



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

DJANY SOUZA SILVA

AVALIAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS NO CÁLCULO DA VISCOSIDADE
DINÂMICA DE SUCOS DE FRUTAS

FORTALEZA

2015

DJANY SOUZA SILVA

**AVALIAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS NO CÁLCULO DA VISCOSIDADE
DINÂMICA DE SUCOS DE FRUTAS**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Química, com área de concentração: Processos Químicos e Bioquímicos.

Orientador: Prof. Dr. Hosiberto Batista de Sant'Ana.

Coorientador: Prof. Dr. Frederico Ribeiro do Carmo.

FORTALEZA - CE

2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Pós-Graduação em Engenharia - BPGE

S579a Silva, Djany Souza.
Avaliação de modelos matemáticos no cálculo da viscosidade dinâmica de sucos de frutas /
Djany Souza Silva. – 2015.
117 f. : il. color. enc. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento
de Engenharia Química, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Fortaleza, 2015.
Área de Concentração: Processos Químicos e Bioquímicos.
Orientação: Prof. Dr. Hosiberto Batista de Sant'Ana.
Coorientação: Prof. Dr. Frederico Ribeiro do Carmo.

1. Engenharia química. 2. Propriedades termodinâmicas. 3. Modelagem. 4. Predição. I. Título.

DJANY SOUZA SILVA

**AVALIAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS NO CÁLCULO DA VISCOSIDADE
DINÂMICA DE SUCOS DE FRUTAS**


Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Química, com área de concentração: Processos Químicos e Bioquímicos.

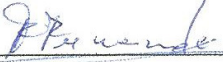
Orientador: Prof. Dr. Hosiberto Batista de Sant'Ana.


Coorientador: Prof. Dr. Frederico Ribeiro do Carmo.

Aprovada em: 27 / 03 / 2015.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Hosiberto Batista de Sant'Ana (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)


Prof. Prof. Dr. Fabiano André Narciso Fernandes
• Universidade Federal do Ceará (UFC)


Prof. Prof. Dr. Andréa Cardoso de Aquino
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À Deus, fonte de vida.

Aos meus pais, Walmir e Lucia, e irmãos Dejamir, Lucileide e Lucicleide pelo incentivo, apoio e carinho.

Ao Prof. Dr. Hosiberto e ao Prof. Dr. Frederico pelo conhecimento e incentivo ao longo de todo o trabalho.

Aos meus amigos conquistados durante o mestrado e colegas do Grupo de Pesquisa em Termofluidodinâmica Aplicada - GPTA.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus que tem me concedido a oportunidade de chegar até aqui.

Aos meus pais que sempre fizeram tudo para que eu pudesse ter uma boa educação.

Ao Prof. Dr. Hosiberto por ter aceitado me orientar neste trabalho, pela paciência e por todo o incentivo.

Ao Prof. Dr. Frederico pela coorientação e paciência, principalmente durante os estágios iniciais do trabalho.

A todos os meus amigos do mestrado, em especial as minhas amigas Caroline Gondim, Márcia Lacerda e Paloma Lira pela amizade, apoio e incentivo principalmente durante o início do mestrado.

Ao meu amigo Emanuel Meneses pelos cafés da tarde, em que sempre falávamos sobre nossos trabalhos e as dificuldades, seguido sempre da frase "Vai dá certo".

Aos meus amigos e colegas de casa Edilberto e Fernando pelo apoio.

Aos meus amigos do Maranhão, que embora não estivessem presentes fisicamente, sempre me deram apoio e incentivo para continuar evoluindo.

À Capes pelo apoio financeiro.

*"Quanto mais aumenta nosso conhecimento,
mais evidente fica nossa ignorância."*

(John F. Kennedy)

RESUMO

O consumo de sucos de frutas tem crescido, devido a comodidade e praticidade gerada pelos produtos prontos. Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes, em 2012, a produção anual foi de 987 milhões de litros de sucos de frutas no Brasil. No entanto, para alcançar maior eficiência e rendimento, torna-se necessário o conhecimento do comportamento reológico das matérias-primas. A viscosidade é uma das propriedades reológicas usada em diversas aplicações, tais como: parâmetro para o cálculo de coeficientes de transferência de calor e massa; dimensionamento de equipamentos; avaliação de custos; projetos de processos; controle de qualidade do produto; além de possibilitar a compreensão da estrutura química das matérias-primas. Durante o processamento industrial dos sucos de frutas, a matéria-prima é submetida à variações de temperaturas e concentrações de sólidos que alteram sua viscosidade. Por esse motivo, o conhecimento dos efeitos combinados desses dois parâmetros na viscosidade é essencial para a indústria de sucos. Nesse trabalho, dados experimentais da literatura para onze sucos clarificados de frutas (manga, cereja, maçã, pêssego, groselha, romã, pêra, limão, tangerina, limão-galego e uva) em concentrações e temperaturas de 15,0 a 74,0 °Brix, e 278,15 a 393,15 K, respectivamente, foram modelados utilizando correlações empíricas e semi-empíricas oriundas da literatura. Parâmetros globais e específicos, respectivamente, em função da temperatura e concentração de sólidos solúveis totais (SST), foram mantidos nos modelos. Quatro equações foram avaliadas no cálculo da energia de ativação (equação da reta, exponencial, polinomial de 2ª e 3ª ordem) nos modelos. E três estratégias de modelagem foram realizadas: ajuste para todas as concentrações de SST e temperaturas; em diferentes faixas de concentrações de SST; e, diferentes faixas de temperaturas. A estratégia de otimização por faixas de concentrações de SST mostrou-se a mais adequada. Duas relações matemáticas exponenciais, baseadas na correlação de Arrhenius, obtiveram bons resultados na predição da viscosidade dinâmica de sucos de frutas clarificados entre as concentrações de 17,0 a 50,1 °Brix para todas as temperaturas de estudo. Enquanto que o uso da equação de Vogel obteve bons resultados para concentrações de 51,0 a 66,0 °Brix na predição da viscosidade dinâmica dos sucos de frutas. Os modelos foram validados com dados experimentais para suco clarificado de laranja em baixas (30,7 a 50,5 °Brix) e altas concentrações (54,1 a 63,5 °Brix) de SST, com excelente predição da viscosidade dinâmica.

Palavras-chave: Propriedades termodinâmicas. Modelagem. Predição.

ABSTRACT

The consumption of fruit juices has grown due to convenience and practicality generated by the finished products. According to the Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes, in 2012 the annual production was 987 million liters of fruit juices in Brazil. However, to achieve greater efficiency and performance, it is necessary to know the rheological behavior of the raw materials. Among rheological properties, viscosity is widely used in industrial and academic applications such as: a parameter for the calculation of heat and mass transfer coefficients; equipment design; cost assessment; design processes; quality control of the product; and enable an understanding of the chemical structure of raw materials. During industrial processing of fruit juices, the raw materials are submitted to temperatures and concentrations of solids variations that altering its viscosity. Therefore, the knowledge of the combined effect of temperature and concentration of solids on viscosity are essential for the juice processing. In this work, literature data from eleven clarified juices of fruit (mango, cherry, apple, peach, blackcurrant, pomegranate, pear, lemon, tangerine, lime and grape) at concentrations and temperatures from 15.0 to 74.0 °Brix and from 278.15 to 393.15 K, respectively, were modeled using empirical and semi-empirical correlations derived from the literature. Global and specific parameters for all studied models been obtained in function of temperature and total soluble solids (TSS) concentration. Four equations were evaluated to calculate the activation energy in each model (linear equation, exponential, polynomial of 2nd and 3rd order) using activation energy as specific parameter, and three different modeling strategies were conducted: for all TSS concentrations and temperatures; two ranges concentrations of TSS; and, two ranges of temperatures. The optimization strategy for the concentrations TSS range proved the most suitable. Two exponential mathematical relations based on correlation of Arrhenius have been successful in predicting the dynamic viscosity of clarified fruit juices at concentrations from 17.0 to 50.1 °Brix for all temperatures studied. While Vogel's equation obtained good results for concentrations of 51.0 to 66.0 °Brix in predicting the dynamic viscosity of fruit juices. The models were validated using experimental data to clarified orange juices at low (30.7 to 50.5 °Brix) and high concentrations (54.1 to 63.5 °Brix) of TSS, with excellent prediction of dynamic viscosity.

Keywords: Thermodynamic properties. Modeling. Prediction.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma geral da produção de sucos de frutas	20
Figura 2 - Classificação do comportamento reológico de diferentes tipos de suspensões	22
Figura 3 - Interpretação geométrica do simplex (a) duas variáveis (b) três variáveis.....	27
Figura 4 - Representação do deslocamento do simplex básico bidimensional.....	28
Figura 5 - Representação do deslocamento do <i>Simplex Downhill</i>	29
Figura 6 - Diagrama da das etapas da modelagem e otimização dos parâmetros globais e específicos	33
Figura 7 - Desvio médio relativo dos modelos entre concentrações de 15,0 a 50,0 °Brix, ajuste OtimE	37
Figura 8 - Desvio médio relativo dos modelos entre concentrações de 50,1 a 74,0 °Brix, ajuste OtimE	38
Figura 9 - Desvio médio relativo do Modelo 3 (<i>Ea</i> - Equação 12) entre concentrações de 15,0 a 74,0 °Brix, ajuste OtimE.....	39
Figura 10 - Comparação entre viscosidade calculada e experimental com Modelo 3 (<i>Ea</i> - Equação 12) para o suco clarificado (a) de cereja e (b) de groselha	40
Figura 11 - Comparação entre viscosidade calculada e experimental com Modelo 3 (<i>Ea</i> - Equação 12) para o suco clarificado (a) de limão-galego e (b) de limão	41
Figura 12 - Comparação entre viscosidade calculada e experimental com Modelo 3 (<i>Ea</i> - Equação 12) para o suco clarificado (a) de maçã (b) de manga	41
Figura 13 - Comparação entre viscosidade calculada e experimental com Modelo 3 (<i>Ea</i> - Equação 12) para o suco clarificado (a) de pêra e (b) de romã	42
Figura 14 - Comparação entre viscosidade calculada e experimental com Modelo 3 (<i>Ea</i> - Equação 12) para o suco clarificado (a) de tangerina e (b) de uva.....	42
Figura 15 - Comparação entre viscosidade calculada e experimental com Modelo 3 (<i>Ea</i> - Equação 12) para o suco clarificado de pêssego	43
Figura 16 - Desvio médio relativo em cada concentração entre 15,0 a 50,1 °Brix, ajuste OtimG.....	45
Figura 17 - Comparação da viscosidade experimental em concentrações semelhantes de (a) 30,0 a 31,0 °Brix; (b) 55,7 a 60,0 °Brix	47
Figura 18 - Desvio médio relativo em cada concentração entre 51,0 a 74,0 °Brix, ajuste OtimG.....	48

Figura 19 - Desvio Médio Relativo (DMR%) em cada concentração entre 15,0 a 50,1 °Brix, ajuste OtimG2.....	51
Figura 20 - Desvio Médio Relativo (DMR%) em cada concentração entre 51,0 a 74,0 °Brix dos ajustes OtimG e OtimG2 para o Modelo 3 (E_a - Equação 12).....	52
Figura 21 - Comparação entre viscosidade experimental e calculada do suco de groselha (35,0 °Brix) para Modelo 1 (E_a - Equação 9)	53
Figura 22 - Comparação entre viscosidade experimental e calculada do suco de cereja (49,0 °Brix) para Modelo 2 (E_a - Equação 10)	53
Figura 23 - Comparação entre viscosidade experimental e calculada do suco de maçã (45,1 °Brix) para Modelo 3 (E_a - Equação 11)	54
Figura 24 - Comparação entre viscosidade experimental e calculada do suco de cereja (49,0 °Brix) para Modelo 4 (E_a - Equação 12)	54
Figura 25 - Comparação entre viscosidade experimental e calculada do suco de maçã (55,1 °Brix) para Modelo 3 (E_a - Equação 11)	55
Figura 26 - Comparação entre viscosidade experimental e calculada do suco de cereja (49,0 °Brix) para Modelo 4 (E_a - Equação 12)	55
Figura 27 - Desvio Médio Relativo (DMR%) em cada concentração entre 15,0 a 50,1 °Brix, ajuste OtimG3.....	57
Figura 28 - Porcentagem da quantidade de pontos calculados com desvio relativo de até 15% para as concentrações entre 17,0 a 50,1 °Brix.....	59
Figura 29 - Comparação entre viscosidade experimental e calculada para Modelo 2 (E_a - Equação 10) para os sucos de (a) cereja 49,0 °Brix e (b) maçã 45,1 °Brix.....	60
Figura 30 - Comparação entre viscosidade experimental e calculada para Modelo 4 (E_a - Equação 12) para os sucos de (a) manga 34,0 °Brix e (b) cereja 49,0 °Brix	60
Figura 31 - Comparação entre viscosidade experimental e calculada para Modelo 2 (E_a - Equação 10) para os sucos de laranja em baixas concentrações de SST.....	62
Figura 32 - Comparação entre viscosidade experimental e calculada para Modelo 4 (E_a - Equação 12) para os sucos de laranja em baixas concentrações de SST.....	63
Figura 33 - Comparação entre viscosidade experimental e calculada para Modelo 3 (E_a - Equação 12) para os sucos de laranja em altas concentrações de SST.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Faixa de dados experimentais dos sucos clarificados	31
Tabela 2 - Desvio Médio Relativo (DMR%) ^a em concentrações de 15,0 a 50,1 °Brix, ajustes OtimE e OtimG.....	44
Tabela 3 - Desvio Médio Relativo (DMR%) ^a em concentrações de 15,0 a 50,1 °Brix, ajustes OtimG ^b e OtimG2 ^c	50
Tabela 4 - Desvio Médio Relativo (DMR%) ^a em concentrações de 51,0 a 74,0 °Brix, ajustes OtimG ^b e OtimG2 ^c	52
Tabela 5 - Desvio Médio Relativo (DMR%) ^a em concentrações de 15,0 a 50,1 °Brix, ajuste OtimG3 ^b	57
Tabela 6 - Desvio Médio Relativo (DMR%) ^a em concentrações de 51,0 a 74,0 °Brix do ajuste OtimG3 ^b	58
Tabela 7 - Dados de viscosidade experimental para suco clarificado de laranja	61
Tabela 8 - Parâmetros específicos estimados para suco clarificado de laranja ^a	61
Tabela 9 - Parâmetros estatísticos suco clarificado de laranja	62

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 - Parâmetros matemáticos Modelos 1, 2, 3 e 4 (Ea - Equação 9), ajuste OtimE.	79
Anexo 2 - Parâmetros matemáticos Modelos 1, 2, 3 e 4 (Ea - Equação 10), ajuste OtimE.	80
Anexo 3 - Parâmetros matemáticos Modelos 1, 2, 3 e 4 (Ea - Equação 11), ajuste OtimE.	81
Anexo 4 - Parâmetros matemáticos Modelos 1, 2, 3 e 4 (Ea - Equação 12), ajuste OtimE.	82
Anexo 5 - Parâmetros estatísticos para Modelos 1 e 2, ajuste OtimE.	83
Anexo 6 - Parâmetros estatísticos para Modelo 3 e 4, ajuste OtimE.	84
Anexo 7 - Desvio médio relativo nas concentrações de 15,0 a 74,0 °Brix para Modelo 3 (Ea - Equação 12), ajuste OtimE.	85
Anexo 8 - Parâmetros globais dos ajustes para todos os Modelos, ajuste OtimG.	86
Anexo 9 - Parâmetros específicos Modelos 1, 2, 3 e 4 (Ea - Equação 9), ajuste OtimG.	86
Anexo 10 - Parâmetros específicos Modelos 1, 2, 3 e 4 (Ea - Equação 10), ajuste OtimG.	87
Anexo 11 - Parâmetros específicos Modelos 1, 2, 3 e 4 (Ea - Equação 11), ajuste OtimG.	87
Anexo 12 - Parâmetros específicos Modelos 1, 2, 3 e 4 (Ea - Equação 12), ajuste OtimG.	88
Anexo 13 - Parâmetros estatísticos para Modelos 1 e 2, ajuste OtimG.	89
Anexo 14 - Parâmetros estatísticos para Modelo 3 e 4, ajuste OtimG.	90
Anexo 15 - Desvio Médio Relativo (DMR%) ^a em concentrações de SST de 15,0 a 50,1 °Brix, Modelos 1 e 2, ajuste OtimG.	91
Anexo 16 - Desvio Médio Relativo (DMR%) ^a em concentrações de SST de 15,0 a 50,1 °Brix, Modelos 3 e 4, ajuste OtimG.	92
Anexo 17 - Desvio Médio Relativo (DMR%) ^a em concentrações de SST de 51,0 a 74,0 °Brix, Modelos 1 e 2, ajuste OtimG.	93
Anexo 18 - Desvio Médio Relativo (DMR%) ^a em concentrações de SST de 51,0 a 74,0 °Brix, Modelos 3 e 4, ajuste OtimG.	94
Anexo 19 - Parâmetros globais para todos os Modelos, ajuste OtimG2.	95
Anexo 20 - Parâmetros específicos Modelos 1, 2, 3 e 4 (Ea - Equação 9), ajuste OtimG2.	96
Anexo 21 - Parâmetros específicos Modelos 1, 2, 3 e 4 (Ea - Equação 10), ajuste OtimG2.	97
Anexo 22 - Parâmetros específicos Modelos 1, 2, 3 e 4 (Ea - Equação 11), ajuste OtimG2.	98
Anexo 23 - Parâmetros específicos Modelos 1 e 2 (Ea - Equação 12), ajuste OtimG2.	99
Anexo 24 - Parâmetros específicos Modelos 3 e 4 (Ea - Equação 12), ajuste OtimG2.	100
Anexo 25 - Parâmetros estatísticos para Modelo 1 e 2, ajuste OtimG2.	101
Anexo 26 - Parâmetros estatísticos para Modelo 3 e 4, ajuste OtimG2.	102

Anexo 27 - Desvio Médio Relativo (DMR%) ^a em concentrações de 15,0 a 50,1 °Brix, Modelos 1, e 2, ajuste OtimG2	103
Anexo 28 - Desvio Médio Relativo (DMR%) ^a em concentrações de 15,0 a 50,1 °Brix, Modelos 3 e 4, ajuste OtimG2	104
Anexo 29 - Desvio Médio Relativo (DMR%) ^a em concentrações de 51,0 a 74,0 °Brix, Modelos 1 e 2, ajuste OtimG2	105
Anexo 30 - Desvio Médio Relativo (DMR%) ^a em concentrações de 51,0 a 74,0 °Brix, Modelos 4 e 5, ajuste OtimG2	106
Anexo 31 -Parâmetros globais para todos os Modelos, ajuste OtimG3	107
Anexo 32 - Parâmetros específicos Modelos 1, 2, 3 e 4 (Ea - Equação 9), ajuste OtimG3 ...	108
Anexo 33 - Parâmetros específicos Modelos 1, 2, 3 e 4 (Ea - Equação 10), ajuste OtimG3 .	109
Anexo 34 - Parâmetros específicos Modelos 1, 2, 3 e 4 (Ea - Equação 11), ajuste OtimG3 .	110
Anexo 35 - Parâmetros específicos Modelos 1 e 2 (Ea - Equação 12), ajuste OtimG3	111
Anexo 36 - Parâmetros específicos Modelos 3 e 4 (Ea - Equação 12), ajuste OtimG3	112
Anexo 37 - Parâmetros estatísticos para Modelo 1 e 2, ajuste OtimG3	113
Anexo 38 - Parâmetros estatísticos para Modelo 3 e 4 ajuste OtimG3	114
Anexo 39 - Desvio Médio Relativo (DMR%) ^a em concentrações de SST de 15,0 a 50,1 °Brix, Modelos 1 e 2, ajuste OtimG3	115
Anexo 40 - Desvio Médio Relativo (DMR%) ^a em concentrações de SST de 15,0 a 50,1 °Brix, Modelos 3 e 4, ajuste OtimG3	116
Anexo 41 - Desvio Médio Relativo (DMR%) ^a em concentrações de SST de 51,0 a 74,0 °Brix, Modelos 1 e 2, ajuste OtimG3	117
Anexo 42 - Desvio Médio Relativo (DMR%) ^a em concentrações de SST de 51,0 a 74,0 °Brix, Modelos 3 e 4, ajuste OtimG3	118

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1 Sucos de frutas	19
2.2 Reologia dos fluidos	21
2.2.1 Efeito da temperatura na viscosidade	23
2.2.2 Efeito da concentração de SST na viscosidade	25
2.2.3 Efeito combinado da temperatura e concentração de SST na viscosidade	25
2.3 Modelagem	26
2.4 Método de otimização	27
2.4.1 O Método Simplex Básico (MSB)	28
2.4.2 O Método Simplex Modificado (MSM)	29
3 MODELAGEM	31
3.1 Banco de Dados	31
3.2 Modelos matemáticos	32
3.2.1 Modelo 1	33
3.2.2 Modelo 2	34
3.2.4 Modelo 3	34
3.2.5 Modelo 4	35
3.2.6 Equações do cálculo da energia de ativação	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1 Ajuste de parâmetros específicos (Otimização Específica - OtimE)	37
4.2 Ajuste de parâmetros globais (Otimização Global - OtimG)	43
4.3 Ajuste de parâmetros globais por faixas de concentrações de SST (OtimG2)	49
4.4 Ajuste de parâmetros globais por faixas de concentrações de SST (OtimG3)	56
4.5 Validação dos modelos matemáticos	61
5 CONCLUSÕES	64

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	65
REFERÊNCIAS	66
APÊNDICE A - TESTES ESTATÍSTICOS DE FISHER E QUI-QUADRADO.....	72
ANEXOS	78

1 INTRODUÇÃO

A indústria alimentícia frequentemente enfrenta problemas nas aplicações de modelagem, otimização e automação de processos em virtude da complexidade da matéria-prima e as alterações nas propriedades termofísicas (densidade, viscosidade, capacidade calorífica, difusividade térmica, condutividade térmica). Essas alterações ocorrem durante todas as etapas de processo industrial dos produtos alimentícios (armazenamento, transporte, distribuição, operações unitárias etc.), em função das oscilações de temperaturas e concentração de solutos macromoleculares. E podem ser percebidas mesmo em baixas concentrações de sólidos, afetando diretamente o processo industrial (ABDULAGATOV *et al.*, 2009).

Os sucos de frutas são suspensões que contém sólidos solúveis (açúcares, vitaminas, sais, ácidos etc.) e insolúveis (pectinas, fibras etc.) em água, ou seja, trata-se de misturas multicomponentes. Para a indústria processadora de sucos de frutas, os produtos estão em fase líquida e a viscosidade torna-se uma das propriedades físico-químicas mais importantes que pode ser utilizada como parâmetro de qualidade do produto, elaboração de projetos, avaliação de equipamentos (bombas, tubulações, evaporadores, misturadores, filtros e outros), cálculo dos coeficientes de transferência de calor e massa e avaliação de custos. Além disso, tal propriedade auxilia no entendimento da estrutura química das matérias-primas alimentícias (BARBOSA-CÁNOVAS; IBARZ, 2002; BARNES, 2000; RAO, 2007). Dessa forma, o estudo da previsão de propriedades termodinâmicas de sucos de frutas, em função da temperatura e concentração de sólidos, torna-se fundamental para os processos industriais. Diante disso, a modelagem matemática têm sido útil na predição de viscosidade de sucos de frutas em uma larga faixa de temperatura e concentração de sólidos solúveis totais (SST), sendo uma excelente contribuição para a indústria de alimentos e para a literatura (ABDULAGATOV *et al.*, 2009; BIRD; STEWART; LIGHTFOOT, 2006; BODBODAK *et al.*, 2013).

Alguns pesquisadores já têm utilizado correlações matemáticas e modelos empíricos incluindo os efeitos das variações de temperatura e concentração de SST na predição da viscosidade dinâmica de sucos de frutas (CEPEDA; VILLARÁN, 1999; DAK; VERMA; JAAFFREY, 2007; IBARZ; VICENTE; GRAELL, 1987; JUSZCZAK; FORTUNA, 2004; ZURITZ *et al.*, 2005). No entanto, as correlações e modelos propostos não se aplicam de forma inespecífica, ou seja, não há generalização, sendo cada método desenvolvido aplicado tão somente a um tipo específico de fluido ao ponto que os parâmetros

matemáticos obtidos para um determinado suco não podem ser utilizados para os demais, surgindo então a necessidade de propor novos parâmetros e/ou modelos matemáticos para o cálculo da viscosidade em outros sucos de frutas, tornando a modelagem muito específica. Diante disso, o objetivo principal deste trabalho foi de avaliar quatro equações matemáticas para o cálculo da viscosidade dinâmica em sucos de frutas clarificados, incluindo os efeitos de temperatura e concentração de SST a partir de dados disponíveis da literatura, propondo modelos com parâmetros globais e específicos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Sucos de frutas

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas Não Alcoólicas (Abir), em 2008 o setor de sucos e néctares de frutas prontos para beber chegou a faturar 1,9 bilhões de dólares com venda de 476 milhões de litros. Em 2012, essa produção chegou a 987 milhões de litros de sucos, com tendência de crescimento de 10% ao ano (IDEC, 2014; PIRILLO; SABIO, 2009). Esse crescimento deve-se à comodidade e praticidade gerada pelos produtos prontos para consumo (SCARDINA, 2009).

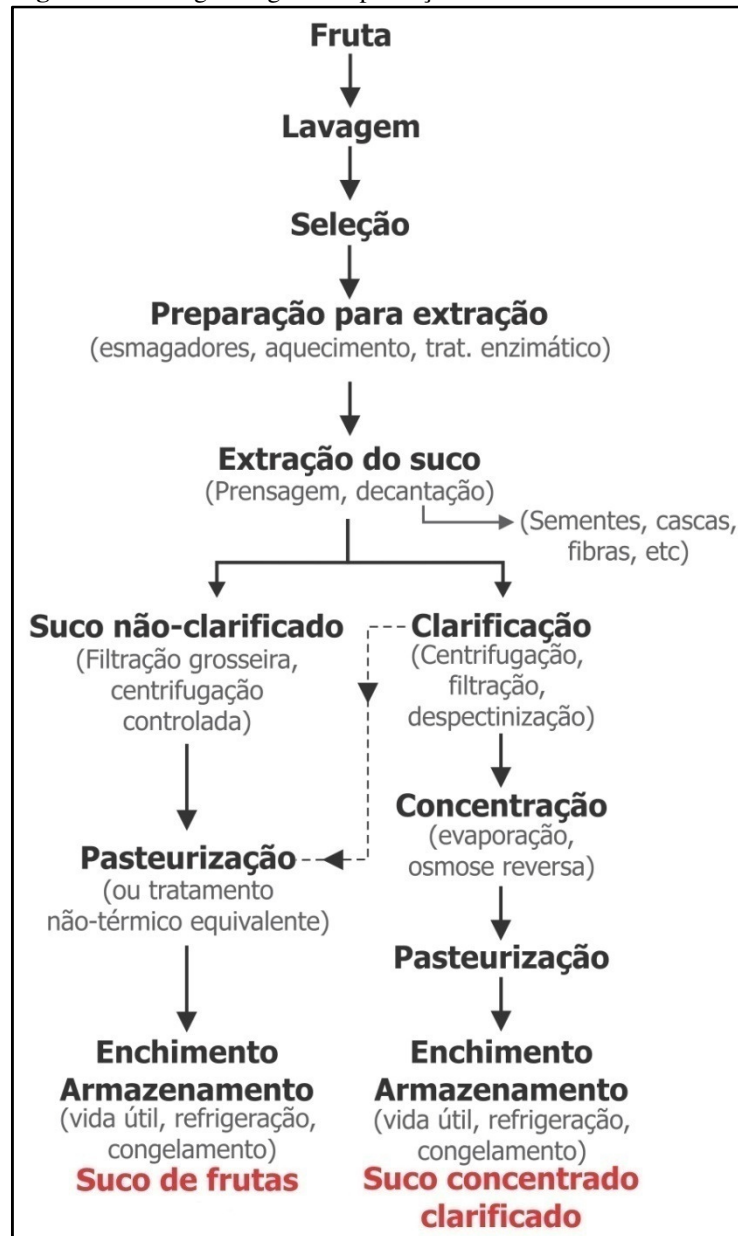
Produzido a partir dos danos mecânicos por fricção, impacto e compressão dos tecidos vegetais, o suco de frutas, segundo a Instrução Normativa nº 12 de 4 de setembro de 2003, é definido como uma "bebida não fermentada, não concentrada e não diluída, destinada ao consumo, obtida da fruta sã e madura, ou parte do vegetal de origem, por processo tecnológico adequado, submetida a tratamento que assegure a sua apresentação e conservação até o consumo". Além do consumo direto, o suco de frutas também pode ser utilizado como insumo na indústria de bebida alcoólica e, ainda, em outros seguimentos da indústria de bebidas não-alcoólicas (bebidas cremosas e vitaminas) (BRASIL, 2003; CHITARRA; CHITARRA, 2005; CRUZ; KHMELINSKII; VIEIRA, 2014).

Do ponto de vista físico, o suco de frutas é um sistemas multifásico de alto valor agregado que possui partículas sólidas (substâncias insolúveis, tais como polissacarídeos) dispersas na fase líquida (água e os sólidos solúveis, vitaminas, sais minerais, polissacarídeos solúveis), e que passa por diversas operações unitárias para ser obtido (VENDRÚSCOLO, 2005; FALGUERA; IBARZ, 2014). Segundo Cruz et al. (2014), os sucos de frutas possuem uma classificação de acordo com a presença ou ausência de sólidos solúveis e insolúveis: (i) concentrados clarificados e despectinados; (ii) concentrados clarificados não despectinados; e, (iii) concentrados com sólidos suspensos. No entanto, apenas o primeiro grupo tem viscosidade dinâmica independente da taxa de cisalhamento, conhecidos como fluidos Newtonianos.

Na Figura 1 é apresentado o fluxograma geral de obtenção de suco de frutas descrito por Barret et al. (2004). O processo de produção é iniciado com frutas sadias colhidas em maturação ideal para consumo. As frutas passam pela etapa de lavagem das frutas, a qual as sujidades mais grosseiras são removidas. Os frutos lavados seguem para a etapa de

classificação ou seleção, na qual os que não estejam maduros o suficiente ou estejam em estado de putrefação são retirados para garantir que o produto final tenha máxima qualidade.

Figura 1 - Fluxograma geral da produção de sucos de frutas



Fonte: Barret, Somogyi e Ramaswamy (2004).

A preparação das frutas para extração é realizada com etapas adicionais ao processo, tais como: esmagamento prévio dos tecidos vegetais, aquecimento e adição de enzimas, que melhoram o fluxo de extração e rendimento do processo. A etapa de extração propriamente dita é realizada de duas maneiras, por prensagem ou por tratamento enzimático seguido de decantação. O suco não-clarificado ou suco turvo "*cloudy juice*" é assim chamado por utilizar apenas uma filtragem grosseira que remove as partículas insolúveis maiores,

enquanto os sucos clarificados ou claros, são aqueles que passam pela despectinização através das técnicas de filtração (ultrafiltração-UF, microfiltração-MF e nanofiltração-NF), centrifugação ou ação enzimática. Após a extração, o suco clarificado e/ou o suco turvo passa pelo tratamento térmico ou algum outro tratamento equivalente para garantir a segurança alimentar do produto final. Os sucos clarificados, no entanto, podem imediatamente passar pela pasteurização ou podem ser concentrados a partir da remoção de água. Por fim, os sucos são embalados e armazenados.

A turbidez e a viscosidade dos sucos de frutas estão diretamente relacionadas com a presença de polissacarídeos, tais como: hemiceluloses, amido, pectina, celulose e lignina (NAGAR; MITTAL; GUPTA, 2013). Durante a etapa de clarificação e despectinização, as partículas em suspensão são removidas e a estrutura das pectinas é quebrada, a viscosidade é então reduzida e o suco pode mudar seu comportamento reológico (CRUZ; KHMELINSKII; VIEIRA, 2014). O processo de clarificação pode ser realizado por meio das técnicas de filtração, centrifugação ou tratamento enzimático, e tem como principal objetivo reduzir a viscosidade do produto, facilitando o processo e aumentando o rendimento.

O processo de filtração (UF, MF e NF), tem como princípio básico de funcionamento a diferença de tamanho das partículas. As partículas maiores ficam retidas no filtro, enquanto o líquido, substâncias solúveis e substâncias insolúveis menores são permeados através do meio filtrante (FALGUERA; IBARZ, 2010). Na centrifugação, o suco é submetido a uma força gravimétrica induzida por ação centrífuga, fazendo com que as partículas mais densas sejam separadas e ao final se tenha um suco límpido, livre de sólidos visíveis (BARRET; SOMOGYI; RAMASWAMY, 2004).

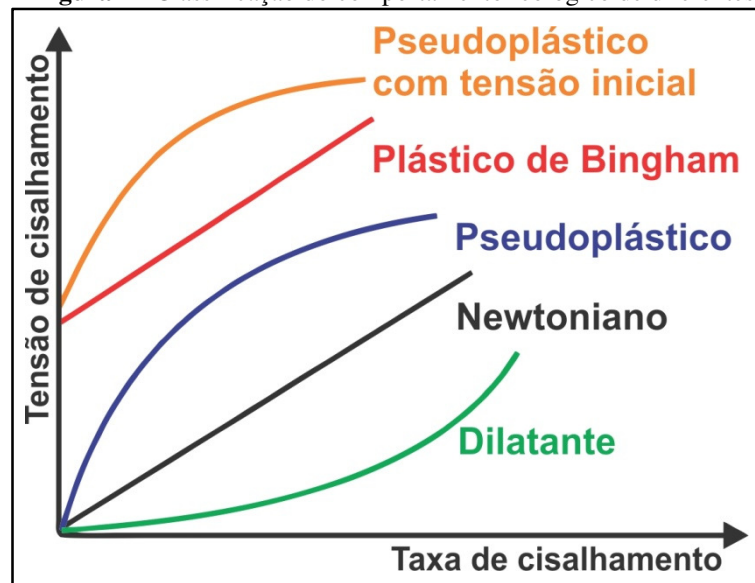
Já no tratamento enzimático, as substâncias endógenas (polissacarídeos) que atuam como estabilizantes coloidais, são degradadas pela atuação de enzimas nas moléculas dos polissacarídeos rompendo suas estruturas, e com isso, tornando mais fácil a remoção dos sólidos e o escoamento do fluido com redução da viscosidade (BALISCHI *et al.*, 2002; FALGUERA; IBARZ, 2014; ISHII; YOKOTSUKA, 1973).

2.2 Reologia dos fluidos

O termo "*reologia*", criado pelo professor Eugene Cook Bingham, por volta de 1928, tem sua definição básica como a ciência que estuda a deformação e fluxo da matéria. Define-se fluido como uma substância que deforma continuamente, quando submetido a uma força tangencial constante (FOX; MCDONALD; PRITCHARD, 2006; STEFFE, 1996). A

viscosidade, que representa a maior ou menor resistência ao movimento do fluido, é uma propriedade que permite equilibrar, dinamicamente, as forças tangenciais externas quando os fluidos estão em movimento (BRUNETTI, 2005). Em uma classificação geral, os fluidos podem ser Newtonianos e não-Newtonianos (Figura 2). Os fluidos Newtonianos são denominados dessa forma por apresentarem viscosidade constante ao longo da variação da taxa de cisalhamento, obedecendo a Lei de Newton da viscosidade (Equação 1) (BIRD; STEWART; LIGHTFOOT, 2006).

Figura 2 - Classificação do comportamento reológico de diferentes tipos de suspensões



Fonte: Kawatra e Bakshi (1996).

$$\sigma = \eta\dot{\gamma} \quad (1)$$

onde σ é a tensão de cisalhamento; η é a viscosidade do fluido; e, $\dot{\gamma}$ é a taxa de cisalhamento.

Os fluidos em que a tensão de cisalhamento não é diretamente proporcional à taxa de deformação, dependentes do tempo ou não, são denominados de não-Newtonianos, com subclassificação em pseudoplásticos, dilatantes, viscoelásticos, plásticos de Bingham, reopéticos e tixotrópicos (RAO, 2007). O termo "viscosidade", utilizado para fluidos Newtonianos, em fluidos não-Newtonianos é dito como "viscosidade aparente" (η_{ap}). Supondo que um fluido não-Newtoniano obedecesse a Lei de Newton (Equação 1), em cada taxa de cisalhamento e tensão de cisalhamento seria possível calcular a viscosidade aparente

do fluido (Equação 2), ou seja, a viscosidade não é constante em fluidos não-Newtonianos (SINGH; HELDMAN, 2001).

$$\sigma = \eta_{ap} \gamma \quad (2)$$

onde σ é a tensão de cisalhamento; η_{ap} é a viscosidade do fluido; e, γ é a taxa de cisalhamento.

O conhecimento do comportamento reológico dos fluidos alimentícios é fundamental para a indústria de alimentos (BARBOSA-CÁNOVAS; IBARZ, 2002; BARNES; HUTTON; WALTERS, 1989; BRUMMER, 2006; RAO, 2007). A indústria de processamento de sucos de frutas, que trabalha com líquidos em fase líquida ou pastosa, precisa conhecer não apenas a composição do produto e condições operacionais do processo, mas também o comportamento reológico e as propriedades termodinâmicas da matéria-prima, pois essas propriedades são diretamente afetadas pelas condições operacionais (temperatura e pressão) e composição do alimento (ABDULAGATOV *et al.*, 2009; RAO; RIZVI; DATTA, 2005).

A maioria dos fluidos alimentícios são classificados como não-Newtonianos devido à sua composição química complexa, tais como: maionese, molhos, polpa de frutas não-despectinadas, sucos concentrados não clarificados, margarina, sorvetes, concentrados de tomate, entre outros (STEFFE, 1996; TABILO-MUNIZAGA; BARBOSA-CÁNOVAS, 2005; CHIN *et al.*, 2009; FALGUERA; IBARZ, 2010; MOELANTS *et al.*, 2013). Já os alimentos líquidos com baixa ou ausência total de sólidos suspensos, tendem a apresentar comportamento newtoniano, como por exemplo, os sucos clarificados e despectinados de cereja (GINER *et al.*, 1996), abacaxi (SHAMSUDIN *et al.*, 2009), limão-galego (MANJUNATHA; RAJU; BAWA, 2012), morango (JUSZCZAK; FORTUNA, 2003), entre outros. Nesses sucos, as propriedades termodinâmicas são influenciadas, principalmente, pelas variações de temperaturas e concentração de SST (CRUZ; KHMELINSKII; VIEIRA, 2014).

2.2.1 Efeito da temperatura na viscosidade

A dependência da viscosidade com a temperatura, está relacionada com o movimento Browniano dos constituintes moleculares. Para líquidos, à medida que a

temperatura aumenta a viscosidade reduz (BARNES, 2000). Durante as etapas do processamento dos sucos de frutas (evaporação, pasteurização, esterilização, resfriamento, e outros), transporte, armazenamento, venda e consumo, esses produtos são submetidos à variações de temperaturas. Encontram-se, na literatura, diversos estudos sobre o efeito da temperatura sobre a viscosidade dinâmica em sucos de frutas (CEPEDA; VILLARÁN, 1999; DAK; VERMA; JAAFFREY, 2007; IBARZ; VICENTE; GRAELL, 1987; JUSZCZAK; FORTUNA, 2004; ZURITZ *et al.*, 2005), polpas de frutas (LOPES *et al.*, 2013; MIRANDA *et al.*, 2011; PEREIRA; DE RESENDE; GIAROLA, 2014; TONON *et al.*, 2009) e outros produtos alimentícios (BROCK *et al.*, 2008; MOELANTS *et al.*, 2013; RAO, 2007), utilizando a relação de Arrhenius-Guzman (Equação 3).

$$\eta = \eta_{\infty} \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right) \quad (3)$$

onde η_{∞} é uma constante empírica; R é a constante dos gases; T é a temperatura absoluta; e, E_a é a energia de ativação.

O parâmetro matemático "energia de ativação" representa a barreira de energia potencial associada a força necessária para produzir o movimento das moléculas (BARNES, 2000). Esse conceito foi proposto por Eyring (1936), cuja teoria considera a estrutura do líquido como sendo um sólido, e entre as moléculas intercaladas existem espaços vazios chamados de vacâncias. Quando em repouso, as moléculas do líquido se movimentam constantemente para ocupar as vacâncias, enquanto as moléculas adjacentes interagem em oposição ao movimento gerando uma barreira de energia de ativação.

Como a viscosidade representa a resistência ao movimento, ou seja, é a força que tende a se opor ao movimento do fluido, quanto maior for a barreira potencial que as moléculas têm que superar para ocupar as vacâncias, maior será a viscosidade do fluido. Essa barreira potencial é conhecida como energia de ativação de fluxo (BIRD; STEWART; LIGHTFOOT, 2006; POLING *et al.*, 2001; GOODWIN; HUGHES, 2008). Altos valores de E_a indicam que a viscosidade é mais suscetível às variações de temperaturas (STEFFE, 1996). Ferreira *et al.* (2008) mostrou que altos valores de energia de ativação tornam a viscosidade mais suscetível as mudanças de temperaturas ao avaliar polpa de cupuaçu em taxas de cisalhamento diferentes. Haminiuk *et al.* (2006) também relatou comportamento semelhante estudando polpa de amora-preta.

