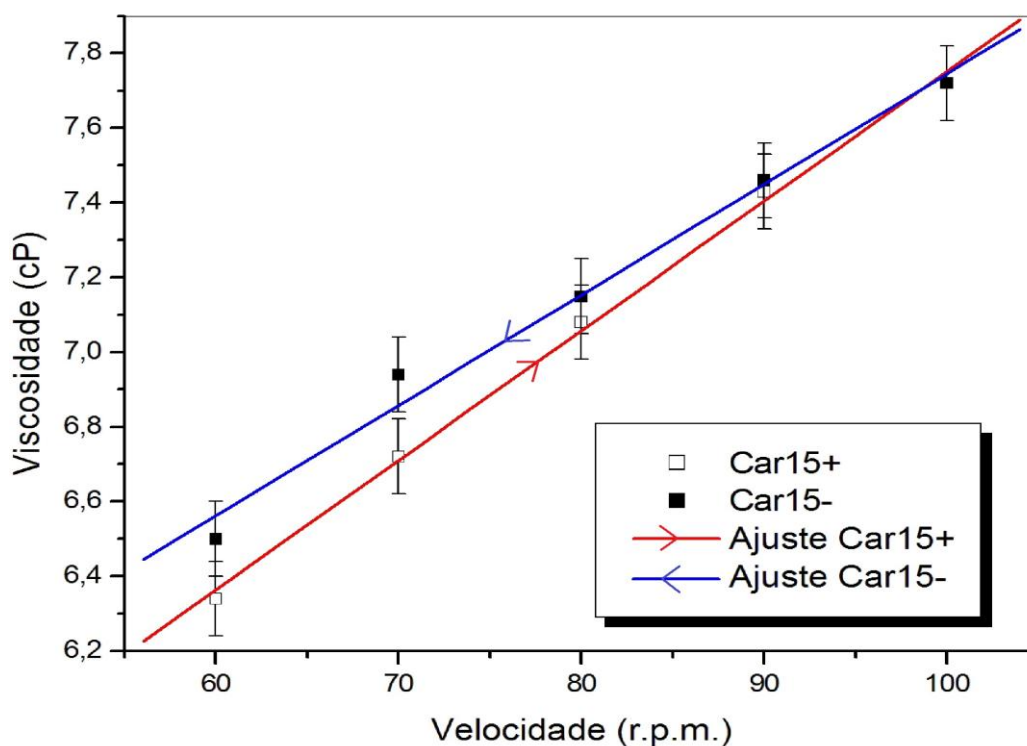


Figura 6 - Variação da Viscosidade (cP) em Função da Velocidade (rpm) da Carragena Padrão a 0,15% (m/m)

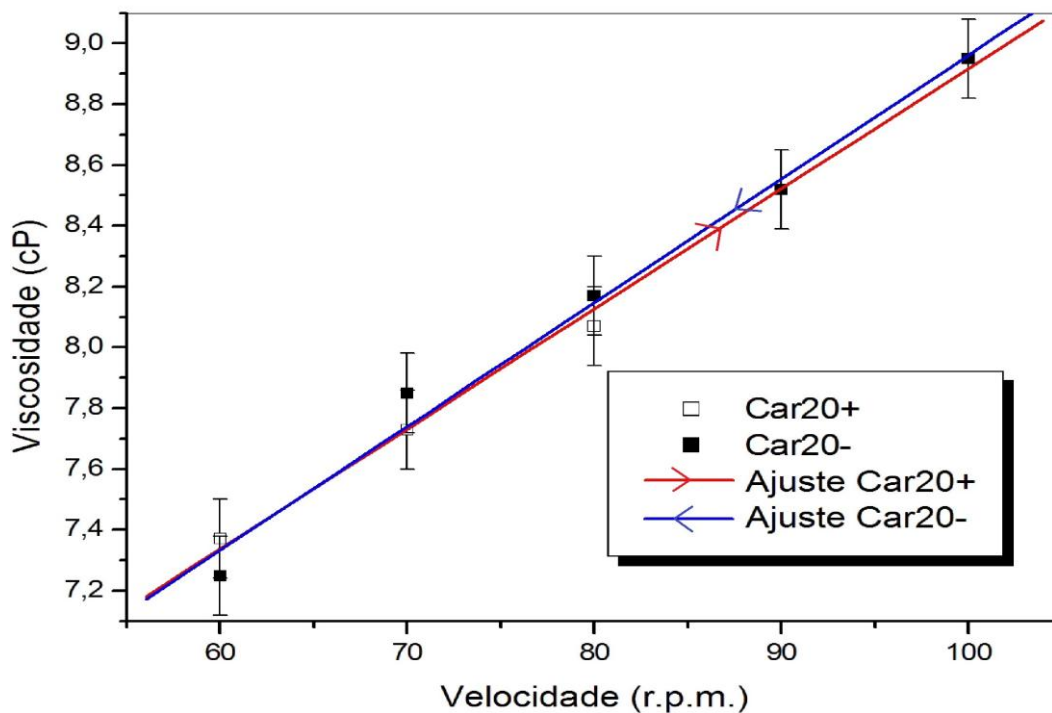


Figura 7 - Variação da Viscosidade (cP) em Função da Velocidade (rpm) da Carragena Padrão a 0,20% (m/m)

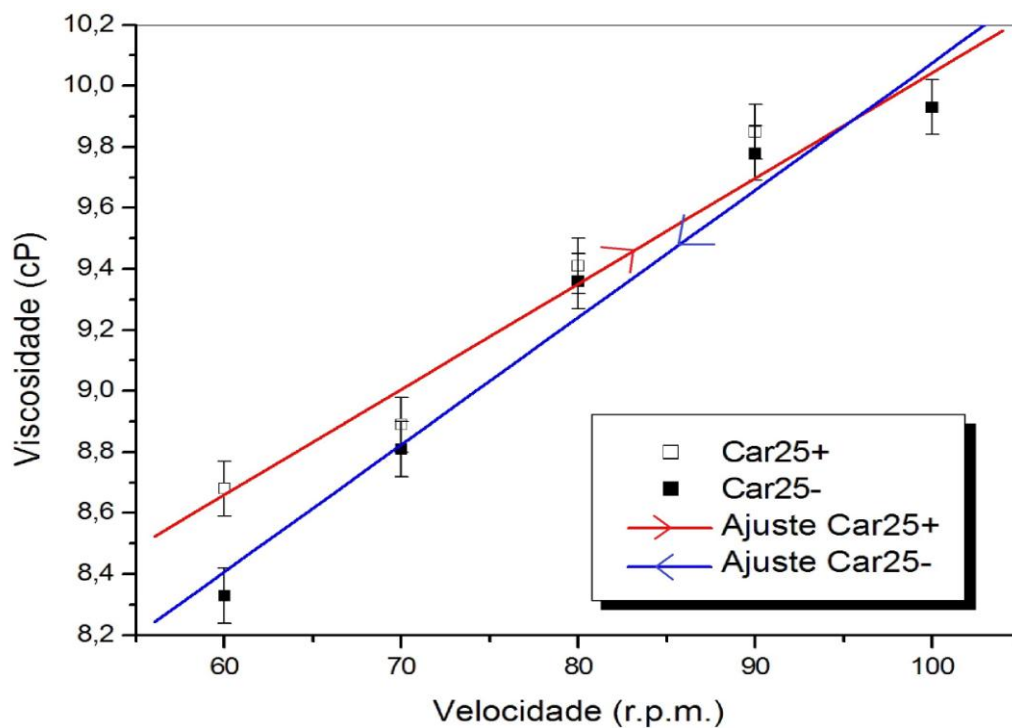


Figura 8 - Variação da Viscosidade (cP) em Função da Velocidade (rpm) da Carragena Padrão a 0,25% (m/m)

