

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

Parcer

Este exemplar corresponde a redução
final da tese defendida por José
Gilberto Jardine e aprovada pela
Comissão Julgadora em 21.02.91.
Campinas, 21 de fevereiro de 1991.

[Handwritten signature]

REDUÇÃO DA VISCOSIDADE DE EXTRATO
DE CAFÉ POR PROCESSO ENZIMÁTICO

[Handwritten signature]

Bc/9102525

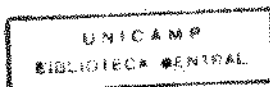
JOSÉ GILBERTO JARDINE
ENGENHEIRO DE ALIMENTOS
MESTRE EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

PROF. DR. ROBERTO H. MORETTI ^{orientador}
ORIENTADOR

03/91

Trabalho de tese apresentado à Faculdade de Engenharia de
Alimentos da Universidade Estadual de Campinas para obten
ção do título de Doutor em Tecnologia de Alimentos.

1991



BANCA EXAMINADORA

Roberto Herminio Moretti

Prof. Dr. Roberto Herminio Moretti
(Orientador)

Carlos Alberto Gasparetto

Prof. Dr. Carlos Alberto Gasparetto

Eidiomar Angelucci

Prof. Dr. Eidiomar Angelucci

João Shojiro Tango

Prof. Dr. João Shojiro Tango

Suplente

Prof. Dr. Kil Jin Park

Nelson Horacio Pezoa Garcia

Prof. Dr. Nelson Horacio Pezoa Garcia

Suplente

Prof. Dr. Yong Kun Park

Campinas, 21 de fevereiro de 1991.

Mahatma Ghandi dizia: "A Índia é um país muito pobre para não ter um sistema avançado de pesquisa". Com isso ele queria dizer que justamente os países pobres são os que mais precisam de pesquisa. Mas, o que se observa no terceiro mundo é o contrário e, talvez, por isso cada vez ficam mais pobres ainda. É fácil verificar, observando os países mais ricos, que a ciência é que dá origem ao crescimento econômico.

Foram necessários quase cinco anos para ter essa tese encadernada. Mas, apenas alguns meses, ao final do trabalho, foram suficientes para me decidir a dedicá-la às minhas três namoradas, sem que a ordem cronológica represente preferência entre elas.

À você Vânia mulher;

À você Vânia gente;

À você Vânia coração.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Roberto H. Moretti pela orientação segura e precisa, apoio, incentivo e amizade;

Ao Dr. Dalton Francisco de Oliveira do N.T.I. da Embrapa, pela valiosa colaboração no trabalho estatístico;

Ao Prof. Dr. Alfredo de Almeida Vitali, Prof. Dr. Carlos Alberto Gasparetto e Prof. Dr. Kil Jin Park pelas orientações nos trabalhos de reologia;

À Prof^ª Dr^ª Ruthe dos Santos Garruth e à Pesquisadora Emília Miya Nori pela orientação nos testes sensoriais;

À Farmacêutica Vânia Prado da Silva pela valiosa colaboração na redação final deste trabalho;

À Companhia Cacique de café solúvel pelo fornecimento da matéria-prima e auxílio nas análises químicas;

À MACSDL - Manufatura de Café Solúvel, pelo fornecimento de matéria-prima para os ensaios reológicos;

À Faculdade de Engenharia de Alimentos pelas facilidades oferecidas;

Ao Centro Pluridisciplinar de Pesquisas Químicas, Biológicas e Agrícolas, em particular aos pesquisadores Dr. Gil e Edilberto, pelas facilidades oferecidas no uso do reômetro;

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária por permitir nossa participação no programa de pós-graduação;

À Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação (ABIA) pelo auxílio financeiro na impressão deste trabalho;

Aos colegas da pós-graduação Elaise, Eliana, Mirna, Teresa, Denizes, Cláudio, Edson, Silnei, Vera Benassi, Cesar, Elizabete e Ivana pela amizade, apoio e carinho com que me aguentaram esses anos. Ficam saudades;

Aos colegas Marlene, Cosme, Susi e Marçal pela consideração e apoio incondicional que dispensam aos alunos de pós-graduação do Departamento de Tecnologia de Alimentos;

À Técnica Ana pela ajuda na condução dos trabalhos e pela calma que irradia;

À colega natalina pelo apoio moral, ensinamentos de vida e cafezinhos deliciosos preparados com tecnologia própria cujo ingrediente principal é o carinho;

Aos amigos João e Servílio pela irrestrita amizade e sonhos compartilhados;

Aos meus pais pelo apoio incondicional, exemplo de vida, incansáveis batalhadores;

ÍNDICE GERAL

	Pág.
Lista de Tabelas	IX
Lista de Figuras	XI
Lista de Anexos	XVII
Resumo	XVIII
Summary	XIX
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1. Generalidades	7
2.2. Estrutura e composição do café "cereja"	13
2.3. Processamento do café cereja	16
2.3.1. Processamento por via úmida	16
2.3.2. Processamento por via seca	18
2.3.2.1. Secagem natural	18
2.3.2.2. Secagem artificial	19
2.4. Armazenamento do café verde	20
2.5. Características físicas e químicas do café verde	20
2.6. Processamento de cafés solúveis	28

2.6.1.	Processos e obtenção de cafés solúveis	34
2.6.1.1.	Processo e obtenção de cafés solúveis naturais ou "in natura"	35
2.7.	Reologia de fluídos	59
2.7.1.	Modelos reológicos	59
2.7.2.	Influência da temperatura no comportamento reológico de fluído	64
2.7.3.	Influência da concentração de sólidos solúveis sobre o comportamento reológico de fluídos	67
2.7.4.	Efeito combinado da concentração de sólidos solúveis e temperatura	68
2.7.5.	Medidas reológicas e interpretação de dados	68
2.7.5.1.	Viscosímetro de tubo capilar	69
2.7.5.2.	Viscosímetro rotatório de cilindros concêntricos	70
2.7.6.	Reologia de extratos vegetais	75
2.7.6.1.	Viscosidade de extrato de café	80
2.8.	Enzimas hidrolíticas	86
2.8.1.	Efeito da temperatura e do pH na atividade enzimática	86
2.8.2.	Carboidrases	87
2.8.2.1.	Amilases	87
2.8.2.2.	Transglicosidases ou Isoamilases	89
2.8.2.3.	Invertases	89
2.8.2.4.	Galactosidases	89
2.8.2.5.	Celulolases	91
2.8.2.6.	Hemicelulolase	92
2.8.3.	Pectinases	93
2.8.4.	Proteases	95

2.9. Redução da viscosidade do extrato de café	96
3. MATERIAL E MÉTODOS	98
3.1. Material	98
3.1.1. Matéria-prima	98
3.1.2. Reagentes	98
3.2. Métodos	100
3.2.1. Preparo e estocagem da amostra	101
3.2.2. Análises químicas, físicas e físico-químicas	101
3.2.2.1. pH	101
3.2.2.2. Sólidos solúveis (°Brix)	101
3.2.2.3. Sólidos solúveis (%)	101
3.2.2.4. Sólidos totais	102
3.2.2.5. Acidez total	102
3.2.2.6. Açúcares totais	102
3.2.2.7. Cafeína/nitrogênio cafeeiro	103
3.2.2.8. Proteína	105
3.2.2.9. Aroma	106
3.2.2.10. Carboidratos	108
3.2.3. Tratamento enzimático do extrato de café ...	109
3.2.4. Estudos reológicos dos extratos de café com e sem tratamento enzimático	110
3.2.4.1. Reômetro	110
3.2.4.2. Preparo do aparelho para medida	113
3.2.4.3. Medidas reológicas	114
3.2.4.4. Processamento dos dados reológicos	115

3.2.5. Análise sensorial	118
3.2.5.1. Material	118
3.2.5.2. Método	119
3.2.6. Análise Estatística	123
3.2.6.1. Análise estatística da consistência da equipe de provadores	123
3.2.6.2. Análise sensorial	124
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	126
4.1. Caracterização química, física e físico-química dos extratos de café	126
4.2. Estudo da ação hidrolítica catalizada pelas enzimas sobre os carboidratos	127
4.3. Reologia do extrato de café	136
4.4. Efeito da temperatura sobre as propriedades reológi- cas do extrato de café	150
4.5. Efeito da concentração de sólidos solúveis sobre o comportamento reológico de extrato de café	165
4.6. Reologia do extrato de café tratado com o complexo enzimático	167
4.7. Efeito da temperatura sobre as propriedades reológi- cas do extrato de café tratado com o complexo enzi- mático	191
4.8. Efeito da concentração de sólidos solúveis sobre o comportamento reológico do extrato de café tratado com o complexo enzimático	193
4.9. Comparação entre as viscosidades dos extratos de café com e sem tratamento enzimático em função da temperatura	193
4.10. Comparação entre as viscosidades dos extratos de café com e sem tratamento enzimático em função da variação da concentração de sólidos solúveis	199

4.11. Análise sensorial	214
4.11.1. Análise da consistência da equipe de prova dores	215
4.11.2. Análise sensorial dos extratos de café sem e com tratamento enzimático	216
4.12. Economia de processo	225
5. CONCLUSÕES	231
6. REFERÊNCIAS BIBLIODGRÁFICAS	234

LISTA DE TABELAS

TABELA Nº	Pág.
1 - Composição química do café cereja (% base seca)	15
2 - Composição de polissacarídeos de diferentes frações obtidas de café verde	26
3 - Composição química dos cafés torrados arábica e robusta (% base seca)	38
4 - Teor de sacarose em cafés torrados arábica e robusta a três graus de torração e percentagem de perda do café verde durante a torração	39
5 - Composição aromática do café, cacão e chá	41
6 - Composição química do extrato de café	47
7 - Diferenças de qualidade da bebida de cafés solúveis	54
8 - Viscosidade de extratos de café com diferentes concentrações de sólidos solúveis e de soluções de sacarose, a 27°C	81
9 - Efeito da temperatura sobre a viscosidade	82
10 - Viscosidades determinadas experimentalmente	83
11 - Valores das constantes e da energia de ativação	84
12 - Caracterização química do extrato de café	127
13 - Caracterização química dos extratos de café após tratamento enzimático a 50°C, por 15 minutos e 30 minutos	128
14 - Quantificação dos açúcares identificados nos extratos de café	134
15 - Parâmetros do modelo da lei de potência para os dados experimentais de extrato de café às concentrações e temperaturas experimentais	140
16 - Valores dos fatores de correção de Ostwald utilizados nos experimentos para extrato de café	141
17 - Valores da taxa de deformação corrigidos para extrato de café	142