2.2.2 Efeito da concentração de SST na viscosidade

A viscosidade dos sucos de frutas também sofre forte influência da concentração de sólidos. Trabalhos na literatura mostram que os sucos concentrados quando comparados com sucos menos concentrados, em uma mesma taxa de cisalhamento e temperatura, possuem valores da energia de ativação mais elevados (IBARZ *et al.*, 1992; MAGERRAMOV *et al.*, 2007b). A quantidade de partículas no sistema mais concentrado é maior, e portanto, aumenta a resistência ao movimento. Esse efeito ocorre em função do peso molecular, do formato das moléculas dissolvidas e a maneira como as moléculas podem reagir com a água. Quando a temperatura a qual o suco concentrado está submetido é aumentada, a viscosidade tende a diminuir, e nesse caso, esse efeito também ocorre devido ao alinhamento dos constituintes, que facilita o escoamento (BODBODAK *et al.*, 2013; SHAMSUDIN *et al.*, 2009).

Para os sucos não clarificados, o efeito da concentração é maior devido à presença das partículas insolúveis. Já em sucos clarificados, esse efeito dá-se pelos sólidos solubilizados (RAO; RIZVI; DATTA, 2005). Alguns estudos disponíveis na literatura relatam os efeitos da concentração de SST na viscosidade, a título de exemplo: Giner *et al.* (1996) estudando o comportamento reológico de suco despectinado de cereja; Singh e Eipeson (2000) com suco de manga clarificado; Cepeda e Villarán (1999) avaliando suco de maçã; Shamsudin *et al.* (2009) estudando suco de abacaxi; Bodbodak *et al.* (2013) com suco de romã; entre outros.

Vários autores avaliaram a relação da E_a com a concentração de SST. Ibarz *et al.* (1992) avaliando suco de pêsego; Juszczak e Fortuna (2004) estudando o suco de morango; Zuritz *et al.* (2005) usando suco de uva; e, Goula e Adamopoulos (2011) avaliando suco de kiwi. Todos mostraram que a E_a possui valores mais altos conforme a concentração de SST aumenta. Os autores Magerramov *et al.* (2007b) verificaram que em concentrações abaixo de 20 °Brix a viscosidade foi pouco afetada pela concentração (Fator de 1,2), enquanto em concentrações mais elevadas, os efeitos na viscosidade foram mais pronunciados (Fator de 3,5).

2.2.3 Efeito combinado da temperatura e concentração de SST na viscosidade

O estudo dos efeitos combinados das variações de temperaturas e concentrações de sólidos na viscosidade dinâmica em sucos de frutas é bastante relevante para a indústria de alimentos, pois ambos os parâmetros sofrem oscilações durante o processamento, conforme

mencionado anteriormente. Manjunatha, Raju e Bawa (2012) estudando suco clarificado de limão-galego relatou que a magnitude da viscosidade depende tanto da temperatura como do teor de SST, e evidenciou que em temperaturas mais baixas a viscosidade do suco de limão-galego aumenta rapidamente em função da concentração de SST, enquanto em temperaturas elevadas o aumento da viscosidade do suco com a concentração é menos pronunciado devido a energia térmica das moléculas e o aumento dos espaços intermoleculares. Esse comportamento também foi encontrado para sucos clarificados de tangerina, limão, pêra e romã estudados por Magerramov et al. (2007a, 2007b) e também em suco não-clarificado de kiwi avaliado por Goula e Adamopoulos (2011).

2.3 Modelagem

Um modelo matemático é considerado como a descrição das informações extraídas de um processo. A modelagem é vista como uma ferramenta essencial para predição de propriedades termofísicas, análise de dados e controle de processos (HUANG; WHITTAKER; LACEY, 2001). Os modelos podem ser classificados em dois tipos: fenomenológicos e empíricos.

Na modelagem fenomenológica, a construção do modelo é realizada a partir da análise do mecanismo de funcionamento utilizando teoremas e princípios já conhecidos, considerando as etapas elementares de transferência de calor e massa; utilizando parâmetros que representam as principais tendências do processo. Esses modelos são bastante utilizados na modelagem em alimentos. Como por exemplo, Curcio (2006) modelou a secagem de vegetais por convecção, avaliando os fenômenos de transferência de massa e calor. Embora sejam baseados em fundamentações teóricas, alguns modelos fenomenológicos também recorrem a observações experimentais para a obtenção de parâmetros, os chamados de modelos semi-empíricos, como por exemplo, a equação de Arrhenius-Guzman.

Já os modelos empíricos, geralmente obtidos a partir de simples correlações matemáticas dos dados experimentais, são mais utilizados quando a relação entre as variáveis é difícil de ser descrita por métodos fenomenológicos (COUTINHO *et al.*, 2007). Basicamente consistem em avaliar os dados experimentais, fazendo suposições na forma de um conjunto de equações que podem ser usadas como modelos matemáticos convenientes (SODRÉ, 2007).

Na literatura, as correlações do tipo potência e tipo exponencial, com base na relação matemática de Arrhenius-Guzman, são as mais frequentemente utilizadas para

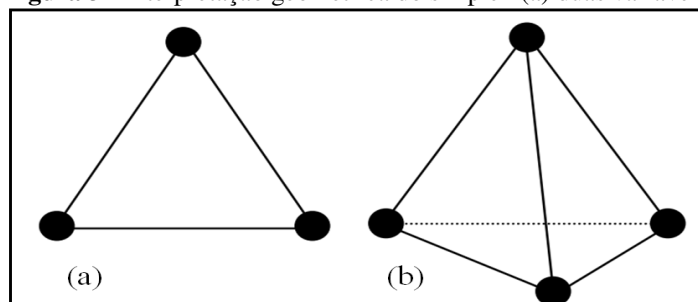
combinar os efeitos da temperatura e concentração de SST na descrição da viscosidade de alimentos líquidos e soluções aquosas (ABDULAGATOV *et al.*, 2009). Várias modificações foram propostas pelos pesquisadores para melhorar o cálculo da viscosidade de sucos de frutas (GINER *et al.*, 1996; IBARZ; GARVIN; COSTA, 1996; IBARZ; PAGÁN; MIGUELSANZ, 1992; IBARZ *et al.*, 1989, 1992; JUSZCZAK; FORTUNA, 2004; MAGERRAMOV *et al.*, 2007b; SINGH; EIPESON, 2000).

2.4 Método de otimização

A correta descrição da viscosidade em sucos de frutas depende dos parâmetros estimados para os modelos matemáticos. Os vários métodos de otimização para estimar tais parâmetros são utilizados para melhoramento dos processos industriais. Dentre os métodos existentes, o Método Simplex apresenta-se como um dos métodos mais simples que garante bons resultados. O método Simplex ou método sequencial de otimização, requer apenas a função objetivo, sendo portanto, uma grande vantagem para os pesquisadores.

O "simplex" representa uma figura geométrica em n dimensões e $n+1$ vértices ou pontos (BONA *et al.*, 2000; NETO; SCARMÍNIO; BRUNS, 2001). Cada dimensão do simplex é na realidade uma variável que pode ser otimizada pelo método. A Figura 3a mostra que um simplex com duas variáveis tem formato de um triângulo, e com três variáveis com forma de um tetraedro (Figura 3b) (WALTERS, 1991). O Método Simplex Básico (MSB) é o mais simples, enquanto o Método Simplex Modificado permite o movimento da figura geométrica simplex sobre uma superfície de resposta e alterações em seu tamanho (NETO; SCARMÍNIO; BRUNS, 2001; SPENDLEY; HEXT; HIMSWORTH, 1962).

Figura 3 - Interpretação geométrica do simplex (a) duas variáveis (b) três variáveis



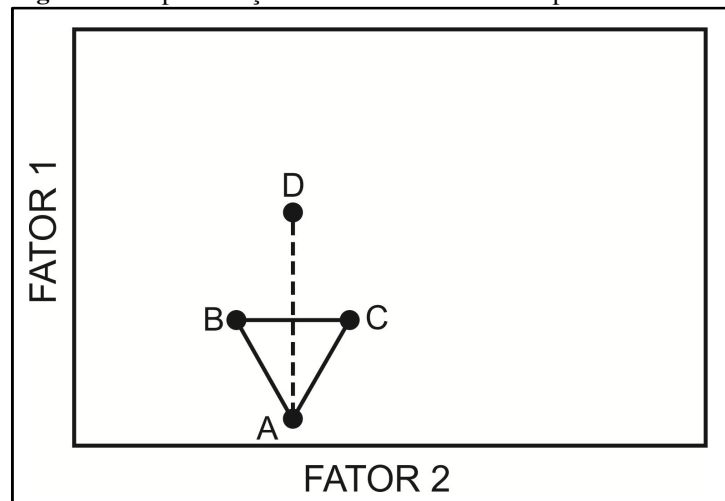
Fonte: BONA *et al.* (2000), p. 1202.

2.4.1 O Método Simplex Básico (MSB)

O Método Simplex foi originalmente apresentado por Spendley, Hext e Himsforth (1962), trata-se do método mais simples de otimização, cuja as dimensões do simplex não sofrem variação em suas dimensões ao longo do processo de otimização, sendo portanto menos eficiente. O procedimento do método busca respostas ótimas para os parâmetros da função objetivo e tende a deslocar o simplex sobre uma superfície, evitando as regiões com soluções insatisfatórias (BONA *et al.*, 2000; RAO, 2009).

O procedimento de otimização é iniciado a partir da escolha dos $n+1$ pontos, onde será feita a avaliação da resposta em cada ponto, e após a avaliação, o método força o simplex a se movimentar para a região de resposta ótima, utilizando a operação de reflexão do ponto considerado a pior resposta. Na Figura 4, é possível observar como ocorre o deslocamento do simplex. O primeiro simplex ABC é determinado pelo pesquisador. Ao iniciar o procedimento do método, o ponto A é verificado como a pior resposta e o simplex é refletido para o ponto D , e então o procedimento é repetido sucessivamente. Cinco regras são utilizadas para que o método possua critérios de decisão e leve o simplex a convergir para o conjunto de respostas ótimas da função objetivo (NETO; SCARMÍNIO; BRUNS, 2001).

Figura 4 - Representação do deslocamento do simplex básico bidimensional



Fonte: BONA *et al.* (2000).

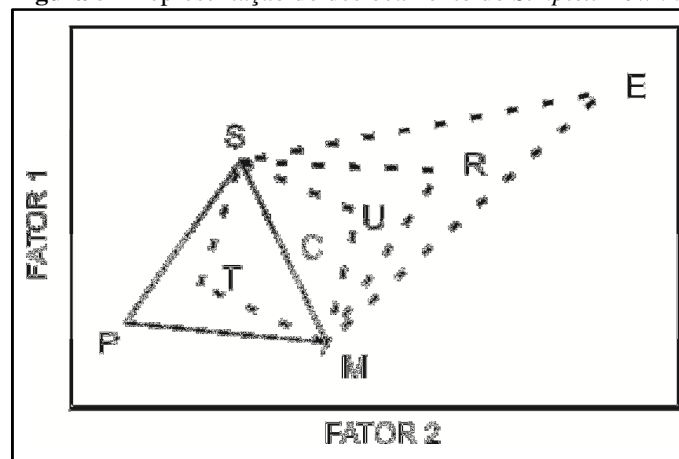
Dentre as desvantagens do MSB, o que mais limita o método, reside no fato de o progresso do simplex se manter sempre constante, pois não pode variar de tamanho ao longo da otimização. E para solucionar esse grande inconveniente, o MSB sofreu modificações ao longo dos anos para se tornar mais eficiente na obtenção das respostas ótimas.

2.4.2 O Método Simplex Modificado (MSM)

A partir das modificações realizadas por Nelder e Mead (1965) no MSB, o método ficou conhecido como *Simplex Downhill* ou ainda Método Simplex. Nesta modificação, o simplex é capaz de alterar o seu tamanho e forma para, conseqüentemente, adaptar-se à superfície de resposta. Assim, o procedimento utiliza-se não apenas da reflexão de pontos com piores respostas, mas também o simplex pode sofrer expansão e contração, o que permite a determinação da resposta ótima da função objetivo de forma mais rápida e precisa (NELDER; MEAD, 1965; RAO, 2007).

O número dos vértices do simplex será o número de parâmetros que devem ser ajustados somado de um. Assim, cada vértice representará um conjunto de respostas possíveis, ou seja, um conjunto de valores adequados para os parâmetros da equação ou modelo que será ajustado (VERGILI JUNIOR; MORAN; BRUNS, 1989). Considerando a Figura 5, tem-se os possíveis movimentos do *Simplex Downhill*. O triângulo *SMP* representa o simplex inicial e o ponto *P* avaliado como a pior resposta, *M* a segunda pior, *S* a melhor resposta, e *C* o centróide entre os pontos *MS*. Pelo procedimento básico do método, o simplex deveria refletir a pior resposta (vértice *P*) para o ponto *R*, o que resultaria em um novo triângulo *SRM*. No entanto, a partir das modificações do método, três casos possíveis podem ser considerados para a movimentação do simplex:

Figura 5 - Representação do deslocamento do *Simplex Downhill*



Fonte: Vergili Junior, Moran e Bruns (1989), p. 118.

- Caso 1 ($R > S$) - Se o ponto *R* for a melhor resposta que todas as outras do simplex inicial. O procedimento identifica que está na direção certa e portanto, realiza uma nova determinação no ponto *E*. Esse novo ponto é o alongamento do simplex para a distância

entre os pontos CE igual ao dobro da distância entre os pontos CP . Caso a resposta seja melhor ($E > R$), a expansão permanece e o novo simplex será definido como SEM . Caso o resultado tenha piorado, e o ponto E for pior do que o ponto R ($E < R$), o simplex permanece nos pontos SRM .

- Caso 2 ($M > R > S$) - Sendo a resposta R melhor do que a segunda pior resposta do simplex inicial, o ponto M , e inferior a melhor resposta do simplex inicial, o ponto S . O método decide que deve permanecer o simplex SRM .

- Caso 3 ($R < M$) - Se a resposta R for inferior a segunda pior resposta do simplex inicial, o ponto M , o procedimento identifica que o movimento não está na direção correta e então, se utiliza de duas novas possibilidades de movimento para corrigir a direção.

- Possibilidade 1: Quando a resposta do ponto R é pior do que todas as respostas observadas no simplex inicial ($R < P$), o simplex muda a direção para os pontos SMT , com T sendo o ponto médio de CP .

- Possibilidade 2: Se a resposta do ponto R é ruim, mas ainda é melhor do que a segunda pior resposta do simplex anterior ($P < R < M$), então o simplex sofre contração intermediária assumindo os pontos SUM . Este procedimento é repetido quantas vezes forem necessárias, até que o método atinja a resposta ótima da função objetivo (NELDER; MEAD, 1965; NETO; SCARMÍNIO; BRUNS, 2001).

3 MODELAGEM

3.1 Banco de Dados

Os dados experimentais da viscosidade dinâmica de diferentes sucos clarificados de frutas foram coletados na literatura. O banco de dados desenvolvido, incluem a viscosidade dinâmica (Pa.s), temperatura (K) e concentração de SST (°Brix) dos seguintes sucos clarificados: manga (SINGH; EIPESON, 2000), cereja (GINER *et al.*, 1996), maçã (CEPEDA; VILLARÁN, 1999), romã e pêra (MAGERRAMOV *et al.*, 2007a), tangerina e limão (MAGERRAMOV *et al.*, 2007b), groselha (IBARZ; PAGÁN; MIGUELSANZ, 1992), pêssego (IBARZ *et al.*, 1992), limão-galego (MANJUNATHA; RAJU; BAWA, 2012) e uva (SIMION *et al.*, 2011), em um total de 519 pontos experimentais. A Tabela 1 sumariza as referências e as faixas de temperaturas e concentrações de SST experimentais.

Tabela 1 - Faixa de dados experimentais dos sucos clarificados

Sucos	Temperatura (K)	SST (°Brix)	Referências
Manga	288,15 - 358,15	15,0 - 66,0	(SINGH; EIPESON, 2000)
Cereja	278,15 - 343,15	22,0 - 74,0	(GINER <i>et al.</i> , 1996)
Maçã	283,15 - 333,15	40,0 - 70,0	(CEPEDA; VILLARÁN, 1999)
Romã	293,15 - 363,15	23,0 - 40,0	(MAGERRAMOV <i>et al.</i> , 2007a)
Groselha	278,15 - 333,15	35,0 - 64,5	(IBARZ; PAGÁN; MIGUELSANZ, 1992)
Pêssego	278,15 - 333,15	40,0 - 69,0	(IBARZ <i>et al.</i> , 1992)
Pêra	298,15 - 363,15	20,0 - 30,0	(MAGERRAMOV <i>et al.</i> , 2007a)
Limão	303,00 - 393,00	17,0 - 45,0	(MAGERRAMOV <i>et al.</i> , 2007b)
Tangerina	303,00 - 393,00	15,0 - 40,0	(MAGERRAMOV <i>et al.</i> , 2007b)
Limão-galego	293,15 - 353,15	7,3 - 55,7	(MANJUNATHA; RAJU; BAWA, 2012)
Uva	293,00 - 353,00	22,9 - 53,4	(SIMION <i>et al.</i> , 2011)

Para os sucos inclusos no banco de dados, o comportamento reológico obtido pelos autores foi o Newtoniano em todas as concentrações de SST avaliadas. A remoção da característica não-Newtoniana, descrita pelos autores, foram realizadas por filtração ou processo enzimático (CEPEDA; VILLARÁN, 1999; GINER *et al.*, 1996; IBARZ; PAGÁN; MIGUELSANZ, 1992; IBARZ *et al.*, 1992; MAGERRAMOV *et al.*, 2007a, 2007b; MANJUNATHA; RAJU; BAWA, 2012; SIMION *et al.*, 2011; SINGH; EIPESON, 2000).

Dentre os sucos que utilizaram o tratamento enzimático (manga, maçã e limão-galego), apenas o suco de limão-galego foi submetido a dois tratamentos térmicos [363,15 K/ (2 min)] antes e depois do processo enzimático, o que provavelmente ocasionou parcial solubilização e gelatinização de pectinas (SCREMIN, 2007; VANDRESEN *et al.*, 2009). Todos os autores propuseram apenas parâmetros específicos para os sucos de frutas clarificados estudados. O limite de erro aceitável para um modelo matemático predizer a viscosidade dinâmica de sucos de frutas segundo os autores é de até 12% (SIMION *et al.*, 2011).

3.2 Modelos matemáticos

Quatro modelos matemáticos, dentre os mais utilizados na literatura, foram selecionados para o cálculo da viscosidade dinâmica de onze sucos de frutas clarificados na faixa de concentração de 15,0 a 74,0 °Brix e temperaturas entre 278,00 a 393,00 K, são eles: relação matemática de Arrhenius-Guzman; equação de Vogel; correlação exponencial de 1ª ordem; e, a junção de duas funções (lei da potência e exponencial). Os parâmetros matemáticos globais e específicos dos modelos foram obtidos pela minimização da função objetivo utilizando o Método Simplex (NELDER; MEAD, 1965) através da subrotina comumente chamada de 'Amoeba' da biblioteca *Numerical Recipes* (PRESS *et al.*, 2007) com o ambiente de desenvolvimento *Visual Basic for Applications (VBA)/Microsoft Office Excel 2007* para execução dos cálculos.

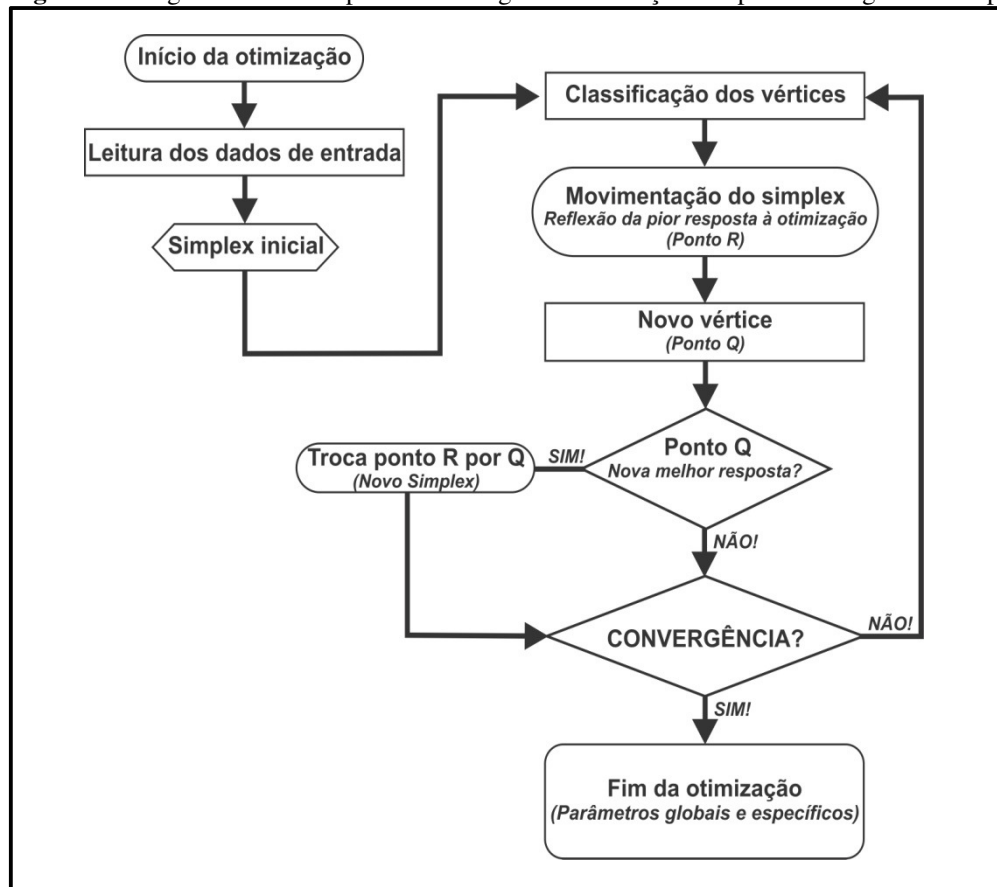
As planilhas eletrônicas do Excel permitem, através da linguagem de programação VBA, que uma sequência de funções matemáticas e comandos sejam programados, armazenados e executados a partir de um único botão de comando na planilha (ROMAN, 2002; FIGUEIRA; VEIT, 2004; WALKENBACH, 2010). Esse recurso foi usado no trabalho para a leitura dos dados de entrada, execução dos cálculos da viscosidade dinâmica dos sucos de frutas, otimização dos parâmetros dos modelos e minimização da função objetivo. A constante dos gases recebeu o valor de $1,987 \times 10^{-6}$ cal/mol.K. A tolerância do Método foi de 1×10^{-10} e o número máximo de iterações como 50000. Como função objetivo (*Fobj*) foi utilizado o desvio médio absoluto (Equação 4).

$$Fobj(\%) = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^n \left| \frac{\eta_{calc} - \eta_{exp}}{\eta_{exp}} \right| \quad (4)$$

onde, η_{calc} é a viscosidade calculada; η_{exp} é a viscosidade experimental; e, N é o número de dados experimentais.

Na Figura 6 pode ser observado o diagrama de otimização dos parâmetros dos modelos avaliados. O processo é iniciado com o comando do usuário para que o método execute a leitura dos dados de entrada e então faça os cálculos até que o critério de finalização seja alcançado e a otimização seja encerrada.

Figura 6 - Diagrama da das etapas da modelagem e otimização dos parâmetros globais e específicos



Fonte: Autor (2015).

3.2.1 Modelo 1

O modelo fenomenológico semi-empírico de Arrhenius-Guzman (Equação 5), usado para descrever a dependência da temperatura na viscosidade de fluidos puros ou misturas e soluções aquosas (POLING *et al.*, 2001), é frequentemente utilizado para descrever o comportamento reológico de sucos de frutas em função da temperatura e concentração de SST, devido à sua boa predição da viscosidade já relatada por alguns autores (VICENTE;

GRAELL, 1987; ADORNO, 1997; CEPEDA; VILLARÁN, 1999; IBARZ; JUSZCZAK; FORTUNA, 2004; ZURITZ *et al.*, 2005; MAGERRAMOV *et al.*, 2007a, 2007b; RAO, 2007; CHIN *et al.*, 2009).

$$\eta_1 = \eta_\infty \cdot \exp\left[\frac{E_a}{RT}\right] \quad (5)$$

onde η_∞ é uma constante e parâmetro global do modelo 1; E_a é a energia de ativação; R é a constante dos gases e T é a temperatura absoluta. Este modelo, entretanto, tende a não apresentar uma boa predição da viscosidade em concentrações elevadas (MAGERRAMOV *et al.*, 2007a; RAO, 2007).

3.2.2 Modelo 2

Ibarz *et al.* (1992) propuseram duas relações exponenciais para o cálculo da constante (η_∞) e energia de ativação (E_a), a partir da relação de Arrhenius, obtendo ao final uma simplificação geral exponencial de 1ª ordem (Equação 6). Avaliando suco de pêssego clarificado, estes autores relataram que o uso de correlações exponenciais no cálculo dos parâmetros η_∞ e E_a melhoram a predição da viscosidade de sucos de frutas. Essa correlação exponencial de 1ª ordem foi utilizada por Giner *et al.* (1996) para o suco de cereja clarificado e despectinado, e também por Ibarz e Barbosa-Cánovas (2002). Estes autores relatam que esse modelo também pode ser utilizado para o cálculo da viscosidade de vários produtos alimentícios, não apenas em sucos de frutas.

$$\eta_2 = A_2 \cdot \exp\left(B_2 \cdot C + \frac{E_a}{RT}\right) \quad (6)$$

onde A_2 e B_2 são constantes e os parâmetros globais do modelo 2; E_a a energia de ativação; C a concentração de SST; R é a constante dos gases; e, T a temperatura absoluta.

3.2.4 Modelo 3

O modelo empírico de Vogel (Equação 7) é uma variação da equação de Andrade com a adição de um terceiro parâmetro constante, B_3 , desenvolvida em 1921 para determinação da viscosidade de fluidos Newtonianos, em que é possível predizer uma

viscosidade em uma temperatura desejada (VISWANATH *et al.*, 2007). Esta forma da equação de Andrade geralmente é utilizada para alguns líquidos puros (POLING *et al.*, 2001) e alguns autores já tem aplicado no cálculo da viscosidade de alimentos (BROCK *et al.*, 2008).

$$\eta_3 = \exp\left(A_3 + \frac{E_a}{B_3 + T}\right) \quad (7)$$

Onde A_3 e B_3 são os parâmetros globais do modelo 3; E_a é a energia de ativação; e, T é a temperatura absoluta.

3.2.5 Modelo 4

Neste modelo, a relação matemática representa a junção de duas funções (lei da potência e exponencial) derivada também da relação de Arrhenius. Foi proposto durante o estudo da viscosidade de polpa concentrada de tomate em taxa de cisalhamento de 100 s^{-1} combinando os efeitos da temperatura e concentração de SST no cálculo da viscosidade (Equação 8) (RAO, 2007). E utilizada por Juszczak e Fortuna (2004) para descrever a viscosidade do suco clarificado de cereja.

$$\eta_4 = A_4 \cdot (C)^{B_4} \cdot \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right) \quad (8)$$

onde A_4 e B_4 são parâmetros constantes e globais do modelo 4; E_a é a energia de ativação; C a concentração de SST; T a temperatura absoluta; e, R a constante dos gases.

3.2.6 Equações do cálculo da energia de ativação

Os modelos foram testados com quatro equações no cálculo da energia de ativação: linear (Equação 9), exponencial (Equação 10), polinomial de 2ª ordem (Equação 11) e polinomial de 3ª ordem (Equação 12).

$$E_a = \alpha \cdot C + \beta \quad (9)$$

$$E_a = \alpha \cdot \exp(\beta \cdot C) \quad (10)$$

$$E_a = \alpha.C^2 + \beta.C + \delta \quad (11)$$

$$E_a = \alpha.C^3 + \beta.C^2 + \delta.C + \gamma \quad (12)$$

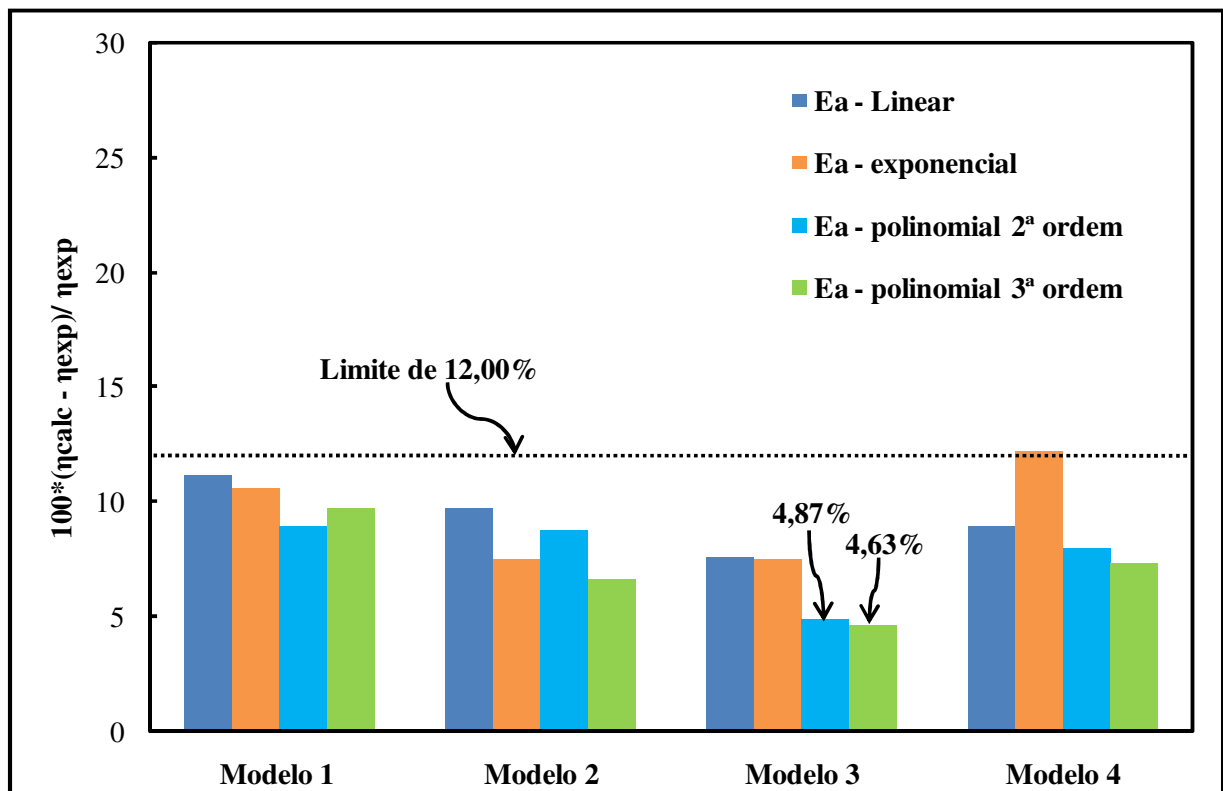
onde os parâmetros, α , β , γ e δ são constantes ajustadas especificadamente para cada suco de frutas (parâmetros específicos), e, C a concentração de SST.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Ajuste de parâmetros específicos (Otimização Específica - OtimE)

Inicialmente foi realizada a otimização dos parâmetros matemáticos dos modelos avaliando individualmente para cada suco de frutas. Os parâmetros matemáticos obtidos nesse ajuste são apresentados nos Anexos 1 a 4. E os parâmetros estatísticos dos ajustes individuais são dados nos Anexos 5 a 6. Na Figura 7 os desvios médios relativos entre 15,0 a 50,0 °Brix são avaliados. Observa-se que quase todos os modelos apresentaram desvios médios relativos dentro do limite de 12% em baixas concentrações de SST, sendo os dois menores percentuais para o Modelo 3 com valores de 4,87% e 4,63%, respectivamente, para as equações polinomiais de 2ª e 3ª ordem no cálculo da energia de ativação (E_a - Equações 11 e 12). Com exceção do Modelo 4 (E_a - Equações 10), todos os demais não apresentaram diferenças estatísticas significativas (Teste F) a nível de significância de 1% quando os dados de viscosidade experimental e calculada pelos modelos avaliados são comparados, obtendo também bom "ajustamento" pelo Teste Qui-Quadrado (χ^2) (Apêndices A.1 e A.2).

Figura 7 - Desvio médio relativo dos modelos entre concentrações de 15,0 a 50,0 °Brix, ajuste OtimE

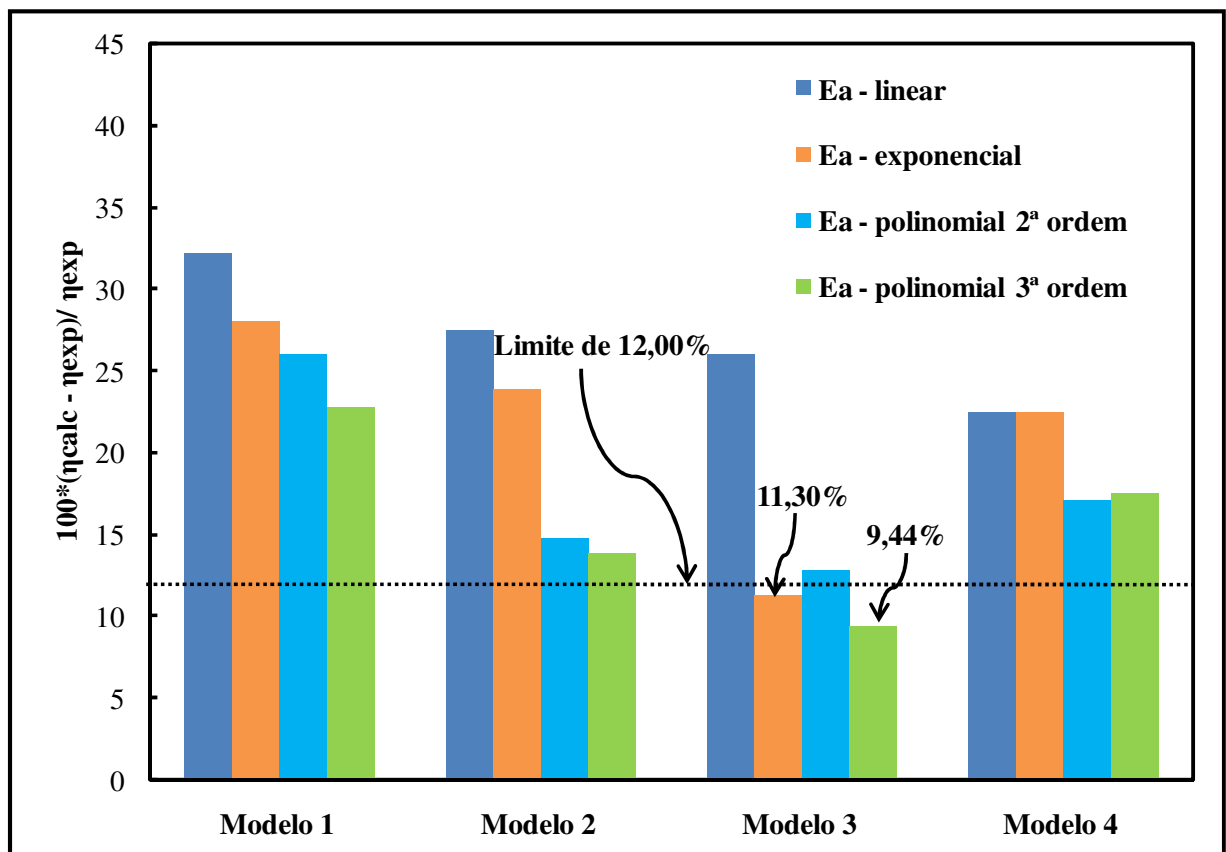


Fonte: Autor (2015).

Simion et al. (2011) avaliando o suco clarificado de uva, mostrou que em concentrações abaixo de 50,0 °Brix os desvios médios relativos são aceitáveis quando possuem valores de até 12% e que em concentrações acima de 50,0 °Brix os modelos matemáticos, baseados principalmente na relação de Arrhenius, tendem a falhar atribuindo desvios relativos muito elevados, podendo atingir valores de 45,63% em um ajuste individual. Esses autores também comentaram que a adição de novos parâmetros na equação podem melhorar a predição da viscosidade dinâmica de sucos de frutas (MAGERRAMOV *et al.*, 2007).

Para as concentrações acima de 50,0 °Brix (Figura 8), percebe-se que somente o Modelo 3 tem desvios relativos médios dentro do limite de 12%, respectivamente, com valores de 11,3% e 9,44% para as equações exponencial e polinomial de 3ª ordem no cálculo da energia de ativação (E_a - Equações 10 e 12). No entanto, os testes estatísticos entre concentrações de 51,0 a 74,0 °Brix mostraram que nenhum dos modelos apresenta bom ajuste, e possuem diferenças significativas entre as viscosidades experimental e calculada (Apêndices A1. e A.2).

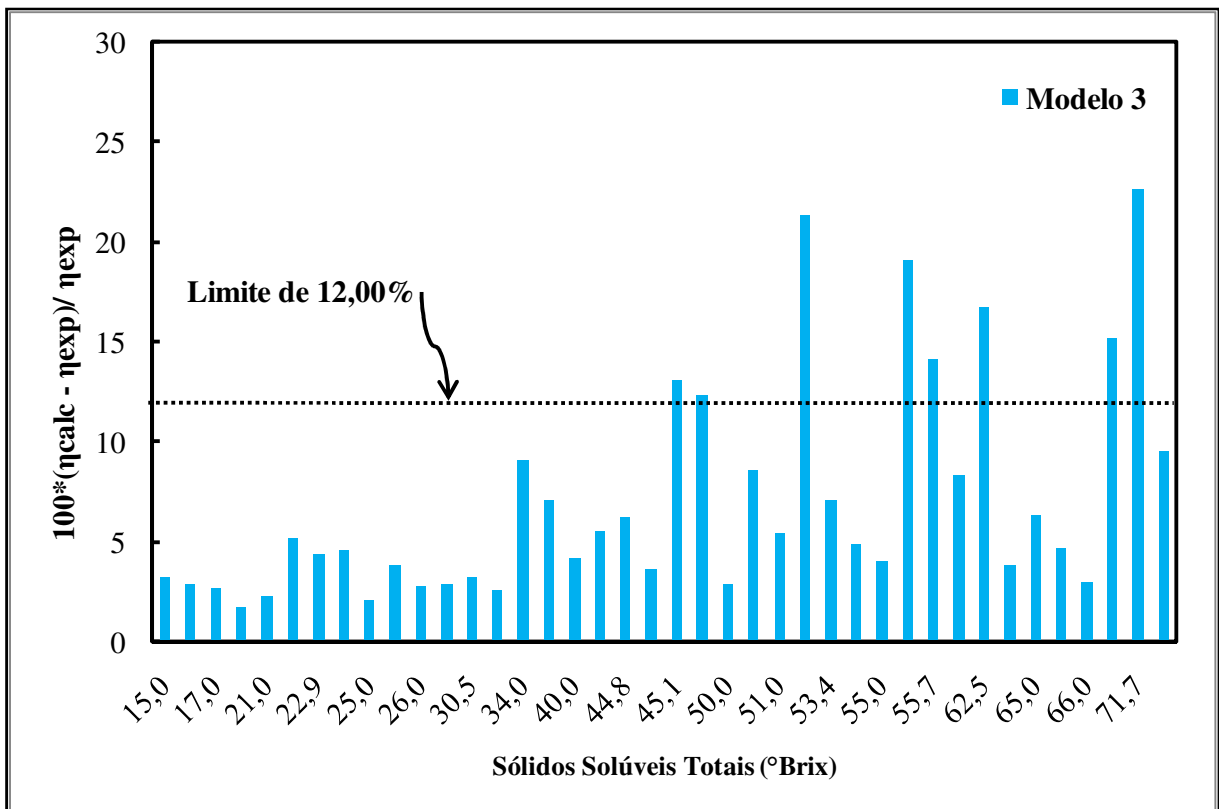
Figura 8 - Desvio médio relativo dos modelos entre concentrações de 50,1 a 74,0 °Brix, ajuste OtimE



Fonte: Autor (2015).

Avaliando o Modelo 3 (E_a - Equação 12) na Figura 9, que foi o único a garantir desvio médio relativo dentro da faixa aceitável de 12% em baixas e altas concentrações de SST, utilizando parâmetros específicos em cada suco avaliado. A partir da marcação do limite de 12%, notou-se que os desvios relativos são aceitáveis entre as concentrações de 15,0 a 50,1 °Brix com apenas duas concentrações de SST um pouco acima da faixa limite, com valores de 13,07% (45,1 °Brix) e 12,31% (49,0 °Brix). Enquanto nas concentrações acima de 50,1 °Brix, os desvios relativos apresentaram valores fora do limite aceitável. Ou seja, mesmo com desvio médio relativo dentro da faixa aceitável de 12%, em baixas e altas concentrações de SST, pontualmente observou-se que o modelo garante boa descrição da viscosidade dinâmica dos sucos de frutas em concentrações até 50,0 °Brix, como confirmado nos testes estatísticos (Teste-F e χ^2).