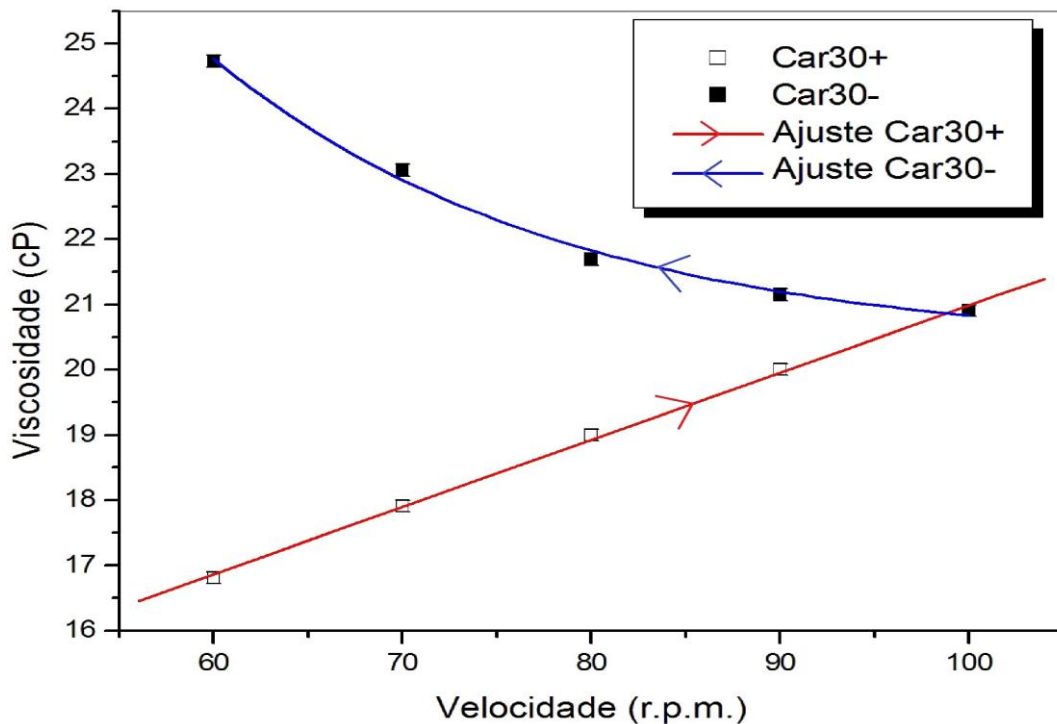


Figura 9 - Variação da Viscosidade (cP) em Função da Velocidade (rpm) da Carragena Padrão a 0,30% (m/m)

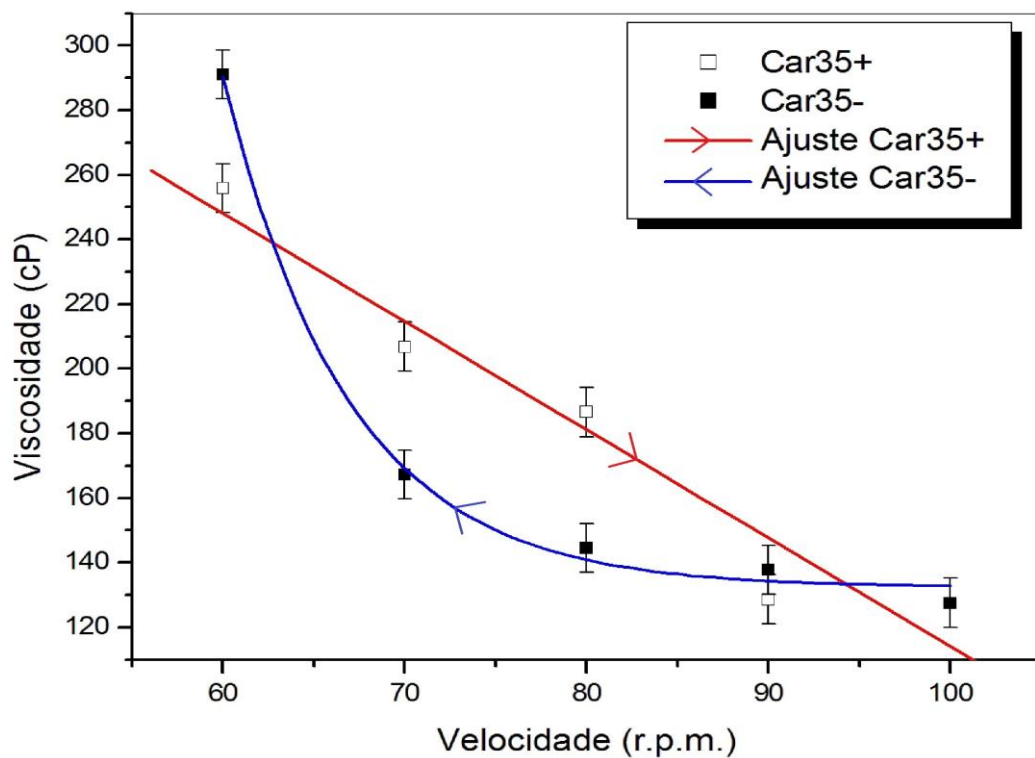


Figura 10 - Variação da Viscosidade (cP) em Função da Velocidade (rpm) da Carragena Padrão a 0,35% (m/m)