18 - Parâmetros do modelo da lei da potência para $\dot{\gamma}$ corrigido e viscosidade aparente η_a 129,8 r.p.m para todas as concentrações de sólidos solúveis e temperaturas experimentais do extrato de café sem tratamento enzimático	149
19 - Parâmetros da relação de Arrhenius para K e η_a 129,8 para extrato de café	164
20 - Valores dos parâmetros da relação exponencial de η_a 129,8 e K em função da concentração de sólidos solúveis para extrato de café	166
21 - Valores dos parâmetros da relação exponencial de η em função da concentração de sacarose	167
22 - Parâmetros do modelo da lei de potência para os dados experimentais de extrato de café tratado com o complexo enzimático às concentrações e temperaturas experimentais	169
23 - Valores dos fatores de correção de Ostwald utilizados nos experimentos para extrato de café tratado com o complexo enzimático	170
24 - Valores da taxa de deformação corrigidos, para extratos de café tratados com o complexo enzimático	171
25 - Parâmetros do modelo da lei da potência para $\dot{\gamma}$ corrigidos e viscosidades aparente η_a 129,8 r.p.m. para todas as concentrações de sólidos solúveis e temperaturas experimentais do extrato de café com tratamento enzimático	177
26 - Parâmetros da relação de Arrhenius para K e η_a 129,8, para extrato de café tratado com o complexo enzimático	192
27 - Valores dos parâmetros da relação exponencial de η_a 129,8 em função da concentração de sólidos solúveis para extrato de café tratado com o complexo enzimático	194
28 - Valores da estatística F_0 da análise de variância dos dados de avaliação sensorial dos extratos de café sem e com tratamento enzimático	215
29 - Análise de variância multivariada dos atributos sensoriais para todos os tratamentos analisados	220

LISTA DE FIGURAS

FIGURA Nº	Pág.
1 - Partes do fruto do café maduro - "cereja" (corte longitudinal)	14
2 - Fluxograma básico para obtenção do extrato de café solúvel	29
3 - Fluxograma básico para obtenção de café solúvel "spray dried"	30
4 - Fluxograma básico para obtenção de café solúvel liq filizado ou "freeze dried"	31
5 - Fluxograma básico para obtenção de café solúvel aglo- merado	32
6 - Teores de galactomanana, manana, galactana e arabana em extrato de café arábica em função do rendimento de extração	50
7 - Teores de galactomanana, manana, galactana e arabana em extrato de café robusta em função do rendimento de extração	50
8 - Diagrama esquemático de viscosímetro rotatório de ci- lindros concêntricos	71
9 - Principais dimensões de um viscosímetro rotatório de cilindros concêntricos	73
10 - Viscosidade de extrato de café vs. temperatura	80
11 - Vista geral do viscosímetro	111
12 - Apresentação esquemática dos cilindros concêntricos tipo MS-DIN 145 e suas dimensões	112
13 - Representação esquemática das partes principais do viscosímetro Contraves-Rheomat-115	114
14 - Modelo da ficha de avaliação ou resposta do provador usada na Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) dos ex- tratos de café	121
15 - Cromatograma da fração volátil do extrato de café sem tratamento enzimático	129

16 - Cromatograma da fração volátil do extrato de café tratado com o complexo enzimático a 50°C, por 15 minutos	130
17 - Cromatograma da fração volátil do extrato de café tratado com o complexo enzimático a 50°C, por 30 minutos	131
18 - Cromatograma dos carboidratos da solução padrão	132
19 - Cromatograma dos carboidratos do extrato de café sem tratamento enzimático	132
20 - Cromatograma dos carboidratos do extrato de café tratado com o complexo enzimático a 50°C, por 15 minutos	133
21 - Cromatograma dos carboidratos do extrato de café tratado com enzima a 50°C, por 30 minutos	133
22 - Relação entre tensão de cisalhamento e gradiente de velocidade para extrato de café com 55% de sólidos solúveis	137
23 - Relação bilogarítmico entre tensão de cisalhamento e gradiente de velocidade para extrato de café com 55% de sólidos solúveis	138
24 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida para extrato de café com 46,5% de sólidos solúveis, às temperaturas de 4, 10, 15 e 20°C	151
25 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida para extrato de café com 46,5% de sólidos solúveis, às temperaturas de 25, 30, 35 e 40°C	152
26 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida para extrato de café com 46,5% de sólidos solúveis, às temperaturas de 45, 50, 55 e 60, 65 e 70°C	153
27 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida para extrato de café com 50% de sólidos solúveis, às temperaturas de 4, 10, 15 e 20°C	154
28 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida para extrato de café com 50% de sólidos solúveis, às temperaturas de 25, 30, 35 e 40°C	155
29 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida para extrato de café com 50% de sólidos solúveis, às temperaturas de 45, 50, 55 e 60, 65 e 70°C	156

30 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida para extrato de café com 56% de sólidos solúveis, às temperaturas de 4, 10, 15 e 20°C	157
31 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida para extrato de café com 56% de sólidos solúveis, às temperaturas de 25, 30, 35 e 40°C	158
32 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida para extrato de café com 56% de sólidos solúveis, às temperaturas de 45, 50, 55 e 60, 65 e 70°C	159
33 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida para extrato de café com 62% de sólidos solúveis, às temperaturas de 4, 10, 15 e 20°C	160
34 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida para extrato de café com 62% de sólidos solúveis, às temperaturas de 25, 30, 35 e 40°C	161
35 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida para extrato de café com 62% de sólidos solúveis, às temperaturas de 45, 50, 55 e 60, 65 e 70°C	162
36 - Relação de Arrhenius para extrato de café com 62% de sólidos solúveis	163
37 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida para extrato de café tratado com o complexo enzimático, com 45% de sólidos solúveis, às temperaturas de 4, 10, 15 e 20°C	178
38 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida para extrato de café tratado com o complexo enzimático, com 45% de sólidos solúveis, às temperaturas de 25, 30, 35 e 40°C	179
39 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida para extrato de café tratado com o complexo enzimático, com 45% de sólidos solúveis, às temperaturas de 45, 50, 55, 60, 65 e 70°C	180

40 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida para extrato de café tratado com o complexo enzimático, com 50% de sólidos solúveis, às temperaturas de 4, 10, 15 e 20°C	181
41 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida para extrato de café tratado com o complexo enzimático, com 50% de sólidos solúveis, às temperaturas de 25, 30, 35 e 40°C	182
42 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida para extrato de café tratado com o complexo enzimático, com 50% de sólidos solúveis, às temperaturas de 45, 50, 55 e 60°C	183
43 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida para extrato de café tratado com o complexo enzimático, com 50% de sólidos solúveis, às temperaturas de 65 e 70°C...	184
44 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida para extrato de café tratado com o complexo enzimático, com 54,4% de sólidos solúveis, às temperaturas de 4, 10, 15 e 20°C	185
45 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida para extrato de café tratado com o complexo enzimático, com 54,4% de sólidos solúveis, às temperaturas de 25, 30, 35 e 40°C	186
46 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida para extrato de café tratado com o complexo enzimático, com 54,4% de sólidos solúveis, às temperaturas de 45, 50, 55, 60, 65 e 70°C	187
47 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida para extrato de café tratado com o complexo enzimático, com 59,5% de sólidos solúveis, às temperaturas de 4, 10, 15 e 20°C	188
48 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida para extrato de café tratado com o complexo enzimático, com 59,5% de sólidos solúveis, às temperaturas de 25, 30, 35 e 40°C	189
49 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida para extrato de café tratado com o complexo enzimático, com 59,5% de sólidos solúveis, às temperaturas de 45, 50, 55, 60, 65 e 70°C	190

50 - Relação de Arrhenius para extrato de café torrado com o complexo enzimático com 50% de sólidos solúveis ...	191
51 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_a, 129.8$, com a temperatura para extratos de café sem e com tratamento enzimático a 45% de sólidos solúveis	195
52 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_a, 129.8$, com a temperatura para extratos de café sem e com tratamento enzimático a 50% de sólidos solúveis	196
53 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_a, 129.8$, com a temperatura para extratos de café sem e com tratamento enzimático a 56% de sólidos solúveis	197
54 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_a, 129.8$, com a temperatura para extratos de café sem e com tratamento enzimático a 62% de sólidos solúveis	198
55 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_a, 129.8$, com a concentração de sólidos solúveis para extratos de café sem e com tratamento enzimático a 4°C	200
56 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_a, 129.8$, com a concentração de sólidos solúveis para extratos de café sem e com tratamento enzimático a 10°C	201
57 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_a, 129.8$, com a concentração de sólidos solúveis para extratos de café sem e com tratamento enzimático a 15°C	202
58 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_a, 129.8$, com a concentração de sólidos solúveis para extratos de café sem e com tratamento enzimático a 20°C	203
59 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_a, 129.8$, com a concentração de sólidos solúveis para extratos de café sem e com tratamento enzimático a 25°C	204
60 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_a, 129.8$, com a concentração de sólidos solúveis para extratos de café sem e com tratamento enzimático a 30°C	205
61 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_a, 129.8$, com a concentração de sólidos solúveis para extratos de café sem e com tratamento enzimático a 35°C	206
62 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_a, 129.8$, com a concentração de sólidos solúveis para extratos de café sem e com tratamento enzimático a 40°C	207
63 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_a, 129.8$, com a concentração de sólidos solúveis para extratos de café sem e com tratamento enzimático a 45°C	208

64 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_{a,129.8}$, com a concentração de sólidos solúveis para extratos de café sem e com tratamento enzimático a 50°C	209
65 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_{a,129.8}$, com a concentração de sólidos solúveis para extratos de café sem e com tratamento enzimático a 55°C	210
66 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_{a,129.8}$, com a concentração de sólidos solúveis para extratos de café sem e com tratamento enzimático a 60°C	211
67 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_{a,129.8}$, com a concentração de sólidos solúveis para extratos de café sem e com tratamento enzimático a 65°C	212
68 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_{a,129.8}$, com a concentração de sólidos solúveis para extratos de café sem e com tratamento enzimático a 70°C	213
69 - Estudo da coerência das notas dos provadores 1 e 2 quanto ao atributo "impressão global"	216
70 - Estudo da coerência das notas dos provadores 3, 4 e 5 quanto ao atributo "impressão global"	217
71 - Estudo da coerência das notas dos provadores 6, 7 e 8 quanto ao atributo "impressão global"	218
72 - Estudo da coerência das notas dos provadores 9, 10 e 11 quanto ao atributo "impressão global"	219
73 - Configuração da análise descritiva quantitativa (ADQ) do sabor de extrato de café sem tratamento enzimático	222
74 - Configuração da análise descritiva quantitativa (ADQ) do sabor de extrato de café tratado com o complexo enzimático a 50°C por 15 minutos	223
75 - Configuração da análise descritiva quantitativa (ADQ) do sabor de extrato de café tratado com o complexo enzimático a 50°C por 30 minutos	224
76- Fluxograma quantitativo resumido para obtenção de extrato de café	226
77 - Fluxograma quantitativo resumido da transformação do extrato de café em café solúvel	227

LISTA DE ANEXOS

ANEXO Nº	Pág.
1 - Valores lidos no viscosímetro e de tensão de cisalhamento calculado, para extrato de café	246
2 - Viscosidade aparente (η_a) para extrato de café para cada rotação	262
3 - Valores lidos no viscosímetro e de tensão de cisalhamento calculado para extrato de café tratado com o complexo enzimático	269
4 - Viscosidade aparente (η_a) para extrato de café tratado com o complexo enzimático para cada rotação ...	286
5 - Dados para análise sensorial de café solúvel	294

RESUMO

Foi objetivo dessa pesquisa o desenvolvimento de tecnologia que permitisse obter índices de concentração de sólidos solúveis do extrato de café para fabricação de café solúvel, superiores a 33% sem que se tenha elevados valores de viscosidade.

O objetivo foi plenamente atingido uma vez que pelo tratamento do extrato de café com o complexo enzimático SP-249 produzido pela Novo Industri, conseguiu-se a hidrólise das macromoléculas responsáveis pelo rápido aumento da viscosidade do extrato quando submetido a etapa de concentração.