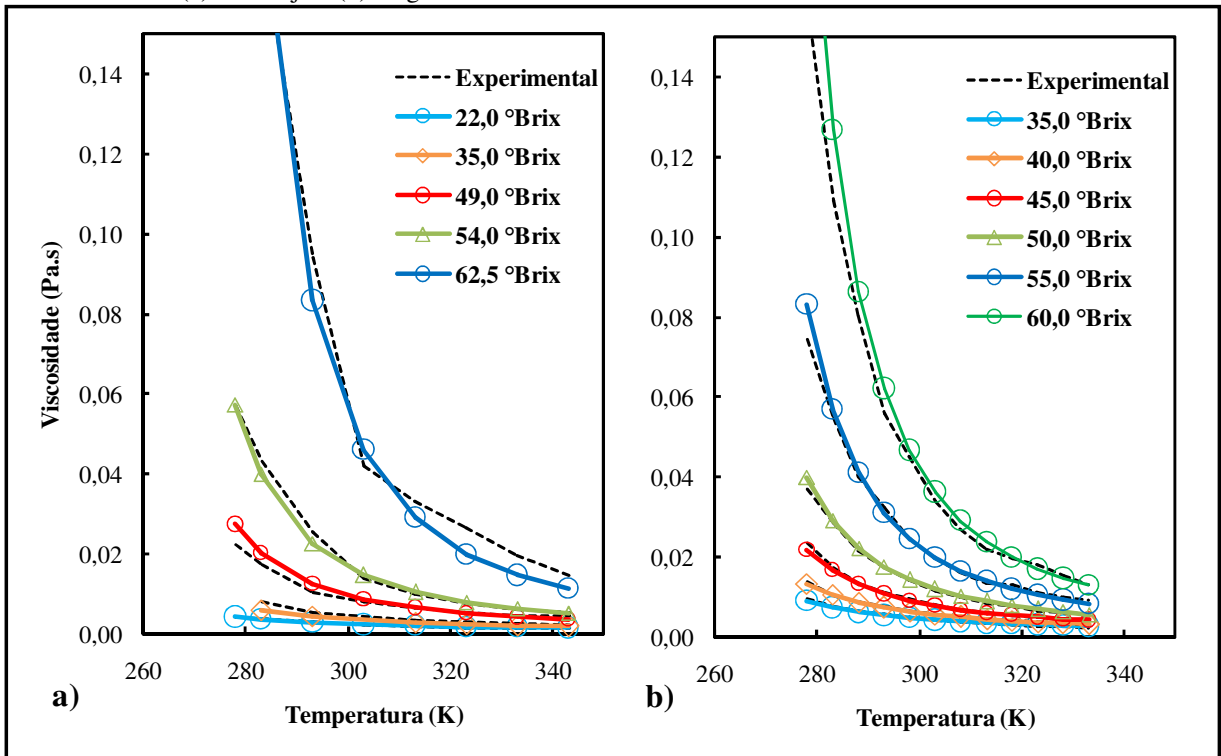
Figura 9 - Desvio médio relativo do Modelo 3 (E_a - Equação 12) entre concentrações de 15,0 a 74,0 °Brix, ajuste OtimE



Fonte: Autor (2015). Dados no Anexo 7.

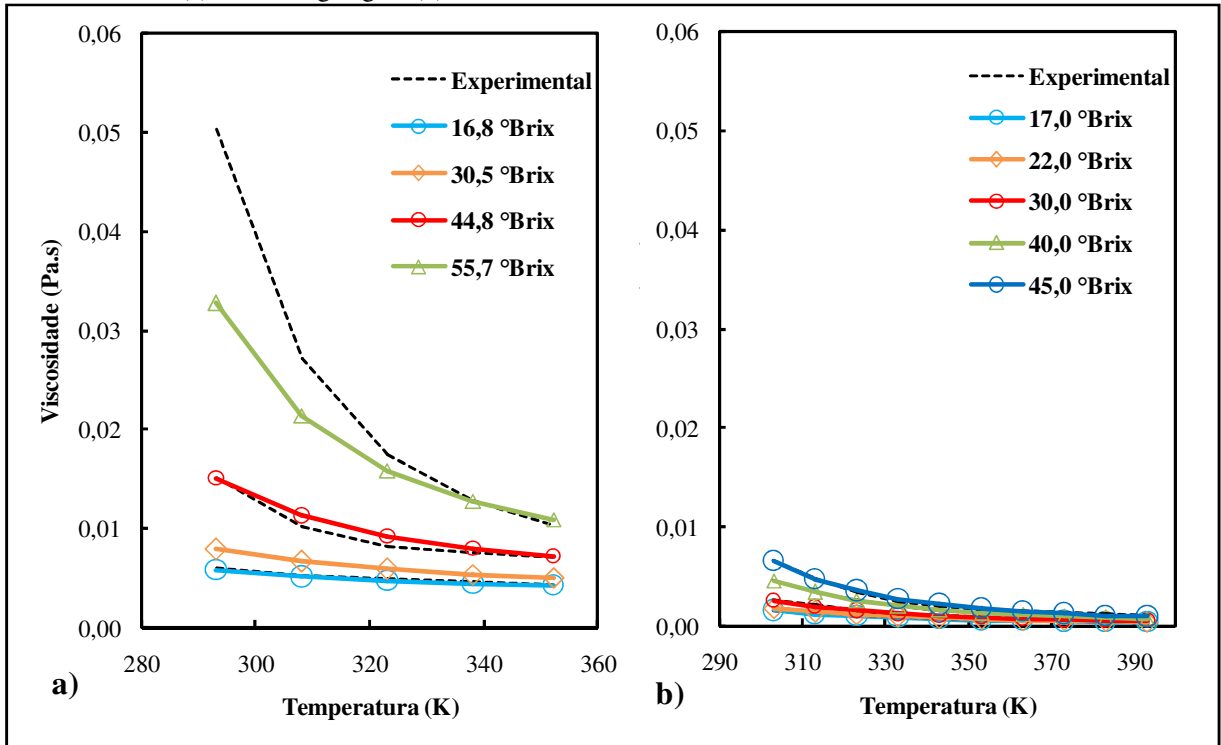
As Figuras 10 a 15 apresentam a comparação entre viscosidade experimental e calculada para Modelo 3 (E_a - Equação 12) para todos os sucos de frutas avaliados. Observou-se que os maiores desvios relativos estão localizados em concentrações acima de 50,0 °Brix para os sucos de cereja, groselha, limão-galego, limão, maçã, manga, uva e pêssgo (Figuras 10a, 10b, 11a, 12a, 12b, 14b e 15), que também representam os sucos de frutas com dados experimentais em concentrações acima de 50,0 °Brix na Tabela 1. Isto reforça o que foi comentado anteriormente, que em concentrações de SST acima de 50,0 °Brix os desvios relativos são maiores e os modelos matemáticos não possuem bom ajuste.

Figura 10 - Comparação entre viscosidade calculada e experimental com Modelo 3 (E_a - Equação 12) para o suco clarificado (a) de cereja e (b) de groselha



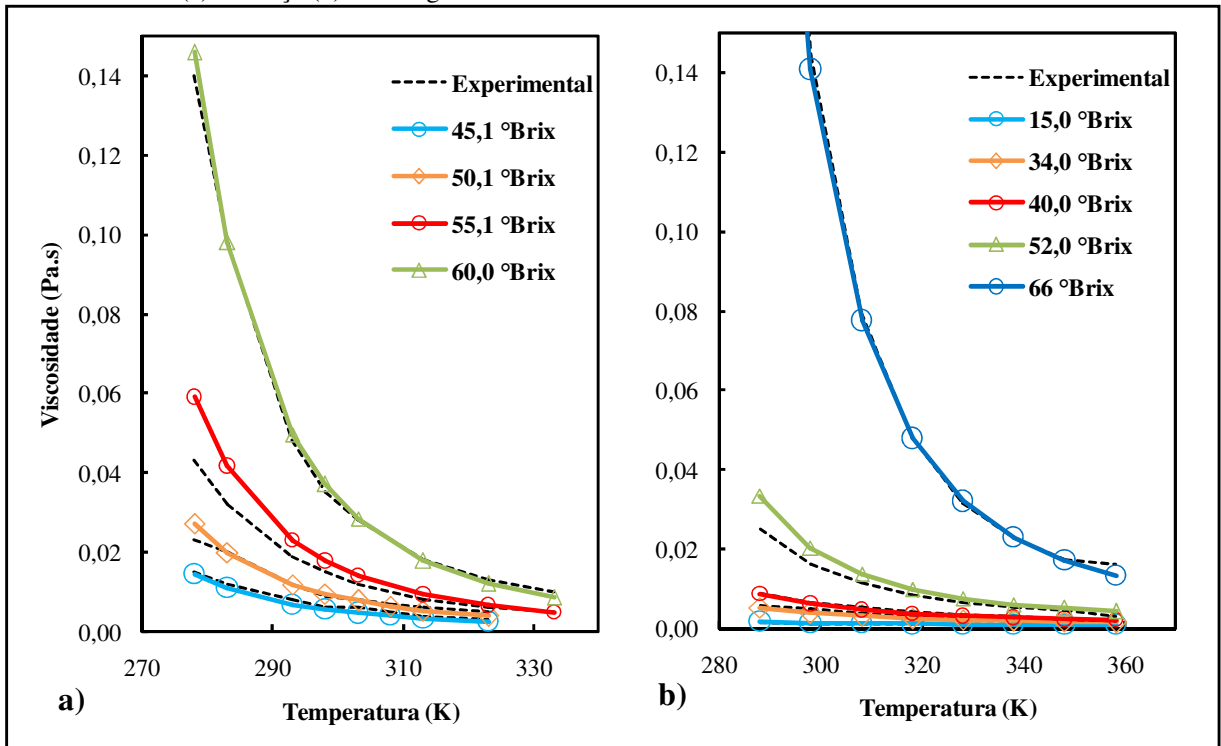
Fonte: Autor (2015).

Figura 11 - Comparação entre viscosidade calculada e experimental com Modelo 3 (Ea - Equação 12) para o suco clarificado (a) de limão-galego e (b) de limão



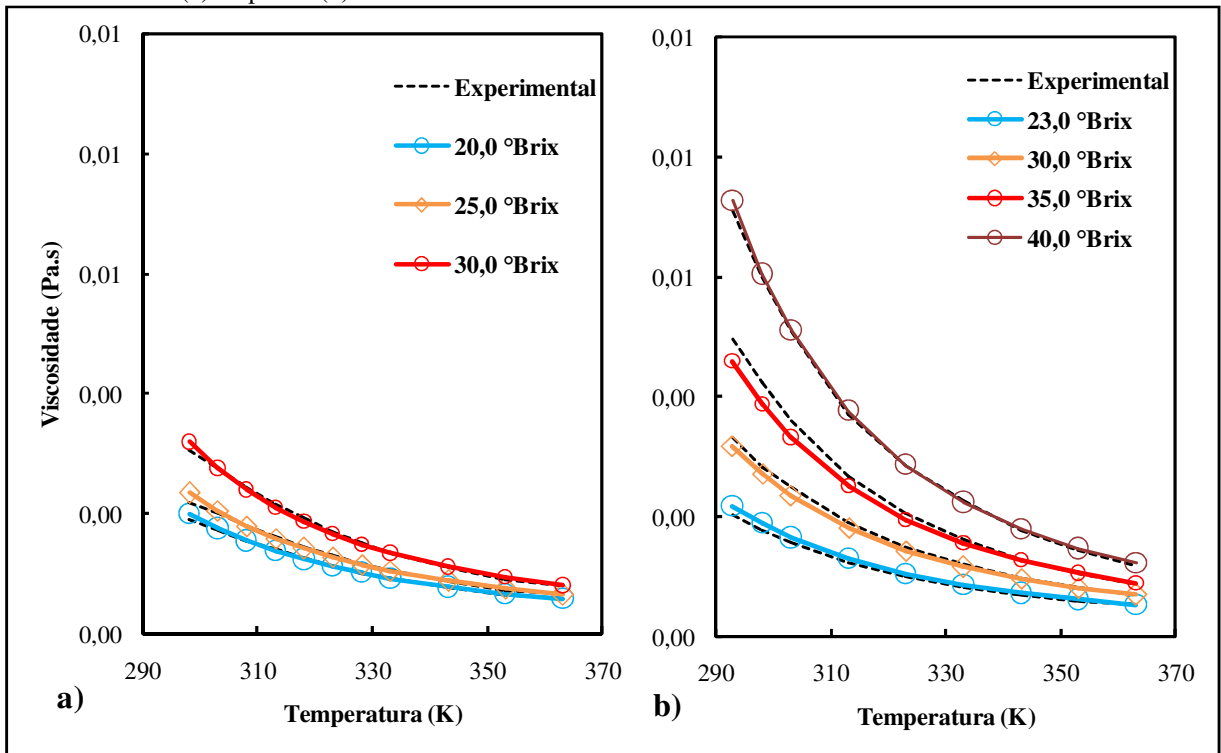
Fonte: Autor (2015).

Figura 12 - Comparação entre viscosidade calculada e experimental com Modelo 3 (Ea - Equação 12) para o suco clarificado (a) de maçã (b) de manga



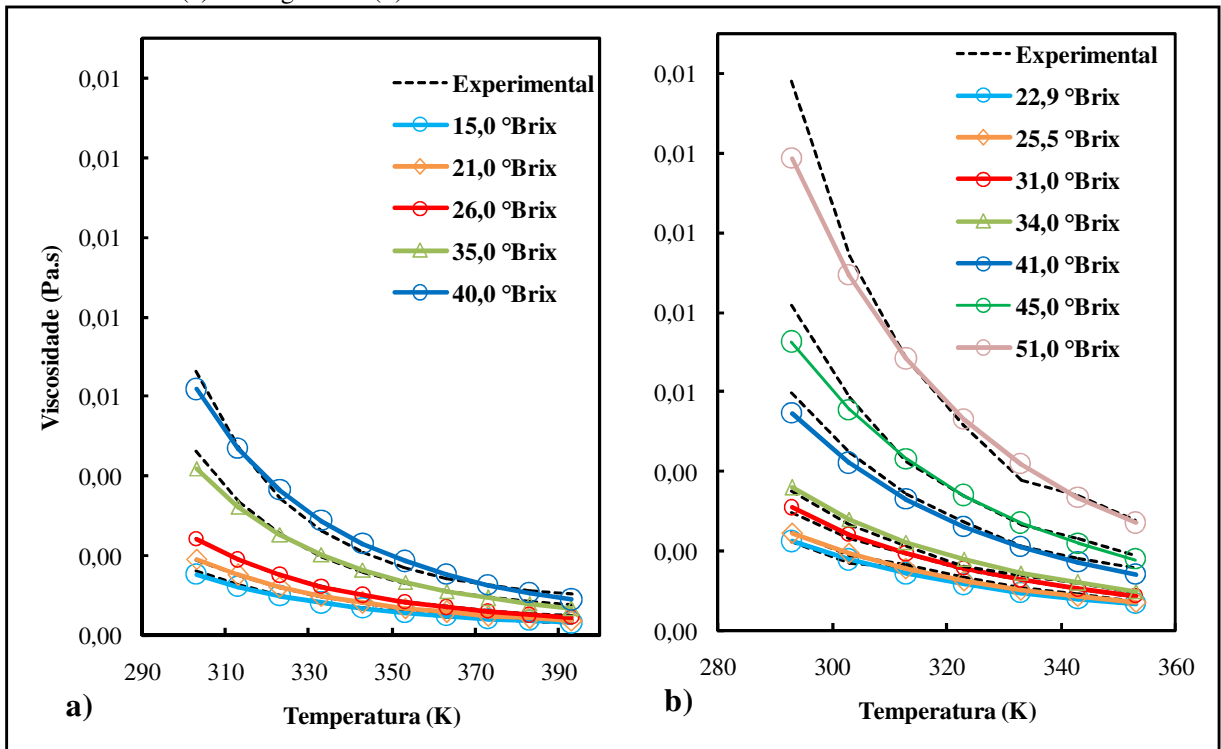
Fonte: Autor (2015).

Figura 13 - Comparação entre viscosidade calculada e experimental com Modelo 3 (Ea - Equação 12) para o suco clarificado (a) de pêra e (b) de romã



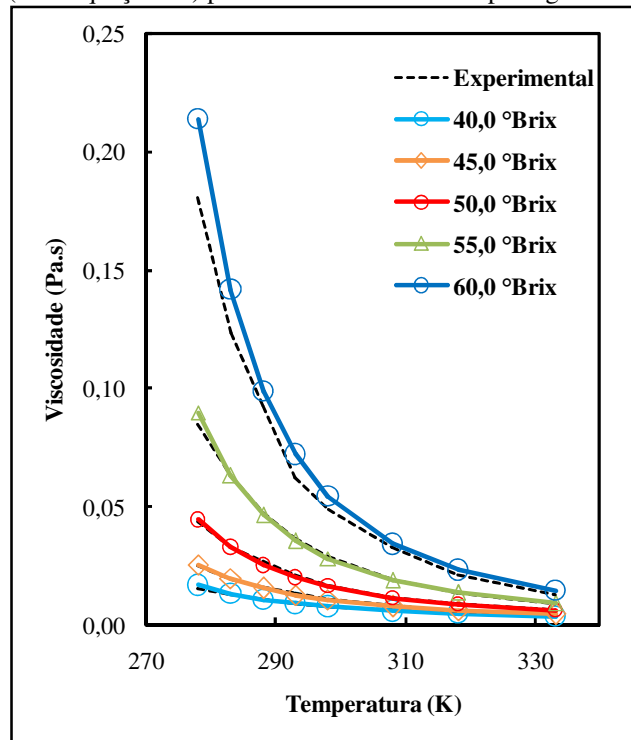
Fonte: Autor (2015).

Figura 14 - Comparação entre viscosidade calculada e experimental com Modelo 3 (Ea - Equação 12) para o suco clarificado (a) de tangerina e (b) de uva



Fonte: Autor (2015).

Figura 15 - Comparação entre viscosidade calculada e experimental com Modelo 3 (E_a - Equação 12) para o suco clarificado de pêssego



Fonte: Autor (2015).

Embora o Modelo 3 (E_a - Equação 12) tenha obtido os melhores resultados na descrição da viscosidade dinâmica na otimização específica (OtimE) para os 11 sucos avaliados, os parâmetros matemáticos obtidos para os outros modelos representam as melhores respostas à convergência do método Simplex e podem ser utilizados no cálculo da viscosidade dos sucos nas faixas de concentrações de SST e temperaturas da Tabela 1, apresentando menores discrepâncias em relação a viscosidade experimental entre as concentrações de 15,0 a 50,0 °Brix.

Os parâmetros matemáticos obtidos em OtimE auxiliaram na rapidez com que o método Simplex convergiu para o ponto ótimo durante o ajuste dos parâmetros globais, garantindo maior confiabilidade da não convergência para falsas respostas ótimas de otimização.

4.2 Ajuste de parâmetros globais (Otimização Global - OtimG)

Para a otimização global (OtimG) foram mantidos parâmetros globais e específicos nos modelos avaliados. Os dados de entrada desse ajuste foram coletados dos parâmetros matemáticos dos Anexos 1 a 4, sendo os valores iniciais dos parâmetros globais

(η_{∞} , A_2 , B_2 , A_3 , B_3 , A_4 e B_4) a média aritmética dos parâmetros obtidos no ajuste dos parâmetros específicos. Os parâmetros globais obtidos desse ajuste são apresentados no Anexo 8, os parâmetros específicos nos Anexos 9 a 12 e os dados estatísticos mais detalhados nos Anexos 13 a 14.

Na Tabela 2, sumariza-se alguns parâmetros estatísticos dos Anexos 13 a 14, e observou-se que os modelos apresentaram desvios mais elevados quando comparados ao ajuste dos parâmetros específicos em todas as equações testadas no cálculo da energia de ativação em baixas concentrações de SST. Estes resultados podem ser atribuídos aos parâmetros η_{∞} (Modelo 1), A_2 e B_2 (Modelo 2), A_3 e B_3 (Modelo 3), e, A_4 e B_4 (Modelo 4) terem sido ajustados como parâmetros globais, deixando de ser característicos em cada suco de frutas e, conseqüentemente, atribuindo discrepâncias mais elevadas aos Modelos.

Os menores desvios médios relativos obtidos nesse ajuste, entre concentrações de 15,0 a 50,1 °Brix, foram de 9,46% para Modelo 1 (E_a - Equação 9); 8,46% para Modelo 2 (E_a -Equação 10); 9,16% para Modelo 3 (E_a -Equação 11); e, 7,86% para Modelo 4 (E_a -Equação 12) no ajuste OtimG. Estatisticamente, em concentrações até 50,0 °Brix, apenas o Modelo 4 (E_a - Equação 10) apresentou diferenças significativas entre as viscosidades experimental e calculada, assim como na otimização individual (OtimE) (Apêndices A.3 e A.4).

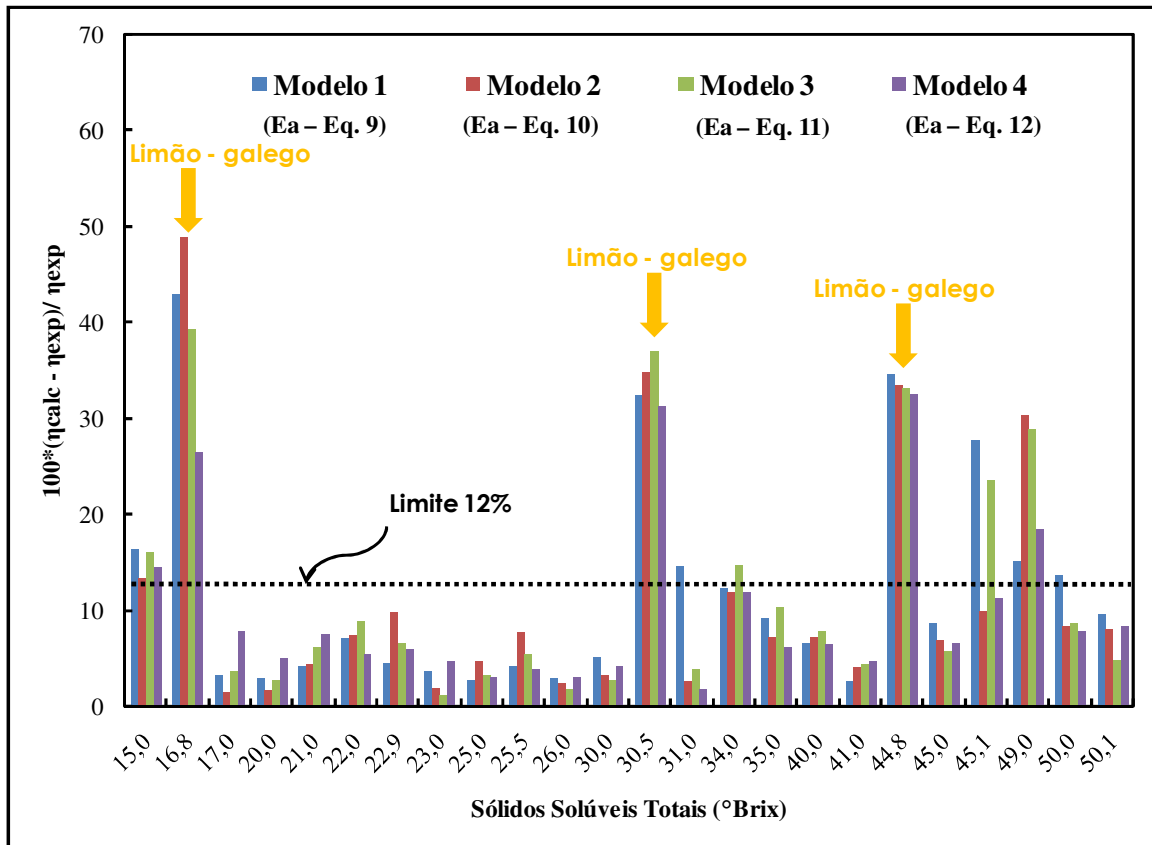
Tabela 2 - Desvio Médio Relativo (DMR%)^a em concentrações de 15,0 a 50,1 °Brix, ajustes OtimE e OtimG

Energia de ativação	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4	
	OtimE ^b	OtimG ^c	OtimE	OtimG	OtimE	OtimG	OtimE	OtimG
Equação 9	11,15	9,46	9,71	12,92	7,57	12,88	8,91	10,10
Equação 10	10,54	11,82	7,45	8,46	7,46	20,28	12,19	16,72
Equação 11	8,94	12,31	8,75	10,26	4,87	9,16	7,91	11,29
Equação 12	9,71	11,40	6,58	11,16	4,63	11,66	7,34	7,86

^aDados mais detalhados são apresentados nos Anexos 15 e 16. ^bOtimização individual. ^cOtimização global.

Comparando estes melhores resultados do ajuste em baixas concentrações de SST (Figura 16), observa-se que algumas concentrações de SST ainda possuem desvios relativos fora da faixa limite aceitável de 12%. Dentre essas concentrações de SST, três pontos obtiveram desvios relativos extremamente elevados em relação aos demais (16,8; 30,5; e, 44,8 °Brix) e são referentes apenas ao suco de limão-galego (MANJUNATHA, RAJU E BAWA, 2012).

Figura 16 - Desvio médio relativo em cada concentração entre 15,0 a 50,1 °Brix, ajuste OtimG



Fonte: Autor (2015).

Com exceção das concentrações de SST referentes ao suco de limão-galego indicadas na Figura 16, entre as concentrações de 17,0 a 30,0 °Brix o Modelo 1 (em azul) e 3 (em verde) obtiveram boas predições da viscosidade. Enquanto o Modelo 2 (em marrom) e Modelo 4 (em roxo) estendem a aplicação para a faixa de concentração entre 17,0 a 45,1 °Brix com todos os desvios relativos dentro da faixa limite de 12%. Esses resultados são comparáveis aos obtidos na literatura em concentrações abaixo de 50,0 °Brix com desvios relativos dentro do aceitável de 12% (BODBODAK *et al.*, 2013; IBARZ *et al.*, 1992; MAGERRAMOV *et al.*, 2007a, 2007b). No entanto, os autores utilizaram apenas parâmetros específicos, enquanto nesse ajuste foram utilizados parâmetros globais e específicos.

Para compreender o comportamento do ajuste para o suco de limão-galego quando utilizados parâmetros globais e específicos, as metodologias de obtenção dos sucos foram analisadas. Na Figura 17 foi realizada a comparação dos dados de viscosidades experimentais dos dois sucos de limões, incluídos no banco de dados, extraídos e clarificados com diferentes metodologias. O suco de limão-galego foi obtido por extração manual com espremedor de aço inox e clarificado por ação enzimática com tratamento térmico (363 K/2min) antes e depois do tratamento por enzimas (MANJUNATHA; RAJU; BAWA, 2012).

Enquanto para o suco de limão extraído por Magerramov et al. (2007b) foi obtido por prensa de laboratório tipo parafuso e os sólidos suspensos foram removidos por filtração e clarificação.

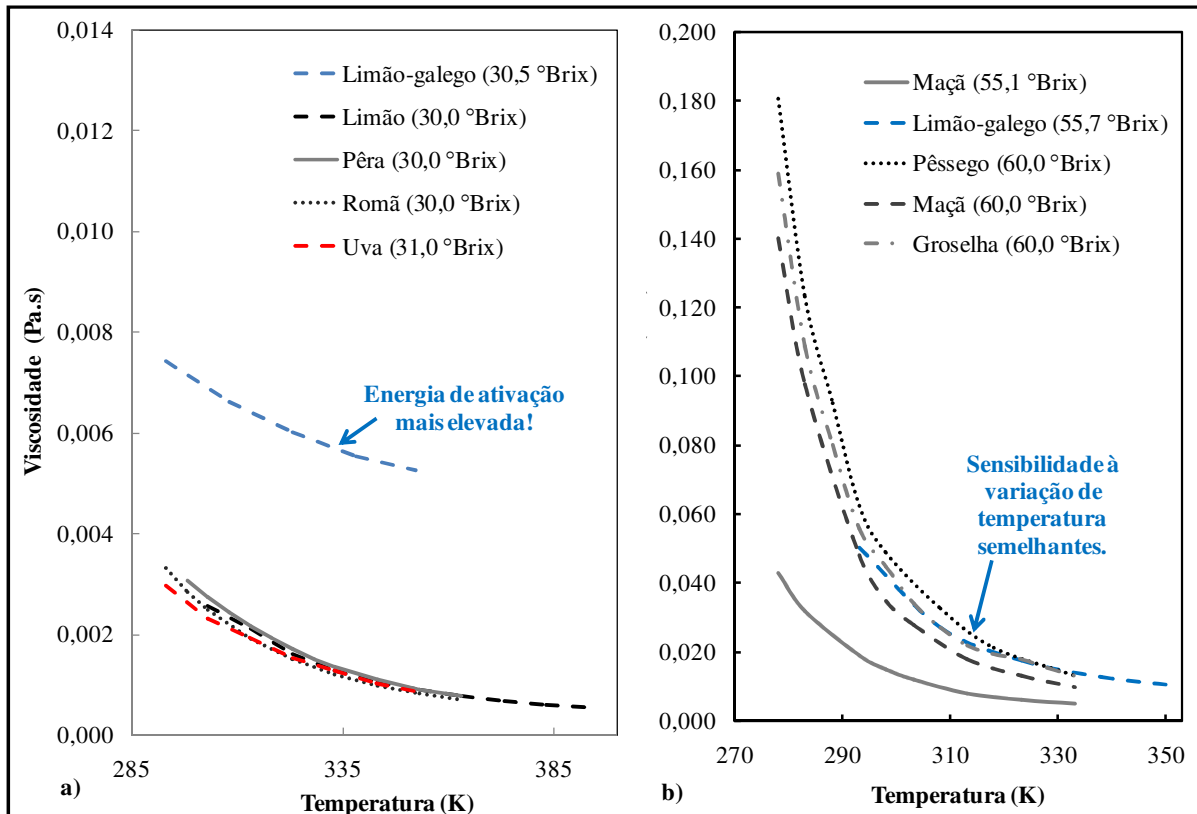
Comparando as duas metodologias, esperava-se que o suco submetido à extração por prensa obtivesse maior viscosidade dinâmica devido ao processo de esmagamento da fruta que favorece a solubilização de componentes do albedo (pectinas). No entanto, ocorreu o contrário e o suco de limão extraído manualmente apresentou maior viscosidade dinâmica, levando a consideração de que o tipo de extração, nesse caso, foi de menor impacto na alteração da viscosidade do suco de limão.

Os dados experimentais em concentrações de 30,0 a 31,0 °Brix (Figura 17a) mostram que a viscosidade do suco de limão-galego é muito superior em relação aos demais, até mesmo do suco de uva que possui maior quantidade de SST (31,0 °Brix), isso descarta a possibilidade da viscosidade ser mais elevada apenas em função da quantidade de componentes presentes, levando a considerar a interação entre os mesmos. Durante o processo de clarificação realizado combinando tratamentos enzimático e térmico, provavelmente o suco de limão-galego teve uma solubilização parcial e gelatinização de pectinas, que podem ter atuado como estabilizantes afetando diretamente a energia de ativação aumentando a viscosidade (SCREMIN, 2007) e a tornando mais suscetível às variações de temperaturas.

Segundo Goodwin e Hughes (2008) e Poling et al. (2001) quanto maior a viscosidade, maior será a barreira potencial (energia de ativação) que as moléculas precisam superar para que o líquido escoie. Steffe (1996) relatou que altos valores de energia de ativação de fluxo indicam que a viscosidade sofre mudanças mais rapidamente com a variação de temperatura. Logo, a composição diferenciada do suco de limão-galego desfavorece o ajuste dos parâmetros globais dos modelos (dependentes da temperatura), uma vez que esse suco têm viscosidade mais sensível às variações de temperaturas. O efeito da temperatura na viscosidade dinâmica em sucos de frutas também foi identificado pelos autores Brasil, Maia e Figueiredo (1995) e Vandresen et al. (2009) ao estudarem, respectivamente, o comportamento reológico dos sucos de goiaba e cenoura antes e depois do tratamento térmico.

Para as concentrações mais elevadas entre 55,7 a 60,0 °Brix (Figura 17b), observa-se que as viscosidades são semelhantes, o que provavelmente acontece devido a maior quantidade e aproximação entre os componentes dos sucos, fazendo com que a suscetibilidade às variações de temperaturas sejam parecidas, independente da maior ou menor quantidade do componente pectina presente no suco.

Figura 17 - Comparação da viscosidade experimental em concentrações semelhantes de (a) 30,0 a 31,0 °Brix; (b) 55,7 a 60,0 °Brix

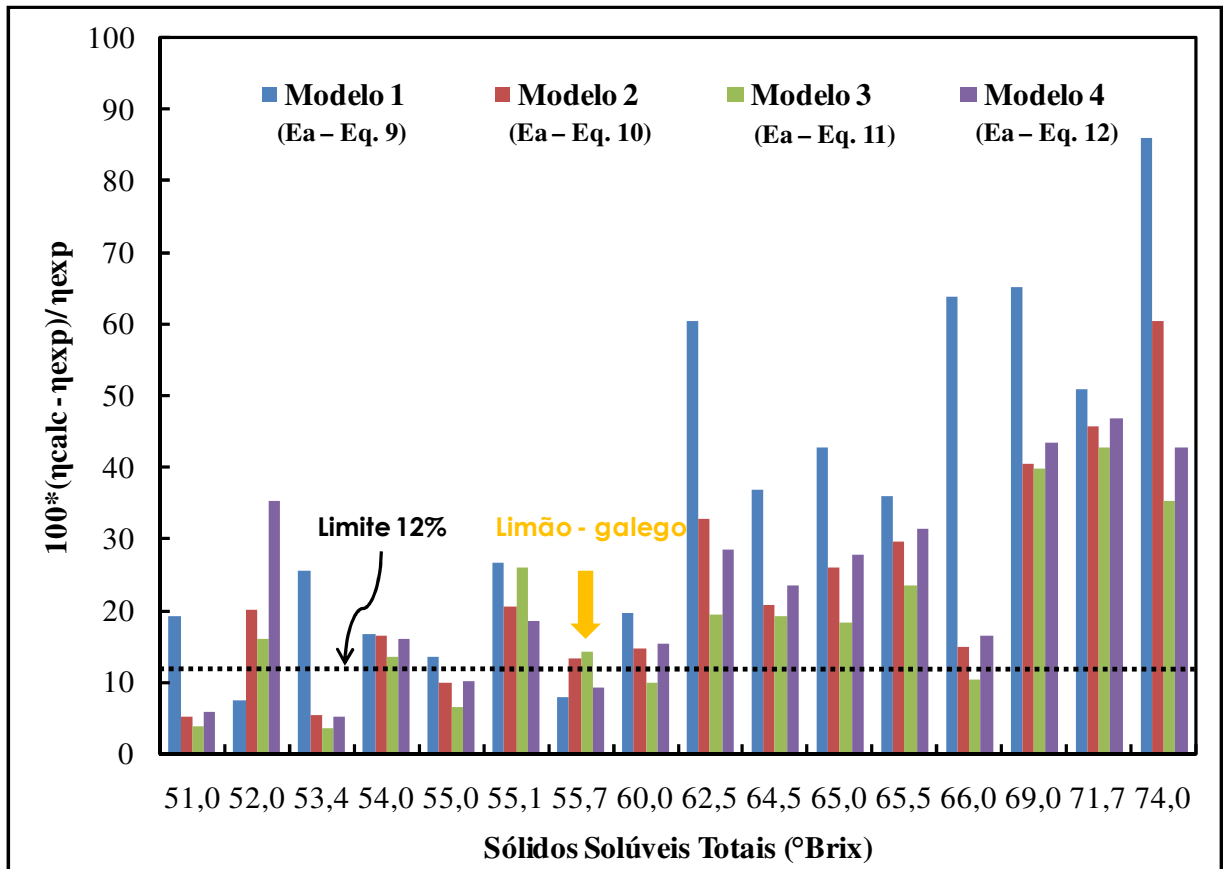


Fonte: Autor (2015).

Em concentrações no intervalo de 51,0 a 74,0 °Brix (Figura 18), observou-se que nenhum dos modelos apresentou desvios médios relativos abaixo de 12%, também mostrando diferenças estatísticas significativas entre as viscosidades experimental e calculada (Apêndice A.3), ou seja, na otimização global OtimG nenhum modelo pode ser utilizado como modelo geral em concentrações de SST elevadas.

Abdulagatov et al. (2009) avaliando a viscosidade experimental e a viscosidade calculada em suco de maçã, por intermédio dos modelos matemáticos de Bayindirli (1992) e Rao et al. (1993) encontraram resultados semelhantes. Os autores mostraram boa predição da viscosidade dinâmica entre concentrações de 40,0 a 45,0 °Brix com desvios relativos de 5 a 10%, mas para as concentrações acima de 50,0 °Brix as discrepâncias foram elevadas. Simion et al. (2011) ao avaliar suco de uva em concentrações de 22,9 a 53,4 °Brix, utilizando modelos matemáticos baseados em correlações exponenciais, mostraram que em concentração de 51,0 e 53,4 °Brix os modelos apresentaram discrepâncias com valores de 45,63%.

Figura 18 - Desvio médio relativo em cada concentração entre 51,0 a 74,0 °Brix, ajuste OtimG



Fonte: Autor (2015). Dados mais detalhados são apresentados nos Anexos 17 e 18.

Observou-se também que a concentração 55,7 °Brix para o suco de limão-galego não obteve desvios relativos elevados, quando comparados com os obtidos em baixas concentrações de SST na Figura 16. Isso provavelmente ocorreu devido a semelhança da suscetibilidade à variação da temperatura para todos os sucos avaliados em altas concentrações (Figura 17b), favorecendo o ajuste dos parâmetros globais. No entanto, nenhum dos modelos no ajuste OtimG obteve resultados satisfatórios entre as concentrações de 51,0 a 74,0 °Brix.

Em uma visão geral do ajuste OtimG, onde os parâmetros matemáticos globais e específicos dos modelos foram ajustados para toda a faixa de concentração de SST (15,0 a 74,0 °Brix) e temperatura (278 a 393 K), observou-se que os melhores resultados foram encontrados apenas entre concentrações de 17,0 a 45,1 °Brix com Modelo 2 (E_a-Equação 10) e Modelo 4 (E_a-Equação 12). E nenhum modelo obteve boa predição em elevadas concentrações de SST.

Para verificar se essa metodologia de otimização realmente representa a melhor forma de otimizar parâmetros globais e específicos dos modelos avaliados, realizou-se novos

ajustes dos parâmetros matemáticos em diferentes faixas de concentrações de SST e diferentes faixas de temperaturas que serão descritos mais adiante.

4.3 Ajuste de parâmetros globais por faixas de concentrações de SST (OtimG2)

O ajuste dos parâmetros globais e específicos por faixa de concentrações de SST foi realizado considerando baixas concentrações de 15,0 a 50,1 °Brix (360 pontos experimentais) e altas concentrações de 51,0 a 74,0 °Brix (159 pontos experimentais). Essa divisão foi realizada de acordo com a literatura, onde os autores consideram como baixas concentrações os valores abaixo de 50,0 °Brix (ABDULAGATOV *et al.*, 2009). Nesse ajuste, foram utilizados como dados de entrada os parâmetros matemáticos do ajuste OtimG (Anexos 8 a 12). Para essa estratégia de otimização, foram obtidos dois conjuntos de parâmetros globais (Anexo 19) e específicos (Anexos 20 a 24), sendo um para baixas concentrações e outro para altas concentrações de SST.

Ao avaliar os parâmetros estatísticos detalhados dos Anexos 25 e 26, nota-se que mesmo utilizando a estratégia da predição da viscosidade por faixas de concentrações de SST os sucos de cereja, limão-galego, groselha, maçã, manga e pêsego apresentaram os desvios relativos mais elevados, assim como ocorre no ajuste individual (OtimE) e a otimização global (OtimG). O suco de limão-galego, como já comentado, teve sua composição alterada em função da metodologia de obtenção do suco clarificado com a provável solubilização e gelatinização de pectinas durante o tratamento térmico antes e depois do tratamento enzimático.

Na Tabela 3 são apresentados resumidamente os desvios relativos obtidos para os modelos nesse ajuste (OtimG2) dos Anexos 25 e 26. Observa-se que ao comparar com os desvios relativos obtidos no ajuste OtimG (parâmetros matemáticos ajustados para toda a faixa de concentração de SST e temperatura), tem-se uma melhora na predição da viscosidade para os modelos entre as concentrações de 15,0 a 50,1 °Brix. No entanto, o Modelo 1 (em todas as equações do cálculo da energia de ativação) e o Modelo 4 (E_a -Equação 10) apresentaram diferenças estatísticas significativas a nível de significância de 1% entre a viscosidade experimental e calculada em baixas concentrações no Teste-F e χ^2 (Apêndice A.5 e A.6), enquanto os demais modelos apresentaram predição satisfatória.

Os resultados mais significativos do ajuste OtimG2 foram para o Modelo 1 (E_a -Equação 9), Modelo 2 (E_a -Equação 10), Modelo 3 (E_a -Equação 11) e Modelo 4 (E_a -Equação

12), com os dois menores percentuais de desvios médios relativos para o Modelo 2 (E_a-Equação 10) com 7,08% e Modelo 4 (E_a-Equação 12) com 7,21%.