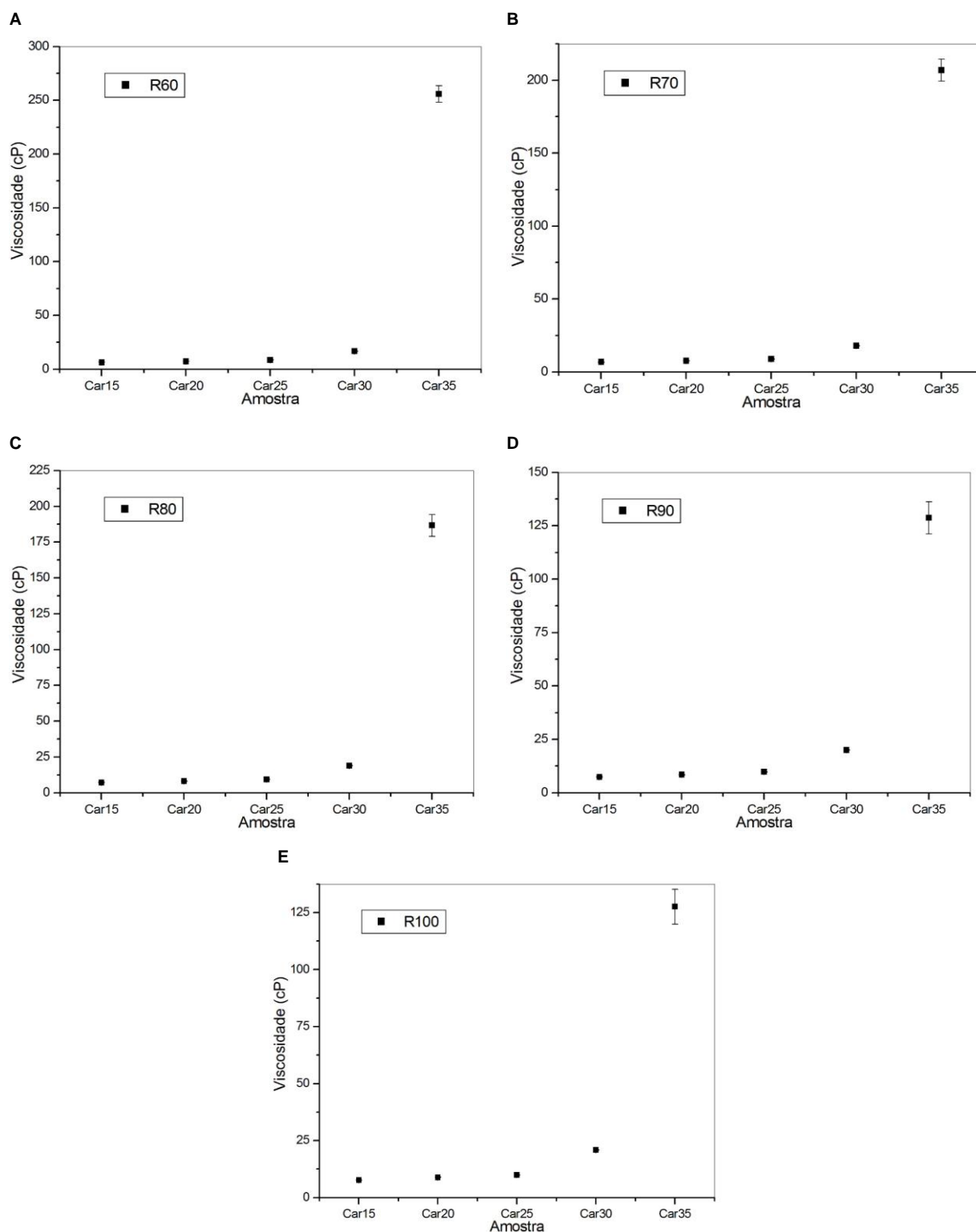


Figura 11 - Viscosidade (cP) das Soluções da Carragena Padrão de Acordo com a Velocidade (rpm) em Diferentes Concentrações. As Siglas Car15, Car20, Car25, Car30 e Car35 Correspondem as Concentrações de 0,15; 0,20; 0,25; 0,30 e 0,35% (m/m), Respectivamente. As Siglas R60, R70, R80, R90 e R100 Correspondem a Velocidade de 60, 70, 80, 90 e 100 rpm Respectivamente

5.2 AVALIAÇÃO DA VISCOSIDADE DE CARRAGENAS COMERCIAIS

Observou-se diferença no comportamento reológico entre as 10 amostras de carragena comerciais analisadas e quando comparadas à carragena padrão na concentração de 0,35% (m/m). Quando analisada a carragena padrão nesta concentração, observamos um comportamento pseudoplástico (Figura 10), e a formação de gel fraco, sendo a viscosidade inicial de aproximadamente 300 cP (curva ascendente) e ao final, aproximadamente 260 cP (curva descendente).

As amostras de carragena comercial que apresentaram comportamento pseudoplástico foram a CarC1 (Figura 12), CarC3 (Figura 14), CarC5 (Figura 16), CarC6 (Figura 17), CarC8 (Figura 19) e CarC9 (Figura 20), porém todas apresentaram a viscosidade inferior a carragena padrão, sendo a amostra CarC3 a que apresentou viscosidade mais próxima a da carragena padrão na concentração de 0,35% (m/m), sendo aproximadamente 115 cP (curva ascendente) a viscosidade inicial e 230 cP (curva descendente) a viscosidade final. Esta viscosidade inferior a da carragena padrão na concentração de 0,35% (m/m) poderia ser atribuída a menor concentração de carragena nas amostras comerciais, porém, ao estudarmos a viscosidade da carragena padrão em concentrações inferiores a 0,30% (m/m) (Figura 9), observamos um comportamento dilatante, o que não foi observado nestas amostras.

Na concentração 0,30% (m/m), a viscosidade inicial da carragena padrão foi de aproximadamente 16 cP (curva ascendente) e final de 25 cP (curva descendente), e com característica de um fluido dilatante. Das amostras comerciais analisadas, somente a CarC2 (Figura 13), CarC4 (Figura 15) e CarC7 (Figura 18) apresentaram comportamento dilatante e viscosidades inferiores a carragena padrão na concentração de 0,30% (m/m). Desta forma, podemos concluir que as carragenas comerciais analisadas (CarC1, CarC3, CarC5, CarC6, CarC8, CarC9) foram adicionadas de outros ingredientes que contribuíram para sua viscosidade, como por exemplo outras gomas, maltodextrinas entre outros.

E ainda das dez amostras comerciais uma não teve sua viscosidade analisada (CarC10) devido a formação de um gel forte, indicando claramente a adição de possíveis adulterantes, ou seja, nas condições que o estudo foi realizado,

70% das amostras apresentaram comportamento diferente da carragena padrão, indicando a adição de outros polissacarídeos, sais ou outras substâncias utilizadas que influenciaram nas suas características reológicas.

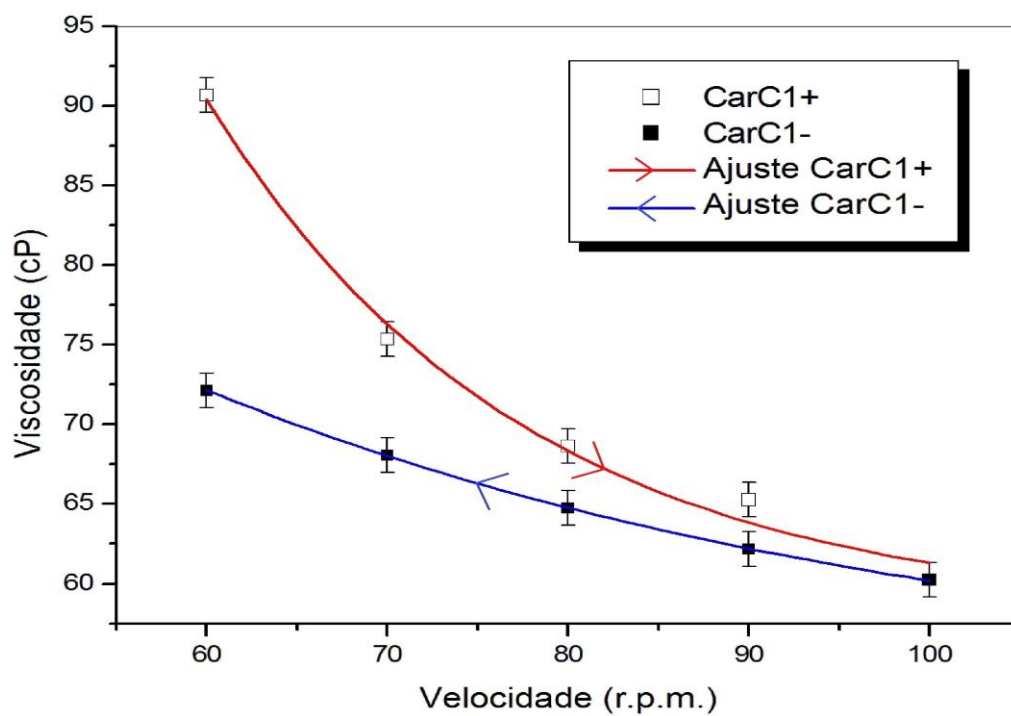


Figura 12 - Variação da Viscosidade (cP) em Função da Velocidade (rpm) da Carragena Comercial 1 a 0,35% (m/m)

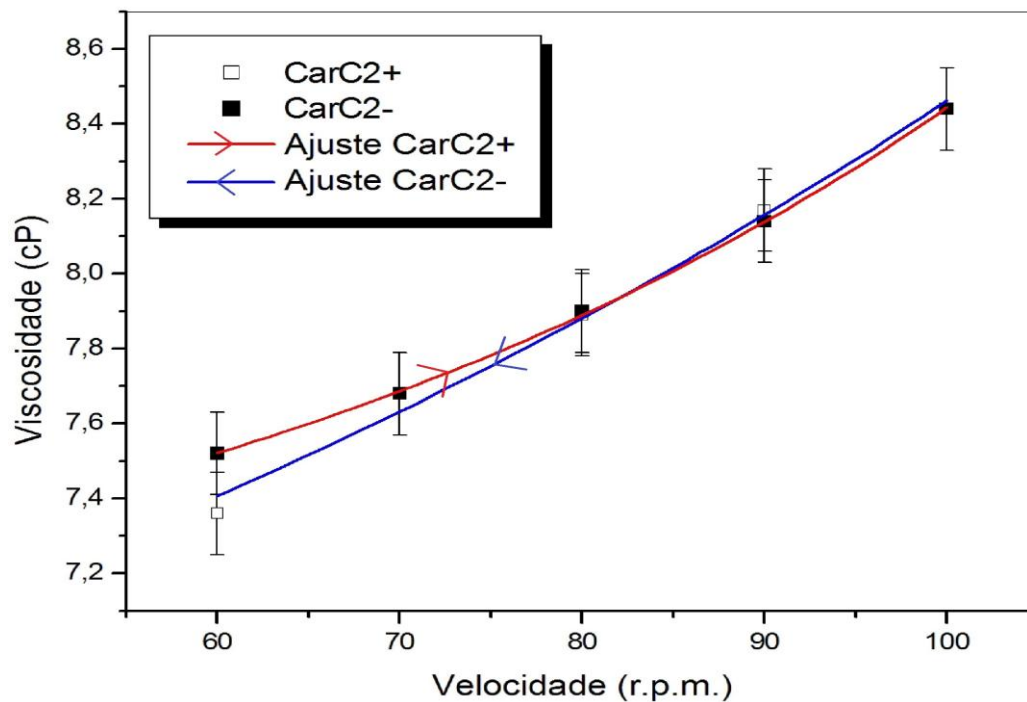


Figura 13 - Variação da Viscosidade (cP) em Função da Velocidade (rpm) da Carragena Comercial 2 a 0,35% (m/m)