Os extratos de café tratados, com o complexo enzimático SP-249 exibiram grande redução na viscosidade quando comparados com o extrato de café não tratado, sendo em torno de três vezes para altas concentrações de sólidos solúveis (60%) e 1,6 vezes para extratos menos concentrados (45%).

Pode-se concluir que o aumento do teor de sólidos solúveis durante a etapa de concentração, possibilitado pela redução de viscosidade do extrato tratado com o complexo enzimático SP-249 diminui, consideravelmente, os custos de secagem com conseqüente redução dos custos industriais na fabricação de café solúvel (45% para o processo "freeze-drying" e 30% para o "spray-drying").

A avaliação sensorial mostrou não haver diferenças significativas quanto ao sabor, aroma e corpo entre o extrato de café tratado com o complexo enzimático e o extrato de café não tratado.

SUMMARY

The objective of this research was that of developing the necessary technology to obtain soluble solids contents above 33% in the coffee extracts used for the manufacture of instant coffee, without increasing their viscosity.

This objective was clearly achieved. The treatment of coffee extracts with the enzyme complex SP-249 (Novo Industri) hydrolysed the macromolecules, responsible for the rapid increase in viscosity of the extract during concentration.

The extracts treated with the enzyme complex showed considerable reductions in viscosity as compared to untreated samples, up to 3 times for samples with high soluble solids contents (60%) and 1.6 times for less concentrated extracts (45%).

Finally, it could be concluded that the increase in soluble solids contents of the extracts allowed for by the reduction in viscosity, considerably diminished the costs of drying, thus reducing the overall manufacturing costs of the instant coffee (45% for freeze-dried coffee and 30% for spray-dried coffee).

A sensory analysis showed no differences between treated and untreated extracts, with respect to flavor, body and aroma.

I- INTRODUÇÃO

O café tem uma longa história a contar sobre a sua descoberta e introdução como bebida. Embora vaga e incerta, a mais conhecida, entre as inúmeras lendas, é a do pastor Kaldi, na Abinésia, hoje Etiópia, que, curioso com o comportamento das cabras, que ficavam agitadas após comerem as bagas de café, provou os pequenos frutos avermelhados e sentiu-se com mais vivacidade. Isso ocorreu há 1.150 anos.

Com o transcorrer do tempo o uso do café foi passando por várias transformações, desde a sua introdução no Brasil em 1727 por Francisco de Mello Palheta, passando pela forma torrada e moída até chegar hoje ao café solúvel, a tendência natural na dinâmica da vida moderna.

Acompanhando a evolução do uso do café associa-se o desenvolvimento de um rico folclore: filtro amoroso - reconfortante e indispensável nas refeições, o café foi também veículo de encantos e a bebida preferida para filtros amorosos quando coado na fralda da camisa do namorado, dando poderes irresistíveis; alegria dos homens - enquanto um produto causador de esterilização masculina, as mulheres o consideravam afrodisíaco para os homens, controvérsia que inspirou Sebastian Bach na célebre cantata do Café ("Kaffee Kantate") inspirada no poema de Picander, que tratava da luta entre o amor e o café; escravos - o termo "café" vem de "Kahiuah" ou "Kahue", que significa "força", podendo bem representar a força dada à lavoura cafeeira no Brasil pelo braço agrícola dos escravos;

barões do café - já no tempo do império, o café deu origem a uma nova aristocracia, os "barões do café", tão opulenta como a dos senhores de engenho; o café-concerto - como bebida espirituosa, o uso do café acabou dando origem aos famosos cafés-concertos que ofereciam diversão em "shows" musicais e dançantes, tornando-se centros de reuniões políticas, literárias, de negócios e sociais, como, por exemplo, o Eldorado, Alcazar, Concert Parisiense, Ba-Ta-Clan e o Moulin-Rouge, com suas principais atrações imortalizadas por Toulouse Lautrec (CIA. IGUAÇU, 1983).

A idéia de fabricação do café solúvel surgiu pela primeira vez no Brasil em 1928. Durante algum tempo, a partir de 1932, os laboratórios da "Nestlé" na Suíça, a pedido do Departamento Nacional do Café, realizaram testes para a produção de um extrato de café que permitisse a produção de um cafezinho de maneira simples, mas que conservasse as características de aroma e sabor do cafezinho tradicional. Em 1938 a "Nestlé" conseguiu produzir um extrato ao qual se adicionava dextrinas que agiam como estabilizadores do aroma. Foi colocado à venda nesse mesmo ano, no mercado suíço com sucesso, expandindo-se rapidamente para outros países.

Após algumas restrições impostas pelo Departamento Nacional do Café, a Nestlé conseguiu em, 1951, autorização do Serviço Bromatológico de São Paulo para a fabricação de café solúvel, sendo lançado no mercado nacional sem a adição de dextrina em setembro de 1953.

Finalmente, em 1958, as autoridades brasileiras do setor se conscientizaram da importância que representava a

indústria do café solúvel para o país então o maior produtor mundial de café e assustada com o enorme crescimento dessa indústria e consumo do café solúvel nos Estados Unidos, que não produzia um grão de café verde, sequer foi constituído um Grupo de Trabalho no Conselho de Desenvolvimento, visando estudar os estímulos necessários para atrair novas indústrias de café solúvel no Brasil.

Os cafés solúveis no Brasil são obtidos na quase totalidade, de grãos da espécie coffea arabica por serem mais aromáticos e mais saborosos. Estes cafés necessitam de clima adequado para seu cultivo, obtido em locais com altitude acima de 600 m, inverno seco de baixas temperaturas noturnas. São os cafés mais disputados no comércio internacional. Tendo o Brasil expandido sua lavoura cafeeira para regiões com altitudes menores, e inverno mais quente e úmido, a espécie arábica não se desenvolveu economicamente e, por esta razão o país passou a cultivar também os cafés africanos das espécies Coffea robusta e Coffea canephora, etc que se deram bem nessas novas frentes agrícolas (Rio de Janeiro, Espírito Santo e Sul da Bahia).

Assim, o Brasil produz cafés de várias espécies podendo, na industrialização, obter-se os mais variados tipos de bebidas.

Não apenas em função da espécie do café mas mesmo dentro da mesma espécie e da mesma variedade, é possível obter cafés com tipos de bebidas diferentes. Por exemplo, dentro da espécie arábica há uma variedade denominada Catuai, que pode produzir um café mole no sul de Minas Gerais, considerado o

melhor café produzido no Brasil como um Rio ou Riado se cultivado no Espírito Santo, ou ainda um bebida dura, se cultivado no norte do Paraná.

Os cafés solúveis podem ser obtidos de cafés de diferentes espécies ou de misturas das mesmas.

Os tipos de produtos que se pode obter tanto de cafés arábica como de outras espécies numa indústria de café solúvel são:

extrato congelado de café

extrato concentrado congelado

café verde descafeinado

café solúvel "freeze dried"

café solúvel "spray dried"

café solúvel "spray dried" aglomerado

aromas recuperados

óleo de café torrado, refinado ou clarificado

cafeína

A industrialização do café solúvel consiste basicamente das operações unitárias: torração, moagem, extração, centrifugação, concentração e secagem.

A etapa de concentração do extrato antecede a secagem e consiste em aumentar o teor de sólidos solúveis do extrato pela retirada de parte da água existente para facilitar a secagem.

A concentração do extrato é conduzida de duas maneiras diferentes, dependendo do processo de secagem empregado. Se o café solúvel for produzido por secagem em "spray dried" a

concentração se dará em evaporadores a vácuo. Esses evaporadores possuem um pré-evaporador para a volatilização e recuperação dos aromas e posteriormente o evaporador propriamente dito, onde se dará a concentração do extrato. Esses evaporadores são, na sua maioria, do tipo centrífugo podendo ainda ser do tipo filme descendente ou de placas. Trabalhando sob vácuo, a temperatura de evaporação é de 60°C. Como os cafés solúveis processados sob a forma "freeze dried" possuem maior valor comercial, a concentração é mais sofisticada e de maior custo. O equipamento utilizado trabalha por congelamento de água do extrato que é separada posteriormente por prensagem. O processo é denominado de crioconcentração ou "freezing concentration".

Tanto por um como por outro processo de concentração, o extrato final contém cerca de 33% de sólidos solúveis e não mais que isso porque a viscosidade adquirida pelo extrato com teor superior a 33% é muito elevada, inviabilizando o processo.

Caso não se fizesse presente a limitante viscosidade no processo de concentração, índices mais elevados de sólidos solúveis poderiam ser obtidos, reduzindo-se a quantidade de água a ser eliminada no processo de secagem e implicando em economia de processo, já que os custos energéticos envolvidos na secagem são bem superiores aos custos de concentração.

Outra vantagem em se ter um extrato de café com teores mais elevados de sólidos solúveis reside no fato de se poder aumentar o índice de concentração da fração de extrato de café pobre em aromas dispensando, assim, a fração rica em aromas da etapa de concentração e preservando o aroma. O café solúvel

obtido pela secagem do "blend" dos dois extratos seria mais rico em aroma e sabor.

O objetivo do presente trabalho foi o desenvolvimento de processo que possibilite a obtenção de teores mais elevados de sólidos solúveis que os obtidos nos processos convencionais de concentração, através do tratamento enzimático do extrato de café para redução do tamanho das moléculas responsáveis pelo aumento da viscosidade.

2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades

As flôres do maracujá - Passifloraceae sp são consideradas, devido a sua variedade de cores e exotismo de sua morfologia, uma das mais belas da terra. Mas, particularmente para os produtores de café, nenhuma flor é mais bela que a do cafeeiro, nenhuma paisagem é mais significativa do que a de um cafezal em floração.

Entre as inúmeras lendas sobre a descoberta do café, está a do pastor Kaldi, na Abinésia, hoje Etiópia. "Curioso com a agitação das cabras de seu rebanho que ficavam espertas e saltitantes, após comerem algumas bagas do cafeeiro, provou ele mesmo os frutinhas avermelhados, sentido-se mais alegre e com mais vivacidade". Isto se deu há cerca de 1.150 anos.

O café foi introduzido no Brasil em 1727 por Francisco de Mello Palheta, no Pará, deslocando-se rapidamente para o Maranhão (1.747), Rio de Janeiro (1.774) e Vale do Paraíba, Estado de São Paulo, poucos anos depois. Em 1.809 se instalou na Região de Campinas e, a seguir, no oeste do estado, com suas terras roxas apropriadas ao seu cultivo. A introdução do café no Brasil resultou num dos ciclos mais importantes do desenvolvimento econômico (FASUOLI e col., 1986).

O café, símbolo de riqueza comparada à do petróleo, continua sendo uma das maiores fontes de divisas para o Brasil que é o maior produtor do mundo, responsável por cerca de 15% na

pauta das exportações.

A maior produção de café ocorreu no biênio 1965/66 atingindo 37 milhões de sacas de 60 kg. Nos últimos dez anos a produção de café diminuiu substancialmente, girando em torno de 20 a 25,4 milhões de sacas. A safra prevista para 1990 é de 33 milhões de sacas por agências americana e de 24,5 milhões de sacas, por produtores e órgãos oficiais de pesquisas econômicas do Brasil (YASU, 1990)

Analisando-se os possíveis fatores responsáveis pela estagnação da produção nos últimos 15 anos, verifica-se a ocorrência de intempéries climáticas, altos preços dos insumos, confisco cambial e baixos preços de garantia estipulados pelo governo. Além disso, contribuíram para agravar a situação fatores de ordem técnica: problemas fitossanitários (cigarra, bicho mineiro, seca dos ponteiros), sistemas inadequados de plantio, deficiência de zinco nos solos, pouco uso de calagem, degradação dos solos e a presença de nematóides.