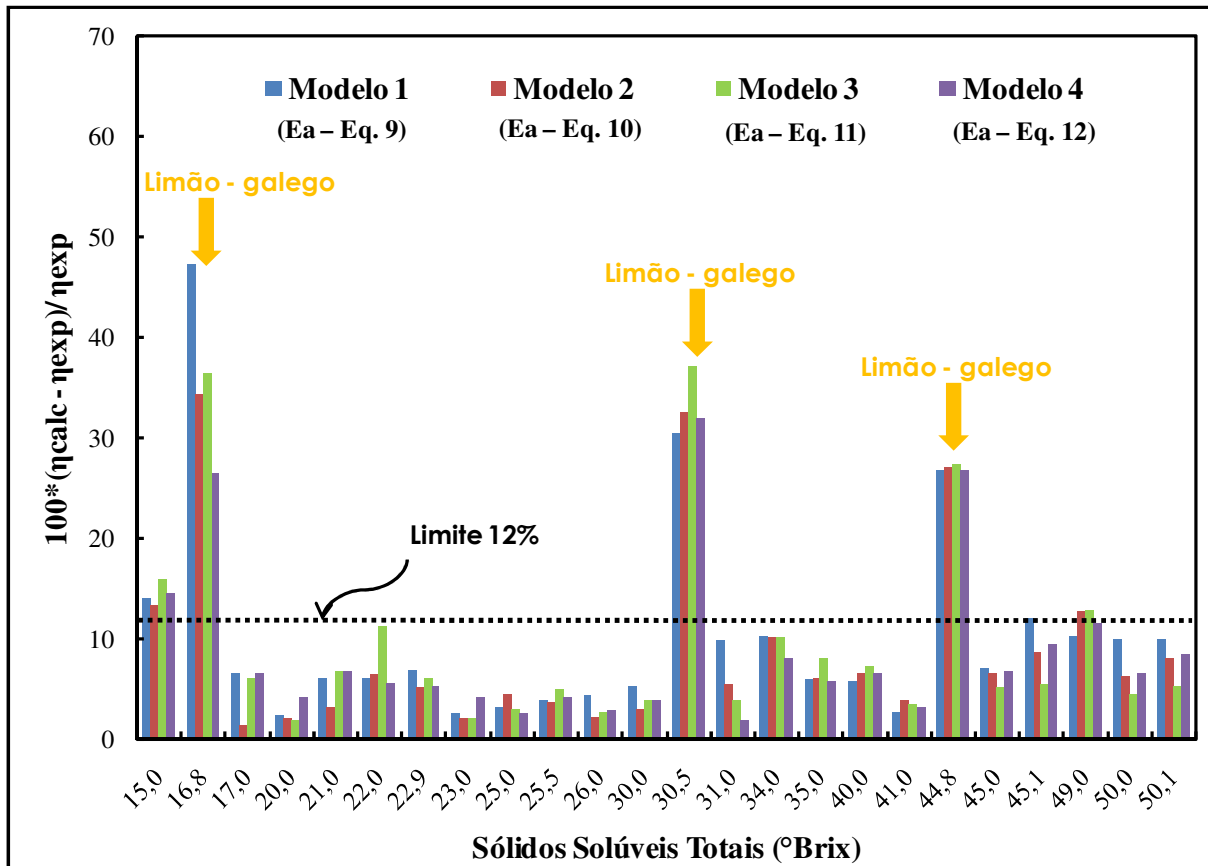
Tabela 3 - Desvio Médio Relativo (DMR%)^a em concentrações de 15,0 a 50,1 °Brix, ajustes OtimG^b e OtimG2^c

Energia de ativação	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4	
	OtimG	OtimG2	OtimG	OtimG2	OtimG	OtimG2	OtimG	OtimG2
Equação 9	9,46	7,97	12,92	11,31	12,88	10,98	10,10	9,58
Equação 10	11,82	10,17	8,46	7,08	20,28	11,12	16,72	15,61
Equação 11	12,31	11,08	10,26	9,49	9,16	7,77	11,29	9,54
Equação 12	11,40	10,76	11,16	9,85	11,66	10,00	7,86	7,21

^a Dados mais detalhados são apresentados nos Anexos 27 a 28. ^b Otimização global para toda a faixa de concentração de SST e temperatura. ^c Otimização global para diferentes faixas de concentrações de SST.

Comparando esses melhores resultados na Figura 19, nota-se que em baixas concentrações os Modelos 1, 2, 3 e 4 apresentaram desvios relativos dentro da faixa limite de 12% em quase toda a faixa de concentrações de 17,0 a 50,1 °Brix com apenas a concentração de 49,0 °Brix um pouco acima da faixa limite com valores de 12,76% (Modelo 2) e 12,79% (Modelo 3). Observa-se também que as concentrações referentes apenas ao suco de limão-galego novamente possuem os desvios relativos mais elevados, semelhante ao ajuste OtimG, e que já foi comentado anteriormente.

Figura 19 - Desvio Médio Relativo (DMR%) em cada concentração entre 15,0 a 50,1 °Brix, ajuste OtimG2



Fonte: Autor (2015).

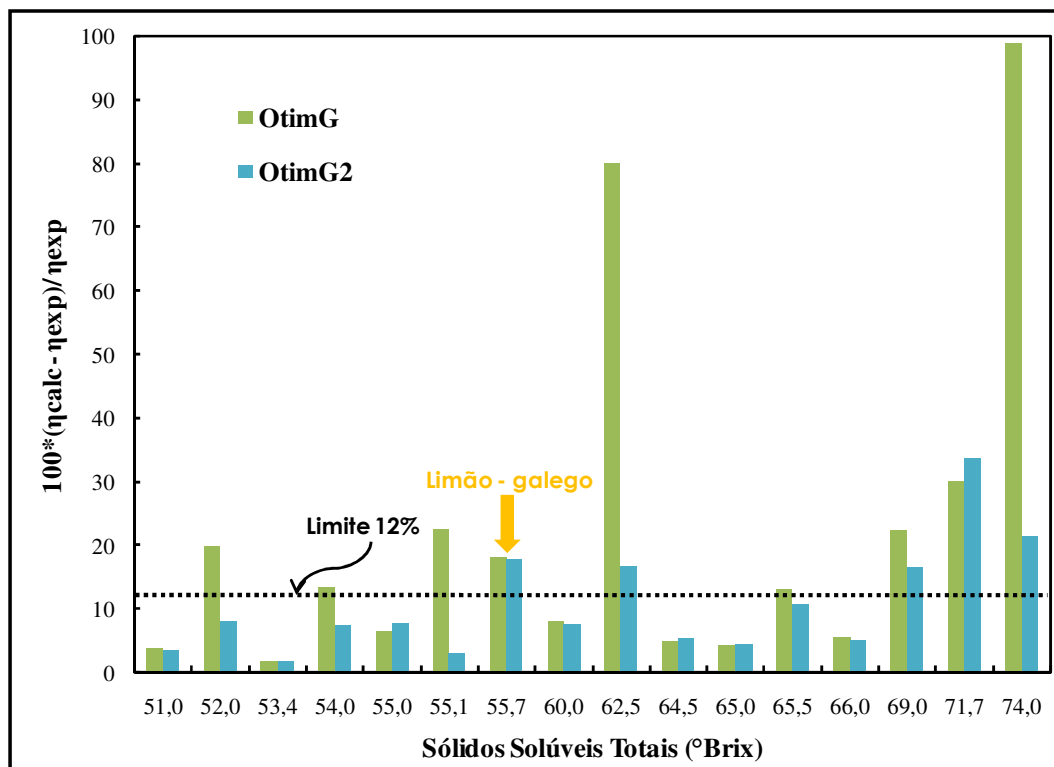
Nas concentrações entre 51,0 a 74,0 °Brix (Tabela 4), observa-se que o ajuste OtimG2 melhora a predição da viscosidade, mas apenas o Modelo 3 (E_a - Equação 11) tem desvio médio relativo abaixo de 12%, com valor de 9,91%. Estatisticamente, nenhum dos modelos mostrou-se adequado, pois todos obtiveram diferenças significativas à nível de 1% no Teste F (Apêndice A.5). Mas avaliando pontualmente as concentrações de SST do Modelo 3 (E_a - Equação 12) neste ajuste (Figura 20), nota-se que a otimização OtimG2 em relação ao ajuste global OtimG, obteve predição melhorada de forma significativa.

No entanto, o modelo garante discrepâncias aceitáveis somente entre as concentrações de 51,0 a 66,0 °Brix, com apenas o ponto de 62,5 °Brix a apresentar discrepância excedendo a faixa aceitável, com o menor valor de χ^2 (5,69) em altas concentrações nos dois ajustes globais realizados (Apêndice A.6). Além disso, o modelo prediz a viscosidade somente para sete dos onze sucos avaliados (suco de cereja, limão-galego, groselha, maçã, manga, pêssigo e uva).

Tabela 4 - Desvio Médio Relativo (DMR%)^a em concentrações de 51,0 a 74,0 °Brix, ajustes OtimG^b e OtimG2^c

Energia de ativação	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4	
	OtimG	OtimG2	OtimG	OtimG2	OtimG	OtimG2	OtimG	OtimG2
Equação 9	33,10	22,20	24,69	19,48	21,63	15,60	23,29	18,07
Equação 10	30,18	29,97	21,73	17,02	38,06	45,50	39,98	39,97
Equação 11	28,95	28,28	19,30	15,85	17,15	13,84	18,61	16,30
Equação 12	27,73	25,16	15,47	13,91	19,01	9,91	21,99	18,42

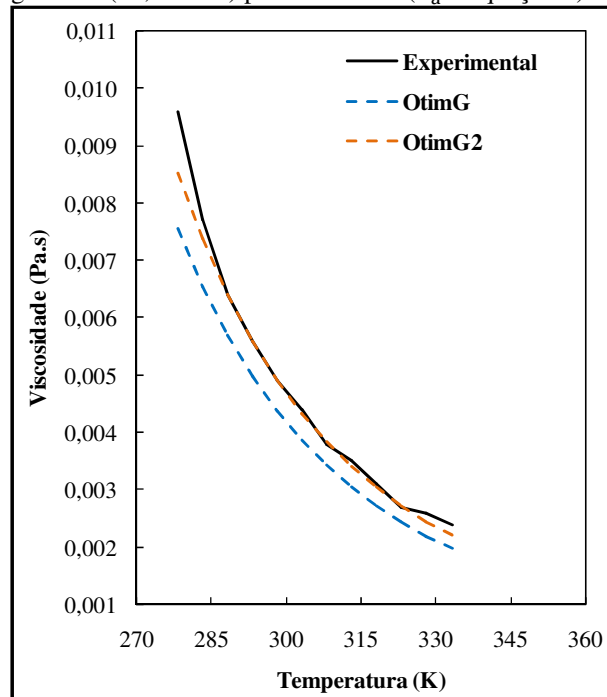
^a Dados mais detalhados são apresentados nos Anexos 29 a 30. ^b Otimização global para toda a faixa de concentração de SST e temperatura. ^c Otimização global para diferentes faixas de concentrações de SST.

Figura 20 - Desvio Médio Relativo (DMR%) em cada concentração entre 51,0 a 74,0 °Brix dos ajustes OtimG e OtimG2 para o Modelo 3 (E_a - Equação 12)

Fonte: Autor (2015).

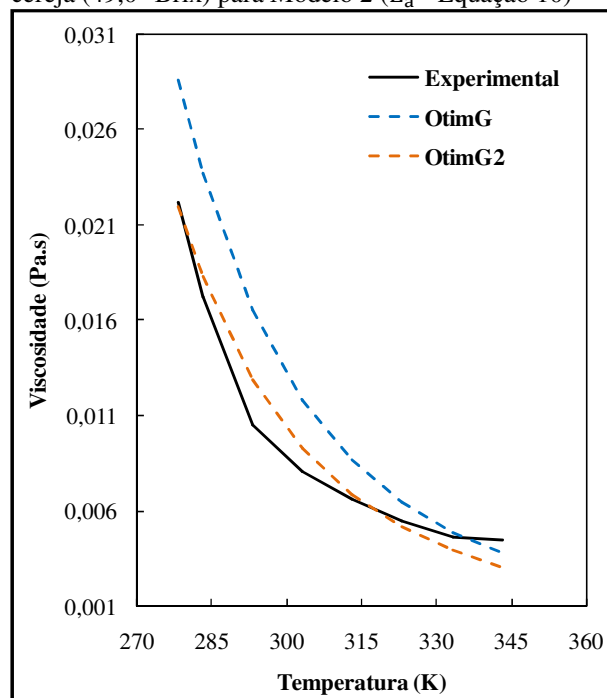
Nas Figuras 21-26, a viscosidade experimental é comparada com as viscosidades calculadas pelos dois ajustes globais (OtimG e OtimG2) em alguns pontos com predição melhorada na otimização por faixas de concentrações de SST.

Figura 21 - Comparação entre viscosidade experimental e calculada do suco de groselha (35,0 °Brix) para Modelo 1 (E_a - Equação 9)



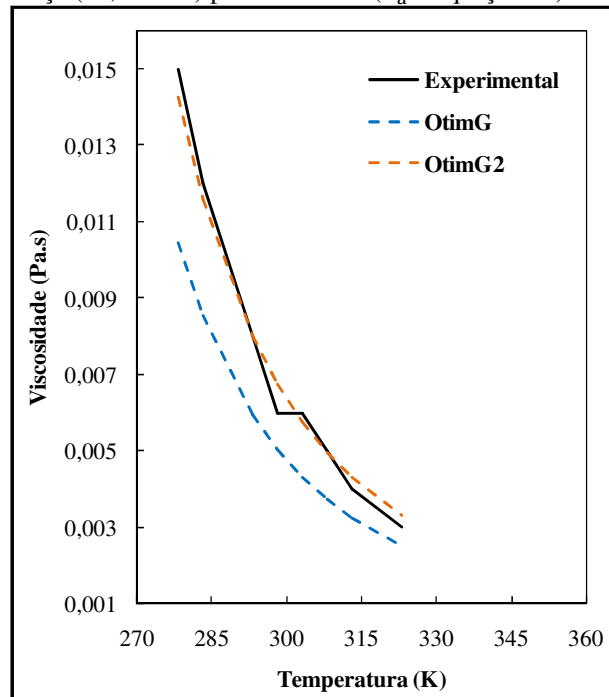
Fonte: Autor (2015).

Figura 22 - Comparação entre viscosidade experimental e calculada do suco de cereja (49,0 °Brix) para Modelo 2 (E_a - Equação 10)



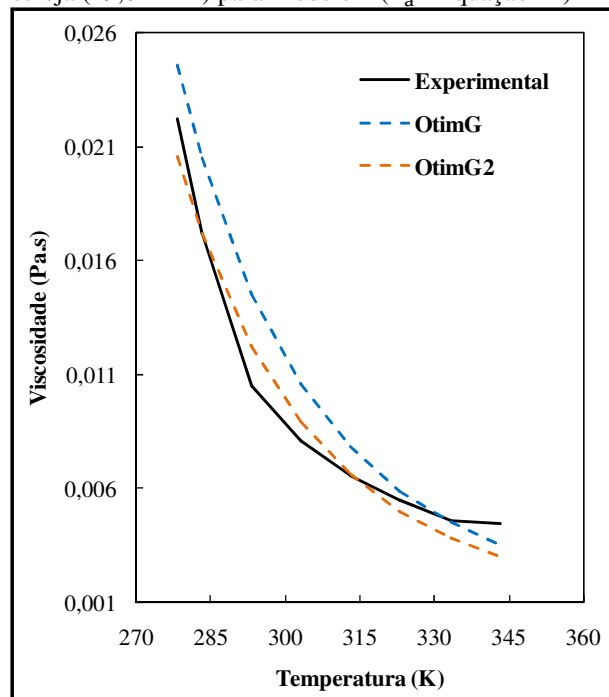
Fonte: Autor (2015).

Figura 23 - Comparação entre viscosidade experimental e calculada do suco de maçã (45,1 °Brix) para Modelo 3 (E_a - Equação 11)



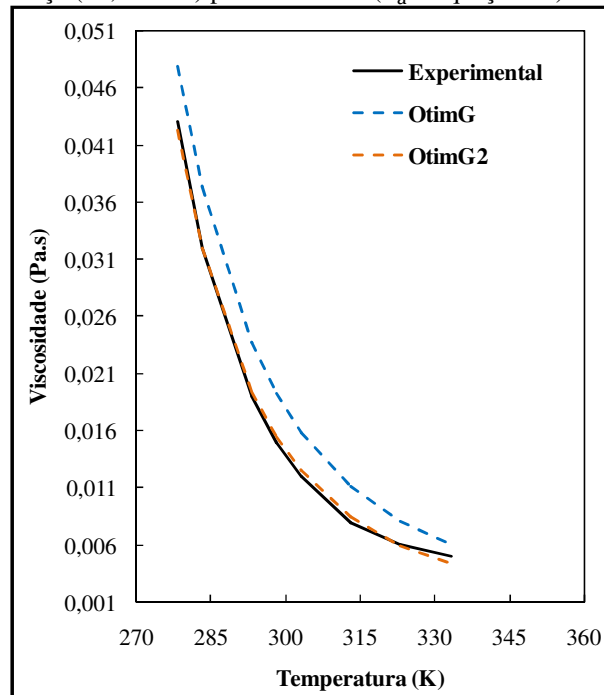
Fonte: Autor (2015).

Figura 24 - Comparação entre viscosidade experimental e calculada do suco de cereja (49,0 °Brix) para Modelo 4 (E_a - Equação 12)



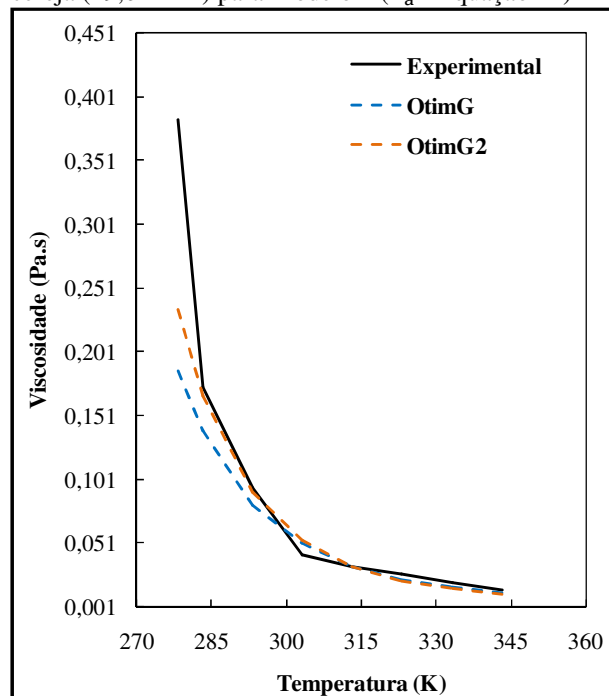
Fonte: Autor (2015).

Figura 25 - Comparação entre viscosidade experimental e calculada do suco de maçã (55,1 °Brix) para Modelo 3 (E_a - Equação 11)



Fonte: Autor (2015).

Figura 26 - Comparação entre viscosidade experimental e calculada do suco de cereja (49,0 °Brix) para Modelo 4 (E_a - Equação 12)



Fonte: Autor (2015).

Como resultado geral do ajuste OtimG2, os Modelos 1, 2, 3 e 4, entre as concentrações de 17,0 a 50,1 °Brix, obtiveram bons resultados utilizando parâmetros matemáticos otimizados somente para concentrações abaixo de 50,0 °Brix, melhorando a predição da viscosidade em relação ao ajuste OtimG. No entanto, o Modelo 1 seria o menos recomendado por apresentar diferenças significativas a nível de 1% no teste-F entre a viscosidade experimental e calculada.

Destacaram-se os Modelos 2 e 4 com os dois menores desvios relativos em baixas concentrações de SST. Enquanto em altas concentrações de SST, o ajuste OtimG2 melhora a predição garantindo resultados satisfatórios entre concentrações de 51,0 a 66,0 °Brix (Modelo 3), com aplicação reduzida incluindo somente sete dos onze sucos adicionados no banco de dados do presente trabalho.

4.4 Ajuste de parâmetros globais por faixas de concentrações de SST (OtimG3)

A otimização dos parâmetros globais e específicos por faixas de temperaturas foi realizada considerando baixas temperaturas entre 278,15 a 308,15 K (215 pontos experimentais) e altas temperaturas de 313,15 a 393,15 K (304 pontos experimentais). Foi considerado como baixas temperaturas desde a temperatura de refrigeração até a temperatura ambiente, enquanto altas temperaturas foi estipulado os valores acima de 35 °C. Os dados de entrada utilizados nessa otimização foram os parâmetros matemáticos do ajuste OtimG (Anexos 8 a 12).

Foram obtidos dois conjuntos de parâmetros globais (Anexo 31) e específicos (Anexos 32 e 36), sendo um para baixas temperaturas e outro para altas temperaturas. Os parâmetros estatísticos detalhados são apresentados nos Anexos 37 e 38. A nível de significância de 1% (Teste-F), todos os modelos não apresentaram diferenças significativas entre a viscosidade experimental e calculada em baixas concentrações de SST. Enquanto em altas concentrações, os modelos mostram diferenças estatísticas (Apêndice A.7 e A.8).

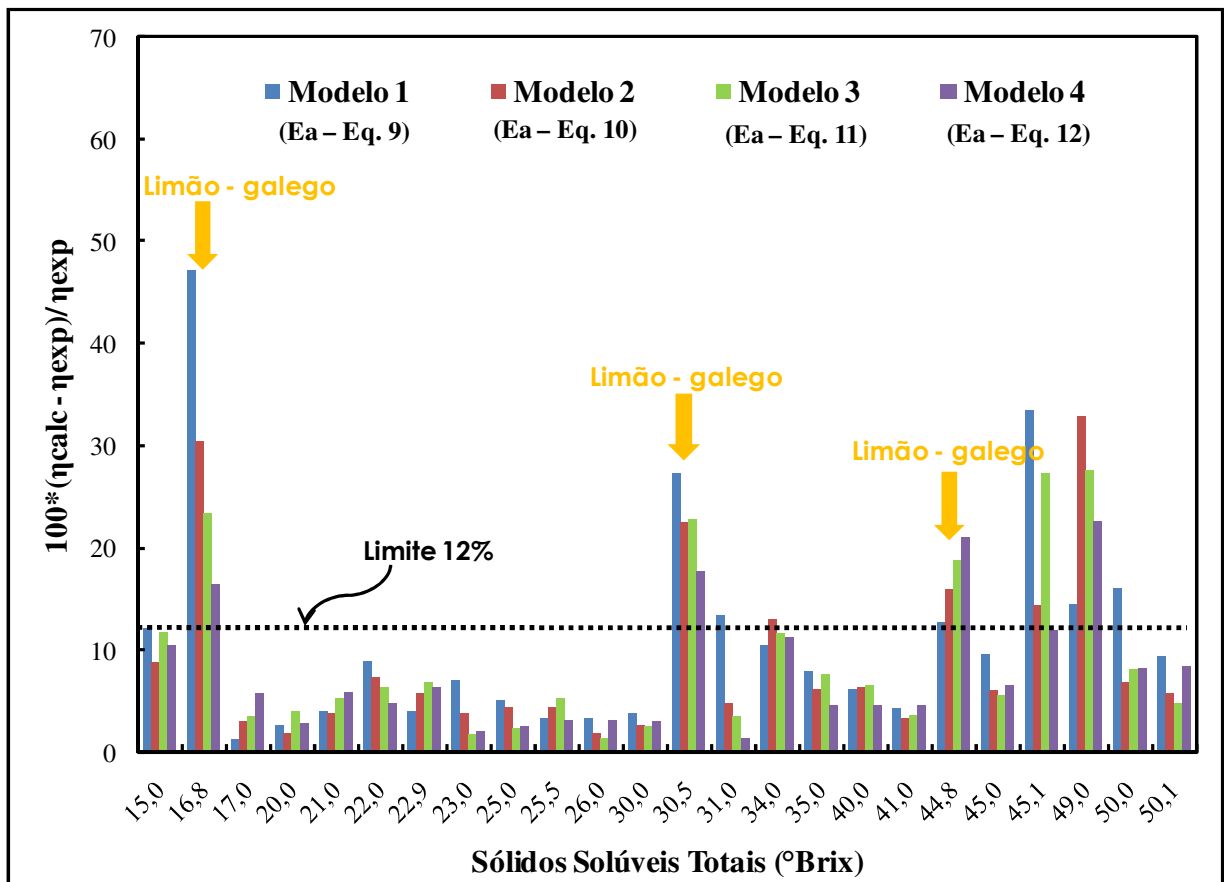
A Tabela 5 apresenta resumidamente os desvios relativos obtidos no ajuste por faixas de temperaturas entre as concentrações de 15,0 a 50,1 °Brix. Observa-se que as mesmas equações no cálculo da energia de ativação para os melhores resultados nos ajustes globais anteriores, apresentaram os menores desvios relativos dentro do limite aceitável com valores de 9,70% Modelo 1 (E_a -Equação 9); 7,22% Modelo 2 (E_a -Equação 10); 7,55% Modelo 3 (E_a -Equação 11); e, 6,47% Modelo 4 (E_a -Equação 12) na otimização OtimG3.

Tabela 5 - Desvio Médio Relativo (DMR%)^a em concentrações de 15,0 a 50,1 °Brix, ajuste OtimG3^b

Energia de ativação	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Equação 9	9,70	12,97	12,40	18,06
Equação 10	12,07	7,22	14,28	14,49
Equação 11	11,33	8,09	7,55	10,26
Equação 12	10,71	8,59	7,51	6,47

^a Dados mais detalhados são apresentados nos Anexos 39 e 40. ^b Otimização global para diferentes faixas de temperaturas.

Avaliando os desvios relativos em cada concentração de SST na Figura 27, os Modelos 1, 2, 3 e 4 possuem boa predição da viscosidade entre as concentrações de 15,0 a 45,0 °Brix, com exceção das concentrações de SST referentes ao suco de limão-galego já comentadas. No entanto, observa-se que os desvios relativos referentes ao suco de limão-galego são menores em relação aos ajustes anteriores, e embora ainda não estejam dentro da faixa limite de 12%, a otimização por faixas de temperatura melhorou a predição da viscosidade desse suco.

Figura 27 - Desvio Médio Relativo (DMR%) em cada concentração entre 15,0 a 50,1 °Brix, ajuste OtimG3

Fonte: Autor (2015).

O fato dos desvios relativos terem sido reduzidos está associado ao ajuste dos parâmetros matemáticos por faixa de temperatura, que leva em consideração a suscetibilidade da viscosidade às variações em altas e baixas temperaturas, favorecendo a predição, quando comparado a utilização de um único parâmetro global para todas as temperaturas.

Já entre as concentrações de 51,0 a 74,0 °Brix, a otimização por faixa de temperaturas não apresentou bom ajuste dos dados, pois o menor desvio relativo geral encontrado foi para o Modelo 2 (E_a - Equação 10) com 13,18%, valor ainda acima do limite aceitável (Ver Tabela 6). Este resultado também pode ser confirmado pelo Teste-F, que mostrou diferenças significativas entre a viscosidade experimental e calculada e Teste χ^2 , com valores elevados, indicando que não garante boa predição (Apêndice A.8).

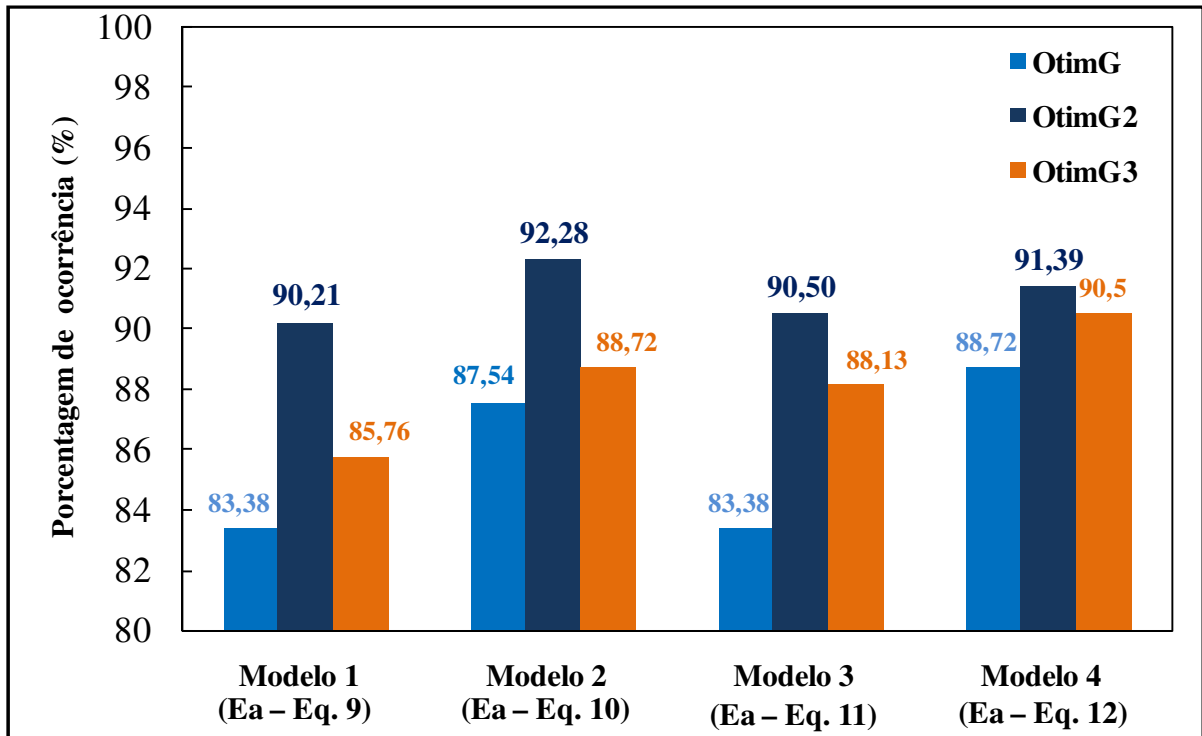
Tabela 6 - Desvio Médio Relativo (DMR%)^a em concentrações de 51,0 a 74,0 °Brix do ajuste OtimG3^b

Energia de ativação	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Equação 9	30,25	31,26	25,43	25,53
Equação 10	27,54	16,90	37,38	34,60
Equação 11	26,79	17,04	15,80	15,58
Equação 12	23,27	13,18	19,77	17,81

^aDados detalhados apresentados nos Anexos 41 e 42 ^bOtimização global para diferentes faixas de temperaturas.

Nas três otimizações globais (OtimG, OtimG2 e OtimG3), os modelos tiveram melhores resultados para as mesmas equações no cálculo da energia de ativação com faixa de aplicação semelhantes, sendo a maior faixa de aplicação dos modelos para as concentrações entre 17,0 a 50,1 °Brix. Esses melhores resultados para as três estratégias de predição foram comparados através da porcentagem de ocorrência de pontos calculados com desvios relativos de até 15% em relação à viscosidade experimental nas concentrações de 17,0 a 50,1 °Brix (337 pontos experimentais foram validados) (Figura 28).

Figura 28 - Porcentagem da quantidade de pontos calculados com desvio relativo de até 15% para as concentrações entre 17,0 a 50,1 °Brix

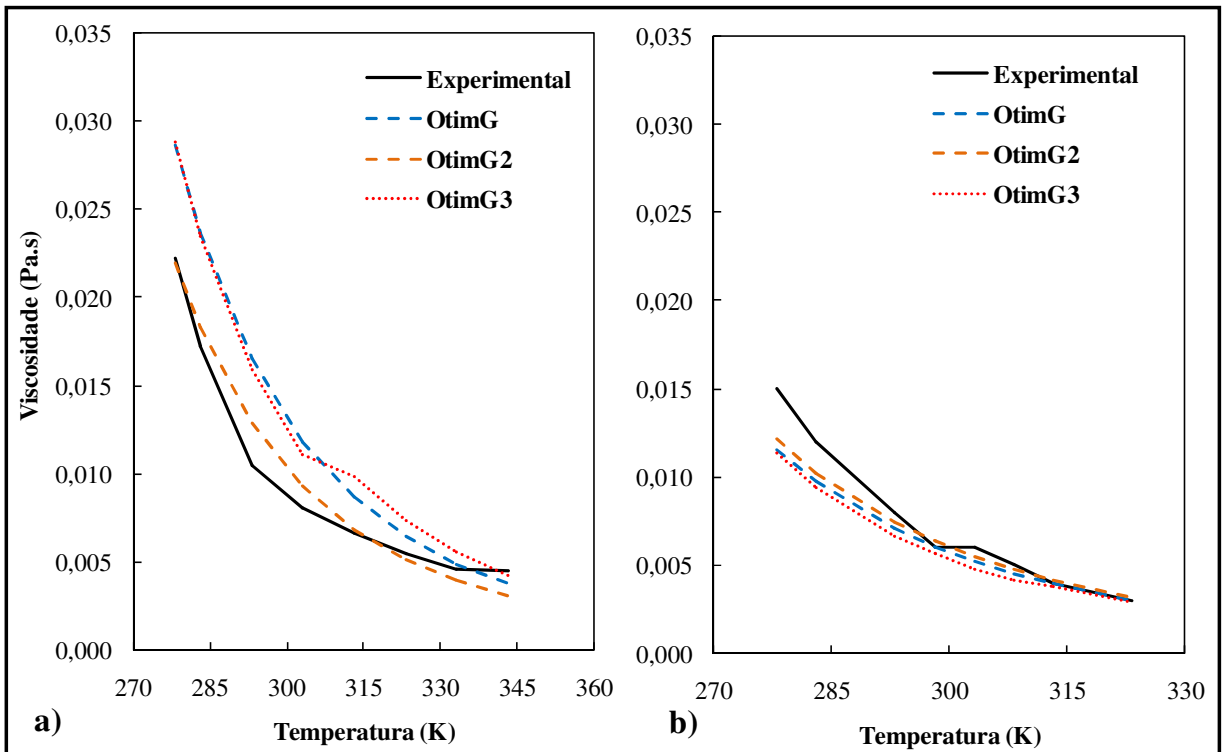


Fonte: Autor (2015).

Observou-se que o ajuste OtimG, em que os parâmetros matemáticos são otimizados para toda a faixa de concentrações de SST e temperaturas, apresentou os menores percentuais de ocorrência em baixas concentrações, sendo a estratégia de otimização menos recomendada em todos os modelos. Enquanto a otimização por faixas de concentrações de SST (OtimG2), apresentou os maiores percentuais de ocorrência de dados dentro da faixa de desvios relativos de até 15%.

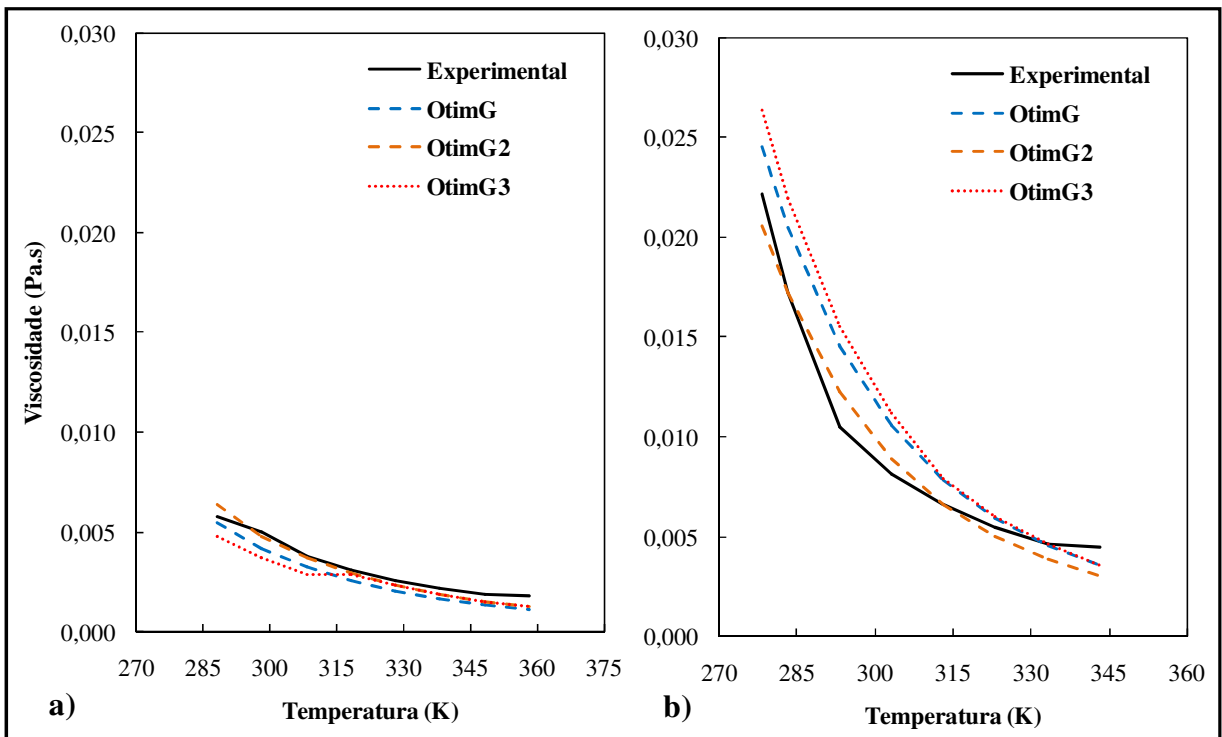
Sendo a melhor estratégia de otimização dos parâmetros matemáticos, com o Modelo 2 (E_a -Equação 10) e Modelo 4 (E_a -Equação 12) a garantirem os maiores percentuais de ocorrência com valores de, respectivamente, 92,28 % e 91,39 %. As Figuras 29 e 30 compara a viscosidade experimental e calculada nas três otimizações globais em algumas concentrações de SST, indicando claramente que o ajuste OtimG2 melhora a predição da viscosidade de sucos de frutas.

Figura 29 - Comparação entre viscosidade experimental e calculada para Modelo 2 (E_a - Equação 10) para os sucos de (a) cereja 49,0 °Brix e (b) maçã 45,1 °Brix



Fonte: Autor (2015).

Figura 30 - Comparação entre viscosidade experimental e calculada para Modelo 4 (E_a - Equação 12) para os sucos de (a) manga 34,0 °Brix e (b) cereja 49,0 °Brix



Fonte: Autor (2015).

4.5 Validação dos modelos matemáticos

Nesta seção é apresentada uma das contribuições mais importantes do presente trabalho. Os melhores resultados obtidos para a otimização OtimG2 foram validados com dados de viscosidade para o suco de laranja (IBARZ; GONZALEZ; ESPLUGAS, 1994) (Tabela 7).

Tabela 7 - Dados de viscosidade experimental para suco clarificado de laranja

Viscosidade dinâmica (Pa.s)								
SST (°Brix)								
T (K)	30,7	34,8	40,0	44,5	50,5	54,1	59,3	63,5
278,15	0,00637	0,00768	0,01170	0,01800	0,03100	0,05280	0,12070	0,30090
283,15	0,00541	0,00690	0,00969	0,01390	0,02370	0,03890	0,09640	0,19190
293,15	0,00419	0,00514	0,00698	0,00951	0,01520	0,02250	0,04810	0,08470
303,15	0,00327	0,00389	0,00518	0,00702	0,01030	0,01480	0,02840	0,05170
313,15	0,00266	0,00320	0,00417	0,00539	0,00769	0,01050	0,01870	0,03210
323,15	0,00208	0,00252	0,00340	0,00437	0,00600	0,00782	0,01300	0,02090
333,15	0,00175	0,00217	0,00276	0,00361	0,00491	0,00626	0,00960	0,01480
343,15	0,00153	0,00185	0,00256	0,00322	0,00411	0,00543	0,00779	0,01110

O desvio médio geral, Teste-F e χ^2 foram utilizados para determinação da qualidade do ajuste do Modelo 2 (E_a -Equação 10), Modelo 4 (E_a -Equação 12) e Modelo 3 (E_a -Equação 12), considerando os parâmetros globais obtidos na otimização OtimG2 (Anexo 19). Os parâmetros específicos foram estimados através do Método Simplex por meio da subrotina "Amoeba" com o ambiente de desenvolvimento VBA/Microsoft Office Excel 2007 para o suco de laranja e são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Parâmetros específicos estimados para suco clarificado de laranja ^a

Modelos	α	β	δ	γ
Modelo 2 (Equação 10) ^b	3,24E-03	1,18E-02	-	-
Modelo 3 (Equação 12) ^c	0,84E-03	1,40E-02	5,35E+00	1,07E+02
Modelo 4 (Equação 12) ^b	-0,94E-08	1,11E-06	2,17E-05	3,03E-03

^a Dados experimentais obtidos por Ibarz, Gonzalez e Esplugas (1994). ^b Parâmetros para concentrações entre 30,7 a 50,5 °Brix. ^c Parâmetros para concentrações entre 54,1 a 63,5 °Brix.

Os desvios médios relativos obtidos para a validação são apresentados na Tabela 9. Observou-se que os modelos garantiram desvios médios abaixo de 12% e não apresentaram

diferenças estatísticas significativas entre a viscosidade calculada e experimental, além de apresentarem com boa predição no Teste χ^2 com valores pequenos.

Tabela 9 - Parâmetros estatísticos suco clarificado de laranja

	S ^c	DMA ^d	DMR(%) ^e	χ^2
Modelo 2 (Equação 10) ^b	0,00	0,00	6,44 ^f	0,0018
Modelo 3 (Equação 12) ^c	0,01	0,00	4,16 ^f	0,0087
Modelo 4 (Equação 12) ^b	0,00	0,00	5,42 ^f	0,0092

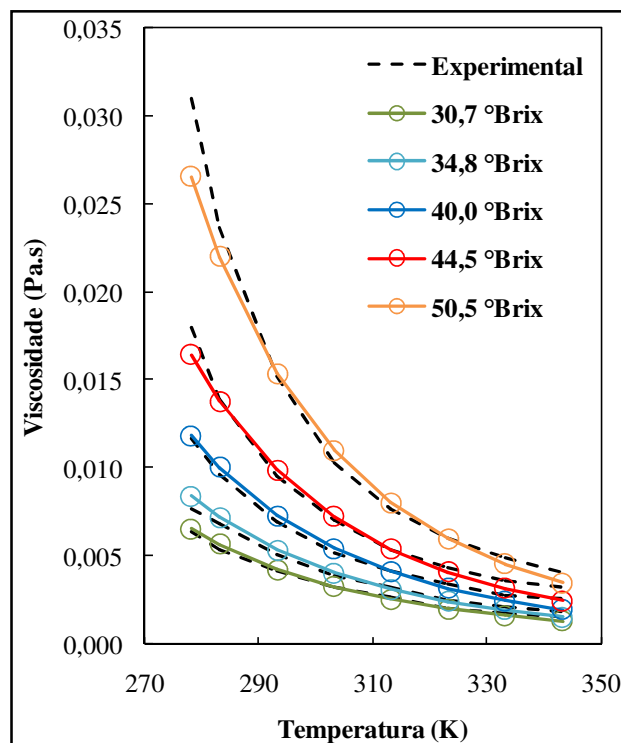
^a Parâmetros para concentrações entre 30,7 a 50,5 °Brix. ^b Parâmetros para concentrações entre 54,1 a 63,5

°Brix. ^c S (Desvio padrão) = $\sqrt{(\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}})^2 / N}$ ^d DMA (Desvio Médio Absoluto) = $\frac{1}{N} \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}|$

^e DMR%(Desvio Médio Relativo) = $\frac{100 \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}|}{N \eta_{\text{exp}}}$ ^f Indica que não existe diferenças significativas entre a viscosidade experimental e calculada a 1% de probabilidade pelo Teste de Fisher.