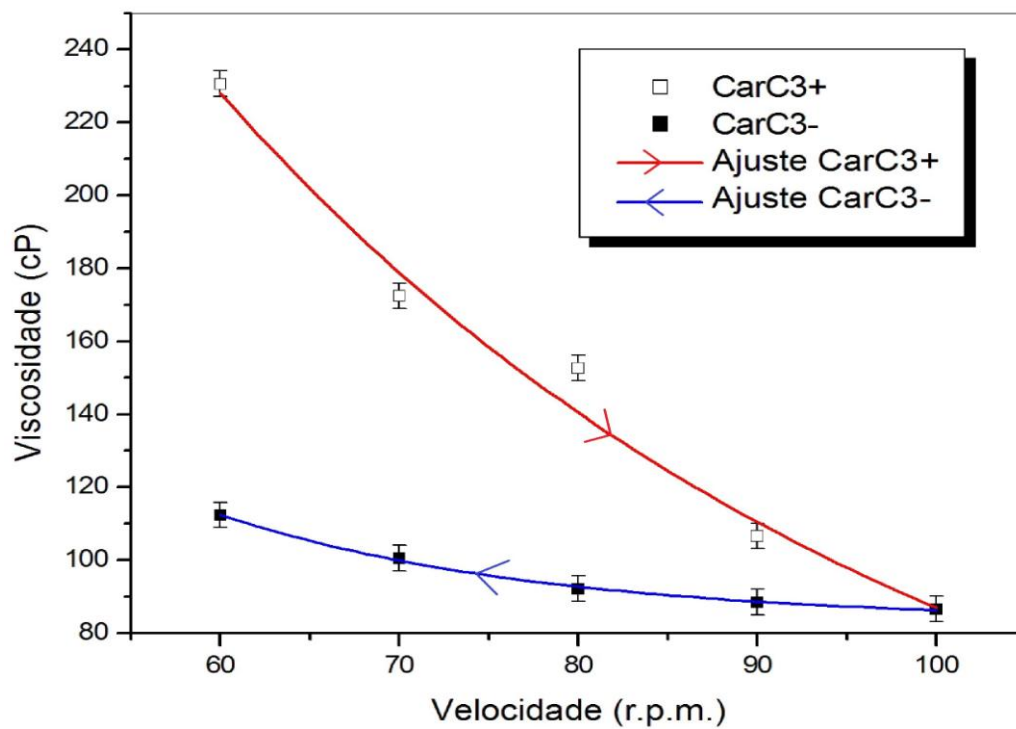


Figura 14 - Variação da Viscosidade (cP) em Função da Velocidade (rpm) da Carragena Comercial 3 a 0,35% (m/m)

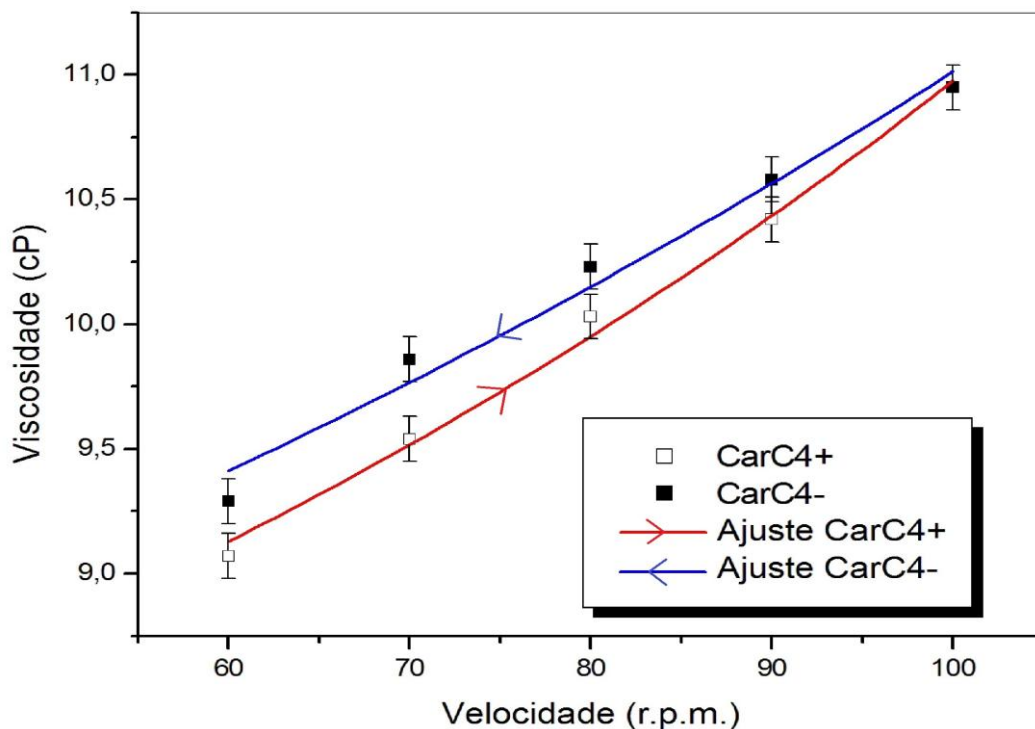


Figura 15 - Variação da Viscosidade (cP) em Função da Velocidade (rpm) da Carragena Comercial 4 a 0,35% (m/m)

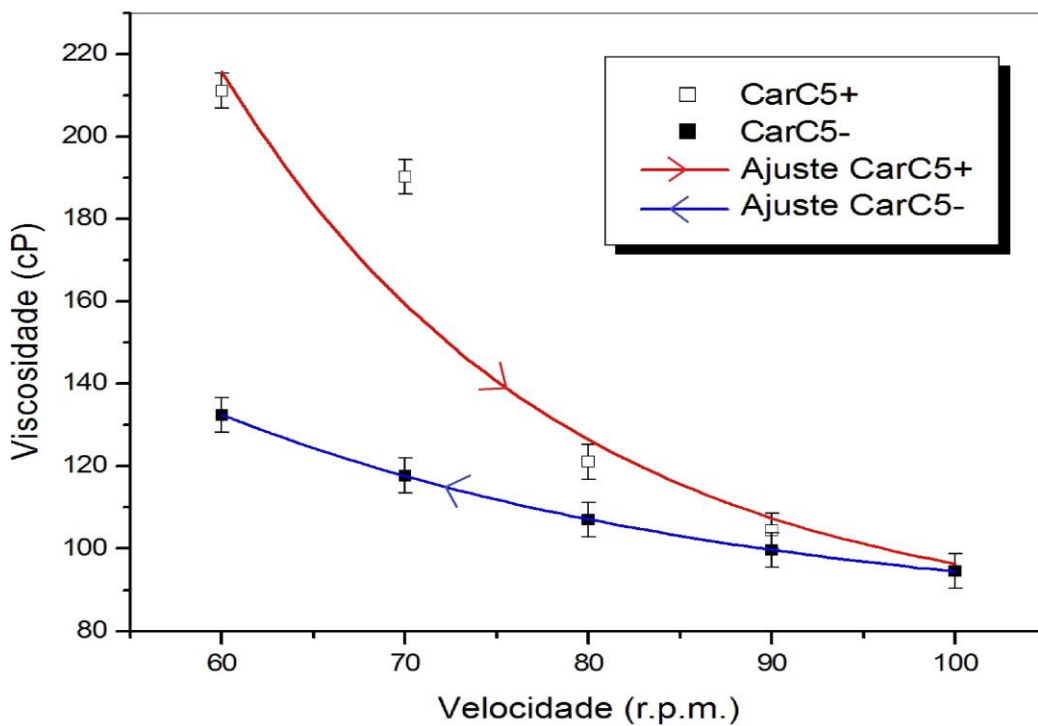


Figura 16 - Variação da Viscosidade (cP) em Função da Velocidade (rpm) da Carragena Comercial 5 a 0,35% (m/m)