As empresas de café solúvel estão muito otimistas e esperam fechar o ano de 1990 com um volume de exportação 10% superior ao do ano passado. O primeiro trimestre, período que é tradicionalmente mais fraco, terminou com 15.000 toneladas embarcadas. As projeções indicam que o total exportado em 1990 deverá superar 66.000 toneladas, gerando uma receita de 200 milhões de dólares. Esse crescimento se deve particularmente à abertura de mercados no Leste Europeu, tendo a União Soviética adquirido 19 mil toneladas do produto em 1989, tornando-se o principal cliente, deixando os Estados Unidos em segundo lugar,

com 15,4 mil toneladas. "E os mercados do Leste Europeu devem continuar em expansão" prevê Mauro Montinho Malta, diretor superintendente da Associação Brasileira das Indústrias de Café Solúvel (ABICS). Para ele, o Leste Europeu deverá receber um grande volume de investimentos externos nos próximos anos, garantindo aumento de renda da população e representando um grande potencial de consumo futuro. "Lá as pessoas estão habituadas a tomar chá. Num primeiro momento elas passarão a consumir o café solúvel e só depois o café verde". (YASU, 1990). Segundo BRANDT e col. (1989) a disponibilidade de café solúvel analisando o período de 1966 a 1985, vem deslocando para a direita e para cima a curva de demanda total de café. Estima que os benefícios sociais líquidos decorrentes do desenvolvimento desse produto foram, no período considerado, de 10% do valor do dispêndio anual com café no mercado interno, considerando esse valor bastante significativo.

O cultivo do café no Brasil ocupa uma área de 3.200.000 hectares o que representa 4% da área cultivada empregando 5% da mão de obra rural e 2% do total de emprego. O café representa 1% do Produto Interno Bruto e 10% do faturamento do país, com exportações que se concentram principalmente para os Estados Unidos, maior comprador, e países da Europa, principalmente na forma de café solúvel.

Dentre os países produtores de café, o Brasil é o único que produz café solúvel em grande quantidade, obtido em onze fábricas concentradas nos estados de São Paulo, Paraná, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo. No período de 1978 a 1983

o café solúvel representou 15% do total de café exportado (GRAAFF, 1986).

O café pertence à família das Rubiaceae e as espécies de café cultivadas no Brasil são Coffea arabica e Coffea canephora, que são comumente denominadas de "café arábica" e "café robusta" respectivamente, predominando grandemente o cultivo de cafés arábica, ficando os cafés robustas restrito a pequenas áreas. Mais recentemente foi desenvolvida na Costa do Marfim a C. arabusta, resultado do cruzamento arábica robusta. Existem outros cafés selvagens com diferentes características, mas sem representação econômica.

O mercado internacional do café é controlado pelo "International Coffee Agreement" (Acordo Internacional do Café) que até o ano passado era, dentre outras atribuições, a responsável pelo estabelecimento de cotas comerciais de cada país produtor e pela cotação do café, ocasião em que foram suspensas as cláusulas comerciais.

O café é classificado em 4 tipos por essa organização:

- Arábica não lavado (Brasil, Etiópia);
- Suaves colombianos (Colômbia, Quênia e Tanzânia);
- Outros suaves (América Central e Índia);
- Robusta (Costa do Marfim, Indonésia, Uganda, Filipinas e Camarões)

A espécie arábica representa mais de 75% da comercialização internacional de café.

As condições climáticas são responsáveis pela divisão da espécie arábica em dois grandes grupos:

- "bebida suave" - caracterizados por sabor e aroma agradáveis;
- "arábica não lavados" - descritos como apresentando um gosto "adstringente metálico/amargo".

Nas regiões produtoras de "cafés finos" como os "bebidas suaves", as condições de temperatura e pluviometria favorecem uma produção praticamente contínua durante o ano. Porém, provocam o surgimento de processos fermentativos prejudiciais à qualidade da bebida, exigindo que se processe a colheita "a dedo" e que o café seja beneficiado rapidamente. Esses cuidados implicam na produção de um café de altíssima qualidade.

Por outro lado, as condições climáticas dos locais onde são produzidos os cafés "arábica não lavados" favorecem o estabelecimento de etapas mais ou menos fixas no desenvolvimento do café, como florescimento, frutificação e maturação dos frutos e permite, graças ao clima seco e frio predominante na época da colheita, que o café seja "derricado no chão" e recolhidos após alguns dias. Este procedimento favorece a ação de agentes fermentativos, constituindo-se num material mais heterogêneo pois a fase de maturação é relativamente curta e nem sempre de fácil percepção.

A qualidade da bebida é função da espécie, das condições climáticas da região produtora, dos sistemas de colheita/beneficiamento e do balanço de nutrientes durante o cultivo (AMDRIM e col., 1967); (NORTHMORE, 1985), ou pela quantidade de grãos imperfeitos. Principalmente no Brasil, onde o grau de seleção é pequeno e a distinção entre grãos maduros e imaturos é pouco perceptível, a ação de um fator ou a somatória deles, é que estão ligados às descrições de "bebida adstringente, metálica, amarga" que caracterizam a qualidade do café brasileiro.

Procurando justificar a utilização em larga escala dos cafés Robusta na fabricação de café solúvel nos Estados Unidos, alguns artigos mostram que esta espécie de café possui maior teor de substâncias solúveis em água em quantidade muito mais elevada que o Arábica reduzindo, assim, o custo do produto final. Já se admitiu rendimento de 45 a 50% sobre o peso do café Robusta torrado contra 30 a 32% do Arábica.

Em "Les Caféiers les Cafés dans le Monde" de René Coste, Volume 1º, tomo 2º, página 23, citado por DÓRIA (1978) os conteúdos em sólidos solúveis para as duas espécies, são as seguintes:

Espécies	% Sólidos Solúveis
-----	-----
Robusta Congo Belga	33,3
Arábica Santos Extra	33,1
Arábica Colombia Medellin	34,0

Portanto, a afirmação de que os cafés Robusta possuem maior teor de sólidos solúveis que a espécie Arábica não é verdadeira.

Durante o processo de extração, operação unitária da fabricação de café solúvel, são utilizadas altas temperaturas em extratores sob pressão. Esse procedimento, além de extrair os sólidos solúveis naturalmente existentes no café, provoca a hidrólise de polissacarídeos e oligossacarídeos, que são insolúveis inicialmente, e passam a solúveis, aumentando consideravelmente o rendimento do processo de extração (SIVETZ e FOOTE, 1963); (CLARKE e MACRAE, 1988).

Como o processo de extração utiliza extratores em coluna, com perfil de temperatura de 95 a 190°C, cafés mais pobres em compostos aromáticos, como o Robusta, são tratados a temperaturas mais altas para se obter uma maior taxa de extração de sólidos solúveis enquanto os Arábica mais ricos em aroma são extraídos à temperaturas inferiores, com o objetivo de conservar os compostos aromáticos. Antes de se proceder a secagem, o extrato que alimenta os secadores é resultado de um "blend" do extrato rico em sólidos solúveis com o extrato rico em compostos aromáticos (SIVETZ e FOOTE, 1963; CLARKE e MACRAE, 1988).

2.2. Estrutura e composição do café ("cereja")

O fruto maduro do cafeeiro é comumente denominado de "cereja" e é formado de (Figura 1):

- casca (epicarpo ou exocarpo)
- polpa mais mucilagem ou goma (mesocarpo)

- pergaminho
- semente

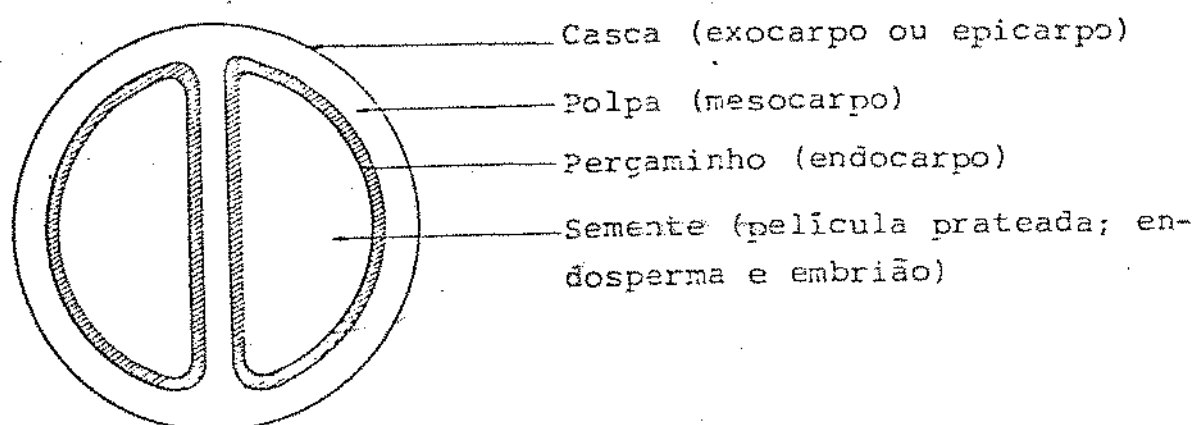


FIGURA 1 - Partes do fruto do café maduro - "cereja" (corte longitudinal), (CLARKE, 1985).

A distribuição da água é desuniforme no café "cereja". Segundo BARBOSA e col. (1962) a distribuição da água é a seguinte (em base úmida): casca (20-50%); polpa (76 a 90%); semente com pergaminho (48 a 49%).

Café é, indubitavelmente, um dos alimentos naturais mais complexos do ponto de vista de composição química. Não apenas pelo fato do grão de café conter uma variedade grande de constituintes químicos mas, principalmente, devido à interação

que ocorre entre esses constituintes durante todos os estágios de processamento do café, até se chegar ao produto final, a xícara de café (MACRAE, 1985).

A composição química do café cereja depende da espécie, da variedade e de fatores referentes a clima, solo e práticas agrícolas. A composição química do café cereja é vista na Tabela 1 (CLIFFORD, 1975).

TABELA 1 - Composição química do café cereja (% base seca), (CLIFFORD, 1975).

Componente	Arábica	Robusta
Cinzas	3,0 - 4,2	4,0 - 4,5
Cafeína	0,9 - 1,2	1,6 - 2,4
Trigonelina	1,0 - 1,2	0,6 - 0,75
Lipídeos	12,0 - 18,0	0,0 - 13,0
Ácidos clorogênicos	5,5 - 8,0	7,0 - 10,0
Ácidos alifáticos	1,5 - 2,0	1,5 - 2,0
Oligossacarídeos	6,0 - 8,0	5,0 - 7,0
Polissacarídeos totais	50,0 - 55,0	37,0 - 47,0
Aminoácidos livres	2,0	2,0
Proteínas	11,0 - 13,0	11,0 - 13,0

2.3. Processamento do café cereja

Há dois métodos diferentes para o processamento do café cereja com o objetivo de se obter um produto intermediário entre o café cereja e o grão de café comumente comercializado, conhecidos como: processo por via úmida e processo por via seca.