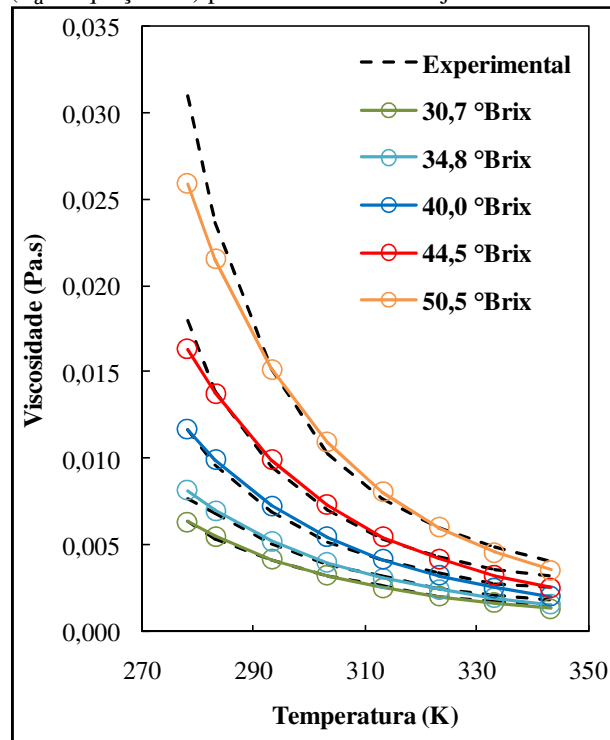
Os três modelos, Modelo 2 (E_a-Equação 10) e Modelo 4 (E_a-Equação 12) aplicado apenas em concentrações abaixo de 51,0 °Brix e Modelo 3 (E_a-Equação 12) para concentrações acima de 51,0 °Brix apresentaram excelente predição da viscosidade dinâmica do suco de laranja, como mostra as Figuras 31 a 33. Confirmando que os parâmetros globais e específicos obtidos em diferentes faixas de concentrações de SST (OtimG2) garantem boa predição da viscosidade dinâmica.

Figura 31 - Comparação entre viscosidade experimental e calculada para Modelo 2 (E_a - Equação 10) para os sucos de laranja em baixas concentrações de SST



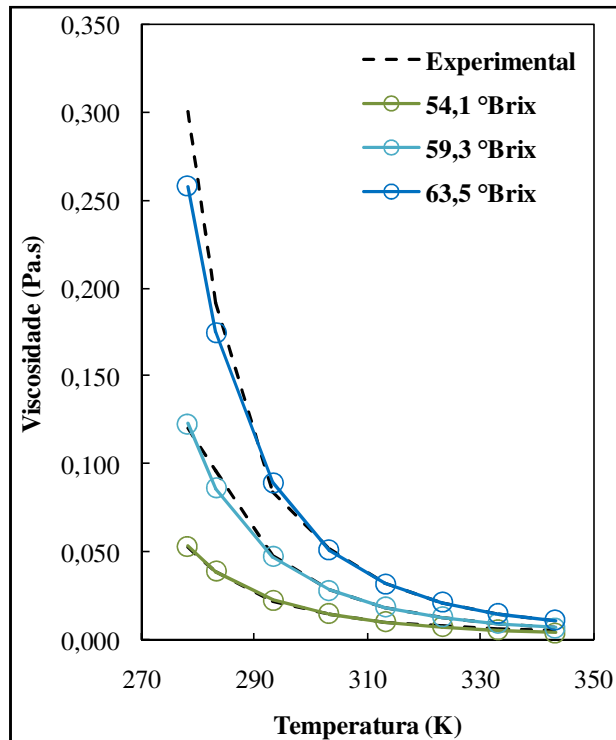
Fonte: Autor (2015).

Figura 32 - Comparação entre viscosidade experimental e calculada para Modelo 4 (E_a - Equação 12) para os sucos de laranja em baixas concentrações de SST



Fonte: Autor (2015).

Figura 33 - Comparação entre viscosidade experimental e calculada para Modelo 3 (E_a - Equação 12) para os sucos de laranja em altas concentrações de SST



Fonte: Autor (2015).

5 CONCLUSÕES

O Modelo 3, ajustado com as equações polinomiais de 2ª e 3ª ordem no cálculo da energia de ativação, mostrou-se a melhor opção na predição da viscosidade dinâmica dos sucos de frutas, quando calculada individualmente para as concentrações de 15,0 a 50,1 °Brix. No entanto, os parâmetros matemáticos obtidos na otimização específica (OtimE), representaram os melhores ajustes individuais dos modelos, podendo ser utilizados individualmente em cada suco avaliado.

Para os ajustes globais OtimG, OtimG2 e OtimG3, os melhores resultados na predição da viscosidade dinâmica foram obtidos entre as concentrações de 17,0 a 50,1 °Brix para o Modelo 1 (E_a -Equação 9), Modelo 2 (E_a -Equação 10), Modelo 3 (E_a -Equação 11) e Modelo 4 (E_a -Equação 12). No entanto, a otimização dos parâmetros globais e específicos por faixas de concentrações de SST (OtimG2), mostrou-se a melhor estratégia de otimização dos parâmetros matemáticos apresentando os maiores percentuais de ocorrência de viscosidade calculada com desvios relativos aceitáveis.

Destacou-se a correlação modificada de Arrhenius proposta por Ibarz et al. (1992) (Modelo 2) e a relação matemática de Rao (2007) também derivada da relação matemática de Arrhenius-Guzman (Modelo 4), que se mostraram as melhores opções de modelos generalizados em concentrações de 17,0 a 50,1 °Brix. Enquanto a equação de Vogel (Modelo 3) apresentou os melhores resultados como modelo geral entre as concentrações de 51,0 a 66,0 °Brix, limitando-se a aplicação no cálculo da viscosidade de somente sete sucos do banco de dados.

A validação dos modelos com melhores resultados no ajuste OtimG2 apresentou excelente resultado na predição da viscosidade dinâmica do suco clarificado de laranja, com percentuais de desvios médios aceitáveis. Portanto, os modelos são aplicáveis para o cálculo da viscosidade dinâmica de sucos clarificados de frutas, considerando os parâmetros matemáticos dos modelos para diferentes faixas de concentrações de sólidos solúveis totais.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para buscar melhorar os resultados obtidos nesse trabalho e considerando que os sucos de frutas clarificados possuem em sua composição açúcares, é sugerido:

- ✓ Buscar na literatura e incluir no banco de dados experimentais a composição detalhada de açúcares nos sucos de frutas avaliados.
- ✓ Remodelar utilizando as três estratégias de ajustes globais e os melhores modelos incluindo parâmetros matemáticos para as quantidades dos diferentes açúcares.
- ✓ Estimar parâmetros de interação da pectina para melhorar a predição do suco de limão-galego.

REFERÊNCIAS

- ABDULAGATOV, A. I. *et al.* Effect of temperature, pressure and concentration on the viscosity of fruit juices: experimental and modeling. In: SCARDINA, P. G. (Ed.). . **Fruit juices; properties, consumption, and nutrition**. New York: Nova Biomedical Books, 2009. p. 375.
- ADORNO, R. A. C. **Reologia de sucos de frutas tropicais: manga, maracujá, mamão e goiaba**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1997.
- BALISCHI, L. *et al.* Influência do tratamento enzimático sobre as características reológicas e microscópicas da polpa de acerola. **Acta Scientiarum**, v. 28, n. 6, p. 1649–1658, 2002.
- BARBOSA-CÁNOVAS, G.; IBARZ, A. **Unit operations in food engineering**. Boca Raton: CRC Press, 2002. v. 6
- BARNES, H. A. **A handbook of elementary rheology**. Aberystwyth: The University of Wales Institute of Non-Newtonian Fluid Mechanics, 2000.
- BARNES, H. A.; HUTTON, J. F.; WALTERS, F. R. S. K. **An Introduction to Rheology**. 3. ed. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1989. v. 1
- BARRET, D. M.; SOMOGYI, L.; RAMASWAMY, H. **Processing fruits science and technology**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press LLC, 2004.
- BAYINDIRLI, L. Mathematical analysis of variation of density and viscosity of apple juice with temperature and concentration. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 16, n. 1, p. 23–28, fev. 1992.
- BIRD, R. B.; STEWART, W. E.; LIGHTFOOT, E. N. **Transport phenomena**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 2006.
- BODBODAK, S. *et al.* Modeling of rheological characteristics of “ Malas Yazdi ” (*Punica granatum L.*) pomegranate juice. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 15, p. 961–971, 2013.
- BONA, E. *et al.* Aplicativo para otimização empregando o método simplex sequencial. **Acta Scientiarum**, v. 22, n. 5, p. 1201–1206, 2000.
- BRASIL. Instrução Normativa n.12 de 04 de setembro de 2003. **Diário Oficial da República do Brasil**, Seção 1. p. 2, 2003.
- BRASIL, I. M.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W. Mudanças físico-químicas durante a extração e clarificação de suco de goiaba (*Psidium guajava L. var. pomifera*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 3, n. 8, p. 1097–1106, 1995.
- BROCK, J. *et al.* Determinação experimental da viscosidade e condutividade térmica de óleos vegetais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 564–570, set. 2008.

BRUMMER, R. **Rheology Essentials of Cosmetic and Food Emulsions**. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 2006.

BRUNETTI, F. **Mecânica dos fluidos**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

CEPEDA, E.; VILLARÁN, M. C. Density and viscosity of *Malus floribunda* juice as a function of concentration and temperature. **Journal of Food Engineering**, v. 41, n. 2, p. 103–107, ago. 1999.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças - Fisiologia e Manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.

COUTINHO, M. R. *et al.* Novo modelo de parâmetros concentrados aplicado à hidratação de grãos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 451–455, set. 2007.

CRUZ, R. S. M.; KHMELINSKII, I.; VIEIRA, M. **Methods in food analysis**. Boca Raton: CRC Press, 2014.

CURCIO, S. **A FEM analysis of transport phenomena occurring during vegetable drying**. Milano: Proceedings of the COMSOL Users Conference, 2006

DAK, M.; VERMA, R. C.; JAAFFREY, S. N. A. Effect of temperature and concentration on rheological properties of “Kesar” mango juice. **Journal of Food Engineering**, v. 80, n. 4, p. 1011–1015, jun. 2007.

EYRING, H. Viscosity, Plasticity, and Diffusion as Examples of Absolute Reaction Rates. **The Journal of Chemical Physics**, v. 4, n. 4, p. 283, 1936.

FALGUERA, V.; IBARZ, A. A new model to describe flow behaviour of concentrated orange juice. **Food Biophysics**, v. 5, n. 2, p. 114–119, 2 mar. 2010.

FALGUERA, V.; IBARZ, A. **Juice Processing**. Boca Raton: CRC Press, 2014. v. 20143939

FERREIRA, G. M.; GUIMARÃES, M. J. DE O. C.; MAIA, M. C. A. Efeito da temperatura e taxa de cisalhamento nas propriedades de escoamento da polpa de cupuaçu (*T. grandiflorum* Schum) integral. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 385–389, jun. 2008.

FISHER, R. A. **The design of experiments**. 6. ed. New York: [s.n.].

FOX, R. W.; MCDONALD, A. T.; PRITCHARD, P. J. **Introdução à Mecânica dos Fluidos**. 6. ed. [s.l.] LTC, 2006.

GINER, J. *et al.* Rheology of clarified cherry juices. **Journal of Food Engineering**, v. 30, n. 1-2, p. 147–154, out. 1996.

GOODWIN, J. W.; HUGHES, R. W. **Rheology for chemists: An introduction**. 2. ed. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2008.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. Rheological Models of Kiwifruit Juice for Processing Applications. **Journal of Food Processing & Technology**, v. 02, n. 01, 2011.

HAMINIUK, C. W. I. *et al.* Rheological characterization of blackberry pulp. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 9, n. 4, p. 291–296, 2006.

HUANG, Y.; WHITTAKER, D.; LACEY, R. E. **Automation for food engineering**. Boca Raton, Flórida: CRC Press LLC, 2001.

IBARZ, A. *et al.* Rheological properties of clarified pear juice concentrates. **Journal of Food Engineering**, v. 10, n. 1, p. 57–63, jan. 1989.

IBARZ, A. *et al.* Rheology of clarified fruit juices. I: Peach juices. **Journal of Food Engineering**, v. 15, n. 1, p. 49–61, jan. 1992.

IBARZ, A.; GARVIN, A.; COSTA, J. Rheological behaviour of sloe (*Prunus spinosa*) fruit juices. **Journal of Food Engineering**, v. 27, n. 4, p. 423–430, jan. 1996.

IBARZ, A.; GONZALEZ, C.; ESPLUGAS, S. Rheology of clarified fruit juices. III: Orange juices. **Journal of Food Engineering**, v. 21, n. 4, p. 485–494, jan. 1994.

IBARZ, A.; PAGÁN, J.; MIGUELSANZ, R. Rheology of clarified fruit juices. II: Blackcurrant juices. **Journal of Food Engineering**, v. 15, n. 1, p. 63–73, jan. 1992.

IBARZ, A.; VICENTE, M.; GRAELL, J. Rheological behaviour of apple juice and pear juice and their concentrates. **Journal of Food Engineering**, v. 6, n. 4, p. 257–267, jan. 1987.

IDEC. **Falta fruta na caixinha**. Disponível em:

<http://www.idec.org.br/uploads/revistas_materias/pdfs/184-capa-suco1.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2014.

ISHII, S.; YOKOTSUKA, T. Susceptibility of fruit juice to enzymic clarification by pectin lyase and its relation to pectin in fruit juice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 21, n. 2, p. 269–272, mar. 1973.

JUSZCZAK, L.; FORTUNA, T. Viscosity of concentrated strawberry juice. Effect of temperature and soluble solids content. **Electronic Journal of Polish Agricultural Universities**, v. 6, n. 2, 2003.

JUSZCZAK, L.; FORTUNA, T. Effect of temperature and soluble solid content on the viscosity of cherry juice concentrate. **International Agrophysics**, v. 18, n. 1, p. 17–21, 2004.

KAWATRA, S. K.; BAKSHI, A. K. On-line measurement of viscosity and determination of flow types for mineral suspensions. **International Journal of Mineral Processing**, v. 47, n. 3-4, p. 275–283, ago. 1996.

LOPES, A. S. *et al.* Rheological behavior of brazilian cherry (*Eugenia uniflora* L.) pulp at pasteurization temperatures. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 33, n. 1, p. 26–31, mar. 2013.

MAGERRAMOV, M. A. *et al.* Effect of temperature, concentration, and pressure on the viscosity of pomegranate and pear juice concentrates. **Journal of Food Engineering**, v. 80, n. 2, p. 476–489, maio 2007a.

MAGERRAMOV, M. A. *et al.* Viscosity of tangerine and lemon juices as a function of temperature and concentration. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 42, n. 7, p. 804–818, jul. 2007b.

MANJUNATHA, S. S.; RAJU, P. S.; BAWA, A. S. Modelling the rheological behaviour of enzyme clarified lime (*Citrus aurantifolia* L.) juice concentrate. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 30, n. 5, p. 456–466, 2012.

MARTINS, C. M. T. **Curso Intensivo de Estatística Computacional**. Disponível em: <<http://www.mat.uc.pt/~cmtm/ECwww/ANOVA.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2015.

MIRANDA, V. A. M. DE *et al.* Viscosidade aparente de polpas de graviola com diferentes concentrações. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**2, v. 13, n. Especial, p. 363–374, 2011.

MOELANTS, K. R. N. *et al.* Rheology of concentrated tomato-derived suspensions: Effects of particle characteristics. **Food and Bioprocess Technology**, v. 7, n. 1, p. 248–264, 5 mar. 2013.

NAGAR, S.; MITTAL, A.; GUPTA, V. K. Enzymatic clarification of fruit juices (Apple, pineapple, and tomato) using purified *Bacillus pumilus* SV-85S xylanase. **Biotechnology and Bioprocess Engineering**, v. 17, n. 6, p. 1165–1175, 4 jan. 2013.

NELDER, J. A.; MEAD, R. A Simplex Method for function minimization. **The Computer Journal**, v. 7, n. 4, p. 308–313, 1 jan. 1965.

NETO, B. DE B.; SCARMÍNIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. Campinas: Editora da Unicamp, 2001.

PEREIRA, C. G.; DE RESENDE, J. V.; GIAROLA, T. M. O. Relationship between the thermal conductivity and rheological behavior of acerola pulp: Effect of concentration and temperature. **LWT - Food Science and Technology**, v. 58, n. 2, p. 446–453, out. 2014.

PIRILLO, C. P.; SABIO, R. P. **100% suco, nem tudo é suco nas bebidas de frutas**. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/81/full.pdf>>. Acesso em: 3 set. 2014.

POLING, B. E. *et al.* **The properties of gases and liquids**. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 2001.

PRESS, W. H. *et al.* **Numerical Recipes: The art of scientific computing**. 3. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

RAO, M. A. *et al.* Influence of rheological properties of fluid and semisolid foods on the performance of a filler. **Journal of Food Process Engineering**, v. 16, n. 4, p. 289–304, dez. 1993.

RAO, M. A. **Rheology of fluid and semisolid foods**. Boston, MA: Springer US, 2007.

- RAO, M. A.; RIZVI, S. S. H.; DATTA, A. K. **Engineering Properties of Foods**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2005.
- RAO, S. S. **Engineering optimization: Theory and practice**. 4. ed. New Jersey: John Wiley and Sons, INC, 2009.
- SCARDINA, P. G. **Fruit Juices: Properties, Consumption and Nutrition**. New York: Nova Science Publishers, Incorporated, 2009.
- SCREMIN, F. F. **Influência do estado de maturação e das etapas de processamento na reologia e caracterização físico-química da polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) pasteurizada**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.
- SHAMSUDIN, R. *et al.* Rheological properties of jospine pineapple juice at different stages of maturity. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 44, n. 4, p. 757–762, abr. 2009.
- SIMION, A. I. *et al.* Modeling of the thermo-physical properties of grapes juice iii . Viscosity and heat capacity. **International Conference of Applied Sciences, Chemistry and Chemical Engineering – CISA 2011**, v. 12, n. April, p. 409–420, 2011.
- SINGH, N. I.; EIPESON, W. E. Rheological behaviour of clarified mango juice concentrates. **Journal of Texture Studies**, v. 31, n. 3, p. 287–295, 2000.
- SINGH, R. P.; HELDMAN, D. R. **Introducción a la ingeniería de los alimentos**. Tradução Jesús Ceamanos Lavilla. 3. ed. Orlando, Flórida: Academic Press, 2001.
- SODRÉ, U. **Modelos matemáticos**. Disponível em: <<http://www.uel.br/projetos/matessencial/superior/pdfs/modelos.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2014.
- SPENDLEY, W.; HEXT, G. R.; HIMSWORTH, F. R. Sequential application of simplex designs in optimization and evolutionary operation. **Technometrics**, v. 4, n. 4, p. 441–461, 1962.
- STEFFE, J. **Rheological methods in food process engineering**. 2. ed. East Lansing, Michigan: Freeman Press, 1996.
- TABILO-MUNIZAGA, G.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Rheology for the food industry. **Journal of Food Engineering**, v. 67, n. 1-2, p. 147–156, mar. 2005.
- TONON, R. V. *et al.* Steady and dynamic shear rheological properties of açai pulp (*Euterpe oleraceae* Mart.). **Journal of Food Engineering**, v. 92, n. 4, p. 425–431, jun. 2009.
- VANDRESEN, S. *et al.* Temperature effect on the rheological behavior of carrot juices. **Journal of Food Engineering**, v. 92, n. 3, p. 269–274, jun. 2009.
- VENDRÚSCOLO, A. T. **Comportamento reológico e estabilidade física de polpa de carambola (*Averrhoa carambola* L.)**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

VERGILI JUNIOR, R.; MORAN, P. J. S.; BRUNS, R. E. An application of the simplex optimization method to the treatment of kinetic data. **Química Nova**, v. 12, n. 2, p. 117–122, 1989.

VISWANATH, D. S. *et al.* **Viscosity of Liquids – Theory, Estimation, Experiment, and Data**. The Netherlands: Springer, 2007.

WALTERS, F. H. **Sequential simplex optimization: A technique for improving quality and productivity in research, development, and manufacturing**. Boca Raton: CRC Press, 1991.

ZURITZ, C. A. *et al.* Density, viscosity and coefficient of thermal expansion of clear grape juice at different soluble solid concentrations and temperatures. **Journal of Food Engineering**, v. 71, n. 2, p. 143–149, nov. 2005.

APÊNDICE A - TESTES ESTATÍSTICOS DE FISHER E QUI-QUADRADO

A Análise de Variância ou ANOVA é uma técnica estatística na qual a variância amostral é particionada em diversos componentes devido a diferentes fatores (variáveis), que tem objetivo estudar fatores ou tratamentos, fornecendo embasamento teórico para que as médias dos tratamentos sejam comparadas ao nível de α de probabilidade (Martins, 2007).

Teste de Fisher

O trabalho de Fisher apresenta a técnica de análise de variância ou ANOVA no desenvolvimento da tabela para o Teste-F (Fisher, 1935). Nesse teste, a finalidade é de comparar as estimativas das variâncias dos tratamentos. Sendo apenas um teste adequado para detectar se existem diferenças significativas em pelo menos dois tratamentos estudados no experimento. Tendo como desvantagem em apenas apontar a existência das diferenças entre as médias dos tratamentos, sem identifica as maiores diferenças. E como vantagem, possui aplicação universal, pois em todos os delineamentos o Teste-F pode ser aplicado, além da simplicidade da aplicação que rapidamente detecta-se ou não as diferenças, caso existam.

O valor de F_{calc} pode ser obtido pela expressão abaixo:

$$F_{calc} = \frac{SQ_{trat}}{SQ_{res}}$$

SQ_{trat} : soma dos quadrados dos tratamentos;

SQ_{res} : soma dos quadrados dos resíduos.

Este valor é comparado com valores crítico (F_{crit}) para decidir se existem diferenças significativas entre as médias estudadas: $F_{calc} \leq F_{crit}$ ou $Valor - P \geq \alpha$ não existem diferenças; e, $F_{calc} > F_{crit}$ ou $Valor - P < \alpha$ indicam que existem diferenças significativas.

Teste Qui-Quadrado ou Teste de ajustamento (χ^2)

O Teste de Qui-Quadrado de aderência consiste em comparar os dados obtidos experimentalmente com os dados esperados de acordo com uma descrição matemática. Podendo existir diferenças grandes ou pequenas. Quando grandes, a hipótese H_0 (que

pressupõe “bom” ajustamento ou a não existência de diferenças significativas entre a viscosidade experimental e calculada) deverá ser rejeitada em favor da hipótese alternativa (H_a); se forem pequenas, a H_o não será rejeitada e as diferenças serão atribuíveis ao acaso (Equação 13).

$$\chi^2 = \frac{\sum(O - E)^2}{E}$$

Onde O e E indicam respectivamente frequência observada (viscosidade experimental) e esperada (viscosidade calculada). A regra de decisão do teste é dada pela estrutura abaixo. O valor crítico obtido foi considerado de $\chi_{350}^2 = 384,306$ para 360 graus de liberdade e de $\chi_{159}^2 = 182,239$ para 159 graus de liberdade ao nível de significância de 10%.

Se $\chi_{calculado}^2 > \chi_{crítico}^2 \rightarrow H_o$ deverá ser rejeitada.

Se $\chi_{calculado}^2 < \chi_{crítico}^2 \rightarrow H_o$ não poderá ser rejeitada.

Apêndice A.1 - Valores calculados do Teste-F (Valor-P) para a otimização específico (OtimE).

Baixas concentrações (15,0 - 50,1 °Brix)				
	E_a - Equação 9	E_a - Equação 10	E_a - Equação 11	E_a - Equação 12
Modelo 1	0,0304 ^a	0,3223 ^a	0,6415 ^a	0,1102 ^a
Modelo 2	0,4354 ^a	0,5998 ^a	0,4904 ^a	0,3608 ^a
Modelo 3	0,8293 ^a	0,8533 ^a	0,6034 ^a	0,6892 ^a
Modelo 4	0,7183 ^a	0,0057	0,6288 ^a	0,3815 ^a
Altas concentrações (51,0 - 74,0 °Brix)				
	E_a - Equação 9	E_a - Equação 10	E_a - Equação 11	E_a - Equação 12
Modelo 1	2,6481 E-60	3,9524 E-105	1,4465 E-86	2,7979 E-88
Modelo 2	7,0166 E-67	6,7573 E-68	1,8813 E-17	3,5749 E-29
Modelo 3	2,5159 E-72	1,1520 E-10	1,5239 E-01	3,1561 E-01
Modelo 4	4,6123 E-68	9,5794 E-53	4,3655 E-48	8,3344 E-48

^a Indica que não existe diferenças significativas entre as viscosidades experimentais e calculadas a 1% de probabilidade pelo Teste de Fisher.

Apêndice A.2 - Valores calculados do Teste Qui-Quadrado (χ^2) para a otimização específico (OtimE).

Baixas concentrações (15,0 - 50,1 °Brix) ^a				
	E_a - Equação 9	E_a - Equação 10	E_a - Equação 11	E_a - Equação 12
Modelo 1	0,1094 ^c	0,0739 ^c	0,0358 ^c	0,0332 ^c
Modelo 2	0,0481 ^c	0,0296 ^c	0,0256 ^c	0,0190 ^c
Modelo 3	0,0419 ^c	0,0412 ^c	0,0345 ^c	0,0310 ^c
Modelo 4	0,0524 ^c	0,1237 ^c	0,0234 ^c	0,0250 ^c
Altas concentrações (51,0 - 74,0 °Brix) ^b				
	E_a - Equação 9	E_a - Equação 10	E_a - Equação 11	E_a - Equação 12
Modelo 1	567,1702	162,2698 ^c	167,3772 ^c	112,0864 ^c
Modelo 2	361,3664	312,4584	9,8865 ^c	30,4791 ^c
Modelo 3	661,1802	6,1171 ^c	4,1221 ^c	0,9713 ^c
Modelo 4	114,9266 ^c	61,2942 ^c	46,8793 ^c	40,2645 ^c

^a 360 graus de liberdade ($\chi_c^2 = 384,306$); ^b 159 graus de liberdade ($\chi_c^2 = 182,239$); ^c Valores de Qui-Quadrado calculado (χ^2) menor que o (χ_c^2) indicam “bom” ajustamento do modelo a nível de significância de 10%.

Apêndice A.3 - Valores calculados do Teste-F (Valor-P) para os modelos avaliados no ajuste OtimG.

Baixas concentrações (15,0 - 50,1 °Brix)				
	E_a - Equação 9	E_a - Equação 10	E_a - Equação 11	E_a - Equação 12
Modelo 1	0,1518 ^a	0,0469 ^a	0,0290 ^a	0,0186 ^a
Modelo 2	0,6101 ^a	0,5842 ^a	0,8197 ^a	0,7013 ^a
Modelo 3	0,8976 ^a	0,1297 ^a	0,9475 ^a	0,9914 ^a
Modelo 4	0,8890 ^a	0,0001	0,4355 ^a	0,2089 ^a
Altas concentrações (51,0 - 74,0 °Brix)				
	E_a - Equação 9	E_a - Equação 10	E_a - Equação 11	E_a - Equação 12
Modelo 1	7,3981E-135	4,6794E-124	1,7951E-123	1,1802E-97
Modelo 2	7,6592E-91	2,5156E-90	1,6427E-34	6,2001E-22
Modelo 3	4,0857E-66	2,1071E-52	2,1382E-57	2,6805E-45
Modelo 4	4,0310E-102	1,2933E-160	1,2141E-59	1,2246E-77

^a Indica que não existe diferenças significativas entre as viscosidades experimentais e calculadas a 1% de probabilidade pelo Teste de Fisher.

Apêndice A.4 - Valores calculados do Teste Qui-Quadrado (χ^2) para os modelos avaliados no ajuste OtimG.

Baixas concentrações (15,0 - 50,1 °Brix) ^a				
	E_a - Equação 9	E_a - Equação 10	E_a - Equação 11	E_a - Equação 12
Modelo 1	0,0605 ^c	0,0698 ^c	0,0685 ^c	0,0712 ^c
Modelo 2	0,1820 ^c	0,0517 ^c	0,0391 ^c	0,0404 ^c
Modelo 3	0,2782 ^c	0,3367 ^c	0,0545 ^c	0,0630 ^c
Modelo 4	0,0485 ^c	0,1339 ^c	0,0498 ^c	0,0341 ^c
Altas concentrações (51,0 - 74,0 °Brix) ^b				
	E_a - Equação 9	E_a - Equação 10	E_a - Equação 11	E_a - Equação 12
Modelo 1	643,2346	435,4308	217,9201	145,8995 ^c
Modelo 2	114,7135 ^c	136,8660 ^c	26,8123 ^c	14,0805 ^c
Modelo 3	65,4298 ^c	19449,3231	50,3147 ^c	9718,8859
Modelo 4	183,0960	1734,0620	58,7252 ^c	84,5516 ^c

^a 360 graus de liberdade ($\chi_c^2 = 384,306$); ^b 159 graus de liberdade ($\chi_c^2 = 182,239$); ^c Valores de Qui-Quadrado calculado (χ^2) menor que o (χ_c^2) indicam “bom” ajustamento do modelo a nível de significância de 10%.

Apêndice A.5 - Valores calculados do Teste-F (Valor-P) para os modelos avaliados no ajuste OtimG2.

Baixas concentrações (15,0 - 50,1 °Brix)				
	E_a - Equação 9	E_a - Equação 10	E_a - Equação 11	E_a - Equação 12
Modelo 1	0,0053	0,0059	0,0076	0,0043
Modelo 2	0,1606 ^a	0,0875 ^a	0,5634 ^a	0,4147 ^a
Modelo 3	0,3879 ^a	0,8429 ^a	0,5961 ^a	0,8633 ^a
Modelo 4	0,8317 ^a	0,0000	0,5057 ^a	0,0614 ^a
Altas concentrações (51,0 - 74,0 °Brix)				
	E_a - Equação 9	E_a - Equação 10	E_a - Equação 11	E_a - Equação 12
Modelo 1	1,3648E-55	4,1921E-125	3,2458E-119	3,8129E-73
Modelo 2	3,9975E-56	3,7150E-49	1,5239E-41	1,8136E-23
Modelo 3	7,2624E-35	5,2678E-163	2,2530E-26	6,6632E-12
Modelo 4	5,6082E-48	4,4077E-160	4,1281E-42	1,1375E-66

^a Indica que não existe diferenças significativas entre as viscosidades experimentais e calculadas a 1% de probabilidade pelo Teste de Fisher.

Apêndice A.6 - Valores calculados do Teste Qui-Quadrado (χ^2) para os modelos avaliados no ajuste OtimG2.

Baixas concentrações (15,0 - 50,1 °Brix) ^a				
	E_a - Equação 9	E_a - Equação 10	E_a - Equação 11	E_a - Equação 12
Modelo 1	0,0555 ^c	0,0689 ^c	0,0605 ^c	0,0626 ^c
Modelo 2	0,0830 ^c	0,0351 ^c	0,0368 ^c	0,0327 ^c
Modelo 3	0,2670 ^c	0,0389 ^c	0,0367 ^c	0,0430 ^c
Modelo 4	0,0408 ^c	0,1275 ^c	0,0405 ^c	0,0311 ^c
Altas concentrações (51,0 - 74,0 °Brix) ^b				
	E_a - Equação 9	E_a - Equação 10	E_a - Equação 11	E_a - Equação 12
Modelo 1	57,2386 ^c	398,7071	199,4409	99,0097 ^c
Modelo 2	50,1291 ^c	39,8046 ^c	31,0843 ^c	14,2327 ^c
Modelo 3	23,4577 ^c	1777,0884	16,0432 ^c	5,6950 ^c
Modelo 4	39,5669 ^c	1713,4127	31,7140 ^c	68,4152 ^c

^a 360 graus de liberdade ($\chi_c^2 = 384,306$); ^b 159 graus de liberdade ($\chi_c^2 = 182,239$); ^c Valores de Qui-Quadrado calculado (χ^2) menor que o (χ_c^2) indicam “bom” ajustamento do modelo a nível de significância de 10%.

Apêndice A.7 - Valores calculados do Teste-F (Valor-P) para os modelos avaliados no ajuste OtimG3.

Baixas concentrações (15,0 - 50,1 °Brix)				
	E_a - Equação 9	E_a - Equação 10	E_a - Equação 11	E_a - Equação 12
Modelo 1	0,3623	0,3294	0,2199	0,0604
Modelo 2	0,6795	0,5553	0,6122	0,4002
Modelo 3	0,0488	0,0735	0,8686	0,5967
Modelo 4	0,9484	0,1087	0,3285	0,3699
Altas concentrações (51,0 - 74,0 °Brix)				
	E_a - Equação 9	E_a - Equação 10	E_a - Equação 11	E_a - Equação 12
Modelo 1	1,6125E-98	9,1641E-112	2,5564E-117	1,1091E-55
Modelo 2	1,5327E-96	9,8815E-60	2,0997E-18	7,6500E-12
Modelo 3	6,1027E-88	1,5137E-52	1,3396E-43	6,5031E-35
Modelo 4	1,1201E-97	1,3665E-140	3,5784E-49	2,9288E-45

^a Indica que não existe diferenças significativas entre as viscosidades experimentais e calculadas a 1% de probabilidade pelo Teste de Fisher.

Apêndice A.8 - Valores calculados do Teste Qui-Quadrado (χ^2) para os modelos avaliados no ajuste OtimG3.

Baixas concentrações (15,0 - 50,1 °Brix) ^a				
	E_a - Equação 9	E_a - Equação 10	E_a - Equação 11	E_a - Equação 12
Modelo 1	0,0623 ^c	0,7345 ^c	0,0475 ^c	0,0675 ^c
Modelo 2	53,5036 ^c	0,0404 ^c	0,0290 ^c	0,0321 ^c
Modelo 3	0,1677 ^c	0,2878 ^c	0,0430 ^c	0,0326 ^c
Modelo 4	0,1376 ^c	0,0951 ^c	0,0462 ^c	0,0334 ^c
Altas concentrações (51,0 - 74,0 °Brix) ^b				
	E_a - Equação 9	E_a - Equação 10	E_a - Equação 11	E_a - Equação 12
Modelo 1	551,9208	511,2351	222,3546	61,5545 ^c
Modelo 2	59209,1946	75,4396 ^c	15,1470 ^c	7,9215 ^c
Modelo 3	398,2767	19344,9769	32,9684 ^c	19103,6655
Modelo 4	184,8863	1301,3169	46,8968 ^c	36,7800 ^c

^a 360 graus de liberdade ($\chi_c^2 = 384,306$); ^b 159 graus de liberdade ($\chi_c^2 = 182,239$); ^c Valores de Qui-Quadrado calculado (χ^2) menor que o (χ_c^2) indicam “bom” ajustamento do modelo a nível de significância de 10%.

ANEXOS

Anexo 1 - Parâmetros matemáticos Modelos 1, 2, 3 e 4 (E_a - Equação 9), ajuste OtimE.

MODELO 1				MODELO 2				
Suco	η_{∞}	A	β	A₂	B₂	α	β	
Manga	7,38E-06	3,56E-05	2,60E-03	4,79E-06	-1,66E-04	1,41E-01	-1,49E-01	
Cereja	2,97E-06	3,56E-05	3,20E-03	1,30E-04	-1,10E-01	1,01E-04	9,83E-04	
Maçã	1,07E-09	1,11E-04	3,64E-03	7,60E-02	-2,71E-01	2,49E-04	-5,66E-03	
Romã	8,67E-07	3,56E-05	3,73E-03	1,66E-04	-1,65E-01	1,45E-04	2,22E-04	
Groselha	1,20E-06	5,17E-05	3,04E-03	3,59E-05	-7,01E-02	9,43E-05	9,78E-04	
Pêra	8,68E-07	3,56E-05	3,79E-03	3,07E-04	-1,85E-01	1,47E-04	2,24E-04	
Pêssego	7,87E-06	3,56E-05	2,74E-03	1,59E+00	-3,02E-01	2,48E-04	-6,09E-03	
Tangerina	8,58E-07	3,56E-05	3,91E-03	1,93E-04	-1,64E-01	1,46E-04	2,27E-04	
Limão	7,38E-07	3,56E-05	3,91E-03	2,32E-04	-1,76E-01	1,46E-04	2,25E-04	
Limão-galego	8,83E-04	1,25E-05	8,97E-04	3,35E-03	-5,24E-02	4,62E-05	3,79E-05	
Uva	6,46E-07	3,56E-05	3,91E-03	1,98E-04	-1,71E-01	1,44E-04	2,55E-04	
MODELO 3				MODELO 4				
Suco	A₃	B₃	α	β	A₄	B₄	α	β
Manga	-7,78E+00	-2,04E+02	6,37E+00	1,19E+01	1,45E-04	-9,77E-01	5,69E-05	2,14E-03
Cereja	-1,27E+01	2,74E+01	1,80E+01	1,80E+03	4,14E-02	-3,03E+00	8,95E-05	1,93E-03
Maçã	-1,01E+01	-1,69E+02	1,92E+01	-2,57E+02	1,16E+01	-5,29E+00	1,42E-04	9,27E-04
Romã	-1,13E+01	-1,16E+02	1,30E+01	5,99E+02	2,19E-04	-1,57E+00	6,93E-05	2,58E-03
Groselha	-7,91E+00	-1,96E+02	9,50E+00	-8,77E+01	1,10E-04	-9,95E-01	6,30E-05	2,07E-03
Pêra	-2,27E+01	4,77E+02	3,37E+01	1,20E+04	3,51E-04	-1,69E+00	6,99E-05	2,58E-03
Pêssego	-7,72E+00	-2,04E+02	9,80E+00	-1,44E+02	4,38E-01	-3,87E+00	1,10E-04	1,56E-03
Tangerina	-2,21E+01	4,85E+02	3,74E+01	1,17E+04	2,19E-04	-1,54E+00	7,35E-05	2,52E-03
Limão	-2,15E+01	5,21E+02	3,68E+01	1,17E+04	3,17E-04	-1,67E+00	6,83E-05	2,59E-03
Limão-galego	-5,66E+00	-2,42E+02	1,65E+00	-1,80E-01	1,72E-03	-1,88E+00	6,66E-05	2,60E-03
Uva	-2,34E+01	4,54E+02	4,17E+01	1,19E+04	5,31E-03	-2,71E+00	8,27E-05	2,58E-03

Anexo 2 - Parâmetros matemáticos Modelos 1, 2, 3 e 4 (E_a - Equação 10), ajuste OtimE.

MODELO 1				MODELO 2				
Suco	η_{∞}	α	β	A_2	B_2	α	β	
Manga	1,10E-05	2,40E-03	1,14E-02	7,26E-06	-3,11E-03	2,74E-03	1,02E-02	
Cereja	3,09E-06	2,83E-03	1,14E-02	7,51E-06	-1,74E-02	2,96E-03	1,02E-02	
Maçã	9,67E-06	1,71E-03	1,70E-02	2,32E-08	-4,03E-02	5,04E-03	1,13E-02	
Romã	9,11E-07	3,72E-03	8,11E-03	1,31E-06	-1,37E-02	3,53E-03	1,01E-02	
Groselha	4,22E-06	2,74E-03	1,14E-02	3,00E-06	-1,67E-02	3,07E-03	1,18E-02	
Pêra	9,12E-07	3,79E-03	8,11E-03	3,03E-06	-3,09E-02	3,40E-03	1,03E-02	
Pêssego	6,39E-08	5,07E-03	7,64E-03	5,21E-07	-4,02E-02	4,06E-03	1,19E-02	
Tangerina	1,94E-06	3,46E-03	8,11E-03	2,03E-06	-3,17E-02	3,65E-03	1,06E-02	
Limão	1,66E-06	3,46E-03	8,11E-03	1,75E-06	-3,17E-02	3,65E-03	1,06E-02	
Limão-galego	9,35E-03	-7,02E-04	-3,45E-02	5,20E-04	2,85E-02	1,28E-03	-6,99E-03	
Uva	1,48E-06	3,46E-03	8,11E-03	6,02E-06	-3,36E-02	2,87E-03	1,25E-02	
MODELO 3				MODELO 4				
Suco	A_3	B_3	α	β	A_4	B_4	α	β
Manga	-7,66E+00	-2,13E+02	6,09E+01	3,15E-02	5,01E-04	-1,96E-01	6,04E-04	2,48E-02
Cereja	-7,47E+00	-2,14E+02	5,67E+01	3,11E-02	5,93E-02	-2,25E+00	1,47E-03	2,08E-02
Maçã	-8,76E+00	-1,99E+02	9,84E+01	2,84E-02	6,51E+00	-4,80E+00	3,27E-03	1,60E+04
Romã	-8,81E+00	-2,17E+02	1,08E+02	2,63E-02	8,78E-06	-1,54E-01	2,75E-03	9,22E-03
Groselha	-7,38E+00	-2,14E+02	5,71E+01	3,07E-02	2,90E-01	-2,26E+00	1,09E-03	2,23E-02
Pêra	-8,48E+00	-2,32E+02	8,59E+01	2,62E-02	4,32E-05	-7,55E-01	2,90E-03	1,02E-02
Pêssego	-7,73E+00	-2,04E+02	8,84E+01	2,73E-02	1,76E+00	-4,35E+00	3,42E-03	1,52E-02
Tangerina	-8,75E+00	-2,27E+02	1,05E+02	2,63E-02	4,41E-05	-7,55E-01	2,90E-03	1,02E-02
Limão	-8,53E+00	-2,32E+02	8,13E+01	2,61E-02	1,53E-05	-4,42E-01	2,90E-03	9,94E-03
Limão-galego	-5,84E+00	-2,21E+02	3,20E+01	2,92E-02	1,73E-04	-8,34E-01	2,90E-03	1,02E-02
Uva	-8,20E+00	-2,14E+02	8,17E+01	2,65E-02	3,59E-05	-6,86E-01	2,78E-03	1,12E-02

Anexo 3 - Parâmetros matemáticos Modelos 1, 2, 3 e 4 (E_a - Equação 11), ajuste OtimE.