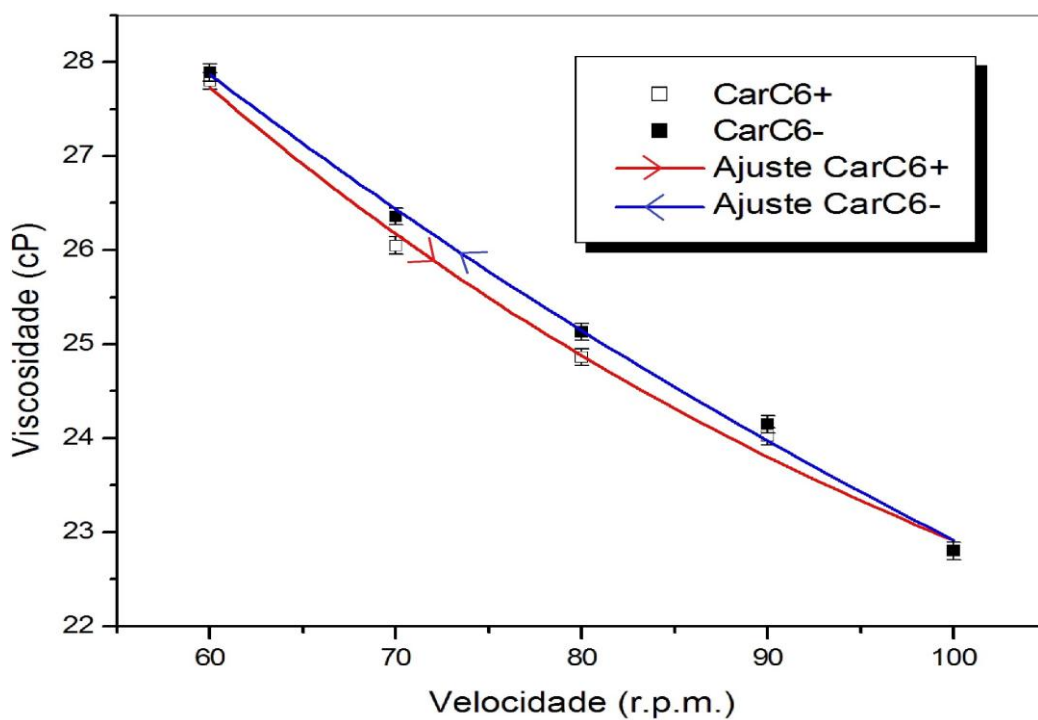


Figura 17 - Variação da Viscosidade (cP) em Função da Velocidade (rpm) da Carragena Comercial 6 a 0,35% (m/m)

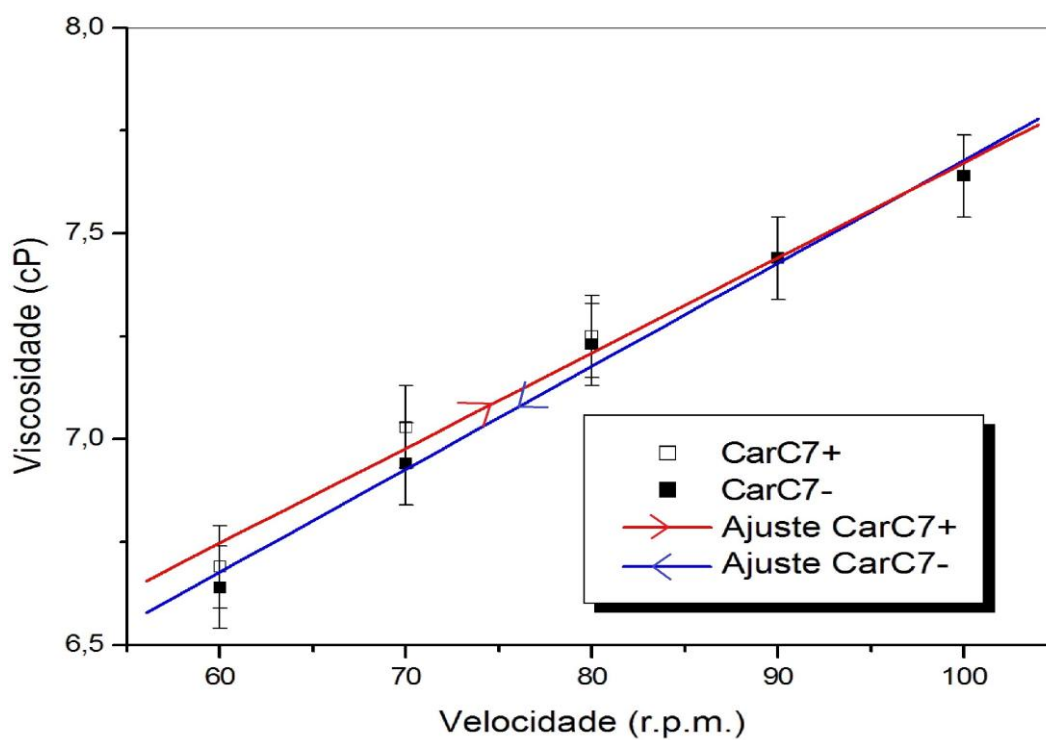


Figura 18 - Variação da Viscosidade (cP) em Função da Velocidade (rpm) da Carragena Comercial 7 a 0,35% (m/m)

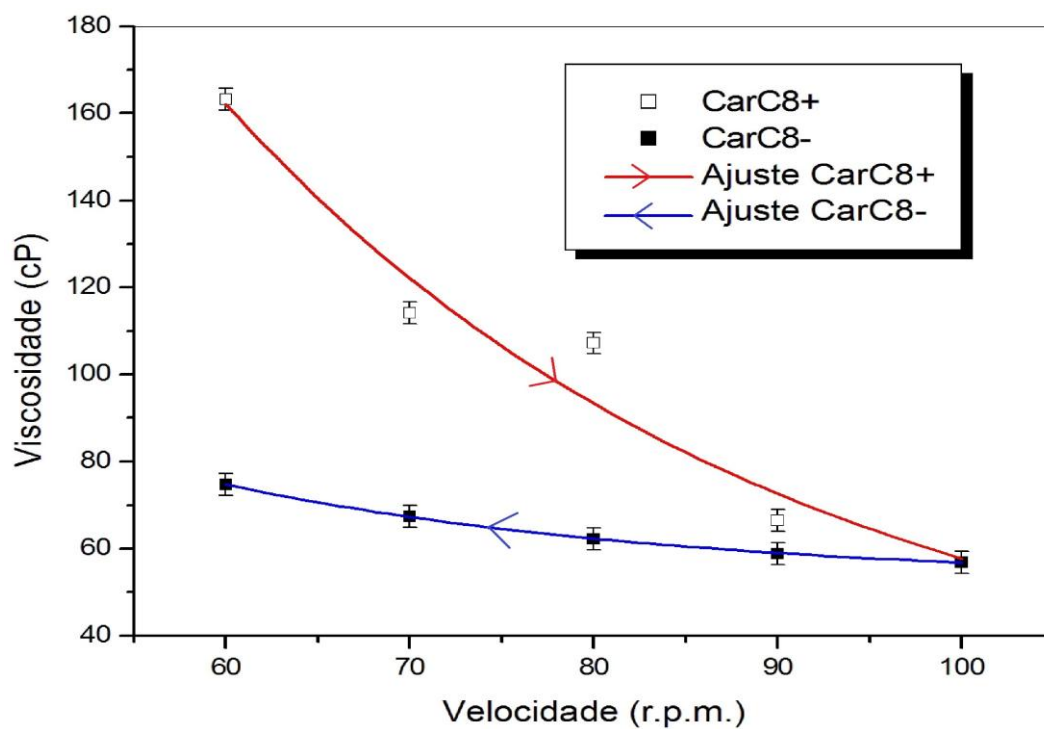


Figura 19 - Variação da Viscosidade (cP) em Função da Velocidade (rpm) da Carragena Comercial 8 a 0,35% (m/m)