Pela via úmida se obtém os cafés despulpados ou lavados que consiste em se ter a semente envolta apenas no pergaminho, portanto sem casca e sem polpa. É um processo sofisticado e que normalmente produz um café de melhor qualidade, é utilizado pelos países produtores de cafés "arábica suave", (CLIFFORD, 1985).

Pela via seca se obtém o café integral ou em coco que são os grãos com todos os seus constituintes. O processo por via seca é muito simples e mais utilizado que o por via úmida. Quase todo o café produzido nas fazendas do Brasil são processados pela via seca.

2.3.1. Processamento por via úmida

CLARKE (1985) descreve o processo por via úmida: remoção da polpa mecanicamente num limite de tempo de 12 a 24 horas após a colheita. O passo seguinte consiste de uma peneiragem vibratória para a remoção de resíduo de polpa e grãos não despulpados por completo seguido da lavagem dos grãos despulpados, que são conduzidos aos tanques de fermentação. Durante o processo de fermentação natural hidroliza-se a camada mucilaginosa de 0,5 a 2,0 mm de espessura que contem, além de enzimas pectinolíticas, água (84,2%), proteína (8,9%), açúcares

(4,1%), substâncias estranhas (0,9%), cinzas (0,7%).

O processo fermentativo pode ser conduzido nas formas: "seco" ou "submerso". A fermentação seca é a mais utilizada e dura de 6 a 80 horas, dependendo da temperatura, (CLARKE, 1985). Neste caso utiliza-se pouca água, permanecendo o café numa massa gomosa de no máximo 1,0 m de altura. O término do processo é identificado pelo tato, esfregando-se um punhado de grãos na mão - os grãos não mais escorregam, transmitindo uma sensação de aspereza entre eles. (Manual de recomendações do IBC, 1985). Em seguida o café é batido e lavado muito bem com água corrente para a remoção da mucilagem, hidrolisada pelos microrganismos fermentadores. O pH inicial de 6,7 a 6,8, cai para 4,2 a 4,5 durante o processo fermentativo.

Pelo sistema submerso utiliza-se água suficiente para que todo o café permaneça submerso em água.

Vários ácidos alifáticos são formados quando se processa os cafés por via úmida, principalmente ácidos láctico e acético no início e ácidos butírico e propiônico nos estágios finais. Se o processo de fermentação for longo em demasia a formação de ácidos é tal que provoca o abaixamento drástico do pH, chegando a inibir a ação das enzimas pectinolíticas. O surgimento do defeito "gosto de cebola" se deve à produção do ácido propiônico que, portanto, deve ser evitado. O processo de fermentação por via úmida submersa induz a esse problema.

Após a lavagem, o café com pergaminho deve ser seco ao sol ou em secadores ou pela combinação dos dois processos. Ao sol

o café verde é espalhado em terreiros em camadas de 2 a 3 cm de espessura inicialmente e 5 a 10 cm ao final do processo, com recobrimento frequente. São necessários de 8 a 10 dias para se completar a secagem com os grãos atingindo de 11 a 13% de umidade.

Em secadores, frequentemente do tipo tambor rotativo, o tempo de secagem é função da temperatura utilizada:

- 40°C - 1 a 2 dias
- 50°C - algumas horas
- 60°C - cerca de 1 horas
- 80°C - menos que 5 minutos

Normalmente utiliza-se uma combinação dos dois processos de secagem: ao sol até que se atinja 44% de umidade e secagem em secadores artificiais até a umidade final (CLARKE, 1985).

2.3.2. Processamento por via seca

O processamento do café por via seca consiste em se proceder à secagem dos "cerejas" logo após a colheita, podendo ser conduzida naturalmente por irradiação solar direta ou utilizando-se secadores artificiais.

2.3.2.1. Secagem natural

A secagem natural consiste em submeter os "cerejas" esparramados em terreiros de tijolos, diretamente à radiação

solar. Os "cerejas" durante a fase de secagem por esse processo, segundo CARVALHO (1956) devem ser revolvidos quatro vezes ao dia durante os quatro primeiros dias, diminuindo a frequência nos dias posteriores. O processo de secagem se completará ao final de 15 a 20 dias. Assim procedendo, os grãos conterão um teor de umidade entre 11 e 13%.

2.3.2.2. Secagem artificial

A secagem artificial consiste em se submeter uma camada fina de "cerejas" a uma corrente de ar aquecido com os "cerejas" estacionários ou em movimento. CLARKE e MACRAE (1985) descrevem alguns tipos de secadores mais utilizados. Os mais utilizados no Brasil são tipo contra-corrente (secador Moreira) e fluxos perpendiculares (secadores D'Andrea), sendo ambos secadores contínuos. O calor provem da queima de lenha ou resíduos agrícolas e a temperatura é mantida entre 45 e 60°C. A secagem se completa em 2 ou 3 dias.

Segundo MÔNACO (1958), a luz solar tem efeito benéfico na qualidade da bebida do café, enquanto a secagem conduzida apenas artificialmente prejudica o produto. Segundo o autor, é conveniente se utilizar a combinação da secagem natural com a secagem artificial, iniciando-se o processo com secagem natural, completando-se em secadores.

CHASSEVENT e col. (1969), comparando os processos por via úmida e seca concluiu que a via úmida é superior à seca, sendo que os níveis de ácido clorogênico são mais elevados quando

se emprega a via úmida.

MENEZES (1990), concluiu, em sua tese de doutorado, que as vias de preparo influenciaram significativamente na relação ácido cafeoilquínico:ácido dicafeoilquínico, com a via úmida sempre apresentando valores superiores.

2.4. Armazenamento do café verde

O café beneficiado, com teor de umidade de 11%, é acondicionado em sacos de juta, com peso de 60 kg e mantido em armazens com boa ventilação. Os lotes de café verde devem ser empilhados separadamente, segundo a origem e a técnica de secagem utilizada (VILELA, 1975). As normas técnicas brasileiras recomendam que os armazéns tenham um pé direito de 6,0 m e as pilhas de sacos de café com altura máxima de 4,50 m (KRUG, 1962).

2.5. Características físicas e químicas do café verde

A resolução nº 12/78 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos, fixou as seguintes características físicas e químicas para o café verde (ANGELUCCI, 1981).

- Densidade aparente	0,7 g/ml
- Umidade	11,0% p/p
- Resíduo mineral fixo, máximo	5,0% p/p
- Resíduo mineral fixo insolúvel em ácido clorídrico a 10% (V/V) máximo	1,0% p/p
- Cafeína, mínimo	1,0% p/p

- Extrato etéreo total, mínimo	10,0% p/p
- Extrato alcoólico, mínimo	10,0% p/p
- Nitrogênio total, mínimo	12,5% p/p

- Umidade

Se o teor de umidade for baixo, ocorre perda de qualidade, com os grãos se tornando quebradiços, desenvolvendo menor qualidade de aroma durante a torração; se o conteúdo for alto, o processo de descoloração se acentua, com provável desenvolvimento de fungos. O teor de umidade depende da umidade relativa do ar ambiental. Para umidade relativa do ar em torno de 55 a 70% o equilíbrio do café se estabelecerá em $12 \pm 1\%$. De acordo com DIAZ e col. (1973); HAYAKAWA e col. (1978) e STIRLING (1980), os grãos de café cru possuem 1% de água fortemente ligada, 4% de água fracamente ligada e 5% de água com baixa mobilidade. Portanto, a atividade de água dos grãos crus é de 0,5 a 0,6 o que permite a estocagem por até doze meses, à temperatura de 25°C.

- Lipídeos

Os lipídeos se encontram no café praticamente todo na forma líquida, no interior das células. Apenas 1 a 2% dos lipídeos totais estão na forma sólida, na cera do café que recobre a superfície dos grãos, em uma camada fina e fortemente

aderida. O conteúdo de lipídeos totais varia de 7 a 17% (base seca) sendo, em média, 10% no robusta e 15% no arábica, CLIFFORD, 1975).

O termo "óleo de café", que é usado para lipídeos totais, deve ser melhor empregado para designar apenas a fração líquida do interior das células.

- Aminoácidos Livres

O conteúdo total de aminoácidos livres, tanto nos cafés robusta como nos cafés arábica, é de 2%, variando entre 1,5 e 2,5% (base seca) (CLIFFORD, 1975; BARBIRDLI, 1965).

O armazenamento do café por uma semana, a 60°C, provoca uma drástica diminuição dos aminoácidos livres, provavelmente em razão de reação de Maillard.

- Proteínas

Os valores encontrados tanto para os cafés robusta como para os arábica variam de 11,0 a 13,0% (base seca), (CLIFFORD, 1975).

- Ácidos

a) Ácidos carboxílicos

O ácido mais importante desse grupo é o clorogênico, localizando-se na parte mais interna do grão e representa cerca de 5,5 a 8% nos cafés arábica e 7,0 a 10,0% nos cafés robusta (CLIFFORD, 1975; CARELLI e col., 1975; CHASSEVENT, 1973).

O ácido clorogênico se encontra principalmente na forma esterificada do ácido quínico com resíduos cinâmicos. O ácido clorogênico também se encontra livre em níveis de 0,4 a 0,7%, podendo atingir até 1,5% em grãos de café de boa qualidade, crus e descorados (OHIOKPEHAI, 1982). Além dos ácidos clorogênicos identificados: ácido clorogênico (ésteres do ácido quínico com um ou mais resíduos de ácido cinâmico), ácido criptoclorogênico, cinarina, substâncias de Haushild, ácido isoclorogênico e ácido pseudoclorogênico, o café cru contém alguns compostos não identificados que constituem 5% do teor de ácido clorogênico total em cafés arábica e 1% em cafés robusta (VAN DER STEGAN e VAN DUIJIN, 1980; OHIOKPEHAI, 1982). Estes compostos podem incluir glicosídeos fenólicos (AMORIN, 1974; MOLL e PICTET, 1980) e estéres de glicose em lugar do ácido quínico (CLIFFORD e GRIFFITHS, 1982).

Os ácidos clorogênicos podem ocorrer nas formas polimerizadas, ou complexadas possivelmente com proteína.

b) ácidos alifáticos

O teor desses ácidos varia de 1,5 a 2,0% (base seca) tanto nos robusta como nos arábica, sendo principalmente os ácidos: acético, valérico, propiônico, butírico, cítrico, málico, oxálico e tartárico (MABROOK e DEATHERAGE, 1985; NAKABAYASHI, 1978).

- Cinzas

O teor de cinzas varia de 3,0 a 4,2% para os cafés Arábica e de 4,0 a 4,5% para os Robusta (base seca), sendo o potássio o principal constituinte (40%). Cálcio e magnésio, assim como os elementos fósforo e enxofre são encontrados em pequenas quantidades (CLARKE, 1987).

- Cafeína

A cafeína é o alcalóide mais importante no grão de café, cujo teor em base seca é de 0,9 a 1,2% para os cafés Arábica e 1,6 a 2,4% para os Robusta. (MORETTI e HINOJOSA, 1975; MACRAE, 1985).