Suco	MODELO 1					MODELO 2				
	η_{∞}	α	β	δ	A_3	B_3	α	β	δ	
Manga	7,60E-06	1,81E-07	2,52E-05	2,72E-03	2,70E-06	-1,66E-04	4,62E-04	1,13E-01	-7,68E-02	
Cereja	2,95E-06	4,03E-07	8,91E-06	3,61E-03	1,09E-02	-2,33E-01	1,10E-06	9,38E-05	-4,51E-04	
Maçã	4,44E-08	4,31E-07	3,97E-05	4,14E-03	1,96E+00	-3,41E-01	1,82E-06	8,01E-05	-1,62E-03	
Romã	9,76E-07	1,72E-07	2,74E-05	3,73E-03	2,52E-05	-1,17E-01	-5,04E-07	1,44E-04	1,03E-03	
Groselha	4,08E-07	2,98E-07	2,53E-05	4,25E-03	1,05E-02	-2,18E-01	8,41E-07	1,04E-04	-6,27E-04	
Pêra	1,91E-06	-1,56E-10	2,42E-05	3,59E-03	5,92E-05	-1,45E-01	-4,41E-07	1,42E-04	1,05E-03	
Pêssego	4,58E-07	2,98E-07	2,53E-05	4,25E-03	2,43E-01	-2,82E-01	1,55E-06	7,05E-05	-6,32E-04	
Tangerina	2,06E-06	-1,54E-10	2,42E-05	3,59E-03	4,74E-05	-1,40E-01	-2,62E-07	1,43E-04	1,05E-03	
Limão	1,95E-06	-1,54E-10	2,42E-05	3,59E-03	5,30E-05	-1,45E-01	-3,18E-07	1,42E-04	1,05E-03	
Limão-galego	2,02E-04	5,98E-07	-2,13E-05	2,18E-03	1,66E-02	-1,25E-01	4,04E-07	7,23E-05	-7,90E-04	
Uva	2,81E-06	-1,49E-09	2,45E-05	3,32E-03	4,19E-05	-1,41E-01	-2,62E-07	1,41E-04	1,04E-03	
Suco	MODELO 3					MODELO 4				
	A_4	B_4	α	β	δ	A_5	B_5	α	β	δ
Manga	-7,65E+00	-2,13E+02	9,39E-02	9,69E-02	7,06E+01	6,85E-02	-2,58E+00	-1,88E-07	1,07E-04	2,98E-04
Cereja	-7,03E+00	-2,27E+02	1,55E-01	-7,59E+00	1,71E+02	1,37E+00	-3,92E+00	3,37E-07	7,64E-05	1,64E-03
Maçã	-7,51E+00	-2,20E+02	1,03E-01	-5,94E-01	-7,96E+00	7,53E-01	-4,39E+00	1,37E-06	-2,70E-05	5,50E-03
Romã	-1,06E+01	-1,43E+02	2,04E-01	-1,62E+00	5,89E+02	7,53E-01	-3,98E+00	-7,27E-07	1,68E-04	3,05E-04
Groselha	-7,39E+00	-2,14E+02	1,56E-01	-7,28E+00	2,38E+02	1,65E-01	-3,32E+00	1,94E-07	7,70E-05	1,95E-03
Pêra	-1,06E+01	-1,34E+02	1,71E-01	-9,92E-01	6,77E+02	3,13E-01	-3,78E+00	-8,48E-07	1,68E-04	6,12E-04
Pêssego	-6,91E+00	-2,24E+02	7,33E-02	2,73E-01	1,53E+01	5,47E+00	-4,62E+00	7,59E-07	3,90E-05	3,43E-03
Tangerina	-1,09E+01	-1,28E+02	1,37E-01	2,88E+00	6,91E+02	1,03E+00	-4,01E+00	-1,31E-06	2,08E-04	-3,75E-04
Limão	-1,10E+01	-1,18E+02	1,31E-01	1,23E+00	7,73E+02	1,07E+00	-3,99E+00	-1,32E-06	2,02E-04	-3,62E-04
Limão-galego	-7,81E+00	1,07E+02	1,09E-01	2,80E+00	9,93E+02	2,02E+00	-2,24E+00	-7,53E-07	1,21E-04	-1,82E-03
Uva	-1,08E+01	-1,11E+02	1,22E-01	2,81E+00	7,26E+02	4,84E-01	-3,52E+00	-3,93E-07	1,28E-04	4,57E-04

Anexo 4 - Parâmetros matemáticos Modelos 1, 2, 3 e 4 (E_a - Equação 12), ajuste OtimE.

Suco	MODELO 1					MODELO 2						
	η_∞	α	β	δ	γ	A_3	B_3	α	β	δ	γ	
Manga	1,18E-06	1,70E-09	3,55E-07	5,88E-06	4,20E-03	5,77E-07	-1,19E-04	1,04E-06	-7,48E-04	1,23E-01	-1,35E-01	
Cereja	1,14E-06	1,70E-09	3,55E-07	5,88E-06	4,20E-03	3,18E-04	-1,27E-01	1,11E-08	-7,46E-07	1,20E-04	4,73E-04	
Maçã	5,48E-07	2,82E-09	3,55E-07	6,24E-06	4,21E-03	8,76E-01	-3,25E-01	-1,92E-09	2,10E-06	5,72E-05	-9,24E-04	
Romã	8,63E-07	-2,09E-10	1,73E-07	2,97E-05	3,74E-03	2,92E-05	-1,11E-01	7,22E-09	-6,98E-07	1,32E-04	1,14E-03	
Groselha	1,16E-06	1,70E-09	3,55E-07	5,88E-06	4,20E-03	1,66E-04	-1,19E-01	1,03E-08	-7,48E-07	1,23E-04	6,17E-04	
Pêra	1,57E-06	-9,68E-09	1,91E-07	3,42E-05	3,52E-03	6,27E-05	-1,42E-01	6,35E-09	-5,35E-07	1,33E-04	1,14E-03	
Pêssego	1,16E-06	2,36E-09	3,55E-07	6,21E-06	4,21E-03	1,94E+00	-3,26E-01	9,09E-09	1,92E-07	1,62E-04	-2,89E-03	
Tangerina	2,09E-06	-6,82E-09	3,43E-07	3,10E-05	3,33E-03	3,21E-05	-1,14E-01	1,13E-08	-8,47E-07	1,31E-04	1,34E-03	
Limão	2,33E-06	-6,76E-09	3,40E-07	3,11E-05	3,17E-03	3,98E-05	-1,25E-01	1,07E-08	-8,47E-07	1,32E-04	1,30E-03	
Limão-galego	7,68E-04	2,46E-08	-1,90E-06	5,11E-05	8,29E-04	4,18E-03	-3,70E-02	3,34E-09	-8,07E-09	2,84E-05	-3,28E-06	
Uva	1,86E-06	-1,30E-08	7,82E-07	4,55E-05	2,46E-03	3,99E-04	-1,22E-01	4,65E-09	2,37E-09	9,31E-05	2,63E-04	
Suco	MODELO 3						MODELO 4					
	A_4	B_4	α	β	δ	γ	A_4	B_4	α	β	δ	γ
Manga	-7,69E+00	-2,12E+02	6,68E-04	2,62E-02	1,84E+00	6,60E+01	9,00E-02	-2,54E+00	1,22E-08	-1,67E-06	1,58E-04	-4,23E-04
Cereja	-7,40E+00	-2,20E+02	1,39E-03	-3,16E-02	7,13E-01	9,82E+01	4,18E+00	-4,06E+00	1,11E-08	-1,22E-06	1,46E-04	3,39E-04
Maçã	-9,29E+00	-1,90E+02	1,38E-03	3,38E-02	-1,44E+00	3,12E+02	3,48E+00	-4,66E+00	8,19E-10	9,76E-07	1,02E-05	4,24E-03
Romã	-1,07E+01	-1,37E+02	2,76E-03	3,23E-03	2,40E+00	6,14E+02	7,40E-01	-3,96E+00	-6,84E-09	-5,39E-07	1,76E-04	3,57E-05
Groselha	-7,14E+00	-2,22E+02	1,18E-03	-3,32E-02	1,97E+00	5,81E+01	2,76E+00	-3,98E+00	1,55E-09	1,64E-07	7,62E-05	1,70E-03
Pêra	-1,03E+01	-1,49E+02	7,11E-03	-8,76E-02	-2,21E+00	6,30E+02	3,93E-01	-3,81E+00	-8,84E-08	5,52E-06	1,91E-05	1,65E-03
Pêssego	-7,48E+00	-2,11E+02	1,82E-03	-7,31E-02	2,01E+00	1,47E+02	2,47E-02	-3,30E+00	-7,05E-09	2,03E-06	-5,05E-05	5,72E-03
Tangerina	-1,31E+01	-2,19E+01	1,01E-03	2,19E-01	1,17E+00	1,78E+03	7,81E-02	-3,27E+00	-9,00E-08	5,92E-06	9,81E-06	1,62E-03
Limão	-1,02E+01	-1,58E+02	5,29E-04	7,12E-02	1,52E+00	4,87E+02	1,54E-01	-3,27E+00	-6,87E-08	5,25E-06	-1,06E-05	1,63E-03
Limão-galego	-5,82E+00	-2,24E+02	3,98E-04	1,89E-02	1,01E-02	3,85E+01	3,45E-04	9,09E-01	-3,43E-08	3,75E-06	-1,28E-04	1,22E-03
Uva	-1,37E+01	2,29E+01	8,30E-04	2,24E-01	-1,43E+00	2,31E+03	1,83E+00	-3,89E+00	-1,46E-08	1,41E-06	6,15E-05	1,16E-03

Anexo 5 - Parâmetros estatísticos para Modelos 1 e 2, ajuste OtimE.

	$(E_a - \text{Equação 9})$			$(E_a - \text{Equação 10})$			$(E_a - \text{Equação 11})$			$(E_a - \text{Equação 12})$			
	S ^a	DMA ^b	DMR% ^c	S ^a	DMA ^b	DMR% ^c	S ^a	DMA ^b	DMR% ^c	S ^a	DMA ^b	DMR% ^c	
Modelo 1	Suco												
	Cereja	1,08	0,26	33,66	1,02	0,23	32,97	1,03	0,24	27,06	0,99	0,22	24,93
	Groselha	0,05	0,01	14,35	0,05	0,01	15,69	0,04	0,01	11,85	0,04	0,01	10,86
	Limão-galego	0,01	0,00	14,65	0,01	0,00	25,14	0,01	0,00	11,80	0,01	0,00	12,73
	Limão	0,00	0,00	12,78	0,00	0,00	10,78	0,00	0,00	7,31	0,00	0,00	8,16
	Maçã	0,28	0,06	28,31	0,48	0,13	32,35	0,40	0,09	22,55	0,46	0,12	22,37
	Manga	0,05	0,01	18,99	0,04	0,01	16,74	0,04	0,01	17,00	0,03	0,01	17,86
	Pêra	0,00	0,00	6,14	0,00	0,00	6,95	0,00	0,00	3,29	0,00	0,00	3,84
	Pêssego	0,34	0,12	35,89	0,28	0,08	20,45	0,29	0,09	19,14	0,26	0,08	19,48
	Romã	0,00	0,00	4,60	0,00	0,00	2,67	0,00	0,00	2,93	0,00	0,00	2,55
	Tangerina	0,00	0,00	7,71	0,00	0,00	5,47	0,00	0,00	10,79	0,00	0,00	7,02
	Uva	0,00	0,00	9,86	0,00	0,00	7,19	0,00	0,00	16,52	0,00	0,00	17,03
Total geral	0,35	0,04	17,57	0,35	0,04	15,89	0,35	0,04	14,17	0,34	0,04	13,73	
Modelo 2	Cereja	1,08	0,26	34,27	1,07	0,25	29,58	0,64	0,13	19,22	0,87	0,19	18,74
	Groselha	0,05	0,01	13,93	0,04	0,01	12,42	0,02	0,01	8,10	0,03	0,01	8,07
	Limão-galego	0,01	0,00	14,89	0,01	0,00	15,13	0,00	0,00	8,46	0,01	0,00	10,09
	Limão	0,00	0,00	12,10	0,00	0,00	10,54	0,00	0,00	12,19	0,00	0,00	9,64
	Maçã	0,35	0,08	20,10	0,35	0,08	20,21	0,20	0,04	11,99	0,22	0,05	11,98
	Manga	0,04	0,01	17,31	0,04	0,01	16,36	0,02	0,00	12,03	0,02	0,00	7,43
	Pêra	0,00	0,00	4,33	0,00	0,00	2,71	0,00	0,00	4,21	0,00	0,00	3,62
	Pêssego	0,23	0,06	19,32	0,24	0,07	15,31	0,13	0,03	8,26	0,11	0,03	7,91
	Romã	0,00	0,00	3,74	0,00	0,00	2,25	0,00	0,00	4,29	0,00	0,00	2,47
	Tangerina	0,00	0,00	9,95	0,00	0,00	6,00	0,00	0,00	9,58	0,00	0,00	7,53
	Uva	0,00	0,00	12,61	0,00	0,00	5,33	0,00	0,00	15,51	0,00	0,00	7,89
	Total geral	0,35	0,04	15,16	0,35	0,04	12,49	0,21	0,02	10,61	0,27	0,03	8,80

Onde η é a viscosidade dinâmica, N é o número de dados experimentais e os subscritos *calc* e *exp* indicam respectivamente viscosidade calculada e experimental.

$$^a S (\text{Desvio padrão}) = \sqrt{(\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}})^2 / N} \quad ^b \text{DMA (Desvio Médio Absoluto)} = \frac{1}{N} \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}| \quad ^c \text{DMR\% (Desvio Médio Relativo)} = \frac{100 \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}|}{N \eta_{\text{exp}}}$$

Anexo 6 - Parâmetros estatísticos para Modelo 3 e 4, ajuste OtimE.

	Suco	$(E_a - \text{Equação 9})$			$(E_a - \text{Equação 10})$			$(E_a - \text{Equação 11})$			$(E_a - \text{Equação 12})$		
		S ^a	DMA ^b	DMR % ^c	S ^a	DMA ^b	DMR % ^c	S ^a	DMA ^b	DMR % ^c	S ^a	DMA ^b	DMR % ^c
Modelo 3	Cereja	1,09	0,26	33,01	0,47	0,10	16,80	0,06	0,02	11,67	0,07	0,02	10,78
	Groselha	0,04	0,01	11,71	0,01	0,00	4,81	0,01	0,00	4,18	0,01	0,00	4,27
	Limão-galego	0,01	0,00	13,71	0,01	0,00	8,33	0,01	0,00	11,06	0,00	0,00	6,59
	Limão	0,00	0,00	7,70	0,00	0,00	8,93	0,00	0,00	3,67	0,00	0,00	3,91
	Maçã	0,36	0,08	20,49	0,18	0,04	12,65	0,20	0,05	14,70	0,14	0,03	12,16
	Manga	0,04	0,01	16,61	0,00	0,00	9,53	0,00	0,00	11,40	0,00	0,00	10,11
	Pêra	0,00	0,00	3,80	0,00	0,00	6,10	0,00	0,00	2,46	0,00	0,00	1,99
	Pêssego	0,25	0,07	17,75	0,17	0,05	9,91	0,17	0,05	13,23	0,08	0,02	6,57
	Romã	0,00	0,00	1,85	0,00	0,00	4,85	0,00	0,00	2,53	0,00	0,00	3,41
	Tangerina	0,00	0,00	6,80	0,00	0,00	8,36	0,00	0,00	3,40	0,00	0,00	3,59
	Uva	0,00	0,00	9,33	0,00	0,00	6,34	0,00	0,00	4,80	0,00	0,00	4,72
	Total geral	0,35	0,04	13,21	0,16	0,02	8,64	0,09	0,01	7,33	0,05	0,01	6,11
Modelo 4	Cereja	1,01	0,23	27,43	0,94	0,21	26,55	0,91	0,20	20,57	0,87	0,19	20,24
	Groselha	0,05	0,01	13,88	0,06	0,02	22,59	0,04	0,01	9,12	0,04	0,01	8,32
	Limão-galego	0,00	0,00	26,91	0,00	0,00	19,54	0,01	0,00	17,30	0,01	0,00	23,12
	Limão	0,00	0,00	7,09	0,00	0,00	5,93	0,00	0,00	9,94	0,00	0,00	10,41
	Maçã	0,36	0,08	19,30	0,36	0,08	15,49	0,32	0,07	15,52	0,36	0,08	15,35
	Manga	0,04	0,01	16,74	0,04	0,01	24,30	0,03	0,01	14,96	0,03	0,01	10,96
	Pêra	0,00	0,00	2,08	0,00	0,00	5,73	0,00	0,00	2,47	0,00	0,00	2,69
	Pêssego	0,25	0,07	15,97	0,19	0,05	11,57	0,20	0,05	11,52	0,21	0,05	12,33
	Romã	0,00	0,00	3,04	0,00	0,00	12,38	0,00	0,00	3,18	0,00	0,00	2,67
	Tangerina	0,00	0,00	5,85	0,00	0,00	16,99	0,00	0,00	10,44	0,00	0,00	9,48
	Uva	0,00	0,00	8,99	0,00	0,00	5,43	0,00	0,00	5,36	0,00	0,00	5,32
	Total geral	0,33	0,04	13,07	0,31	0,04	15,33	0,30	0,03	10,72	0,29	0,03	10,47

Onde η é a viscosidade dinâmica, N é o número de dados experimentais e os subscritos *calc* e *exp* indicam respectivamente viscosidade calculada e experimental.

$$^a S (\text{Desvio padrão}) = \sqrt{(\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}})^2 / N} \quad ^b \text{DMA (Desvio Médio Absoluto)} = \frac{1}{N} \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}| \quad ^c \text{DMR\% (Desvio Médio Relativo)} = \frac{100 \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}|}{N \eta_{\text{exp}}}$$

Anexo 7 - Desvio médio relativo nas concentrações de 15,0 a 74,0 °Brix para Modelo 3 (Ea - Equação 12), ajuste OtimE

SST (°Brix)	DMR%	SST (°Brix)	DMR%
15,0	3,24	45,1	13,07
16,8	2,82	49,0	12,31
17,0	2,65	50,0	2,87
20,0	1,68	50,1	8,61
21,0	2,30	51,0	5,45
22,0	5,18	52,0	21,26
22,9	4,42	53,4	7,03
23,0	4,59	54,0	4,90
25,0	2,13	55,0	4,03
25,5	3,77	55,1	19,07
26,0	2,72	55,7	14,13
30,0	2,85	60,0	8,30
30,5	3,19	62,5	16,74
31,0	2,58	64,5	3,77
34,0	9,03	65,0	6,25
35,0	7,02	65,5	4,69
40,0	4,14	66,0	2,93
41,0	5,50	69,0	15,15
44,8	6,21	71,7	22,65
45,0	3,66	74,0	9,55

$$^a \text{DMR\% (Desvio Médio Relativo)} = \frac{100 \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}|}{N \eta_{\text{exp}}}$$

Anexo 8 - Parâmetros globais dos ajustes para todos os Modelos, ajuste OtimG

Equação da energia de ativação	MODELO 1		MODELO 2		MODELO 3		MODELO 4	
	η_{∞}	A_3	B_3	A_4	B_4	A_5	B_5	
(E_a - Equação 9)	2,26E-06	1,45E-05	-5,35E-02	-1,10E+01	-1,15E+02	8,03E-04	-2,02E+00	
(E_a - Equação 10)	3,68E-06	4,70E-06	-4,04E-02	-8,37E+00	-1,89E+02	3,89E-08	1,63E+00	
(E_a - Equação 11)	4,56E-06	8,59E-05	-1,21E-01	-1,05E+01	-1,33E+02	4,85E-01	-3,73E+00	
(E_a - Equação 12)	3,71E-06	6,66E-04	-1,77E-01	-9,09E+00	-1,83E+02	1,36E-03	-1,89E+00	

Anexo 9 - Parâmetros específicos Modelos 1, 2, 3 e 4 (E_a - Equação 9), ajuste OtimG

Suco	MODELO 1		MODELO 2		MODELO 3		MODELO 4	
	α	β	α	β	α	β	α	β
Manga	3,41E-05	3,42E-03	7,02E-05	2,17E-03	1,32E+01	5,94E+02	8,35E-05	2,39E-03
Cereja	3,33E-05	3,43E-03	1,07E-04	2,52E-04	2,54E+01	-6,72E+01	7,30E-05	2,77E-03
Maça	7,69E-05	1,05E-03	1,03E-04	3,01E-04	2,66E+01	-1,83E+02	9,36E-05	1,51E-03
Romã	3,30E-05	3,17E-03	6,96E-05	1,93E-03	1,28E+01	5,52E+02	8,24E-05	2,33E-03
Groselha	5,05E-05	2,70E-03	8,84E-05	1,33E-03	1,81E+01	3,62E+02	8,36E-05	2,29E-03
Pêra	2,42E-05	3,47E-03	7,10E-05	1,97E-03	8,51E+00	6,94E+02	7,76E-05	2,54E-03
Pêssego	5,13E-05	2,77E-03	9,00E-05	1,33E-03	1,85E+01	3,55E+02	8,65E-05	2,21E-03
Tangerina	3,35E-05	3,30E-03	7,19E-05	1,99E-03	1,15E+01	6,36E+02	8,46E-05	2,40E-03
Limão	2,62E-05	3,44E-03	6,45E-05	2,12E-03	9,67E+00	6,62E+02	7,33E-05	2,60E-03
Limão-galego	3,15E-05	3,98E-03	6,21E-05	2,96E-03	9,77E+00	8,79E+02	6,31E-05	3,59E-03
Uva	2,93E-05	3,34E-03	7,17E-05	1,85E-03	1,20E+01	5,69E+02	7,08E-05	2,67E-03

Anexo 10 - Parâmetros específicos Modelos 1, 2, 3 e 4 (E_a - Equação 10), ajuste OtimG

Suco	MODELO 1		MODELO 2		MODELO 3		MODELO 4	
	α	β	α	β	α	β	α	β
Manga	3,21E-03	8,25E-03	3,09E-03	1,34E-02	2,64E+02	7,17E-03	2,52E-03	8,22E-03
Cereja	3,22E-03	8,05E-03	3,24E-03	1,22E-02	2,86E+02	-2,99E-03	3,51E-03	7,44E-04
Maça	2,28E-03	1,40E-02	2,65E-03	1,54E-02	2,20E+02	1,26E-02	1,93E-03	1,20E-02
Romã	3,16E-03	6,87E-03	2,92E-03	1,42E-02	1,15E+02	2,61E-02	3,13E-03	1,07E-03
Groselha	2,88E-03	1,07E-02	3,09E-03	1,33E-02	1,45E+02	2,31E-02	2,79E-03	6,21E-03
Pêra	3,21E-03	6,49E-03	3,17E-03	1,19E-02	1,07E+02	3,14E-02	3,96E-03	-6,82E-03
Pêssego	2,86E-03	1,14E-02	3,04E-03	1,39E-02	1,03E+02	2,96E-02	2,56E-03	8,74E-03
Tangerina	3,42E-03	4,78E-03	3,10E-03	1,32E-02	7,83E+01	3,74E-02	3,88E-03	-5,30E-03
Limão	3,01E-03	8,24E-03	3,17E-03	1,18E-02	8,85E+01	2,99E-02	3,57E-03	-2,91E-03
Limão-galego	3,70E-03	6,82E-03	3,66E-03	1,10E-02	3,17E+02	9,97E-03	4,52E-03	-3,15E-03
Uva	2,89E-03	9,34E-03	3,04E-03	1,26E-02	9,69E+01	2,89E-02	2,77E-03	4,34E-03

Anexo 11 - Parâmetros específicos Modelos 1, 2, 3 e 4 (E_a - Equação 11), ajuste OtimG

Suco	MODELO 1			MODELO 2			MODELO 3			MODELO 4		
	α	β	δ	α	β	δ	α	β	δ	α	β	δ
Manga	2,94E-07	1,53E-05	3,25E-03	2,11E-07	9,98E-05	1,20E-03	2,01E-01	-2,94E+00	7,06E+02	-1,17E-07	1,23E-04	7,94E-04
Cereja	3,87E-07	1,12E-05	3,27E-03	1,26E-06	1,05E-05	2,81E-03	2,19E-01	-5,40E+00	7,64E+02	2,26E-07	8,38E-05	1,79E-03
Maça	2,23E-07	4,51E-05	1,68E-03	1,30E-06	3,07E-06	2,96E-03	2,29E-02	1,98E+01	-7,20E+01	7,84E-07	2,71E-05	3,01E-03
Romã	3,81E-07	1,20E-05	3,00E-03	2,72E-07	1,01E-04	8,69E-04	1,82E-01	2,92E-01	5,89E+02	4,64E-07	9,38E-05	1,13E-03
Groselha	4,00E-07	1,15E-05	3,18E-03	9,50E-08	1,20E-04	4,55E-04	9,69E-02	6,57E+00	4,91E+02	8,32E-07	2,01E-05	3,46E-03
Pêra	7,78E-07	-6,04E-06	3,29E-03	5,77E-07	7,58E-05	1,42E-03	1,31E-01	1,43E+00	6,24E+02	6,34E-07	9,12E-05	1,20E-03
Pêssego	1,23E-07	4,21E-05	2,52E-03	7,74E-07	5,59E-05	2,00E-03	1,64E-01	9,12E-01	6,19E+02	1,18E-06	-1,67E-05	4,52E-03
Tangerina	6,73E-07	-6,25E-06	3,36E-03	4,87E-07	8,97E-05	1,13E-03	1,87E-01	-4,03E-01	6,47E+02	-1,07E-06	1,88E-04	-1,24E-04
Limão	2,87E-06	-1,53E-04	5,39E-03	1,87E-07	9,85E-05	1,05E-03	8,73E-02	3,38E+00	5,97E+02	-1,30E-06	1,96E-04	-2,43E-04
Limão-galego	7,17E-07	-2,56E-05	4,48E-03	3,25E-07	7,57E-05	2,37E-03	1,13E-01	1,69E-02	8,58E+02	-1,49E-07	1,09E-04	1,88E-03
Uva	2,22E-07	1,64E-05	3,04E-03	1,90E-08	1,14E-04	6,98E-04	1,28E-01	9,52E-01	6,18E+02	7,35E-07	4,49E-05	2,33E-03

Anexo 12 - Parâmetros específicos Modelos 1, 2, 3 e 4 (E_a - Equação 12), ajuste OtimG

Suco	MODELO 1				MODELO 2			
	α	β	δ	γ	α	β	δ	γ
Manga	9,18E-09	-6,93E-07	4,84E-05	3,03E-03	5,65E-10	4,68E-07	1,16E-04	1,93E-04
Cereja	1,30E-08	-9,72E-07	4,84E-05	3,17E-03	1,28E-08	-7,03E-07	1,36E-04	3,65E-04
Maça	-7,95E-09	1,29E-06	7,51E-06	2,00E-03	-5,96E-09	1,91E-06	3,23E-05	1,17E-03
Romã	-1,67E-08	7,05E-07	4,23E-05	2,43E-03	2,17E-08	-8,46E-07	1,38E-04	-7,59E-05
Groselha	7,32E-09	-2,92E-07	2,61E-05	3,37E-03	2,70E-09	5,61E-07	8,79E-05	9,52E-04
Pêra	-3,85E-08	-1,49E-06	1,93E-04	4,95E-04	-4,60E-09	4,46E-08	1,48E-04	-3,79E-04
Pêssego	-1,18E-08	9,17E-07	6,23E-05	1,16E-03	7,58E-09	6,81E-07	3,39E-05	2,78E-03
Tangerina	-1,62E-08	8,39E-07	3,09E-05	2,75E-03	9,15E-09	5,72E-07	1,00E-04	1,91E-04
Limão	-2,25E-09	-7,13E-07	8,42E-05	2,12E-03	-1,54E-09	9,36E-08	1,48E-04	-5,57E-04
Limão-galego	1,32E-09	5,13E-07	-1,71E-05	4,56E-03	5,73E-09	-6,62E-10	1,09E-04	1,24E-03
Uva	2,04E-08	-1,75E-06	7,56E-05	2,61E-03	4,48E-09	1,16E-09	1,26E-04	1,21E-06

Suco	MODELO 3				MODELO 4			
	α	β	δ	γ	α	β	δ	γ
Manga	3,87E-04	9,84E-02	-2,79E-01	3,01E+02	-5,58E-09	7,33E-07	5,10E-05	2,24E-03
Cereja	-6,02E-03	5,74E-01	-8,71E+00	3,23E+02	1,54E-08	-1,67E-06	1,24E-04	1,77E-03
Maça	8,49E-04	5,89E-02	1,30E+00	1,95E+02	4,18E-10	6,37E-07	1,77E-05	2,99E-03
Romã	5,65E-04	1,71E-02	5,80E+00	1,58E+02	2,76E-08	-2,83E-06	1,73E-04	7,91E-04
Groselha	1,95E-03	-3,73E-02	2,68E-01	3,94E+02	-5,20E-11	3,49E-07	4,24E-05	2,82E-03
Pêra	1,54E-03	4,45E-03	2,86E+00	2,47E+02	-4,45E-09	1,27E-06	1,90E-05	2,66E-03
Pêssego	1,55E-03	-1,37E-02	1,44E+00	3,44E+02	-6,08E-09	1,55E-06	-2,81E-05	4,19E-03
Tangerina	-1,10E-03	6,55E-02	7,29E+00	1,38E+02	-2,06E-08	1,19E-06	6,65E-05	1,81E-03
Limão	-8,41E-04	9,95E-02	3,42E+00	1,89E+02	-2,26E-08	1,53E-06	4,76E-05	2,01E-03
Limão-galego	9,29E-04	1,02E-02	8,16E-01	4,49E+02	-4,81E-09	5,71E-07	4,18E-05	3,23E-03
Uva	4,08E-04	4,77E-02	2,47E+00	2,30E+02	-1,20E-08	1,65E-06	-2,08E-06	3,05E-03

Anexo 13 - Parâmetros estatísticos para Modelos 1 e 2, ajuste OtimG

	$(E_a - \text{Equação 9})$			$(E_a - \text{Equação 10})$			$(E_a - \text{Equação 11})$			$(E_a - \text{Equação 12})$			
	S ^a	DMA ^b	DMR(%) ^c	S ^a	DMA ^b	DMR(%) ^c	S ^a	DMA ^b	DMR(%) ^c	S ^a	DMA ^b	DMR(%) ^c	
Modelo 1	Suco												
	Cereja	1,09	0,26	33,24	1,08	0,25	31,57	1,04	0,24	27,79	0,97	0,22	21,92
	Groselha	0,05	0,01	14,91	0,05	0,01	14,37	0,05	0,01	14,02	0,05	0,01	12,25
	Limão-galego	0,00	0,00	29,41	0,00	0,00	27,89	0,00	0,00	21,83	0,00	0,00	21,35
	Limão	0,00	0,00	6,24	0,00	0,00	7,91	0,00	0,00	24,33	0,00	0,00	13,23
	Maçã	0,48	0,13	28,91	0,49	0,13	28,38	0,50	0,13	29,72	0,49	0,13	30,34
	Manga	0,04	0,01	21,90	0,04	0,01	18,26	0,04	0,01	16,76	0,03	0,01	13,35
	Pêra	0,00	0,00	3,66	0,00	0,00	4,90	0,00	0,00	6,52	0,00	0,00	13,46
	Pêssego	0,32	0,10	24,57	0,29	0,09	23,72	0,31	0,09	24,88	0,32	0,10	30,38
	Romã	0,00	0,00	7,65	0,00	0,00	13,40	0,00	0,00	10,44	0,00	0,00	10,02
	Tangerina	0,00	0,00	6,01	0,00	0,00	18,13	0,00	0,00	7,84	0,00	0,00	10,29
	Uva	0,00	0,00	11,60	0,00	0,00	8,37	0,00	0,00	8,06	0,00	0,00	6,69
Total geral	0,37	0,05	16,70	0,37	0,05	17,44	0,36	0,05	17,41	0,34	0,04	16,40	
Modelo 2	Cereja	0,96	0,21	39,37	1,02	0,23	27,52	0,73	0,15	20,50	0,64	0,13	18,02
	Groselha	0,04	0,01	14,39	0,04	0,01	10,22	0,04	0,01	13,71	0,02	0,00	8,80
	Limão-galego	0,00	0,00	29,14	0,00	0,00	32,60	0,00	0,00	28,00	0,00	0,00	26,12
	Limão	0,00	0,00	7,25	0,00	0,00	5,58	0,00	0,00	9,02	0,00	0,00	12,23
	Maçã	0,48	0,13	25,48	0,45	0,11	21,48	0,38	0,09	16,18	0,34	0,08	16,30
	Manga	0,04	0,01	20,42	0,02	0,01	17,52	0,03	0,01	20,15	0,01	0,00	15,28
	Pêra	0,00	0,00	7,02	0,00	0,00	2,80	0,00	0,00	5,30	0,00	0,00	8,72
	Pêssego	0,29	0,09	21,43	0,25	0,07	17,12	0,22	0,06	13,10	0,13	0,03	10,37
	Romã	0,00	0,00	7,48	0,00	0,00	2,81	0,00	0,00	4,84	0,00	0,00	7,58
	Tangerina	0,00	0,00	7,79	0,00	0,00	4,98	0,00	0,00	9,07	0,00	0,00	15,23
	Uva	0,00	0,00	8,56	0,00	0,00	5,61	0,00	0,00	9,63	0,00	0,00	8,58
	Total geral	0,34	0,04	16,52	0,34	0,04	12,53	0,26	0,03	13,03	0,22	0,02	12,48

Onde η é a viscosidade dinâmica, N é o número de dados experimentais e os subscritos *calc* e *exp* indicam respectivamente viscosidade calculada e experimental.

$$^a S (\text{Desvio padrão}) = \sqrt{(\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}})^2 / N} \quad ^b \text{DMA (Desvio Médio Absoluto)} = \frac{1}{N} \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}| \quad ^c \text{DMR\% (Desvio Médio Relativo)} = \frac{100 \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}|}{N \eta_{\text{exp}}}$$

Anexo 14 - Parâmetros estatísticos para Modelo 3 e 4, ajuste OtimG

	$(E_a - \text{Equação 9})$			$(E_a - \text{Equação 10})$			$(E_a - \text{Equação 11})$			$(E_a - \text{Equação 12})$			
	Suco	S ^a	DMA ^b	DMR(%) ^c	S ^a	DMA ^b	DMR(%) ^c	S ^a	DMA ^b	DMR(%) ^c	S ^a	DMA ^b	DMR(%) ^c
Modelo 3	Cereja	0,89	0,19	38,89	1,11	0,27	68,95	0,87	0,19	21,81	1,11	0,27	46,88
	Groselha	0,04	0,01	13,65	0,02	0,01	6,59	0,03	0,01	11,08	0,01	0,00	7,58
	Limão-galego	0,00	0,00	33,57	0,00	0,00	31,16	0,00	0,00	30,93	0,00	0,00	31,58
	Limão	0,00	0,00	5,46	0,00	0,00	19,27	0,00	0,00	4,08	0,00	0,00	10,04
	Maçã	0,43	0,11	24,78	0,54	0,15	42,67	0,43	0,11	22,06	0,29	0,07	14,89
	Manga	0,04	0,01	23,99	0,05	0,02	50,37	0,02	0,00	18,36	0,00	0,00	15,99
	Pêra	0,00	0,00	3,23	0,00	0,00	14,32	0,00	0,00	2,84	0,00	0,00	6,33
	Pêssego	0,28	0,08	19,16	0,08	0,02	19,12	0,23	0,06	13,84	0,14	0,04	9,94
	Romã	0,00	0,00	3,06	0,00	0,00	18,40	0,00	0,00	3,15	0,00	0,00	8,02
	Tangerina	0,00	0,00	5,27	0,00	0,00	21,88	0,00	0,00	4,60	0,00	0,00	12,14
	Uva	0,00	0,00	8,80	0,00	0,00	12,13	0,00	0,00	4,71	0,00	0,00	4,94
	Total geral	0,31	0,04	15,56	0,37	0,04	25,73	0,30	0,04	11,61	0,34	0,03	13,91
Modelo 4	Cereja	1,04	0,24	30,65	1,10	0,27	38,48	0,92	0,20	22,13	0,95	0,21	20,65
	Groselha	0,04	0,01	12,63	0,06	0,02	21,70	0,03	0,01	9,84	0,04	0,01	9,76
	Limão-galego	0,00	0,00	28,59	0,01	0,00	30,36	0,00	0,00	26,94	0,00	0,00	24,89
	Limão	0,00	0,00	8,86	0,00	0,00	14,09	0,00	0,00	9,44	0,00	0,00	6,91
	Maçã	0,47	0,12	22,57	0,52	0,14	35,48	0,42	0,10	17,77	0,46	0,12	22,26
	Manga	0,02	0,01	20,81	0,04	0,01	34,36	0,01	0,00	20,72	0,03	0,01	19,59
	Pêra	0,00	0,00	2,22	0,00	0,00	8,71	0,00	0,00	3,99	0,00	0,00	3,82
	Pêssego	0,27	0,08	18,09	0,32	0,10	31,14	0,20	0,05	13,50	0,26	0,08	17,09
	Romã	0,00	0,00	2,77	0,00	0,00	15,62	0,00	0,00	8,44	0,00	0,00	5,18
	Tangerina	0,00	0,00	7,61	0,00	0,00	15,60	0,00	0,00	10,40	0,00	0,00	7,11
	Uva	0,00	0,00	6,62	0,00	0,00	18,21	0,00	0,00	13,83	0,00	0,00	4,22
	Total geral	0,35	0,04	14,14	0,38	0,05	23,84	0,31	0,03	13,53	0,33	0,04	12,19

Onde η é a viscosidade dinâmica, N é o número de dados experimentais e os subscritos *calc* e *exp* indicam respectivamente viscosidade calculada e experimental.

$$^a S (\text{Desvio padrão}) = \sqrt{(\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}})^2 / N} \quad ^b \text{DMA (Desvio Médio Absoluto)} = \frac{1}{N} \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}| \quad ^c \text{DMR\% (Desvio Médio Relativo)} = \frac{100 \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}|}{N \eta_{\text{exp}}}$$

Anexo 15 - Desvio Médio Relativo (DMR%)^a em concentrações de SST de 15,0 a 50,1 °Brix, Modelos 1 e 2, ajuste OtimG

SST (°Brix)	MODELO 1				MODELO 2			
	E_a - Eq. 9	E_a - Eq. 10	E_a - Eq. 11	E_a - Eq. 12	E_a - Eq. 9	E_a - Eq. 10	E_a - Eq. 11	E_a - Eq. 12
15,0	16,34	20,49	14,71	22,45	15,49	13,29	15,24	18,17
16,8	42,87	47,02	29,59	28,41	33,40	48,87	23,99	18,01
17,0	3,12	14,75	33,81	28,45	7,08	1,42	11,30	18,73
20,0	2,86	3,59	7,07	28,63	11,54	1,55	7,35	12,14
21,0	4,08	19,77	8,61	6,50	8,62	4,30	10,82	16,92
22,0	7,03	7,56	10,80	5,41	43,18	7,43	8,49	10,99
22,9	4,46	16,95	6,58	5,46	16,48	9,83	19,85	11,01
23,0	3,66	16,46	6,81	4,94	6,59	1,89	7,12	13,35
25,0	2,71	4,32	5,02	4,65	4,13	4,58	4,70	8,30
25,5	4,17	12,33	4,74	3,72	10,51	7,60	14,18	7,71
26,0	2,84	7,54	5,59	5,44	5,07	2,35	4,41	9,28
30,0	5,11	6,85	18,51	9,36	5,87	3,20	4,48	5,90
30,5	32,29	29,04	30,80	29,00	32,77	34,82	33,13	29,96
31,0	14,61	3,48	8,13	6,27	5,83	2,62	2,20	2,23
34,0	12,33	6,44	7,72	6,52	10,06	11,86	9,29	8,82
35,0	9,05	12,05	8,90	7,38	20,42	7,20	14,27	7,27
40,0	6,57	10,56	8,56	9,94	7,48	7,20	8,06	10,02
41,0	2,52	3,95	4,78	7,22	5,33	3,94	6,90	9,90
44,8	34,55	27,25	18,57	21,10	39,42	33,42	36,41	33,66
45,0	8,69	8,10	11,52	8,88	7,52	6,85	8,76	9,66
45,1	27,66	19,47	20,16	27,21	15,85	9,88	7,94	18,13
49,0	15,05	16,94	33,76	12,29	13,12	30,19	16,69	26,07
50,0	13,59	14,84	14,80	14,50	13,50	8,33	10,30	8,23
50,1	9,55	10,39	11,36	10,28	9,01	7,99	5,94	6,22
Total geral	9,46	11,82	12,31	11,40	12,92	8,46	10,26	11,16

$$^a \text{DMR\% (Desvio Médio Relativo)} = \frac{100 \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}|}{N \eta_{\text{exp}}}$$