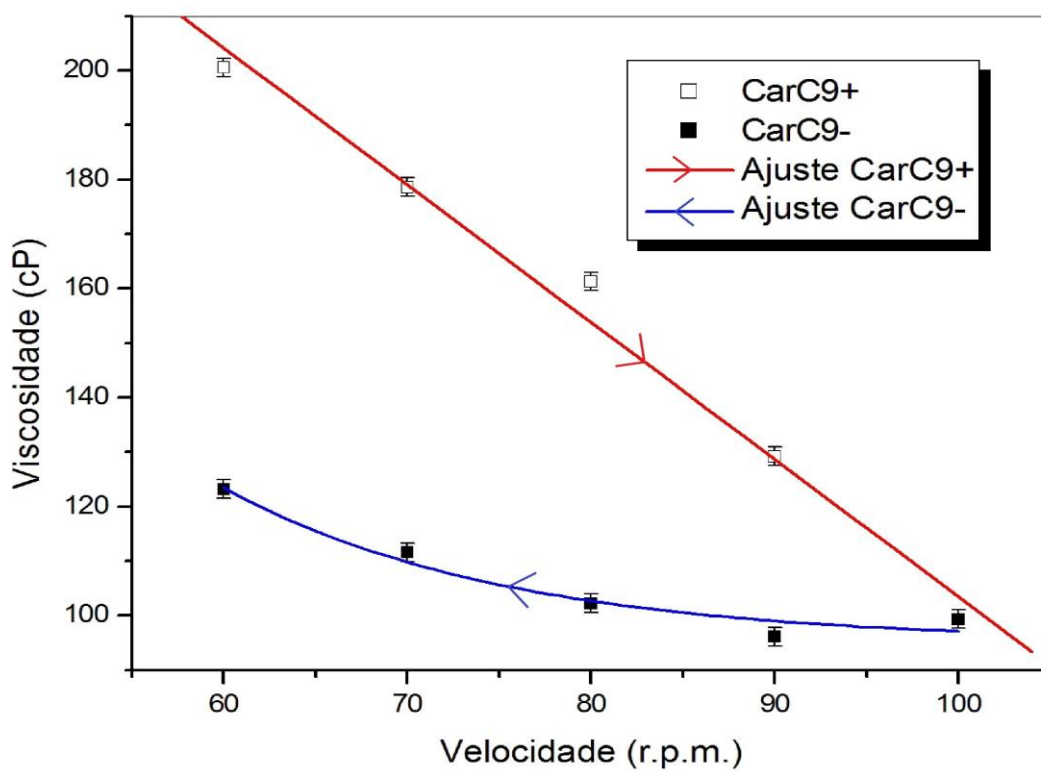


Figura 20 - Variação da Viscosidade (cP) em Função da Velocidade (rpm) da Carragena Comercial 9 a 0,35% (m/m)

As amostras da carragena padrão CarC2, CarC4 e CarC7 na concentração de 0,35% (m/m) (Figuras 21, 22, 23, 24 e 25) quando tiveram sua viscosidades comparadas à carragena padrão a 0,15% (m/m), apresentaram comportamento similar de viscosidade em todas as condições analisadas, tanto para valores da curva ascendente como para a curva descendente (comportamento dilatante), o que poderia indicar que estas três amostras não foram adicionadas ou foram adicionadas de quantidades mínimas de outras substâncias responsáveis por contribuírem na viscosidades destas amostras.

A amostra CarC6 apresentou comportamento pseudoplástico (Figura 17), o que também não é característico para a carragena nestas condições. O contrário foi observado nas demais amostras comerciais analisadas que tiveram o comportamento da viscosidade completamente diferente da carragena padrão (comportamento pseudoplástico).

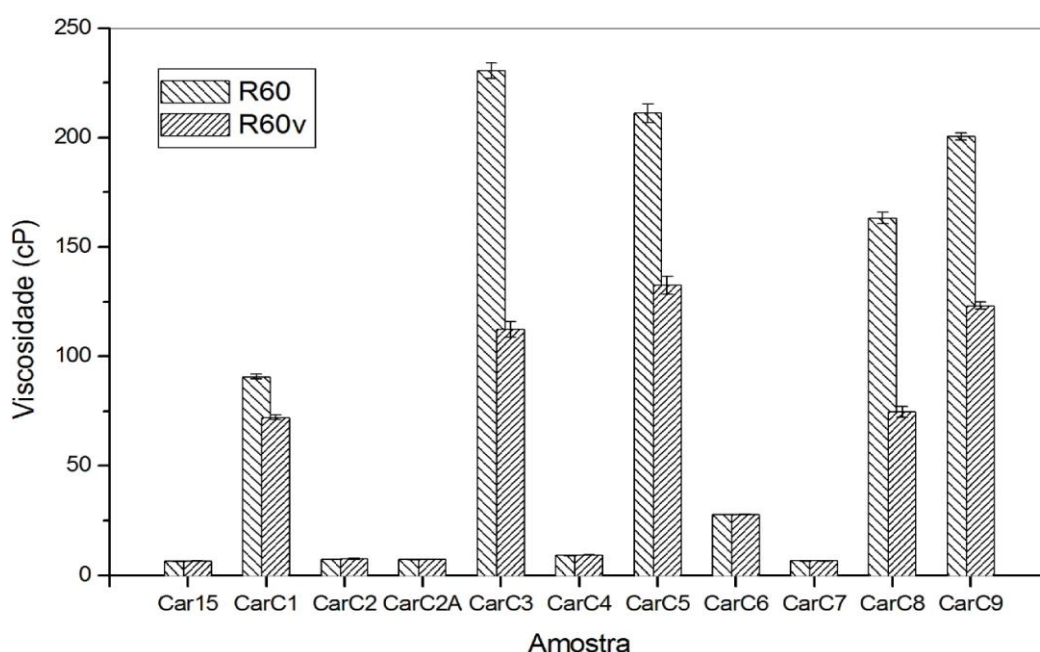


Figura 21 - Valores de Viscosidade (cP) da Carragena Padrão a 0,15% (m/m) e das Carragenas Comerciais a 0,35% (m/m) e 60 rpm. Sendo as Siglas R60 (Curva Ascendente) e R60v (Curva Descendente)