- Carboidratos

a) Carboidratos de baixo peso molecular

A sacarose é o principal carboidrato livre presente no café verde, com cerca de 96% do total de carboidratos de baixo peso molecular. Os cafés arábica possuem teores de sacarose maiores que os cafés robusta. Análises realizadas por TRESSL e col. (1987) através de cromatografia gasosa sugerem um conteúdo de 8,2 a 8,3% para arábica e 3,3 a 4,1% para robusta, de sacarose na base seca. TRUGO e MACRAE (1982) pelo método de HPLC encontraram porcentagem de sacarose, na base seca, de 6,1% para cafés arábica e 3,4% para robusta. Outros açúcares simples, incluindo os redutores, são encontrados no café verde em teores

baixíssimos como estaquiose, rafinose, arabinose, manose, galactose, ribose, ramnose, glicose e frutose. TRESSL e col. (1987) encontraram, para cafés arábica, 0,030 a 0,038% de glicose e 0,023% a 0,030% de frutose e para robusta 0,16 a 0,18% de glicose e 0,19 a 0,21% de frutose. Adicionalmente reportaram ainda um total de açúcares redutores de 0,1% para cafés arábica e 0,5% para robusta. Esses valores são expressos na base seca.

SABBAGH e col. (1977), analisando cafés arábica e robusta produzidos na região de Campinas encontraram valores de 0,69% e 0,92% de açúcares redutores respectivamente e 9,51% e de açúcares totais de baixo peso molecular. Todos os valores na base seca.

ROTENBERG e IACHAN (1979), estudando cafés arábica, robusta e conilon encontraram os seguintes valores de açúcares redutores: 0,46% para arábica; 0,33 para robusta e 0,36% para conilon e de sacarose: 7,16% para arábica, 4,15 para robusta e 3,79 para conilon.

b) Polissacarídeos

Polissacarídios são importantes constituintes do café verde, representando, cerca de 45 a 55% nos cafés arábica e 37 a 47% nos cafés robusta (base seca). Inúmeros trabalhos foram realizados para se determinar os polissacarídeos que constituem os carboidratos do café verde. Os trabalhos de THALER e ARNETH, e THALER, citados por TRUGO em CLARK e MACRAE (1985) mostram os polissacarídeos, galactana, manana, arabana e celulose, conforme

Tabela 2.

TABELA 2 - Composição de polissacarídeos de diferentes frações obtidas de café verde.

Polissacarídeos	Frações			
	Água Fria	Água Quente	Galacto- -arabana	Holocelulose
Galactana				
arábica	52 - 60	53 - 68	66 - 74	13 - 18
robusta	60 - 65	59 - 68	70 - 75	25 - 30
Manana				
arábica	12 - 27	9 - 12	0 - 8	62 - 68
robusta	6 - 14	7 - 11	3 - 4	48 - 56
Arabana				
arábica	21 - 28	20 - 23	25 - 28	-
robusta	26 - 29	22 - 30	20 - 25	5 - 6
Celulose				
arábica	-	-	-	19 - 23
robusta	-	-	-	13 - 23

*Expresso em porcentagem do total para cada fração e cada espécie.

Amido e substâncias pécnicas são encontrados apenas em níveis de traços. VAN VEEN (1969) e WOLFROM e col. (1965) identificaram a presença dos polisacarídeos arabano galactana solúvel em água, em grão de café verde e isolaram, a partir do

resíduo por extração com oxalato de amônio um polisacarídeo contendo raminose e manose.

WOLFROM E ANDERSON (1967), estudando extrato ácido de café das espécies Robusta e Arábica, verificaram a existência de arabinose, manose e galactose. Não observaram haver diferença qualitativa na natureza do polissacarídeo entre as duas espécies, mas sim diferenças quantitativas.

LAVER (1960), estudando o café verde identificou os seguintes açúcares: L-arabinose, d-glicose e d-manose.

- Enzimas

São muitas as enzimas existentes no grão de café. As mais estudadas são: tirosinase, catecol oxidase, L-galactosidase, desidrogenase málica, fosfatase ácida, lacase p-difenol-oxidase e peroxidase. Destas enzimas três tem sido mencionadas como indicadores de qualidade dos cafés a lacase p-difenoloxidase (EC 1.10.3.2.) por ROTEMBERG e IACHAN (1972), peroxidase (EC 1.11.1.7.) por AMORIM e col. (1977), e tirosinase, catecol oxidase (EC 1.14.18.1) por AMORIM e SILVA (1968); SANINTE VALENCIA (1970) e AMORIM e col. (1974, 1976). Outras enzimas como proteases, lipases e -glicosidases que podem estar ativas durante o processamento e a estocagem do café crú e produzindo modificações, não têm sido estudadas em detalhe.

2.6. Processamento de cafés solúveis

A qualidade do café solúvel depende da matéria-prima utilizada, dos cuidados a ela dispensados (plantio, colheita e beneficiamento), bem como do processo industrial.

O café solúvel do Brasil é considerado de boa qualidade no mercado internacional, em grande parte pelo fato de ser obtido quase que exclusivamente de cafés arábica, que se destacam pela riqueza em sabor e aroma (SIVETZ, 1978; MORETTI, 1977).

As Figuras 2, 3, 4, 5 ilustram os fluxogramas básicos para a produção de cafés solúveis, derivados e subprodutos.

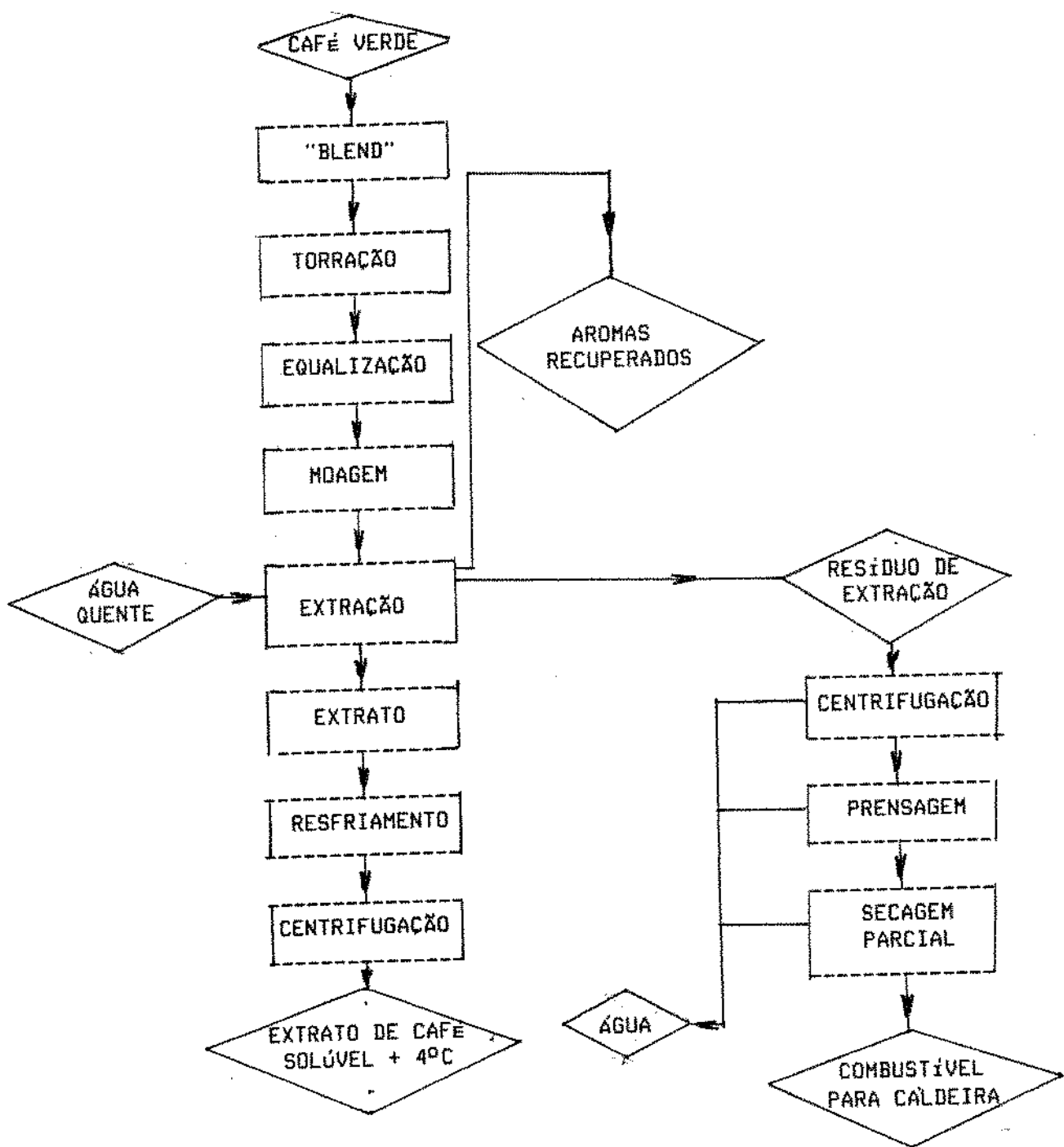


FIGURA 2 - Fluxograma básico para obtenção do extrato de café solúvel, (MORETTI, 1989).

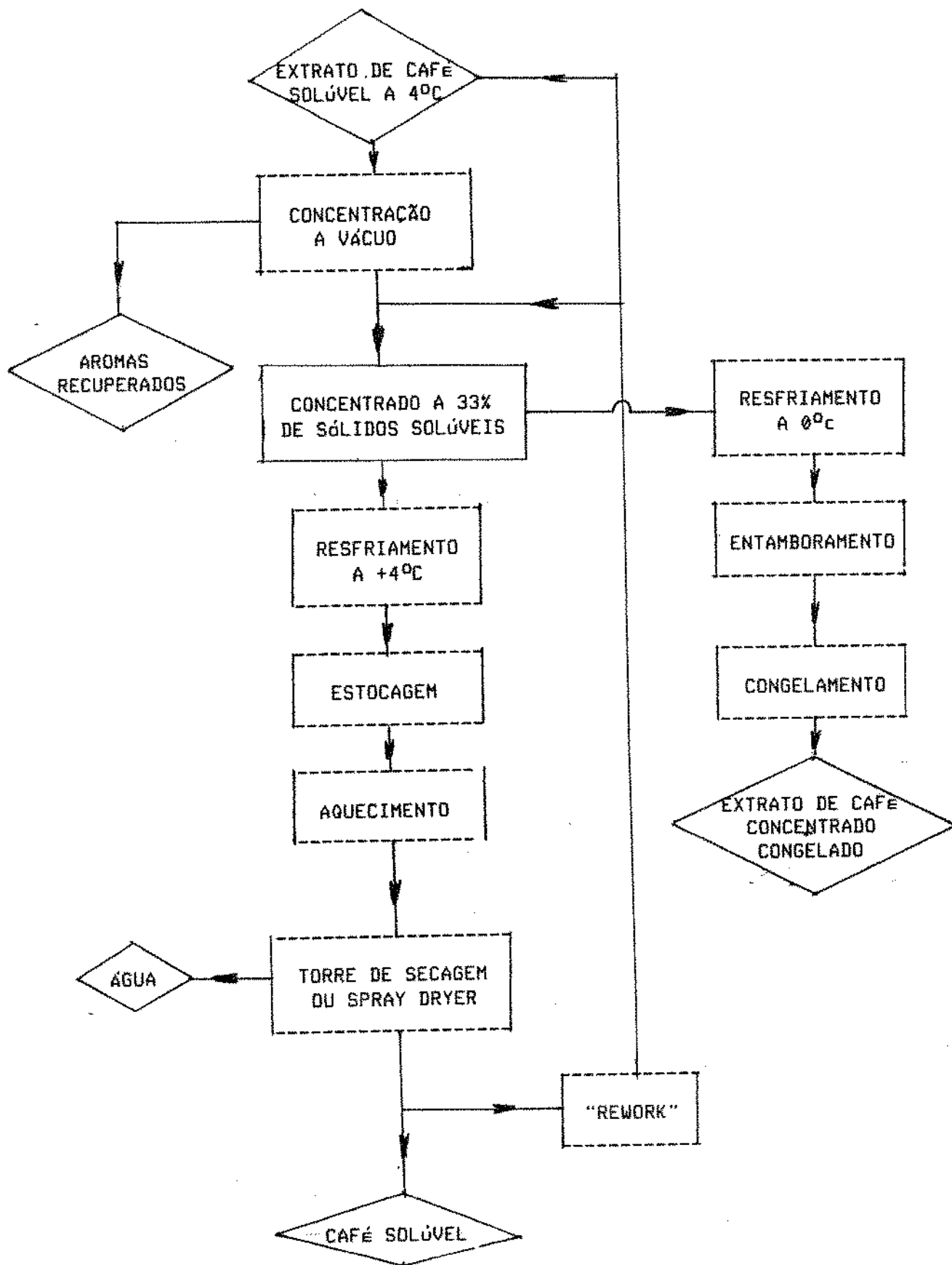


FIGURA 3 - Fluxograma básico para obtenção de café solúvel por atomização (MORETTI, 1989).