Anexo 16 - Desvio Médio Relativo (DMR%)^a em concentrações de SST de 15,0 a 50,1 °Brix, Modelos 3 e 4, ajuste OtimG

SST (°Brix)	MODELO 3				MODELO 4			
	E_a - Eq. 9	E_a - Eq. 10	E_a - Eq. 11	E_a - Eq. 12	E_a - Eq. 9	E_a - Eq. 10	E_a - Eq. 11	E_a - Eq. 12
15,0	18,66	60,51	15,99	19,96	15,44	38,19	18,06	14,48
16,8	40,63	29,92	39,16	36,98	30,10	33,34	22,52	26,43
17,0	7,18	24,06	3,63	15,02	6,15	17,82	11,95	7,76
20,0	2,20	15,19	2,74	6,57	1,40	5,09	6,75	4,91
21,0	4,32	25,37	6,07	15,59	1,95	15,82	9,52	7,54
22,0	42,53	15,06	8,86	15,64	5,81	10,01	5,74	5,38
22,9	15,59	22,11	6,57	10,10	5,16	36,93	19,82	5,97
23,0	0,92	19,45	1,07	8,22	3,01	8,38	5,40	4,69
25,0	5,09	13,54	3,19	6,07	2,83	7,82	3,35	3,05
25,5	9,70	20,13	5,36	8,19	5,92	27,05	3,16	3,88
26,0	2,65	21,38	1,81	11,16	7,03	13,70	4,56	3,03
30,0	3,14	17,15	2,70	7,97	5,74	14,30	5,05	4,20
30,5	39,23	38,10	36,99	37,30	35,32	27,39	36,24	31,29
31,0	6,36	14,25	3,80	4,42	5,49	9,48	10,81	1,77
34,0	12,89	6,72	14,79	13,05	15,66	18,52	24,98	11,91
35,0	21,00	19,54	10,28	10,35	11,20	13,38	9,53	6,08
40,0	7,89	16,13	7,84	8,94	10,90	14,95	12,23	6,34
41,0	5,79	8,83	4,27	3,12	7,49	12,42	19,89	4,71
44,8	41,80	37,03	33,22	34,00	33,76	13,66	32,64	32,47
45,0	6,50	11,60	5,79	6,29	8,46	15,23	9,60	6,55
45,1	33,95	24,74	23,55	13,14	11,26	21,87	6,71	11,26
49,0	13,78	76,30	28,79	46,81	32,50	15,45	26,88	18,42
50,0	10,83	10,92	8,63	6,17	9,57	22,15	6,48	7,86
50,1	10,14	5,84	4,75	4,99	8,28	15,84	6,52	8,25
Total geral	12,88	20,28	9,16	11,66	10,10	16,72	11,29	7,86

$$^a \text{DMR\% (Desvio Médio Relativo)} = \frac{100 \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}|}{N \eta_{\text{exp}}}$$

Anexo 17 - Desvio Médio Relativo (DMR%)^a em concentrações de SST de 51,0 a 74,0 °Brix, Modelos 1 e 2, ajuste OtimG

SST (°Brix)	MODELO 1				MODELO 2			
	E_a - Eq. 9	E_a - Eq. 10	E_a - Eq. 11	E_a - Eq. 12	E_a - Eq. 9	E_a - Eq. 10	E_a - Eq. 11	E_a - Eq. 12
51,0	19,21	7,39	10,97	7,02	5,30	5,22	8,16	12,69
52,0	7,36	9,78	15,05	13,93	6,47	20,03	17,55	27,66
53,4	25,54	9,24	13,32	9,96	8,19	5,50	9,33	12,09
54,0	16,84	19,34	31,79	20,57	19,27	16,42	13,28	11,86
55,0	13,54	16,39	16,29	16,86	11,79	9,90	8,88	9,33
55,1	26,60	22,94	25,79	28,89	25,18	20,51	14,21	21,33
55,7	7,91	8,27	8,35	6,91	11,28	13,30	18,49	22,83
60,0	19,65	22,67	22,47	22,26	14,98	14,65	11,37	10,94
62,5	60,35	51,63	23,83	28,86	19,73	32,74	22,09	24,66
64,5	36,92	30,82	31,82	28,86	26,75	20,85	26,41	10,24
65,0	42,69	36,07	39,57	41,43	32,50	25,99	15,49	9,59
65,5	36,02	39,48	40,08	37,74	34,11	29,53	19,83	11,36
66,0	63,83	52,27	40,59	23,17	61,11	14,88	45,42	15,44
69,0	65,18	50,27	56,72	68,28	57,81	40,59	34,36	18,85
71,7	50,96	53,06	55,24	53,09	52,01	45,77	37,86	29,71
74,0	85,97	78,71	53,07	52,65	41,60	60,50	35,04	24,10
Total geral	33,10	30,18	28,95	27,73	24,69	21,73	19,30	15,47

$$^a \text{DMR\% (Desvio Médio Relativo)} = \frac{100 \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}|}{N \eta_{\text{exp}}}$$

Anexo 18 - Desvio Médio Relativo (DMR%)^a em concentrações de SST de 51,0 a 74,0 °Brix, Modelos 3 e 4, ajuste OtimG

SST (°Brix)	MODELO 3				MODELO 4			
	E_a - Eq. 9	E_a - Eq. 10	E_a - Eq. 11	E_a - Eq. 12	E_a - Eq. 9	E_a - Eq. 10	E_a - Eq. 11	E_a - Eq. 12
51,0	5,41	5,97	3,79	3,73	6,54	15,92	13,25	5,78
52,0	9,90	45,81	16,01	19,86	29,50	33,92	22,84	35,20
53,4	9,72	9,66	3,65	1,81	5,91	18,05	18,39	5,17
54,0	13,38	85,96	13,61	13,30	14,55	25,21	14,97	16,07
55,0	7,51	4,85	6,58	6,43	9,50	23,25	8,50	10,09
55,1	21,56	11,59	25,99	22,59	24,42	31,01	16,00	18,59
55,7	12,62	19,59	14,34	18,06	15,18	47,03	16,35	9,34
60,0	10,81	22,02	9,95	7,99	12,85	30,69	11,81	15,42
62,5	16,73	95,92	19,50	80,15	37,50	69,75	22,17	28,56
64,5	25,32	14,89	19,29	4,87	18,91	47,57	16,73	23,48
65,0	32,98	15,86	18,34	4,25	25,41	46,50	19,61	27,84
65,5	25,02	74,73	23,62	13,15	30,19	48,71	23,46	31,37
66,0	55,26	86,81	10,32	5,68	15,73	29,51	11,76	16,61
69,0	58,79	16,68	39,83	22,32	49,16	60,38	32,35	43,39
71,7	43,33	86,52	42,67	30,15	48,32	62,48	42,13	46,91
74,0	37,20	99,15	35,38	98,90	70,69	91,08	39,08	42,65
Total geral	21,63	38,06	17,15	19,01	23,29	39,98	18,61	21,99

$$^a \text{DMR\% (Desvio Médio Relativo)} = \frac{100 \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}|}{N \eta_{\text{exp}}}$$

Anexo 19 - Parâmetros globais para todos os Modelos, ajuste OtimG2

Equação da energia de ativação	MODELO 1	MODELO 2		MODELO 3		MODELO 4	
	η^∞	A ₃	B ₃	A ₄	B ₄	A ₅	B ₅
BAIXAS CONCENTRAÇÕES							
(E_a - Equação 9)	2,37E-06	1,85E-05	-5,57E-02	-1,08E+01	-1,15E+02	7,34E-04	-1,99E+00
(E_a - Equação 10)	3,80E-06	5,03E-06	-4,19E-02	-9,01E+00	-1,78E+02	5,97E-08	1,51E+00
(E_a - Equação 11)	2,95E-06	9,75E-05	-1,23E-01	-1,05E+01	-1,30E+02	4,36E-01	-3,70E+00
(E_a - Equação 12)	3,38E-06	4,85E-04	-1,64E-01	-9,23E+00	-1,80E+02	1,09E-03	-1,85E+00
ALTAS CONCENTRAÇÕES							
(E_a - Equação 9)	5,19E-08	2,86E-06	-4,27E-02	-1,29E+01	-1,05E+02	8,78E-05	-1,93E+00
(E_a - Equação 10)	3,70E-06	2,71E-06	-5,06E-02	-6,05E+00	-2,41E+02	3,95E-08	1,63E+00
(E_a - Equação 11)	4,11E-06	6,42E-05	-1,10E-01	-1,11E+01	-1,40E+02	3,18E-01	-3,79E+00
(E_a - Equação 12)	2,35E-06	6,85E-04	-1,74E-01	-9,02E+00	-1,85E+02	6,26E-04	-1,89E+00

Anexo 20 - Parâmetros específicos Modelos 1, 2, 3 e 4 (E_{α} - Equação 9), ajuste OtimG2

BAIXA CONCENTRAÇÃO DE SST

Suco	MODELO 1		MODELO 2		MODELO 3		MODELO 4	
	α	β	α	β	α	β	α	β
Manga	3,50E-05	3,33E-03	6,77E-05	2,14E-03	1,22E+01	6,09E+02	8,64E-05	2,34E-03
Cereja	3,10E-05	3,45E-03	9,20E-05	9,00E-04	2,57E+01	-1,10E+02	6,93E-05	2,85E-03
Maça	5,07E-05	2,36E-03	8,66E-05	1,03E-03	2,65E+01	-1,77E+02	9,50E-05	1,45E-03
Romã	3,81E-05	3,00E-03	6,98E-05	1,81E-03	1,29E+01	5,17E+02	8,43E-05	2,26E-03
Groselha	3,94E-05	3,13E-03	8,58E-05	1,34E-03	1,32E+01	5,47E+02	7,61E-05	2,61E-03
Pêra	2,37E-05	3,46E-03	6,21E-05	2,08E-03	8,26E+00	6,69E+02	7,78E-05	2,53E-03
Pêssego	4,67E-05	2,93E-03	8,51E-05	1,47E-03	1,75E+01	3,72E+02	8,68E-05	2,18E-03
Tangerina	3,23E-05	3,31E-03	7,23E-05	1,84E-03	1,13E+01	6,09E+02	8,81E-05	2,30E-03
Limão	2,83E-05	3,35E-03	6,77E-05	1,90E-03	9,37E+00	6,39E+02	7,32E-05	2,61E-03
Limão-galego	3,02E-05	3,92E-03	5,19E-05	3,04E-03	5,13E+00	9,76E+02	6,36E-05	3,62E-03
Uva	3,19E-05	3,20E-03	6,48E-05	1,97E-03	1,07E+01	5,81E+02	6,97E-05	2,68E-03

ALTACONCENTRAÇÃO DE SST

Suco	MODELO 1		MODELO 2		MODELO 3		MODELO 4	
	α	β	α	β	α	β	α	β
Manga	5,33E-05	5,10E-03	7,93E-05	2,41E-03	2,15E+01	6,78E+02	1,07E-04	2,08E-03
Cereja	7,97E-05	3,39E-03	1,18E-04	1,60E-04	3,01E+01	1,09E+02	1,10E-04	1,81E-03
Maça	1,15E-04	1,06E-03	1,23E-04	-3,20E-04	3,49E+01	-2,44E+02	1,13E-04	1,45E-03
Groselha	8,31E-05	3,15E-03	9,84E-05	1,32E-03	2,84E+01	2,10E+02	8,39E-05	3,41E-03
Pêssego	5,72E-05	4,76E-03	1,14E-04	5,57E-04	2,95E+01	1,83E+02	9,17E-05	3,00E-03
Limão-galego	3,63E-05	6,01E-03	6,83E-05	3,30E-03	5,24E+00	1,59E+03	8,44E-05	3,66E-03
Uva	6,42E-05	4,00E-03	8,22E-05	2,01E-03	2,58E+01	3,25E+02	5,67E-05	4,56E-03

Anexo 21 - Parâmetros específicos Modelos 1, 2, 3 e 4 (E_a - Equação 10), ajuste OtimG2

BAIXA CONCENTRAÇÃO DE SST								
Suco	MODELO 1		MODELO 2		MODELO 3		MODELO 4	
	A	β	α	β	α	β	α	β
Manga	3,16E-03	8,53E-03	3,09E-03	1,37E-02	2,28E+02	1,98E-02	2,67E-03	7,28E-03
Cereja	3,22E-03	7,88E-03	3,37E-03	1,09E-02	2,85E+02	1,23E-02	3,55E-03	2,13E-04
Maça	2,43E-03	1,28E-02	2,77E-03	1,45E-02	1,81E+02	2,13E-02	1,94E-03	1,22E-02
Romã	3,15E-03	6,72E-03	2,88E-03	1,45E-02	1,83E+02	2,29E-02	3,17E-03	3,74E-04
Groselha	2,99E-03	9,67E-03	3,18E-03	1,25E-02	2,38E+02	1,75E-02	2,79E-03	6,14E-03
Pêra	3,07E-03	8,04E-03	3,11E-03	1,25E-02	1,99E+02	2,21E-02	3,77E-03	-5,27E-03
Pêssego	2,97E-03	1,05E-02	3,24E-03	1,25E-02	2,00E+02	2,19E-02	2,54E-03	8,97E-03
Tangerina	3,21E-03	7,11E-03	3,02E-03	1,39E-02	1,72E+02	2,53E-02	3,79E-03	-4,87E-03
Limão	3,01E-03	8,08E-03	3,11E-03	1,23E-02	1,69E+02	2,33E-02	3,49E-03	-2,89E-03
Limão-galego	3,64E-03	6,71E-03	3,92E-03	8,99E-03	4,30E+02	6,42E-03	4,52E-03	-3,25E-03
Uva	2,91E-03	8,99E-03	3,07E-03	1,24E-02	1,81E+02	2,20E-02	2,87E-03	3,24E-03
ALTACONCENTRAÇÃO DE SST								
Suco	MODELO 1		MODELO 2		MODELO 3		MODELO 4	
	A	β	α	β	α	β	α	β
Manga	3,20E-03	8,22E-03	3,02E-03	1,54E-02	6,23E+01	1,01E-02	2,52E-03	8,22E-03
Cereja	3,21E-03	8,20E-03	3,08E-03	1,49E-02	1,48E+02	-4,34E-03	3,51E-03	7,44E-04
Maça	2,30E-03	1,39E-02	2,62E-03	1,72E-02	7,86E+01	5,84E-03	1,93E-03	1,20E-02
Groselha	2,88E-03	1,07E-02	3,18E-03	1,45E-02	5,41E+01	1,79E-02	2,79E-03	6,21E-03
Pêssego	2,85E-03	1,14E-02	3,10E-03	1,51E-02	1,53E+02	-1,25E-03	2,56E-03	8,74E-03
Limão-galego	3,74E-03	6,79E-03	3,82E-03	1,18E-02	1,47E+02	1,90E-03	4,52E-03	-3,15E-03
Uva	2,92E-03	9,07E-03	3,09E-03	1,45E-02	5,84E+01	-6,22E-03	2,77E-03	4,34E-03

Anexo 22 - Parâmetros específicos Modelos 1, 2, 3 e 4 (E_a - Equação 11), ajuste OtimG2

BAIXA CONCENTRAÇÃO DE SST												
Suco	MODELO 1			MODELO 2			MODELO 3			MODELO 4		
	α	β	δ	α	β	δ	α	β	δ	α	β	δ
Manga	4,01E-07	1,09E-05	3,55E-03	1,71E-07	1,00E-04	1,21E-03	2,55E-01	-3,94E+00	7,19E+02	7,51E-08	1,22E-04	7,73E-04
Cereja	3,55E-07	6,60E-06	3,70E-03	1,30E-06	1,10E-05	2,69E-03	1,70E-01	-4,99E+00	8,31E+02	2,07E-07	8,03E-05	1,89E-03
Maça	2,30E-07	4,55E-05	1,90E-03	1,29E-06	4,09E-06	2,94E-03	-1,00E-01	2,27E+01	1,07E+02	6,85E-07	2,64E-05	3,28E-03
Romã	4,67E-07	1,00E-05	3,27E-03	3,00E-07	9,95E-05	8,67E-04	1,97E-01	-4,15E-01	6,08E+02	3,11E-07	9,82E-05	1,16E-03
Groselha	3,50E-07	8,82E-06	3,65E-03	7,23E-08	1,19E-04	5,20E-04	7,44E-02	6,98E+00	5,30E+02	9,04E-07	1,87E-05	3,39E-03
Pêra	8,88E-07	-6,39E-06	3,49E-03	5,68E-07	7,73E-05	1,35E-03	1,12E-01	1,56E+00	6,42E+02	5,68E-07	9,24E-05	1,22E-03
Pêssego	1,46E-07	4,17E-05	2,74E-03	7,28E-07	5,70E-05	2,05E-03	1,65E-01	6,62E-01	6,48E+02	1,25E-06	-1,36E-05	4,24E-03
Tangerina	6,77E-07	-3,34E-06	3,58E-03	5,18E-07	8,97E-05	1,07E-03	2,02E-01	-8,95E-01	6,58E+02	-1,12E-06	1,89E-04	-1,03E-04
Limão	2,86E-06	-1,56E-04	5,77E-03	2,74E-07	9,45E-05	1,06E-03	1,01E-01	3,21E+00	5,96E+02	-1,31E-06	1,96E-04	-2,25E-04
Limão-galego	5,88E-07	-2,62E-05	4,96E-03	3,49E-07	6,58E-05	2,55E-03	1,05E-01	-1,85E+00	9,29E+02	-2,28E-07	1,10E-04	1,89E-03
Uva	1,74E-07	1,74E-05	3,35E-03	-2,18E-08	1,14E-04	7,17E-04	1,41E-01	2,01E-01	6,40E+02	6,58E-07	5,82E-05	2,03E-03
ALTA CONCENTRAÇÃO DE SST												
Suco	MODELO 1			MODELO 2			MODELO 3			MODELO 4		
	α	β	δ	α	β	δ	α	β	δ	α	β	δ
Manga	2,88E-07	1,48E-05	3,29E-03	6,82E-07	7,01E-05	1,19E-03	2,13E-01	-2,97E+00	7,25E+02	-4,72E-08	1,26E-04	7,31E-04
Cereja	3,95E-07	1,16E-05	3,31E-03	1,14E-06	1,36E-05	2,83E-03	2,44E-01	-5,53E+00	7,33E+02	3,13E-07	8,59E-05	1,77E-03
Maça	2,24E-07	4,52E-05	1,73E-03	1,31E-06	-1,19E-07	2,88E-03	6,70E-02	2,01E+01	-2,07E+02	9,06E-07	2,81E-05	2,91E-03
Groselha	3,92E-07	1,18E-05	3,25E-03	3,32E-07	1,02E-04	4,87E-04	1,38E-01	6,78E+00	3,86E+02	6,68E-07	2,65E-05	4,07E-03
Pêssego	1,21E-07	4,22E-05	2,59E-03	8,69E-07	4,88E-05	1,85E-03	1,95E-01	5,37E-01	5,79E+02	1,15E-06	-1,42E-05	4,86E-03
Limão-galego	7,22E-07	-2,54E-05	4,52E-03	3,51E-07	8,31E-05	1,70E-03	1,07E-01	1,54E+00	8,49E+02	-1,97E-07	1,20E-04	1,73E-03
Uva	2,30E-07	1,63E-05	3,13E-03	-2,98E-08	1,11E-04	7,80E-04	1,60E-01	1,21E+00	5,85E+02	7,21E-07	5,07E-05	2,36E-03

Anexo 23 - Parâmetros específicos Modelos 1 e 2 (E_a - Equação 12), ajuste OtimG2

BAIXA CONCENTRAÇÃO DE SST

Suco	MODELO 1				MODELO 2			
	A	β	δ	γ	α	β	δ	γ
Manga	8,10E-09	-6,53E-07	4,88E-05	3,09E-03	-2,65E-09	5,95E-07	1,10E-04	3,50E-04
Cereja	1,27E-08	-1,00E-06	5,00E-05	3,22E-03	7,01E-09	-6,74E-07	1,45E-04	2,07E-04
Maça	-8,64E-09	1,29E-06	5,76E-06	2,30E-03	-9,17E-09	1,83E-06	3,24E-05	1,57E-03
Romã	-1,68E-08	7,54E-07	4,02E-05	2,52E-03	1,87E-08	-8,33E-07	1,39E-04	-6,67E-05
Groselha	6,77E-09	-2,92E-07	2,61E-05	3,46E-03	4,57E-10	6,06E-07	8,54E-05	1,01E-03
Pêra	-3,65E-08	-1,98E-06	1,93E-04	9,09E-04	-6,68E-09	9,62E-09	1,45E-04	-2,62E-04
Pêssego	-1,25E-08	9,17E-07	6,42E-05	1,19E-03	8,62E-09	7,02E-07	2,71E-05	2,77E-03
Tangerina	-1,62E-08	8,31E-07	3,08E-05	2,83E-03	8,17E-09	5,65E-07	9,35E-05	3,80E-04
Limão	-2,64E-09	-6,97E-07	8,49E-05	2,17E-03	-2,10E-09	1,43E-07	1,38E-04	-3,33E-04
Limão-galego	9,96E-10	4,67E-07	-1,79E-05	4,66E-03	1,55E-09	-5,13E-10	1,10E-04	1,29E-03
Uva	2,11E-08	-1,73E-06	7,58E-05	2,61E-03	3,14E-09	1,14E-09	1,25E-04	1,54E-06

ALTA CONCENTRAÇÃO DE SST

Suco	MODELO 1				MODELO 2			
	A	β	δ	γ	α	β	δ	γ
Manga	1,03E-08	-6,77E-07	4,87E-05	3,02E-03	3,37E-09	4,54E-07	1,03E-04	1,90E-04
Cereja	1,42E-08	-1,00E-06	5,07E-05	3,15E-03	1,24E-08	-7,04E-07	1,36E-04	3,76E-04
Maça	-6,65E-09	1,28E-06	6,75E-06	1,98E-03	-4,92E-09	1,98E-06	2,10E-05	1,18E-03
Groselha	8,15E-09	-2,82E-07	2,74E-05	3,37E-03	3,39E-09	5,55E-07	8,38E-05	9,43E-04
Pêssego	-1,08E-08	9,11E-07	6,32E-05	1,17E-03	7,30E-09	6,80E-07	2,96E-05	2,98E-03
Limão-galego	2,64E-09	5,09E-07	-1,53E-05	4,57E-03	4,51E-09	-3,13E-10	1,09E-04	1,32E-03
Uva	2,18E-08	-1,70E-06	7,55E-05	2,60E-03	4,45E-09	-1,10E-08	1,24E-04	4,51E-05

Anexo 24 - Parâmetros específicos Modelos 3 e 4 (E_a - Equação 12), ajuste OtimG2

BAIXA CONCENTRAÇÃO DE SST

Suco	MODELO 3				MODELO 4			
	α	β	δ	γ	α	β	δ	γ
Manga	9,27E-04	8,64E-02	1,87E-01	3,20E+02	-7,53E-09	7,55E-07	5,57E-05	2,26E-03
Cereja	-6,57E-03	5,68E-01	-8,82E+00	3,71E+02	1,33E-08	-1,68E-06	1,28E-04	1,79E-03
Maça	4,36E-04	5,80E-02	1,14E+00	2,84E+02	2,15E-10	6,46E-07	1,81E-05	3,05E-03
Romã	8,97E-04	1,20E-03	5,77E+00	1,92E+02	2,74E-08	-2,89E-06	1,75E-04	8,34E-04
Groselha	2,11E-03	-4,19E-02	2,15E-01	4,18E+02	-4,85E-10	3,29E-07	4,27E-05	2,91E-03
Pêra	1,32E-03	-6,75E-03	4,30E+00	2,46E+02	-3,17E-09	1,21E-06	2,06E-05	2,70E-03
Pêssego	1,53E-03	-1,44E-02	1,42E+00	3,78E+02	-6,06E-09	1,50E-06	-2,64E-05	4,25E-03
Tangerina	-1,03E-03	5,83E-02	7,48E+00	1,69E+02	-2,00E-08	1,10E-06	7,03E-05	1,82E-03
Limão	-9,26E-04	1,04E-01	3,29E+00	2,21E+02	-2,22E-08	1,50E-06	4,68E-05	2,13E-03
Limão-galego	9,82E-04	1,84E-04	-3,81E-02	5,06E+02	-5,06E-09	4,96E-07	4,23E-05	3,34E-03
Uva	4,06E-04	4,32E-02	2,47E+00	2,65E+02	-1,23E-08	1,66E-06	-1,35E-06	3,09E-03

ALTA CONCENTRAÇÃO DE SST

Suco	MODELO 3				MODELO 4			
	α	β	δ	γ	α	β	δ	γ
Manga	6,00E-04	1,02E-01	-7,63E-01	2,40E+02	-4,18E-09	7,80E-07	5,04E-05	2,22E-03
Cereja	1,51E-03	-2,84E-02	3,79E+00	2,22E+02	1,43E-08	-1,78E-06	1,44E-04	1,71E-03
Maça	1,11E-03	5,89E-02	1,08E+00	1,26E+02	8,03E-10	6,69E-07	1,96E-05	3,13E-03
Groselha	1,86E-03	-3,95E-02	8,04E-01	3,70E+02	-7,64E-11	3,74E-07	4,54E-05	3,05E-03
Pêssego	1,75E-03	-2,17E-02	1,45E+00	3,06E+02	-6,28E-09	1,71E-06	-3,05E-05	4,26E-03
Limão-galego	1,01E-03	1,57E-02	-1,88E-01	4,55E+02	-6,31E-09	9,10E-07	4,00E-05	3,00E-03
Uva	2,48E-04	5,33E-02	2,96E+00	1,95E+02	-8,98E-09	1,66E-06	3,71E-07	2,93E-03

Anexo 25 - Parâmetros estatísticos para Modelo 1 e 2, ajuste OtimG2

	$(E_a - \text{Equação 9})$			$(E_a - \text{Equação 10})$			$(E_a - \text{Equação 11})$			$(E_a - \text{Equação 12})$		
	S ^a	DMA ^b	DMR(%) ^c	S ^a	DMA ^b	DMR(%) ^c	S ^a	DMA ^b	DMR(%) ^c	S ^a	DMA ^b	DMR(%) ^c
Modelo 1												
Suco												
Cereja	0,91	0,19	16,46	1,07	0,25	30,66	1,03	0,23	22,75	0,91	0,20	22,58
Groselha	0,03	0,01	8,21	0,05	0,01	13,30	0,05	0,01	12,36	0,04	0,01	12,14
Limão-galego	0,00	0,00	31,34	0,00	0,00	27,64	0,00	0,00	22,45	0,00	0,00	21,54
Limão	0,00	0,00	6,14	0,00	0,00	7,56	0,00	0,00	24,96	0,00	0,00	13,27
Maçã	0,34	0,08	19,77	0,49	0,13	27,83	0,50	0,13	29,28	0,48	0,12	26,23
Manga	0,02	0,01	21,63	0,04	0,01	18,31	0,04	0,01	18,22	0,03	0,01	11,46
Pêra	0,00	0,00	3,70	0,00	0,00	5,51	0,00	0,00	7,18	0,00	0,00	11,25
Pêssego	0,28	0,08	19,16	0,29	0,09	23,08	0,31	0,09	24,40	0,31	0,10	27,37
Romã	0,00	0,00	6,42	0,00	0,00	13,88	0,00	0,00	7,57	0,00	0,00	9,36
Tangerina	0,00	0,00	5,99	0,00	0,00	9,86	0,00	0,00	5,79	0,00	0,00	9,81
Uva	0,00	0,00	8,55	0,00	0,00	7,71	0,00	0,00	7,21	0,00	0,00	6,55
Total geral	0,30	0,04	12,33	0,37	0,05	16,23	0,36	0,05	16,35	0,32	0,04	15,35
Modelo 2												
Cereja	0,87	0,19	33,33	0,86	0,18	17,82	0,80	0,17	20,09	0,67	0,13	15,53
Groselha	0,04	0,01	11,42	0,03	0,01	8,52	0,03	0,01	10,38	0,02	0,00	7,88
Limão-galego	0,00	0,00	23,81	0,00	0,00	27,47	0,00	0,00	24,83	0,00	0,00	24,82
Limão	0,00	0,00	7,57	0,00	0,00	5,34	0,00	0,00	9,27	0,00	0,00	11,58
Maçã	0,42	0,10	18,90	0,39	0,09	18,29	0,38	0,09	16,20	0,31	0,07	12,56
Manga	0,03	0,01	16,89	0,01	0,00	13,67	0,01	0,00	11,41	0,01	0,00	11,40
Pêra	0,00	0,00	5,94	0,00	0,00	2,76	0,00	0,00	5,59	0,00	0,00	8,89
Pêssego	0,23	0,06	15,54	0,22	0,06	13,10	0,20	0,05	11,96	0,16	0,04	8,84
Romã	0,00	0,00	8,86	0,00	0,00	2,91	0,00	0,00	5,10	0,00	0,00	7,35
Tangerina	0,00	0,00	8,52	0,00	0,00	4,75	0,00	0,00	9,36	0,00	0,00	14,50
Uva	0,00	0,00	7,64	0,00	0,00	5,57	0,00	0,00	7,90	0,00	0,00	8,39
Total geral	0,30	0,04	13,81	0,29	0,03	10,13	0,27	0,03	11,44	0,23	0,02	11,10

Onde η é a viscosidade dinâmica, N é o número de dados experimentais e os subscritos *calc* e *exp* indicam respectivamente viscosidade calculada e experimental.

$$^a S (\text{Desvio padrão}) = \sqrt{(\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}})^2 / N} \quad ^b \text{DMA (Desvio Médio Absoluto)} = \frac{1}{N} \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}| \quad ^c \text{DMR\% (Desvio Médio Relativo)} = \frac{100 \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}|}{N \eta_{\text{exp}}}$$

Anexo 26 - Parâmetros estatísticos para Modelo 3 e 4, ajuste OtimG2

	$(E_a - \text{Equação 9})$			$(E_a - \text{Equação 10})$			$(E_a - \text{Equação 11})$			$(E_a - \text{Equação 12})$			
	Suco	S ^a	DMA ^b	DMR(%) ^c	S ^a	DMA ^b	DMR(%) ^c	S ^a	DMA ^b	DMR(%) ^c	S ^a	DMA ^b	DMR(%) ^c
Modelo 3	Cereja	0,77	0,16	37,19	1,10	0,26	37,15	0,69	0,14	16,92	0,53	0,11	15,03
	Groselha	0,02	0,00	7,79	0,04	0,01	14,65	0,02	0,00	7,82	0,01	0,00	8,00
	Limão-galego	0,00	0,00	30,45	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00	30,50	0,00	0,00	30,68
	Limão	0,00	0,00	5,53	0,00	0,00	13,36	0,00	0,00	4,85	0,00	0,00	8,71
	Maçã	0,34	0,08	15,42	0,54	0,16	40,81	0,32	0,07	11,76	0,18	0,04	10,68
	Manga	0,01	0,00	19,25	0,05	0,01	27,07	0,01	0,00	15,35	0,00	0,00	12,68
	Pêra	0,00	0,00	3,63	0,00	0,00	8,56	0,00	0,00	3,12	0,00	0,00	5,64
	Pêssego	0,18	0,05	11,17	0,34	0,12	34,05	0,17	0,04	9,68	0,10	0,03	9,30
	Romã	0,00	0,00	4,34	0,00	0,00	10,55	0,00	0,00	4,15	0,00	0,00	6,63
	Tangerina	0,00	0,00	5,86	0,00	0,00	14,32	0,00	0,00	5,25	0,00	0,00	10,62
	Uva	0,00	0,00	8,56	0,00	0,00	14,39	0,00	0,00	5,65	0,00	0,00	4,72
	Total geral	0,26	0,03	12,40	0,38	0,05	21,66	0,23	0,02	9,33	0,17	0,02	9,97
Modelo 4	Cereja	0,82	0,17	18,97	1,10	0,27	36,47	0,83	0,17	19,35	0,94	0,20	18,58
	Groselha	0,03	0,01	11,05	0,06	0,02	21,03	0,03	0,01	9,17	0,04	0,01	8,55
	Limão-galego	0,01	0,00	33,18	0,01	0,00	29,28	0,00	0,00	27,37	0,00	0,00	24,43
	Limão	0,00	0,00	8,68	0,00	0,00	14,79	0,00	0,00	9,38	0,00	0,00	6,66
	Maçã	0,40	0,10	16,16	0,52	0,14	35,45	0,36	0,08	16,12	0,43	0,11	19,80
	Manga	0,01	0,00	16,88	0,04	0,01	29,97	0,01	0,00	14,74	0,02	0,00	12,11
	Pêra	0,00	0,00	2,06	0,00	0,00	8,77	0,00	0,00	3,83	0,00	0,00	3,28
	Pêssego	0,25	0,07	15,63	0,32	0,10	31,05	0,20	0,05	11,23	0,23	0,06	14,86
	Romã	0,00	0,00	3,36	0,00	0,00	15,95	0,00	0,00	6,64	0,00	0,00	4,61
	Tangerina	0,00	0,00	8,66	0,00	0,00	16,05	0,00	0,00	10,24	0,00	0,00	6,77
	Uva	0,00	0,00	8,46	0,00	0,00	16,07	0,00	0,00	8,58	0,00	0,00	4,45
	Total geral	0,29	0,03	12,18	0,38	0,05	23,07	0,28	0,03	11,61	0,32	0,04	10,64

Onde η é a viscosidade dinâmica, N é o número de dados experimentais e os subscritos *calc* e *exp* indicam respectivamente viscosidade calculada e experimental.

$$^a \text{ S (Desvio padrão)} = \sqrt{(\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}})^2 / N} \quad ^b \text{ DMA (Desvio Médio Absoluto)} = \frac{1}{N} \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}| \quad ^c \text{ DMR\% (Desvio Médio Relativo)} = \frac{100 \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}|}{N \eta_{\text{exp}}}$$

Anexo 27 - Desvio Médio Relativo (DMR%)^a em concentrações de 15,0 a 50,1 °Brix, Modelos 1, e 2, ajuste OtimG2

SST (°Brix)	MODELO 1				MODELO 2			
	E_a - Eq. 9	E_a - Eq. 10	E_a - Eq. 11	E_a - Eq. 12	E_a - Eq. 9	E_a - Eq. 10	E_a - Eq. 11	E_a - Eq. 12
15,0	14,02	14,62	13,54	21,80	15,03	13,30	15,01	18,00
16,8	47,28	52,16	32,10	28,81	30,13	34,28	23,57	18,40
17,0	6,50	12,86	37,60	28,53	9,65	1,41	11,66	18,23
20,0	2,41	5,64	12,57	5,53	6,17	1,98	7,65	11,92
21,0	6,14	14,20	5,06	5,85	9,95	3,19	11,30	16,78
22,0	6,07	7,97	7,90	5,61	36,52	6,39	7,18	10,14
22,9	6,96	15,20	4,55	8,94	6,90	5,12	14,53	12,87
23,0	2,57	16,75	3,53	4,17	8,25	2,00	7,49	12,45
25,0	3,21	4,63	2,96	20,21	5,62	4,53	4,98	8,62
25,5	3,90	10,98	3,11	6,30	4,21	3,73	10,06	10,11
26,0	4,23	8,64	4,09	5,81	5,81	2,22	4,70	8,98
30,0	5,30	6,64	18,09	10,18	6,44	3,00	4,79	6,25
30,5	30,51	32,20	29,44	30,83	28,86	32,61	31,00	29,72
31,0	9,80	3,69	10,63	4,04	9,57	5,36	3,18	2,43
34,0	10,23	6,35	9,46	6,15	9,17	10,11	8,99	6,73
35,0	5,85	8,17	6,48	7,26	16,72	6,07	13,75	6,11
40,0	5,72	7,34	10,18	9,71	6,69	6,52	7,29	8,11
41,0	2,64	4,07	4,10	4,51	5,11	3,84	5,78	7,16
44,8	26,66	19,69	20,10	19,54	22,84	27,09	28,30	29,27
45,0	6,99	7,68	7,82	8,31	7,97	6,55	8,28	8,72
45,1	11,98	15,28	20,12	15,11	10,23	8,67	6,75	4,97
49,0	10,34	13,59	12,30	10,22	12,67	12,76	17,19	16,93
50,0	9,89	12,87	11,67	12,58	10,72	6,25	6,82	6,36
50,1	9,91	10,95	10,11	14,04	9,10	7,99	6,01	5,77
Total geral	7,97	10,17	11,08	10,76	11,31	7,08	9,49	9,85

$$^a \text{DMR\% (Desvio Médio Relativo)} = \frac{100 \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}|}{N \eta_{\text{exp}}}$$

Anexo 28 - Desvio Médio Relativo (DMR%)^a em concentrações de 15,0 a 50,1 °Brix, Modelos 3 e 4, ajuste OtimG2

SST (°Brix)	MODELO 3				MODELO 4			
	E_a - Eq. 9	E_a - Eq. 10	E_a - Eq. 11	E_a - Eq. 12	E_a - Eq. 9	E_a - Eq. 10	E_a - Eq. 11	E_a - Eq. 12
15,0	16,76	19,37	15,97	19,48	13,46	33,59	17,75	14,55
16,8	35,75	34,86	36,47	36,35	31,02	30,87	22,66	26,40
17,0	4,71	19,45	6,03	12,99	6,36	18,54	11,73	6,55
20,0	2,11	9,99	1,87	6,62	1,46	5,62	6,78	4,19
21,0	6,31	17,57	6,78	14,05	4,49	16,36	9,60	6,79
22,0	44,03	13,75	11,32	12,72	5,64	7,28	5,73	5,58
22,9	10,34	17,83	6,14	5,83	5,19	29,55	12,25	5,26
23,0	1,97	10,62	2,13	6,74	1,97	8,38	7,20	4,12
25,0	5,14	7,45	3,06	5,04	2,78	8,00	3,11	2,61
25,5	5,67	14,95	5,03	4,45	5,97	20,63	2,95	4,15
26,0	3,76	13,76	2,71	9,74	7,28	13,18	3,75	2,85
30,0	4,12	10,46	3,82	6,64	5,14	12,90	4,12	3,86
30,5	36,23	35,97	37,10	38,49	37,12	27,73	36,78	31,98
31,0	7,26	6,68	3,75	6,64	5,21	9,05	5,43	1,81
34,0	11,52	7,02	10,15	11,53	12,19	11,62	12,90	7,97
35,0	15,89	9,64	8,02	9,44	8,66	13,16	9,50	5,77
40,0	7,45	9,24	7,26	8,37	12,17	15,04	9,90	6,49
41,0	2,54	1,63	3,52	3,68	7,37	11,27	7,14	3,18
44,8	26,40	27,27	27,38	29,96	40,69	12,07	30,84	26,71
45,0	5,59	6,56	5,15	6,84	8,49	16,69	9,82	6,70
45,1	21,63	6,45	5,40	4,09	8,37	19,88	5,19	9,49
49,0	12,26	13,12	12,79	16,66	21,45	11,22	16,66	11,57
50,0	4,48	5,08	4,42	6,70	7,63	20,94	6,17	6,49
50,1	8,18	4,03	5,33	5,32	11,38	17,53	5,96	8,44
Total geral	10,98	11,12	7,77	10,00	9,58	15,61	9,54	7,21

$$^a \text{DMR\% (Desvio Médio Relativo)} = \frac{100 \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}|}{N \eta_{\text{exp}}}$$

Anexo 29 - Desvio Médio Relativo (DMR%)^a em concentrações de 51,0 a 74,0 °Brix, Modelos 1 e 2, ajuste OtimG2

SST (°Brix)	Modelo 1				Modelo 2			
	E_a - Eq. 9	E_a - Eq. 10	E_a - Eq. 11	E_a - Eq. 12	E_a - Eq. 9	E_a - Eq. 10	E_a - Eq. 11	E_a - Eq. 12
51,0	15,47	6,95	7,38	6,62	7,49	7,66	7,69	11,37
52,0	52,32	9,19	9,33	7,18	13,27	10,26	9,59	15,15
53,4	11,94	8,89	9,49	10,39	6,50	6,50	7,33	11,03
54,0	16,34	21,41	34,12	16,89	14,59	12,59	13,24	13,75
55,0	11,33	16,35	15,76	16,28	9,96	8,59	8,30	7,94
55,1	10,72	24,21	25,55	17,23	9,14	8,26	10,31	6,71
55,7	20,91	6,51	8,18	6,96	13,39	15,88	16,44	21,88
60,0	10,06	22,30	22,05	20,48	13,06	12,56	11,91	10,35
62,5	19,06	48,42	21,65	25,87	18,99	21,42	22,77	22,07
64,5	13,55	30,27	32,58	28,00	18,33	16,28	13,34	9,69
65,0	32,13	36,82	38,93	37,69	22,58	19,78	16,96	9,26
65,5	21,36	39,11	39,71	36,77	26,04	23,61	20,85	12,03
66,0	19,23	53,48	47,23	19,46	41,45	12,09	11,70	13,66
69,0	59,10	51,48	55,87	62,69	36,39	33,38	29,93	20,76
71,7	53,89	52,55	54,94	50,93	45,62	47,21	40,51	35,00
74,0	36,14	76,83	49,40	63,61	40,41	37,54	33,37	24,18
Total geral	22,20	29,97	28,28	25,76	19,48	17,02	15,85	13,91

$$^a \text{DMR\% (Desvio Médio Relativo)} = \frac{100 \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}|}{N \eta_{\text{exp}}}$$