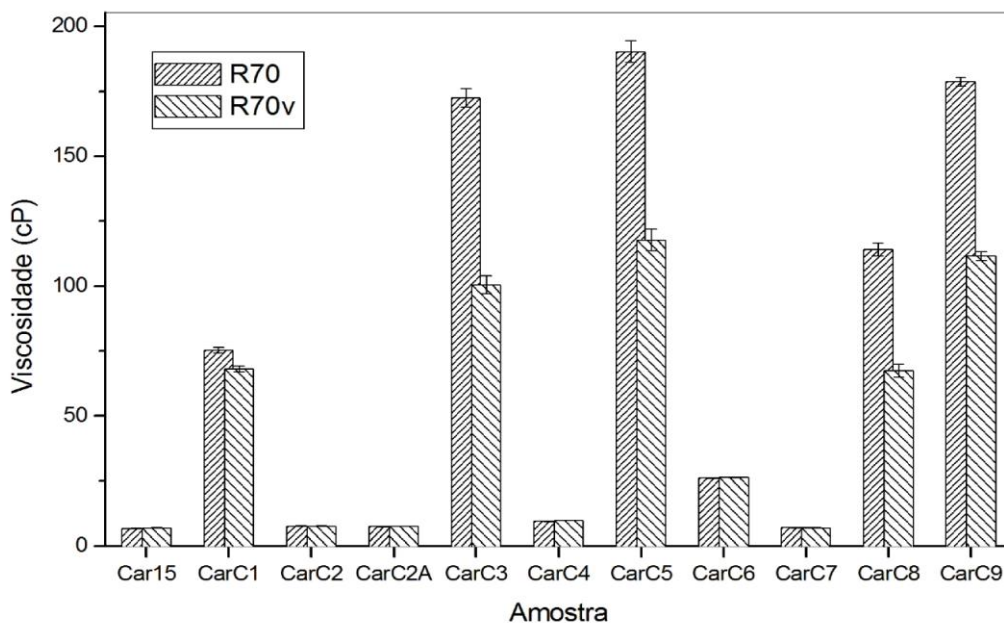


Figura 22 - Valores de Viscosidade (cP) da Carragena Padrão a 0,15% (m/m) e das Carragenas Comerciais a 0,35%(m/m) e 70 rpm. Sendo as Siglas R70 (Curva Ascendente) e R70v (Curva Descendente)

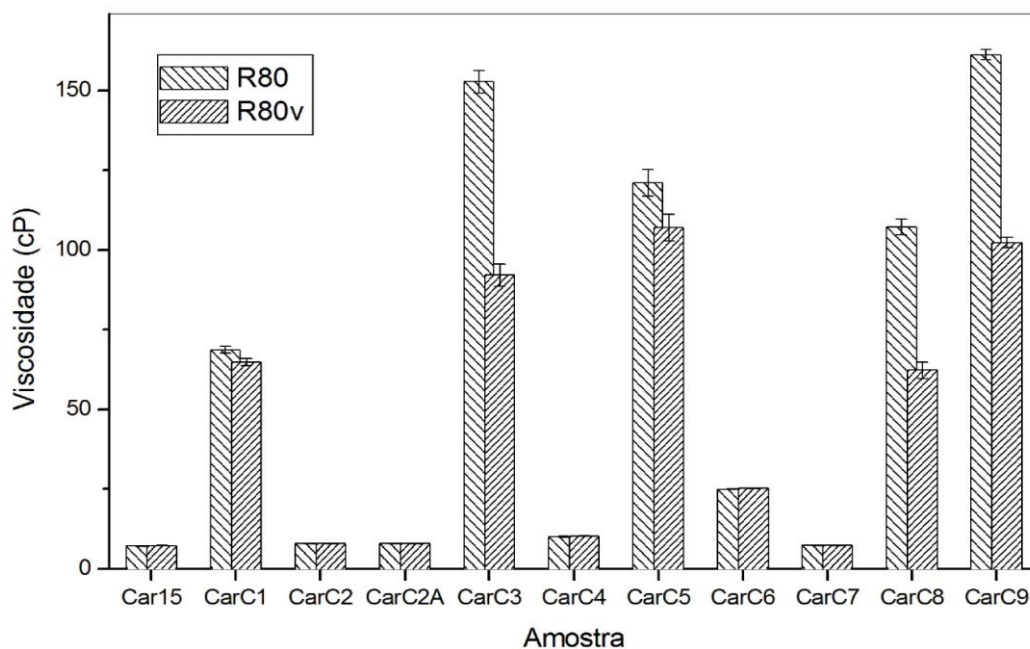


Figura 23 - Valores de Viscosidade (cP) da Carragena Padrão a 0,15% (m/m) e das Carragenas Comerciais a 0,35%(m/m) e 80 rpm. Sendo as Siglas R80 (Curva Ascendente) e R80v (Curva Descendente)

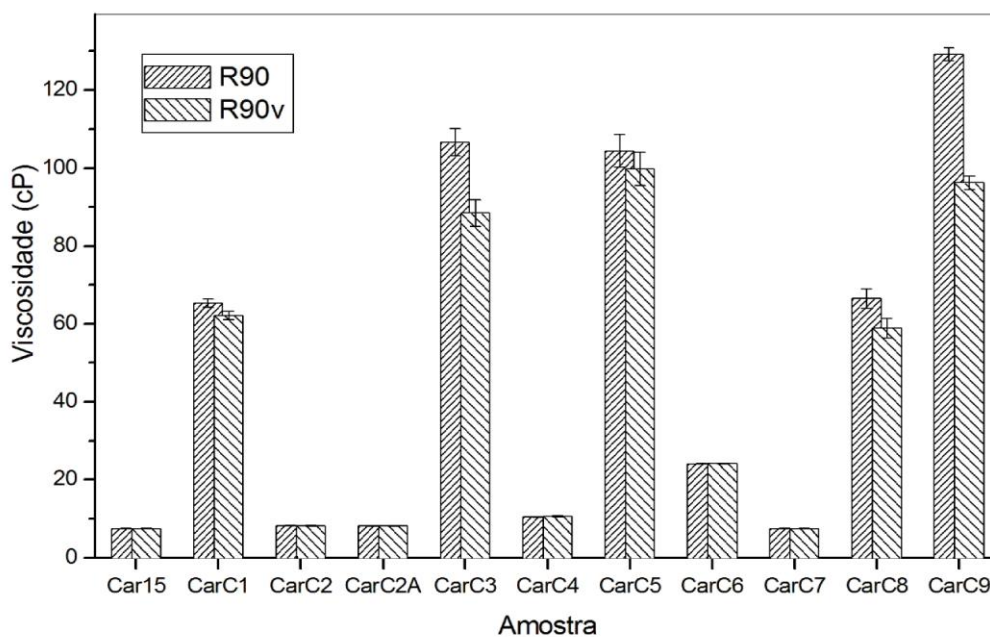


Figura 24 - Valores de Viscosidade (cP) da Carragena Padrão a 0,15% (m/m) e das Carragenas Comerciais a 0,35% m/m) e 90 rpm. Sendo as Siglas R90 (Curva Ascendente) e R90v (Curva Descendente)

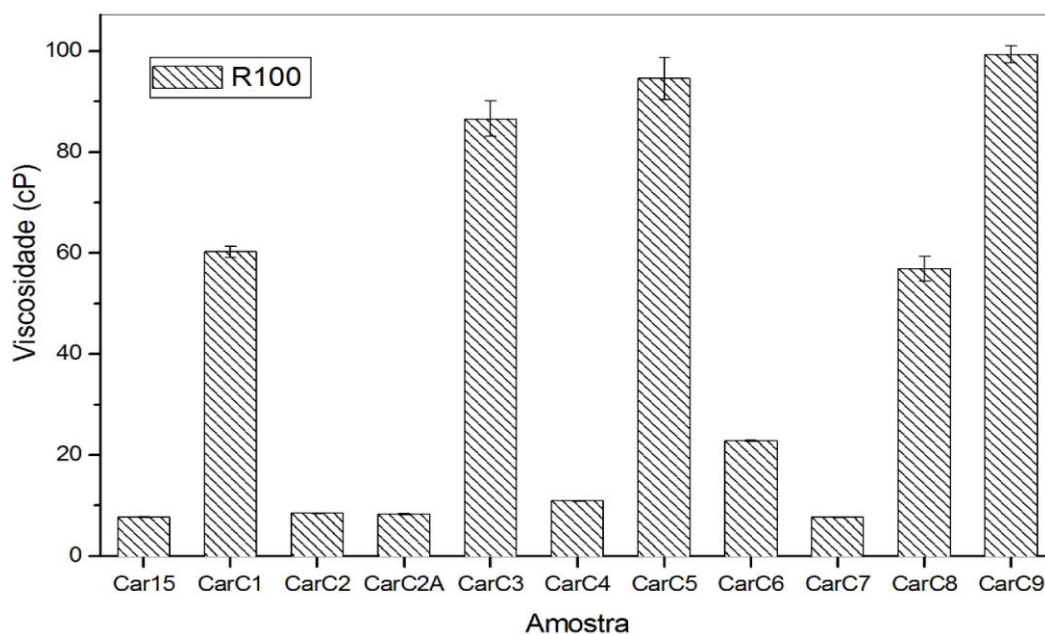


Figura 25 - Valores de Viscosidade (cP) da Carragena Padrão a 0,15% (m/m) e das Carragenas Comerciais a 0,35% (m/m) e 100 rpm. Sendo as Siglas R100 (Curva Ascendente) e R100v (Curva Descendente)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A goma carragena apresenta propriedades que modificam as características reológicas do produto, pois oferece a capacidade de tornar a solução mais viscosa e/ou de formar gel.