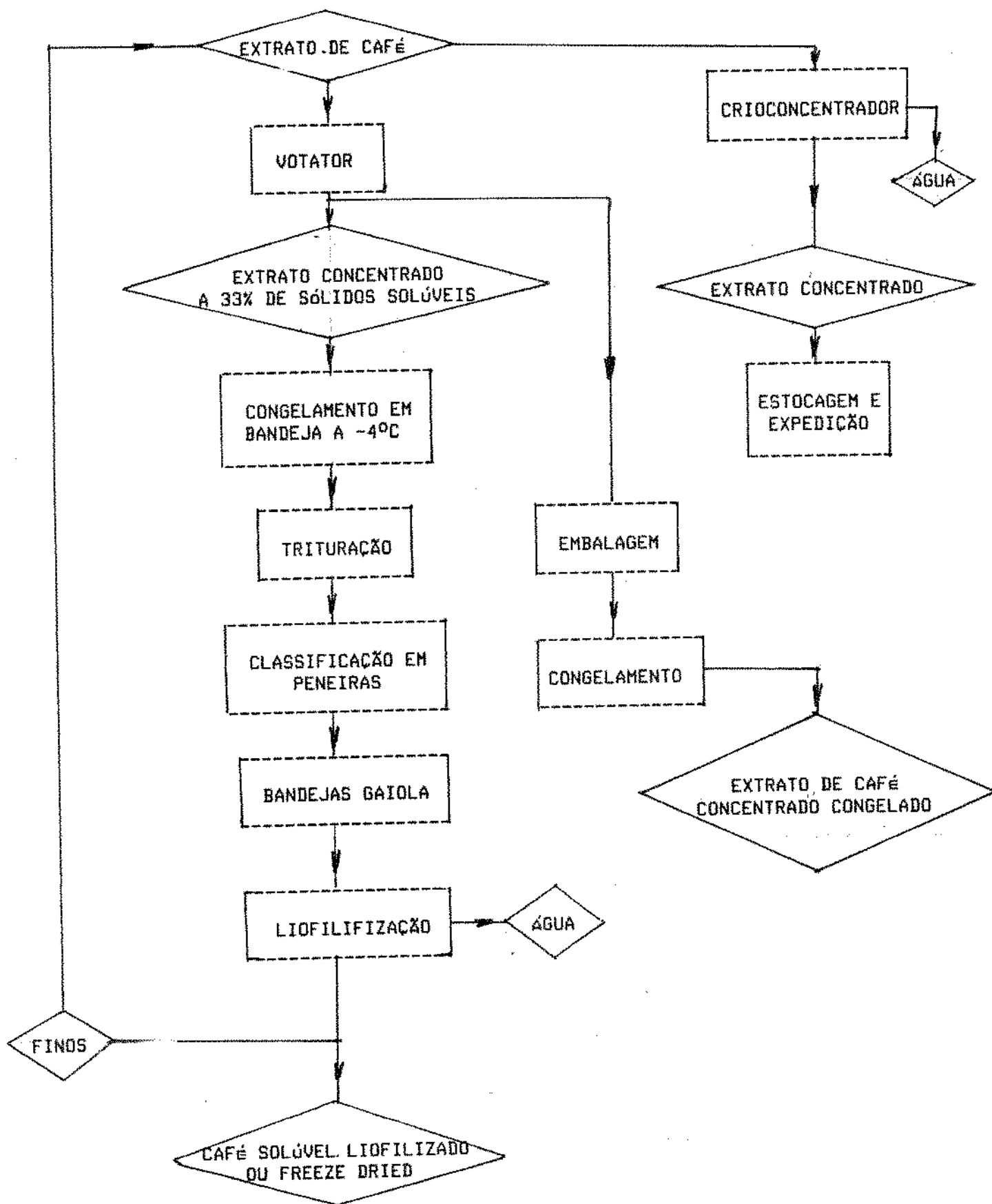


FIGURA 4 - Fluxograma básico para obtenção de café solúvel liofilizado ou "freeze dried".

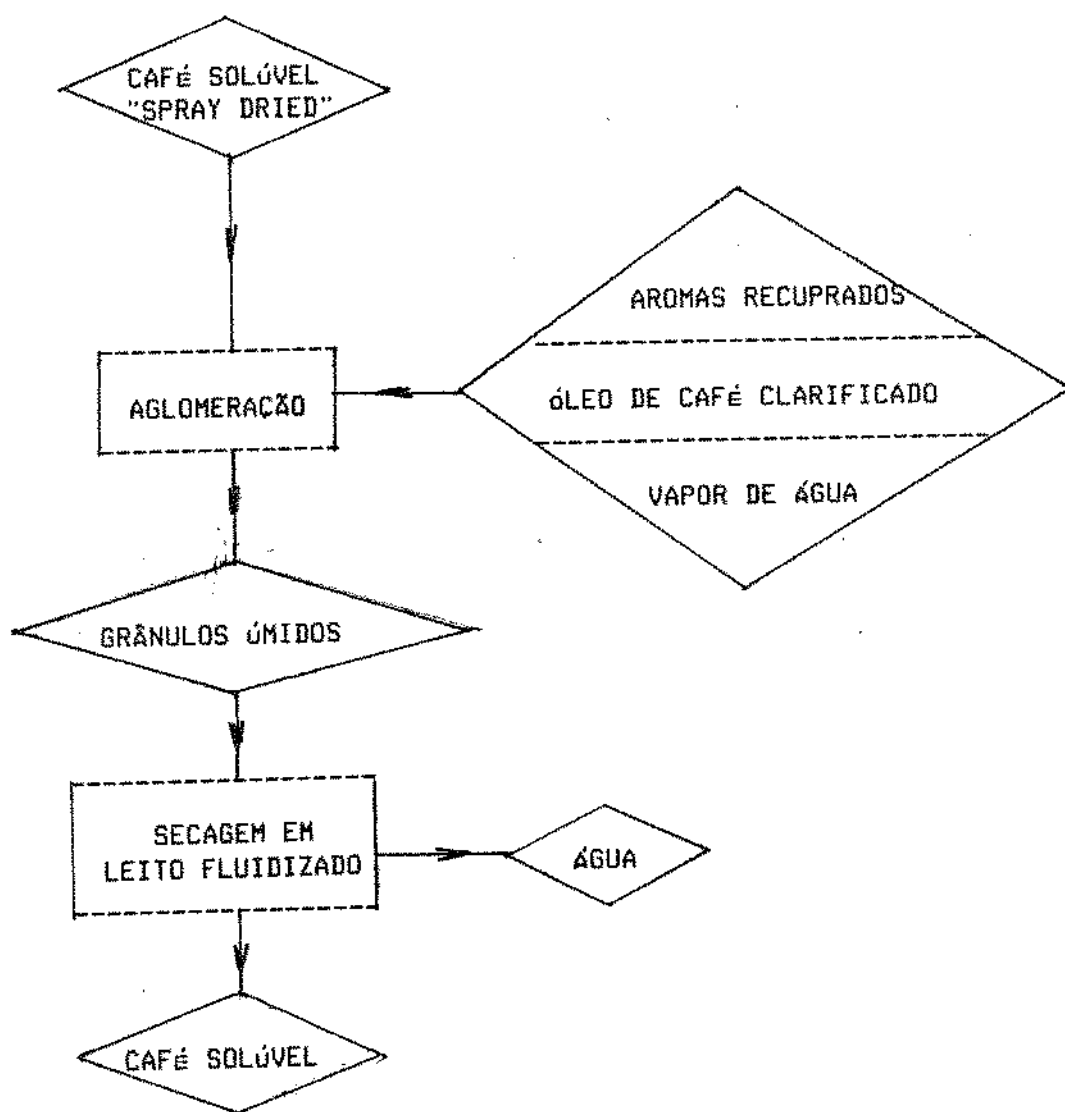


FIGURA 5 - Fluxograma básico para obtenção de café solúvel aglomerado, (MORETTI, 1989).

A tecnologia de produção de café solúvel teve um grande desenvolvimento após a II Guerra Mundial e ultimamente tem alcançado grandes progressos tais como:

- processo contínuo de torração;
- processo contínuo de liofilização;
- recuperação de aromas na extração e na concentração;
- processo de crioconcentração;
- processo de descafeinização;
- produção de óleo de café refinado;
- processo de aglomeração do café "spray dried";
- aproveitamento do resíduo de extração como combustível;
- estocagem de extratos concentrados e congelados por longo período;
- concentração sob vácuo em evaporadores centrífugos;
- extração em contra-corrente com perfis de altas temperaturas.

A indústria brasileira de café solúvel implantou-se na década de 60 e desde essa época experimentou grande desenvolvimento em número de unidades fabris e em qualidade, bem como na diversidade de produtos industrializados. São hoje onze indústrias brasileiras que produzem café solúvel distribuídas pelos estados do Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo, atendendo aos mercados mais exigentes de cafés da Europa, Estados Unidos, Canadá e Japão.

Os produtos preparados nas indústrias brasileiras de cafés solúveis utilizando como matéria-prima cafés arábica,

robusta ou misturas desses nas formas natural ou descafeïnada são:

- extratos congelados;
- extratos concentrados congelados;
- solúvel "Spray Dried";
- solúvel "Spray Dried" aglomerado;
- solúvel "Freeze Dried";
- aromas recuperados;
- óleo de café refinado ou clarificado;
- cafeína.

Todo café solúvel produzido pelas indústrias nacionais, parte de uma amostra enviada pelo importador como sendo uma amostra padrão, chamada de "Target", ou seja, amostra "objetivo". O produto deverá ser igual àquela amostra "Target". Para isto, a indústria deve dispor de equipamentos, tecnologia, equipe de degustadores, laboratórios, pessoal técnico, e também de matérias-primas adequadas, para elaboração do "blend" adequado.

2.6.1. Processos de obtenção de cafés solúveis

Os cafés solúveis podem ser naturais ou "in natura", e descafeïnados (MORETTI e FAZUOLI, 1976).

Os cafés solúveis descafeïnados devem conter menos de 3% da cafeína original, ou seja, eliminação de 97% (MORETTI e HINOJOSA, 1977).