Anexo 30 - Desvio Médio Relativo (DMR%)^a em concentrações de 51,0 a 74,0 °Brix, Modelos 4 e 5, ajuste OtimG2

SST (°Brix)	Modelo 3				Modelo 4			
	E_a - Eq. 9	E_a - Eq. 10	E_a - Eq. 11	E_a - Eq. 12	E_a - Eq. 9	E_a - Eq. 10	E_a - Eq. 11	E_a - Eq. 12
51,0	14,73	28,78	9,79	3,50	15,43	16,21	11,94	5,93
52,0	33,53	25,93	15,63	8,10	18,64	34,98	13,87	6,95
53,4	12,48	35,86	7,98	1,74	13,13	18,09	10,00	7,29
54,0	10,38	19,59	8,51	7,35	12,30	25,13	12,35	18,61
55,0	8,63	20,99	7,66	7,75	11,72	23,46	8,85	9,26
55,1	4,50	19,78	3,64	3,04	9,68	31,39	7,73	10,21
55,7	23,42	1,91	21,06	17,94	23,88	46,47	19,20	12,61
60,0	11,99	27,68	9,86	7,61	10,89	30,60	10,88	13,83
62,5	19,22	68,78	17,91	16,84	19,75	69,39	20,15	23,14
64,5	8,24	44,04	7,58	5,32	16,47	47,14	13,76	18,97
65,0	8,87	73,88	7,57	4,40	19,28	46,48	16,11	23,86
65,5	13,26	77,03	13,31	10,66	18,29	48,48	19,52	27,36
66,0	14,20	72,88	8,20	5,15	11,75	29,33	12,25	13,31
69,0	26,86	88,99	24,22	16,44	46,01	60,26	29,50	36,46
71,7	36,25	90,25	35,22	33,71	38,57	62,38	46,69	47,48
74,0	28,63	94,09	27,27	21,39	32,79	90,97	33,68	39,29
Total geral	15,60	45,50	12,84	9,91	18,07	39,97	16,30	18,42

$$^a \text{DMR\% (Desvio Médio Relativo)} = \frac{100 \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}|}{N \eta_{\text{exp}}}$$

Anexo 31 -Parâmetros globais para todos os Modelos, ajuste OtimG3

Equação da energia de ativação	MODELO 1	MODELO 3		MODELO 4		MODELO 5	
	η^∞	A_3	B_3	A_4	B_4	A_5	B_5
BAIXAS TEMPERATURAS							
(E_a - Equação 9)	2,07E-06	1,35E-05	-5,31E-02	-1,09E+01	4,29E+01	6,19E-04	-2,00E+00
(E_a - Equação 10)	3,60E-06	6,13E-06	-6,42E-02	-8,25E+00	-1,89E+02	2,08E-08	1,82E+00
(E_a - Equação 11)	5,58E-06	1,11E-04	-1,31E-01	-1,08E+01	-1,39E+02	5,51E-01	-3,80E+00
(E_a - Equação 12)	3,50E-06	8,91E-04	-1,89E-01	-9,06E+00	-1,80E+02	1,53E-03	-1,93E+00
ALTAS TEMPERATURAS							
(E_a - Equação 9)	2,27E-06	1,54E-05	-5,38E-02	-1,09E+01	-1,09E+02	1,17E-03	-2,06E+00
(E_a - Equação 10)	3,78E-06	5,18E-06	-4,06E-02	-8,44E+00	-2,30E+02	5,27E-08	1,56E+00
(E_a - Equação 11)	4,56E-06	8,64E-05	-1,14E-01	-1,05E+01	-1,36E+02	4,69E-01	-3,71E+00
(E_a - Equação 12)	3,71E-06	5,49E-04	-1,71E-01	-9,32E+00	-1,96E+02	1,35E-03	-1,87E+00

Anexo 32 - Parâmetros específicos Modelos 1, 2, 3 e 4 (E_a - Equação 9), ajuste OtimG3
BAIXAS TEMPERATURAS

Suco	MODELO 1		MODELO 2		MODELO 3		MODELO 4	
	α	β	α	β	α	β	α	β
Manga	4,05E-05	3,18E-03	7,12E-05	2,11E-03	2,91E+01	8,76E+02	8,47E-05	2,36E-03
Cereja	3,50E-05	3,41E-03	9,61E-05	8,13E-04	2,40E+01	1,12E+03	7,24E-05	2,88E-03
Maça	9,21E-05	3,48E-04	1,06E-04	2,24E-04	5,96E+01	-8,89E+02	9,48E-05	1,56E-03
Romã	3,59E-05	3,22E-03	7,36E-05	1,90E-03	2,40E+01	1,01E+03	8,12E-05	2,45E-03
Groselha	5,51E-05	2,58E-03	8,74E-05	1,41E-03	3,34E+01	6,72E+02	8,04E-05	2,52E-03
Pêra	3,05E-05	3,40E-03	7,52E-05	1,91E-03	2,15E+01	1,09E+03	7,77E-05	2,64E-03
Pêssego	6,23E-05	2,31E-03	9,65E-05	1,06E-03	3,96E+01	4,41E+02	8,89E-05	2,20E-03
Tangerina	4,11E-05	3,20E-03	7,50E-05	1,99E-03	1,89E+01	1,25E+03	8,13E-05	2,61E-03
Limão	2,51E-05	3,53E-03	6,98E-05	2,01E-03	1,78E+01	1,20E+03	7,33E-05	2,70E-03
Limão-galego	2,44E-05	4,09E-03	6,14E-05	2,81E-03	1,01E+01	1,77E+03	6,24E-05	3,55E-03
Uva	2,79E-05	3,41E-03	7,05E-05	1,91E-03	2,29E+01	1,01E+03	7,03E-05	2,75E-03

ALTAS TEMPERATURAS

Suco	MODELO 1		MODELO 2		MODELO 3		MODELO 4	
	α	β	α	β	α	β	α	β
Manga	3,26E-05	3,49E-03	6,78E-05	2,25E-03	1,29E+01	6,53E+02	8,08E-05	2,43E-03
Cereja	3,19E-05	3,47E-03	1,04E-05	3,95E-05	2,44E+01	2,85E+01	7,58E-05	2,61E-03
Maça	7,70E-05	1,05E-03	1,01E-04	3,11E-04	2,72E+01	-2,21E+02	9,30E-05	1,35E-03
Romã	3,23E-05	3,19E-03	6,92E-05	1,88E-03	1,29E+01	5,59E+02	8,01E-05	2,23E-03
Groselha	5,08E-05	2,68E-03	8,83E-05	1,28E-03	1,80E+01	3,95E+02	7,77E-05	2,48E-03
Pêra	2,49E-05	3,46E-03	6,42E-05	2,10E-03	8,13E+00	7,15E+02	8,03E-05	2,30E-03
Pêssego	5,22E-05	2,74E-03	8,85E-05	1,30E-03	1,82E+01	3,98E+02	8,36E-05	2,21E-03
Tangerina	3,40E-05	3,29E-03	7,10E-05	1,96E-03	1,18E+01	6,39E+02	8,75E-05	2,14E-03
Limão	2,53E-05	3,46E-03	6,65E-05	2,02E-03	9,65E+00	6,74E+02	7,61E-05	2,35E-03
Limão-galego	3,25E-05	3,92E-03	6,38E-05	2,96E-03	7,04E+00	1,08E+03	6,29E-05	3,63E-03
Uva	2,97E-05	3,32E-03	6,97E-05	1,88E-03	1,29E+01	5,52E+02	7,02E-05	2,54E-03

Anexo 33 - Parâmetros específicos Modelos 1, 2, 3 e 4 (E_a - Equação 10), ajuste OtimG3**BAIXAS TEMPERATURAS**

EXPO	MODELO 1		MODELO 2		MODELO 3		MODELO 4	
	α	β	α	β	α	β	α	β
Suco								
Manga	3,19E-03	8,37E-03	2,85E-03	1,65E-02	2,44E+02	7,26E-03	2,53E-03	8,16E-03
Cereja	3,29E-03	7,54E-03	3,23E-03	1,39E-02	2,68E+02	-2,73E-03	3,54E-03	7,23E-04
Maça	2,40E-03	1,37E-02	2,60E-03	1,76E-02	2,12E+02	1,26E-02	1,95E-03	1,21E-02
Romã	3,35E-03	6,05E-03	2,96E-03	1,59E-02	1,15E+02	2,71E-02	3,16E-03	2,00E-03
Groselha	2,97E-03	1,02E-02	3,10E-03	1,49E-02	1,40E+02	2,32E-02	2,75E-03	6,56E-03
Pêra	3,33E-03	5,34E-03	3,09E-03	1,47E-02	1,14E+02	3,11E-02	4,04E-03	-6,94E-03
Pêssego	2,84E-03	1,18E-02	3,04E-03	1,56E-02	1,02E+02	2,94E-02	2,53E-03	8,95E-03
Tangerina	5,45E-03	-2,65E-02	3,07E-03	1,56E-02	9,42E+01	3,61E-02	4,02E-03	-6,05E-03
Limão	3,09E-03	8,05E-03	3,27E-03	1,31E-02	9,41E+01	3,07E-02	3,60E-03	-1,88E-03
Limão-galego	3,72E-03	6,89E-03	3,96E-03	1,03E-02	2,69E+02	1,04E-02	4,50E-03	-4,15E-03
Uva	2,94E-03	9,17E-03	3,10E-03	1,41E-02	1,01E+02	2,80E-02	2,81E-03	4,42E-03

ALTAS TEMPERATURAS

Suco	MODELO 1		MODELO 2		MODELO 3		MODELO 4	
	α	β	α	β	α	β	α	β
Manga	3,20E-03	8,25E-03	3,20E-03	1,27E-02	1,30E+02	1,90E-02	2,51E-03	8,01E-03
Cereja	3,23E-03	8,10E-03	3,15E-03	1,29E-02	2,26E+02	3,03E-03	3,38E-03	1,22E-03
Maça	2,24E-03	1,41E-02	2,62E-03	1,53E-02	1,58E+02	1,22E-02	1,88E-03	1,19E-02
Romã	3,17E-03	6,30E-03	2,86E-03	1,44E-02	7,75E+01	2,76E-02	3,08E-03	6,05E-04
Groselha	2,84E-03	1,07E-02	3,11E-03	1,30E-02	1,02E+02	2,32E-02	2,69E-03	6,54E-03
Pêra	3,15E-03	6,85E-03	3,08E-03	1,25E-02	8,08E+01	2,88E-02	3,81E-03	-6,07E-03
Pêssego	2,77E-03	1,15E-02	3,17E-03	1,28E-02	6,27E+01	3,14E-02	2,45E-03	8,47E-03
Tangerina	3,43E-03	4,16E-03	3,04E-03	1,34E-02	5,72E+01	3,77E-02	3,81E-03	-5,42E-03
Limão	3,00E-03	8,19E-03	3,09E-03	1,22E-02	7,25E+01	2,81E-02	3,51E-03	-3,30E-03
Limão-galego	3,69E-03	6,81E-03	3,91E-03	9,88E-03	3,51E+02	-3,32E-03	4,51E-03	-2,79E-03
Uva	2,90E-03	9,01E-03	3,03E-03	1,25E-02	8,03E+01	2,57E-02	2,67E-03	4,61E-03

Anexo 34 - Parâmetros específicos Modelos 1, 2, 3 e 4 (E_a - Equação 11), ajuste OtimG3**BAIXA TEMPERATURAS**

Suco	MODELO 1			MODELO 2			MODELO 3			MODELO 4		
	α	β	δ	α	β	δ	α	β	δ	α	β	δ
Manga	3,28E-07	1,87E-05	2,92E-03	2,33E-07	1,01E-04	1,09E-03	2,05E-01	-2,81E+00	6,94E+02	-1,08E-07	1,25E-04	7,56E-04
Cereja	3,98E-07	9,55E-06	3,14E-03	1,42E-06	5,97E-06	2,76E-03	2,24E-01	-5,79E+00	7,65E+02	2,44E-07	8,41E-05	1,81E-03
Maça	2,45E-07	4,45E-05	1,65E-03	1,39E-06	5,42E-06	2,78E-03	6,68E-02	1,70E+01	-3,88E+01	8,82E-07	2,64E-05	2,87E-03
Romã	4,63E-07	1,22E-05	2,89E-03	2,87E-07	1,02E-04	9,20E-04	1,73E-01	2,82E-01	6,19E+02	4,39E-07	9,86E-05	1,11E-03
Groselha	4,29E-07	1,21E-05	3,04E-03	1,03E-07	1,23E-04	4,25E-04	9,04E-02	6,65E+00	4,99E+02	8,56E-07	2,06E-05	3,46E-03
Pêra	7,90E-07	-6,40E-06	3,20E-03	5,54E-07	7,88E-05	1,41E-03	1,34E-01	1,54E+00	6,38E+02	5,59E-07	9,73E-05	1,18E-03
Pêssego	1,36E-07	4,21E-05	2,39E-03	8,62E-07	5,43E-05	2,00E-03	1,64E-01	9,61E-01	6,16E+02	1,21E-06	-1,65E-05	4,53E-03
Tangerina	8,03E-07	-4,27E-06	3,20E-03	5,16E-07	8,47E-05	1,39E-03	1,82E-01	-4,04E-01	6,77E+02	-1,33E-06	1,97E-04	-1,58E-05
Limão	2,98E-06	-1,53E-04	5,30E-03	2,14E-07	9,55E-05	1,21E-03	8,67E-02	3,21E+00	6,26E+02	-1,39E-06	1,93E-04	4,88E-05
Limão-galego	7,18E-07	-2,59E-05	4,41E-03	3,19E-07	7,88E-05	2,17E-03	9,95E-02	7,53E-02	8,48E+02	-1,65E-07	1,10E-04	1,82E-03
Uva	2,72E-07	1,74E-05	2,86E-03	4,87E-08	1,15E-04	6,49E-04	1,27E-01	9,88E-01	6,28E+02	7,26E-07	4,30E-05	2,44E-03

ALTA TEMPERATURAS

Suco	MODELO 1			MODELO 2			MODELO 3			MODELO 4		
	α	β	δ	α	β	δ	α	β	δ	α	β	δ
Manga	2,94E-07	1,53E-05	3,25E-03	2,84E-07	9,05E-05	1,35E-03	1,91E-01	-3,34E+00	7,53E+02	-1,49E-07	1,25E-04	7,84E-04
Cereja	3,87E-07	1,12E-05	3,27E-03	1,11E-06	1,50E-05	2,83E-03	2,01E-01	-5,07E+00	7,97E+02	2,31E-07	8,33E-05	1,83E-03
Maça	2,23E-07	4,51E-05	1,68E-03	1,26E-06	1,43E-06	2,93E-03	2,12E-02	1,83E+01	-1,41E+01	7,25E-07	2,95E-05	3,00E-03
Romã	3,81E-07	1,20E-05	3,00E-03	2,88E-07	9,65E-05	8,33E-04	1,68E-01	8,14E-01	5,70E+02	4,51E-07	9,36E-05	1,13E-03
Groselha	4,00E-07	1,15E-05	3,18E-03	1,12E-07	1,15E-04	5,02E-04	8,15E-02	6,44E+00	5,34E+02	7,88E-07	1,91E-05	3,61E-03
Pêra	7,78E-07	-6,04E-06	3,29E-03	6,69E-07	6,89E-05	1,40E-03	1,29E-01	1,54E+00	6,08E+02	7,27E-07	8,75E-05	1,20E-03
Pêssego	1,23E-07	4,21E-05	2,52E-03	6,62E-07	5,85E-05	1,96E-03	1,64E-01	9,45E-01	6,00E+02	1,09E-06	-1,76E-05	4,79E-03
Tangerina	6,73E-07	-6,25E-06	3,36E-03	4,97E-07	8,41E-05	1,14E-03	1,83E-01	-3,03E-01	6,33E+02	-1,01E-06	1,86E-04	-1,43E-04
Limão	2,87E-06	-1,53E-04	5,39E-03	2,04E-07	9,46E-05	1,00E-03	8,16E-02	3,61E+00	5,82E+02	-1,28E-06	1,94E-04	-2,42E-04
Limão-galego	7,17E-07	-2,56E-05	4,48E-03	3,90E-07	6,50E-05	2,71E-03	9,36E-02	5,19E-01	9,26E+02	-1,58E-07	1,05E-04	2,18E-03
Uva	2,22E-07	1,64E-05	3,04E-03	2,70E-08	1,10E-04	6,65E-04	1,21E-01	1,14E+00	6,10E+02	7,17E-07	4,67E-05	2,29E-03

Anexo 35 - Parâmetros específicos Modelos 1 e 2 (E_a - Equação 12), ajuste OtimG3**BAIXAS TEMPERATURAS**

Suco	MODELO 1				MODELO 2			
	A	β	δ	γ	α	β	δ	γ
Manga	1,04E-08	-7,07E-07	4,99E-05	2,92E-03	2,12E-09	4,44E-07	1,17E-04	9,08E-05
Cereja	1,47E-08	-1,03E-06	4,85E-05	3,19E-03	1,41E-08	-6,77E-07	1,34E-04	3,34E-04
Maça	-6,40E-09	1,29E-06	5,19E-06	1,98E-03	-6,24E-09	2,01E-06	3,28E-05	1,10E-03
Romã	-1,61E-08	7,01E-07	4,30E-05	2,51E-03	2,08E-08	-8,31E-07	1,40E-04	-2,18E-05
Groselha	8,58E-09	-3,44E-07	2,68E-05	3,39E-03	3,32E-09	5,40E-07	9,15E-05	9,02E-04
Pêra	-3,73E-08	-1,36E-06	1,94E-04	3,89E-04	-1,31E-09	5,49E-08	1,43E-04	-2,30E-04
Pêssego	-1,04E-08	8,97E-07	6,31E-05	1,03E-03	7,95E-09	7,09E-07	3,66E-05	2,70E-03
Tangerina	-1,50E-08	7,77E-07	3,05E-05	2,94E-03	7,77E-09	1,98E-07	1,18E-04	2,19E-04
Limão	-1,10E-09	-7,53E-07	8,47E-05	2,26E-03	-8,46E-09	3,14E-07	1,51E-04	-4,56E-04
Limão-galego	2,44E-09	4,98E-07	-1,70E-05	4,44E-03	8,48E-09	-4,98E-10	1,05E-04	1,14E-03
Uva	2,17E-08	-1,75E-06	7,64E-05	2,58E-03	5,63E-09	1,99E-09	1,26E-04	1,49E-06

ALTAS TEMPERATURAS

Suco	MODELO 1				MODELO 2			
	A	β	δ	γ	α	β	δ	γ
Manga	9,18E-09	-6,93E-07	4,84E-05	3,03E-03	-5,06E-10	4,86E-07	1,17E-04	2,48E-04
Cereja	1,30E-08	-9,72E-07	4,84E-05	3,17E-03	1,12E-08	-7,12E-07	1,45E-04	1,84E-04
Maça	-7,95E-09	1,29E-06	7,51E-06	2,00E-03	-6,18E-09	1,80E-06	3,47E-05	1,35E-03
Romã	-1,67E-08	7,05E-07	4,23E-05	2,43E-03	2,22E-08	-7,55E-07	1,34E-04	-7,56E-05
Groselha	7,32E-09	-2,92E-07	2,61E-05	3,37E-03	2,27E-09	5,50E-07	8,84E-05	1,01E-03
Pêra	-3,85E-08	-1,49E-06	1,93E-04	4,95E-04	-5,53E-09	4,36E-08	1,48E-04	-3,60E-04
Pêssego	-1,18E-08	9,17E-07	6,23E-05	1,16E-03	6,98E-09	6,37E-07	3,36E-05	2,98E-03
Tangerina	-1,62E-08	8,39E-07	3,09E-05	2,75E-03	7,94E-09	5,93E-07	9,82E-05	2,79E-04
Limão	-2,25E-09	-7,13E-07	8,42E-05	2,12E-03	-1,81E-09	2,13E-07	1,38E-04	-3,44E-04
Limão-galego	1,32E-09	5,13E-07	-1,71E-05	4,56E-03	2,84E-09	4,19E-10	1,14E-04	1,47E-03
Uva	2,04E-08	-1,75E-06	7,56E-05	2,61E-03	4,51E-09	1,19E-09	1,26E-04	1,26E-05

Anexo 36 - Parâmetros específicos Modelos 3 e 4 (E_a - Equação 12), ajuste OtimG3**BAIXA TEMPERATURAS**

Suco	MODELO 3				MODELO 4			
	A	β	δ	γ	α	β	δ	γ
Manga	4,95E-04	9,91E-02	-4,44E-01	2,91E+02	-5,10E-09	8,00E-07	4,72E-05	2,21E-03
Cereja	-6,10E-03	5,73E-01	-8,74E+00	3,01E+02	1,66E-08	-1,69E-06	1,24E-04	1,72E-03
Maça	1,06E-03	5,68E-02	1,26E+00	1,84E+02	1,77E-09	6,33E-07	1,67E-05	2,93E-03
Romã	5,75E-04	1,31E-02	5,79E+00	1,76E+02	2,70E-08	-2,85E-06	1,77E-04	7,78E-04
Groselha	2,03E-03	-3,67E-02	2,13E-01	3,92E+02	7,59E-10	3,39E-07	4,11E-05	2,84E-03
Pêra	1,61E-03	5,29E-03	2,95E+00	2,52E+02	-3,04E-09	1,23E-06	1,95E-05	2,68E-03
Pêssego	1,65E-03	-1,57E-02	1,50E+00	3,42E+02	-5,88E-09	1,59E-06	-2,88E-05	4,14E-03
Tangerina	-1,20E-03	7,98E-02	7,25E+00	1,52E+02	-2,16E-08	1,25E-06	6,21E-05	2,01E-03
Limão	-9,61E-04	1,09E-01	3,47E+00	2,07E+02	-2,48E-08	1,62E-06	4,26E-05	2,23E-03
Limão-galego	1,12E-03	9,78E-03	8,31E-01	4,16E+02	-3,66E-09	5,83E-07	3,99E-05	3,09E-03
Uva	3,49E-04	4,77E-02	2,48E+00	2,42E+02	-1,21E-08	1,67E-06	-1,93E-06	3,04E-03

ALTAS TEMPERATURAS

Suco	MODELO 3				MODELO 4			
	A	β	δ	γ	α	β	δ	γ
Manga	1,19E-04	1,00E-01	-2,42E-01	3,22E+02	-5,70E-09	7,11E-07	5,15E-05	2,29E-03
Cereja	-6,11E-03	5,68E-01	-8,74E+00	3,32E+02	1,57E-08	-1,73E-06	1,25E-04	1,78E-03
Maça	5,08E-04	6,06E-02	1,40E+00	2,13E+02	3,23E-10	6,16E-07	1,82E-05	2,98E-03
Romã	3,68E-04	1,75E-02	5,86E+00	1,54E+02	2,66E-08	-2,73E-06	1,69E-04	7,91E-04
Groselha	1,67E-03	-3,51E-02	7,31E-01	3,90E+02	-7,36E-11	3,41E-07	4,18E-05	2,84E-03
Pêra	1,13E-03	9,43E-03	2,95E+00	2,44E+02	5,15E-10	1,12E-06	1,83E-05	2,64E-03
Pêssego	1,23E-03	-3,08E-03	1,48E+00	3,43E+02	-6,09E-09	1,50E-06	-2,79E-05	4,23E-03
Tangerina	-5,33E-04	6,57E-02	5,19E+00	1,86E+02	-1,93E-08	1,12E-06	6,75E-05	1,77E-03
Limão	-9,48E-04	9,78E-02	3,33E+00	2,03E+02	-2,22E-08	1,53E-06	4,60E-05	2,01E-03
Limão-galego	3,83E-04	2,59E-02	1,43E+00	4,79E+02	-4,99E-09	5,41E-07	4,11E-05	3,44E-03
Uva	2,32E-04	4,69E-02	2,53E+00	2,34E+02	-1,31E-08	1,70E-06	-3,19E-06	3,05E-03

Anexo 37 - Parâmetros estatísticos para Modelo 1 e 2, ajuste OtimG3

	$(E_a - \text{Equação 9})$			$(E_a - \text{Equação 10})$			$(E_a - \text{Equação 11})$			$(E_a - \text{Equação 12})$		
	S ^a	DMA ^b	DMR(%) ^c	S ^a	DMA ^b	DMR(%) ^c	S ^a	DMA ^b	DMR(%) ^c	S ^a	DMA ^b	DMR(%) ^c
Modelo 1												
Suco												
Cereja	1,09	0,26	33,84	1,08	0,26	31,56	1,05	0,24	28,33	0,85	0,18	19,30
Groselha	0,05	0,01	14,24	0,05	0,01	13,26	0,05	0,01	12,50	0,04	0,01	10,62
Limão-galego	0,01	0,00	27,81	0,00	0,00	28,32	0,00	0,00	22,34	0,00	0,00	19,26
Limão	0,00	0,00	6,44	0,00	0,00	6,88	0,00	0,00	24,37	0,00	0,00	12,71
Maçã	0,43	0,10	25,52	0,47	0,12	24,28	0,48	0,12	26,55	0,44	0,10	25,88
Manga	0,04	0,01	18,24	0,04	0,01	17,48	0,03	0,01	14,46	0,02	0,00	10,79
Pêra	0,00	0,00	3,43	0,00	0,00	4,55	0,00	0,00	5,50	0,00	0,00	12,95
Pêssego	0,29	0,09	22,18	0,28	0,08	19,73	0,30	0,09	24,37	0,30	0,09	29,16
Romã	0,00	0,00	6,03	0,00	0,00	14,15	0,00	0,00	6,26	0,00	0,00	7,03
Tangerina	0,00	0,00	5,48	0,00	0,00	24,61	0,00	0,00	6,47	0,00	0,00	9,07
Uva	0,00	0,00	11,72	0,00	0,00	6,96	0,00	0,00	6,63	0,00	0,00	5,63
Total geral	0,36	0,04	15,58	0,37	0,05	16,81	0,36	0,05	16,06	0,30	0,04	14,56
Modelo 2												
Cereja	1,02	0,24	74,61	0,97	0,22	24,17	0,58	0,11	16,92	0,49	0,09	14,20
Groselha	0,04	0,01	14,07	0,03	0,01	8,04	0,04	0,01	12,19	0,02	0,00	6,32
Limão-galego	0,00	0,00	24,84	0,01	0,00	23,14	0,00	0,00	17,52	0,00	0,00	15,08
Limão	0,00	0,00	6,97	0,00	0,00	5,83	0,00	0,00	8,08	0,00	0,00	11,29
Maçã	0,46	0,12	23,68	0,36	0,08	15,94	0,33	0,07	13,89	0,31	0,07	14,85
Manga	0,04	0,01	17,80	0,01	0,00	14,57	0,04	0,01	14,89	0,01	0,00	12,32
Pêra	0,00	0,00	5,70	0,00	0,00	2,70	0,00	0,00	4,51	0,00	0,00	6,26
Pêssego	0,27	0,08	19,98	0,21	0,06	12,99	0,21	0,05	12,03	0,11	0,03	8,73
Romã	0,00	0,00	4,37	0,00	0,00	2,03	0,00	0,00	2,53	0,00	0,00	5,83
Tangerina	0,00	0,00	6,88	0,00	0,00	4,56	0,00	0,00	7,82	0,00	0,00	12,37
Uva	0,00	0,00	8,78	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	8,90	0,00	0,00	7,32
Total geral	0,35	0,04	18,51	0,32	0,03	10,19	0,21	0,02	10,83	0,18	0,02	10,00

Onde η é a viscosidade dinâmica, N é o número de dados experimentais e os subscritos *calc* e *exp* indicam respectivamente viscosidade calculada e experimental.

$$^a \text{ S (Desvio padrão)} = \sqrt{(\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}})^2 / N} \quad ^b \text{ DMA (Desvio Médio Absoluto)} = \frac{1}{N} \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}| \quad ^c \text{ DMR\% (Desvio Médio Relativo)} = \frac{100 \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}|}{N \eta_{\text{exp}}}$$

Anexo 38 - Parâmetros estatísticos para Modelo 3 e 4 ajuste OtimG3

	$(E_a - \text{Equação 9})$			$(E_a - \text{Equação 10})$			$(E_a - \text{Equação 11})$			$(E_a - \text{Equação 12})$			
	S ^a	DMA ^b	DMR(%) ^c	S ^a	DMA ^b	DMR(%) ^c	S ^a	DMA ^b	DMR(%) ^c	S ^a	DMA ^b	DMR(%) ^c	
Modelo 3	Suco												
	Cereja	1,08	0,25	38,01	1,11	0,27	64,34	0,83	0,18	20,06	1,11	0,27	46,11
	Groselha	0,05	0,01	18,31	0,03	0,01	9,11	0,03	0,01	9,60	0,01	0,00	6,35
	Limão-galego	0,01	0,00	20,16	0,01	0,00	35,34	0,00	0,00	20,78	0,00	0,00	19,73
	Limão	0,00	0,00	5,27	0,00	0,00	10,35	0,00	0,00	3,87	0,00	0,00	6,02
	Maçã	0,41	0,10	28,60	0,54	0,15	44,06	0,34	0,08	18,67	0,20	0,04	12,92
	Manga	0,04	0,01	21,96	0,05	0,01	33,57	0,01	0,00	14,33	0,01	0,00	13,89
	Pêra	0,00	0,00	4,20	0,00	0,00	8,23	0,00	0,00	3,01	0,00	0,00	3,15
	Pêssego	0,28	0,08	25,23	0,08	0,02	18,16	0,22	0,06	13,89	0,13	0,03	8,83
	Romã	0,00	0,00	4,14	0,00	0,00	6,21	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	2,47
	Tangerina	0,00	0,00	5,52	0,00	0,00	13,65	0,00	0,00	3,97	0,00	0,00	6,40
Uva	0,00	0,00	8,67	0,00	0,00	8,63	0,00	0,00	4,61	0,00	0,00	5,62	
Total geral	0,36	0,04	16,70	0,37	0,04	21,36	0,28	0,03	10,08	0,34	0,03	11,27	
Modelo 4	Cereja	1,04	0,24	28,98	1,10	0,26	37,31	0,91	0,20	21,32	0,82	0,17	18,25
	Groselha	0,04	0,01	59,36	0,06	0,02	18,61	0,03	0,01	8,33	0,04	0,01	8,66
	Limão-galego	0,00	0,00	18,11	0,01	0,00	26,66	0,00	0,00	17,12	0,00	0,00	15,72
	Limão	0,00	0,00	8,21	0,00	0,00	12,98	0,00	0,00	8,83	0,00	0,00	6,26
	Maçã	0,46	0,12	22,07	0,50	0,13	29,46	0,35	0,08	14,85	0,39	0,09	16,97
	Manga	0,02	0,01	16,25	0,04	0,01	32,66	0,01	0,00	19,98	0,02	0,00	16,89
	Pêra	0,00	0,00	1,93	0,00	0,00	7,18	0,00	0,00	3,50	0,00	0,00	2,65
	Pêssego	0,26	0,07	17,19	0,31	0,09	25,25	0,18	0,05	10,18	0,23	0,06	14,00
	Romã	0,00	0,00	2,56	0,00	0,00	8,40	0,00	0,00	8,06	0,00	0,00	2,36
	Tangerina	0,00	0,00	7,32	0,00	0,00	15,61	0,00	0,00	9,57	0,00	0,00	6,02
	Uva	0,00	0,00	4,87	0,00	0,00	14,29	0,00	0,00	13,20	0,00	0,00	3,89
Total geral	0,35	0,04	20,35	0,38	0,05	20,65	0,30	0,03	11,89	0,28	0,03	9,94	

Onde η é a viscosidade dinâmica, N é o número de dados experimentais e os subscritos *calc* e *exp* indicam respectivamente viscosidade calculada e experimental.

$$^a S (\text{Desvio padrão}) = \sqrt{(\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}})^2 / N} \quad ^b \text{DMA (Desvio Médio Absoluto)} = \frac{1}{N} \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}| \quad ^c \text{DMR\% (Desvio Médio Relativo)} = \frac{100 \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}|}{N \eta_{\text{exp}}}$$

Anexo 39 - Desvio Médio Relativo (DMR%)^a em concentrações de SST de 15,0 a 50,1 °Brix, Modelos 1 e 2, ajuste OtimG3

SST (°Brix)	MODELO 1				MODELO 2			
	E_a - Eq. 9	E_a - Eq. 10	E_a - Eq. 11	E_a - Eq. 12	E_a - Eq. 9	E_a - Eq. 10	E_a - Eq. 11	E_a - Eq. 12
15,0	12,06	19,12	10,37	18,63	11,73	8,72	10,55	14,69
16,8	47,19	46,69	29,79	27,59	40,20	30,45	11,46	11,57
17,0	1,21	13,53	34,95	27,30	9,92	2,97	9,76	15,71
20,0	2,75	2,65	6,01	29,71	9,42	1,81	5,27	7,95
21,0	3,98	23,56	7,75	4,62	8,08	3,81	9,97	13,53
22,0	8,85	5,43	11,66	3,90	43,91	7,29	11,75	7,81
22,9	4,02	15,20	7,14	7,01	14,54	5,73	20,62	9,97
23,0	7,06	24,34	5,88	1,82	3,52	3,82	3,38	7,21
25,0	5,01	3,99	4,13	5,19	3,47	4,38	5,12	7,36
25,5	3,29	10,86	4,91	4,69	9,63	4,42	15,16	8,45
26,0	3,30	13,07	4,12	5,78	3,62	1,95	4,47	6,37
30,0	3,79	6,54	16,52	8,94	4,09	2,74	3,41	4,77
30,5	27,35	29,39	30,98	27,62	17,48	22,43	17,51	15,39
31,0	13,36	3,48	9,01	5,95	5,76	4,74	1,78	2,39
34,0	10,55	6,11	9,34	7,48	8,32	12,99	7,01	7,93
35,0	8,02	12,80	6,32	5,97	22,25	6,15	11,28	6,23
40,0	6,13	13,36	6,90	9,73	7,52	6,38	5,58	7,68
41,0	4,36	2,48	2,91	5,07	2,88	3,40	4,04	8,85
44,8	12,76	29,21	21,34	14,96	21,96	16,00	18,22	18,83
45,0	9,63	6,96	12,60	7,75	6,50	5,97	7,33	8,56
45,1	33,57	10,47	10,29	28,23	12,85	14,31	9,12	15,38
49,0	14,49	17,01	26,58	15,35	57,95	32,87	10,07	16,87
50,0	16,15	11,73	16,00	14,42	12,40	6,89	9,30	6,00
50,1	9,41	15,65	15,81	10,58	11,91	5,73	5,41	4,76
Total geral	9,11	12,07	11,33	10,71	12,97	7,22	8,09	8,59

$$^a \text{DMR\% (Desvio Médio Relativo)} = \frac{100 \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}|}{N \eta_{\text{exp}}}$$

Anexo 40 - Desvio Médio Relativo (DMR%)^a em concentrações de SST de 15,0 a 50,1 °Brix, Modelos 3 e 4, ajuste OtimG3

SST (°Brix)	MODELO 3				MODELO 4			
	E_a - Eq. 9	E_a - Eq. 10	E_a - Eq. 11	E_a - Eq. 12	E_a - Eq. 9	E_a - Eq. 10	E_a - Eq. 11	E_a - Eq. 12
15,0	18,53	38,94	11,73	14,60	9,45	37,49	14,56	10,52
16,8	15,93	22,59	23,45	22,77	16,10	34,42	11,73	16,46
17,0	6,01	18,10	3,45	10,67	4,97	17,56	9,55	5,75
20,0	5,73	6,60	4,01	3,56	1,91	3,24	4,89	2,92
21,0	6,30	18,11	5,26	9,39	2,56	15,53	7,19	5,84
22,0	26,39	23,67	6,38	16,10	4,12	9,01	4,63	4,79
22,9	18,98	15,68	6,78	6,96	3,12	37,27	22,06	6,30
23,0	2,34	9,00	1,74	2,34	4,07	4,11	4,42	2,01
25,0	3,10	8,53	2,40	3,46	2,57	8,07	3,15	2,57
25,5	12,85	13,48	5,18	5,02	2,16	27,31	4,23	3,20
26,0	4,44	14,18	1,45	4,29	7,29	11,66	6,66	3,13
30,0	3,98	8,80	2,49	2,61	5,02	10,30	5,17	3,03
30,5	17,58	22,88	22,82	22,54	20,23	16,95	23,55	17,72
31,0	3,96	6,02	3,55	4,99	3,68	7,01	9,58	1,48
34,0	9,19	6,42	11,64	12,21	12,01	15,62	24,65	11,26
35,0	16,96	10,02	7,58	4,58	50,09	10,86	8,65	4,58
40,0	8,28	9,77	6,56	5,28	27,21	12,56	11,32	4,64
41,0	4,84	6,16	3,59	3,89	4,66	7,78	19,61	4,67
44,8	17,69	32,43	18,83	21,64	17,39	10,08	23,01	20,98
45,0	10,19	9,10	5,51	5,62	25,20	14,12	9,71	6,47
45,1	46,93	25,63	27,32	14,25	11,96	12,49	10,98	11,89
49,0	24,52	58,51	27,64	19,25	38,23	15,65	26,75	22,67
50,0	18,01	11,46	8,04	4,08	25,92	17,48	5,49	8,23
50,1	20,51	7,19	4,79	4,89	8,75	18,51	5,54	8,36
Total geral	12,40	14,28	7,55	7,51	18,06	14,49	10,26	6,47

$$^a \text{DMR\% (Desvio Médio Relativo)} = \frac{100 \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}|}{N \eta_{\text{exp}}}$$

Anexo 41 - Desvio Médio Relativo (DMR%)^a em concentrações de SST de 51,0 a 74,0 °Brix, Modelos 1 e 2, ajuste OtimG3

SST (°Brix)	MODELO 1				MODELO 2			
	E_a - Eq. 9	E_a - Eq. 10	E_a - Eq. 11	E_a - Eq. 12	E_a - Eq. 9	E_a - Eq. 10	E_a - Eq. 11	E_a - Eq. 12
51,0	20,15	6,49	6,05	4,16	8,82	4,99	7,60	8,22
52,0	5,78	9,98	16,89	15,77	5,56	21,82	12,88	25,43
53,4	26,32	8,10	8,23	7,83	14,00	5,19	10,52	9,10
54,0	17,19	24,44	33,64	18,35	59,71	23,95	13,36	13,79
55,0	13,60	12,50	15,90	17,48	10,60	7,53	7,23	6,42
55,1	30,15	22,90	31,49	32,27	28,26	20,23	16,87	24,58
55,7	23,93	7,99	7,24	6,85	19,73	23,70	22,87	14,53
60,0	17,86	16,75	19,43	22,22	12,36	11,73	10,82	9,73
62,5	61,22	51,58	27,04	25,47	68,69	21,40	19,89	21,64
64,5	30,54	31,31	24,41	22,07	28,65	13,88	27,21	11,24
65,0	27,91	26,58	36,12	28,01	25,58	13,73	11,07	9,55
65,5	20,95	32,65	31,76	22,27	28,74	15,95	12,89	10,09
66,0	62,82	52,32	35,98	13,55	63,12	8,44	42,17	13,09
69,0	54,42	46,00	54,51	58,96	53,72	32,53	33,87	13,43
71,7	36,03	48,48	49,60	37,18	48,03	28,65	28,39	23,49
74,0	86,82	77,84	54,01	41,28	90,91	44,71	20,38	15,64
Total geral	30,25	27,54	26,79	23,27	31,06	16,90	17,04	13,18

$$^a \text{DMR\% (Desvio Médio Relativo)} = \frac{100 \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}|}{N \eta_{\text{exp}}}$$

Anexo 42 - Desvio Médio Relativo (DMR%)^a em concentrações de SST de 51,0 a 74,0 °Brix, Modelos 3 e 4, ajuste OtimG3

SST (°Brix)	MODELO 3				MODELO 4			
	E_a - Eq. 9	E_a - Eq. 10	E_a - Eq. 11	E_a - Eq. 12	E_a - Eq. 9	E_a - Eq. 10	E_a - Eq. 11	E_a - Eq. 12
51,0	5,61	8,79	4,01	5,16	6,17	8,85	9,75	4,65
52,0	17,31	29,88	20,02	19,46	32,28	32,05	22,23	40,73
53,4	7,07	9,24	3,56	6,24	7,01	10,63	15,47	4,32
54,0	24,81	71,98	15,06	29,54	25,22	20,06	17,76	14,31
55,0	18,74	6,92	4,52	5,24	10,57	15,44	8,19	9,45
55,1	23,94	15,14	30,55	24,40	23,93	26,66	17,39	20,51
55,7	29,45	63,48	18,04	11,97	18,74	45,19	10,17	7,70
60,0	21,43	24,74	8,65	10,16	15,62	21,26	11,64	13,46
62,5	30,84	90,80	18,25	84,92	28,50	67,66	20,16	27,48
64,5	27,71	19,63	23,06	6,56	46,30	44,24	11,09	18,49
65,0	28,84	13,56	17,21	4,45	20,14	36,71	12,71	17,17
65,5	23,62	75,60	11,00	8,41	28,99	41,20	14,31	17,29
66,0	48,90	58,81	6,99	9,81	16,06	29,28	11,11	10,92
69,0	48,59	13,63	37,25	20,36	48,01	61,27	23,39	34,82
71,7	33,87	87,12	28,18	16,39	47,45	57,33	28,13	30,93
74,0	51,69	97,59	35,49	99,30	63,02	90,76	36,22	28,69
Total geral	26,43	37,38	15,80	19,77	25,53	34,60	15,58	17,81

$$^a \text{DMR\% (Desvio Médio Relativo)} = \frac{100 \sum |\eta_{\text{calc}} - \eta_{\text{exp}}|}{N \eta_{\text{exp}}}$$