A viscosidade da carragena depende da concentração. Das dez amostras comerciais analisadas, observou-se diferença no comportamento reológico entre as mesmas, nove amostras apresentaram a viscosidade inferior a carragena padrão a 0,35% (m/m), sendo que em uma das amostras, houve formação de gel forte.

A viscosidade da carragena padrão em concentrações iguais ou inferiores a 0,30% (m/m), apresentou comportamento dilatante e viscosidade máxima de 25 cP. Ao serem comparadas as viscosidades das amostras comerciais a carragena padrão na concentração de 0,15% (m/m). Observamos que três amostras comerciais apresentaram comportamento muito parecido à carragena padrão em todas as condições analisadas, indicando que estas amostras não foram adicionadas ou foram adicionadas de quantidades mínimas de outras substâncias responsáveis por contribuírem na viscosidade destas amostras.

Em sete amostras comerciais analisadas observou-se o comportamento da viscosidade completamente diferente da carragena padrão e uma das dez amostras comerciais, não teve sua viscosidade analisada devido à formação de um gel muito forte, indicando claramente a adição de possíveis adulterantes.

Desta forma, 70% das carragenas comerciais analisadas apresentaram comportamento diferente da carragena padrão, indicando a adição de outros polissacarídeos, sais ou outras substâncias utilizadas que influenciaram nas suas características reológicas, sendo necessários estudos futuros a fim de desenvolver técnicas para o controle de qualidade da carragena.

REFERÊNCIAS

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária; **Art. 1º Aditivos Alimentares - definições, classificação e emprego**; Portaria nº 540 - SVS/MS, de 27 de outubro de 1997.

AGARGEL, **Carragena**. Disponível em: <<http://www.agargel.com.br/carragena.html>> acesso em: 08 de maio de 2012.

ANUSAVICE, K. J. **Phillips Materiais Dentários**; 11 ed., Elsevier Editora Ltda, 2003.

BARUFALDI, R., OLIVEIRA, N. M. **Fundamentos de Tecnologia de Alimentos**. Vol. 3; Editora Atheneu; São Paulo - SP, 1998.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. Editora Varela: São Paulo, 3 ed., 2001.

BRAGA, A. L. M. **Formação, estrutura e propriedades reológicas de sistemas biopoliméricos**; Tese (doutorado) – Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 2006.

BRASEQ, Brasileira de Equipamentos LTDA. **Viscosidade e Reologia**: noções básicas. São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.braseq.com.br/site/pdf/brookfield.pdf>>. Acesso em: 31 de março de 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde Portaria Nº 540 de 27 de outubro de 1997.

CARRAGENAS: kappa, iota, lambda, um, nu e theta! Revista Aditivos & Ingredientes: n. 61, março/abril de 2009.

CASTRO, A. L., **Aplicação de conceitos reológicos na tecnologia dos concretos de alto desempenho**. 334f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais) - Área de Interinidades em Ciência e Engenharia dos Materiais, Universidade de São Paulo (USP), 2007.

FALSHAW, R.; BIXLER, H. J.; JOHNDRO, K. Structure and performance of commercial kappa-2 carrageenan extracts I. Structure analysis. **Food Hydrocolloids**, v.15, p. 441-452, 2001.

FERREIRA, E. E.; BRANDÃO, P. R. G.; KLEIN, B.; PERES, A. E. C. Reologia de suspensões minerais: uma revisão. Ouro Preto Jan/Mar. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672005000100014> Acesso em: 16 de julho de 2012.

HAYASHI, L. **Extração, teor e propriedades de carragena de Kappaphycus alvarezii Doty ex P. Silva, em cultivo experimental em Ubatuba, SP.** Dissertação de Mestrado – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Botânica. São Paulo, 2001.

HOLDSWORTH, S. D. **Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behaviour of fluid food products.** Journal of Texture Studies, v. 2, n. 4, 1971.

KNUTSEN, S. H., MYSLABODSKI D. E., LARSEN, B. **A modified system of nomenclature for red algal galactans.** Botanica Marina 37, p.163-169, 1994.

LEWIS, M. J. **Propriedades físicas dos alimentos y de los sistemas de processado.** 1 ed. Ed. Acribia: Zaragoza, 1993.

MACOSCO, C. W. **Rheology: principles, measurements and applications.** VCH Publishers, 1994.

MARQUES, M. F. Ingredientes e Aditivos. In: Bubison Olivo, **O Mundo do Frango;** 1º Ed. Editora Varela, p. 351-367, 2006.

NUNES, M. C.; BATISTA, P.; RAYMUNDO, A. ALVES, M. M.; SOUZA, I. Vegetable proteins and Milk puddings. **Colloides and surfaces B: Biointerfaces,** p. 21-29, 2003.

OLIVEIRA, H. K. **Comportamento Reológico de Diferentes Tipos de Sorvete.** Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Santa Catarina; Florianópolis: 2005.

PENNA, B. B. L. A. **Hidrocolóides: usos em alimentos.** Food Ingredients; n.17; p. 58-63, 2002.

PEREIRA, L.; CRITCHLEY, A. T.; AMADO, A. M.; RIBEIRO, P. J. A.; **Análise Comparativa Dos Ficolóides Produzidos Por Algas Carragenófitas Usadas Industrialmente E Algas Carragenófitas Portuguesas**. Departamento de Botânica, Universidade de Coimbra – Portugal, 2007.

PEREIRA, L. **Extracção, Caracterização e Utilização das Carragenanas**. Departamento de Botânica, Laboratório de Microscopia e Ficologia, Universidade de Coimbra – Portugal, 2007.

PICULELL, L. **Gelling carrageenans**. In: Food Polysaccharides and their Applications. (Ed.) New York, Marcel Dekker, p. 205-244, 1995.

PORDEUS, V. R. **Fenômenos de Transporte**: mecânica dos fluidos -considerações e propriedades dos fluidos. Universidade Federal Rural do Semi-árido. Departamento de Ciências Ambientais.

STANLEY, N. **Production, properties and uses of carrageenan**. In: Fisheries Technical Paper, v. 288, p. 116-146, 1987.

STEFFE, J. F. **Rheological methods in food process engineering**. 2. ed. Freeman Press, 412 p., 1996.

TERRA, N. As carragenas na industrialização de carnes. **Revista Nacional da Carne**. São Paulo, p. 27, 1993.

TONELI, J. T. de C. L.; MURR, F. E. X.; PARK K. J. **Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, Especial, v. 7, n. 2, p.181-204, 2005.

TRCKOVÁ, J.; STETINA, J. KÁNSKÚ, J. **Influence of protein concentration on reological properties of carrageenan gels in milk**. International Dairy Journal; n. 6, p. 137-146, 2003.

VENDRÚSCULO, A. T. **Comportamento reológico e estabilidade física de polpa de carambola** (Averrhoa carambola L.). 90 f. (Dissertação Mestrado em Engenharia de Alimentos), Área de desenvolvimento de processos da indústria de alimentos - Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

ZÓIA, D. **As gomas exudadas de plantas**. Food Ingredients Brasil, p. 26, n 17, 2011.