2.6.6.1. Processo de obtenção de cafés solúveis naturais ou "in natura"

Matéria-prima

Ao chegar na indústria, o café verde passa por um processo de higienização, seguido de seleção eletrônica, onde são removidos os grãos pretos e ardidos prejudiciais à bebida final. Em seguida, o café é armazenado já classificado quanto ao tipo, peneira, safra, bebida e o acondicionamento deve ser feito em ambiente ventilado. A matéria-prima a ser processada será o resultado da mistura dos diferentes cafés armazenados ("blending"), feita de acordo com as exigências do comprador, expressas através do "Target". A mistura é feita com diferentes porcentagens de diferentes espécies: arábica, canefora e robusta, e suas variedades dessas espécies e dará as características de paladar, aroma, amargor, acidez, côr e corpo.

Torrção

A primeira etapa da fabricação de cafés solúveis, após a preparação da mistura, é a torração, sendo o responsável pelo desenvolvimento de aroma, cor e sabor característicos.

Até há bem pouco tempo, o processo de torração era empírico e dependia de verdadeiros artesãos, que sabiam interromper a torração no momento exato para obter o grau de torração final desejado. Hoje, com o desenvolvimento da tecnologia, produzem torradores automáticos que interrompem a torração no momento pré-determinado, com pulverização de

quantidades certas de água fria, que retiram energia do café, diminuindo a temperatura aquém da de pirólise.

Durante a torração, o café verde passa a marrom claro ou escuro conforme o grau desejado e perde de 5 a 10% de seu peso original. A umidade de cerca de 11% passa a próximo de zero, e após o "quenching" se eleva na superfície do grão e, após quatro horas ocorre a equalização da umidade, atingindo cerca de 4%. O café permanece nos torradores contínuos de 7 a 18 minutos. O controle de torração é feito por diferentes maneiras e concomitantemente: cor final de torração igual a do "target", perda de peso e tempo de torração.

Durante o processo de torração os cafés sofrem grandes transformações físicas e químicas:

a) transformações físicas:

- escurecimento do grão, decorrente principalmente da reação de Maillard e caramelização;
- perda de peso por evaporação e pirólise. Diminuição da densidade aparente;
- aumento do volume devido a liberação de CO_2 pela pirólise.

b) transformações químicas:

- diminuição do pH de 6,0 para 5,1 em função da transformação de carboidratos a ácidos orgânicos;

- transformação de praticamente toda sacarose (caramelização);
- redução do ácido clorogênico;
- formação de compostos aromáticos importantes como o dimetilsulfetos, decorrentes das desnaturações e decomposição parcial das proteínas;
- degradação parcial de amido e dextrinas;
- formação de furfural a partir de pentosanas contribuindo para o odor característico ao café torrado;
- a cafeína e o óleo não são praticamente afetados.

A Tabela 3 mostra a composição química de cafés torrados arábica e robusta.

Tabela 3 - Composição química dos cafés arábica e robusta torrados (% base seca) (CLARKE & MACRAE, 1985).

Componente	Arábica	Robusta
Cinzas	3,5 - 4,5	4,6 - 5,0
Cafeína	1,0	2,0
Trigonelina	0,5 - 1,0	0,3 - 0,6
Lipídeos	14,5 - 20,0	11,0 - 16,0
Ácidos Clorogênicos	5,5 - 8,0	3,9 - 4,6
Ácidos Alifáticos	1,5 - 2,0	1,0 - 1,5
Oligossacarídeos	0,0 - 3,5	0,0 - 2,5
Polissacarídeos totais	24,0 - 39,0	25,0 - 42,0
Aminoácido livres	0	0
Proteínas	13,0 - 15,0	13,0 - 15,0
Ácido fumárico	16,0 - 17,0	16,0 - 17,0

Comparando-se as Tabelas 2 e 3, observa-se sensível mudança na composição química, principalmente com relação aos ácidos clorogênicos, oligossacarídeos, polissacarídeos e aminoácidos.

Como pode ser observado na Tabela 4, praticamente toda sacarose é decomposta durante a torração mesmo para torração de grau médio.

Outros açúcares livres, presentes no café verde, em particular a glicose, a frutose e a arabinose são progressivamente destruídas conforme mostrado por KROPLIEN (1974).

TABELA 4 - Teor de sacarose em cafés torrados arábica e robusta a três graus de torração e percentagem de perda do café verde durante a torração, (TRUGO e MACRAE, 1982).

Espécies	Grau de torração			
	Leve	Médio	Forte	Muito Forte
Arábica	0,25	0,07	-	-
(% perda)	97,1	99,1	100	100
Robusta	0,24	0,07	-	-
(% perda)	96,6	99,0	100	100

c) Aroma e sabor

Atualmente já foram identificados mais de 1.000 compostos voláteis em café torrado, responsáveis pelo aroma, que são compostos alifáticos, aromáticos, furanos, alicíclicos, tiofenos, pirazinas, tiazóis, oxazóis e pirróis.

FLAMENT (1987), descreve a evolução cronológica da identificação dos compostos voláteis presentes no café torrado. Enquanto em 1920 se conhecia menos de 15 desses compostos, no final da década de sessenta mais de 300 compostos já haviam sido identificados e no início dos anos 80 esse número saltou para cerca de setecentos. O autor faz uma comparação entre os constituintes voláteis de café torrado, cacão e chá, como mostra a Tabela 5.

Com relação ao sabor é importante enfatizar as diferenças entre os sabores ácido e azedo e entre os sabores amargo e adstringente.

Enquanto o sabor azedo é indesejável, resultado do processo fermentativo desenvolvido em processamentos mal conduzidos onde se formam ácidos, álcoois e ésteres, o sabor ácido é desejado (NORTHMORE, 1969). MAIER (1983) relatou que a acidez é função principalmente da presença de ácido fosfórico, uma vez que os ácidos orgânicos presentes na bebida são ácidos fracos. O pH ótimo da bebida se situa na faixa de 4,9 a 5,2 (SIVETZ, 1972; CLARKE e MACRAE, 1988).

A acidez da bebida é função dos fatores genéticos, do processo de torração dos grãos, bem como do processo de preparo da bebida e da alcalinidade da água utilizada (PICTET e VANTAZ, 1977; MOLL e PICTET, 1980; VOILLEY e col., 1981; PANGBORN, 1982).

Uma boa bebida de café deve possuir um leve amargor, enquanto que a adstringência é indesejável. O amargor é um sabor primário com receptores específicos na língua provocado por compostos com grupo polar eletrofílico ou nucleofílico e grupos

Tabela 5 - Composição aromática do café, cacao e chá, (FLAMENT, 1987).

Constituintes	Nº	Café (%)	Nº	Cacao (%)	Nº	Chá (%)
Hidrocarbonetos	51	7,61	45	11,69	28	6,93
Álcoois	19	2,84	27	7,01	45	11,14
Aldeídos	28	4,18	24	6,23	54	13,37
Cetonas	70	10,45	28	7,27	55	13,61
Ácidos	20	2,99	37	9,61	27	6,68
ésteres	30	4,48	55	14,29	62	15,35
Lactonas	8	1,19	6	1,56	14	3,46
Aminas	21	3,13	9	2,34	6	1,48
Thiois	13	1,94	13	3,80	5	1,24
Fenois	44	6,57	8	2,08	15	3,71
Furanos	108	16,12	16	4,16	12	2,97
Thiofenóis	26	3,88	-	-	1	0,25
Pirrois	74	11,04	10	2,59	10	2,50
Oxazóis	28	4,18	4	1,04	1	0,25
Tiazóis	27	4,03	3	0,78	7	1,73
Piridinas	13	1,94	8	2,08	23	5,70
Pirazinas	79	11,79	77	20,00	23	5,70
Diversos	11	1,64	13	3,38	16	3,97
Total	670		385		404	

ou regiões hidrofóbicas (BELITZ e col., 1983). O sabor amargo era atribuído à cafeína, porém hoje se sabe que somente 10% do amargor se deve à mesma (PANGBORN & BELITZ, 1985; VOILLEY & col., 1977; MORETTI e col., 1974)

A adstringência que não é um sabor primário tem sido pouco estudada sendo que muitos compostos podem ser ao mesmo tempo amargos e adstringentes. Esses compostos possuem a capacidade de se complexarem com as proteínas e glicoproteínas presentes na saliva, formando precipitados que reduz a ação lubrificante. (CLIFFORD & OHIOKPEHAI, 1983).

Equalização

Após a torração, o café deve ser resfriado com ar e agitado, para evaporar parte da água adicionada, enquanto a umidade equilibrada pela estocagem, em silos, for não menos que quatro horas. Somente após esse período o grão torrado deixa de ser termoplástico, tornando-se friável.

Moagem ou Trituração

O café torrado, com umidade de 4 a 5%, deve ser moído antes de se proceder a extração dos sólidos solúveis.

O moinho de rolos é o mais indicado para a trituração do café torrado visto que produz pouco material de pequena dimensão "finos". Os moinhos de faca e de martelos também podem ser utilizados com melhores resultados que os de disco, porém produzem mais "finos" que o moinho de rolos.

Os moinhos de rolos ranhurados rompem o grão em cerca de 6 a 8 pedaços (diâmetros das partículas de 2 a 4 mm.)

A granulação do café torrado moído é de grande importância para a eficiência da extração não podendo ser demasiadamente grande, porque isso provocaria um baixamento no rendimento de extração dos sólidos solúveis. Também não podem ser muito pequenas pois provocaria a aglomeração dessas partículas durante o processo de extração, elevando a perda de carga, da água que é o agente de extração nas colunas.

O café deve ser triturado imediatamente antes da extração e não deve permanecer estocado por mais de seis horas, para evitar perda de aroma e a diminuição da qualidade da bebida.

Extração

Os sólidos solúveis do café são extraídos com água em altas temperaturas, sob pressão em extratores denominados percoladores ou colunas de extração.

Essas são instaladas em séries, com 6 a 8, carregadas com café torrado e moído e a extração se processa em contra corrente, ou seja, o extrato obtido na primeira coluna alimenta a segunda, deixa a segunda para alimentar a terceira assim sucessivamente.

Por volta de 1950 essa extração era conduzida a baixas temperaturas, obtendo-se extratos com baixo teor de sólidos, ao qual adicionava-se dextrina de milho na razão de 1:1 em peso

seco e secava-se em secadores tipo "spray", produzindo um café solúvel "sprayed" de baixa qualidade (SIVETZ e DESROSIER, 1978).

As colunas de aço inoxidável AISI-316 que resistem as temperaturas de até 200°C e pressões de 30 kg*/cm², e tem capacidades de 250 a 1.000 kg de café torrado moído. São unidos em série, por tubulações também de aço inoxidável AISI-316. Um sistema de válvulas e tubulações permite que se aplique vácuo, água fria, água quente e ar comprimido a cada uma das colunas individualmente. Cada coluna possui na parte superior uma válvula para carregamento e na parte inferior uma válvula para descarga da borra de café (resíduo de café após concluída a extração de sólidos solúveis).

Termostatos controlam a temperatura da extração. Manômetros, um em cada coluna, indicam quando há excessiva perda de carga em consequência de entupimentos de filtros localizados na entrada superior e na saída de cada coluna. Quando isso ocorre, o sentido do fluxo é invertido retornando em seguida à direção normal. Com isso consegue-se desentupir a coluna.

A coluna é carregada pela válvula superior, com o auxílio de vácuo. Dessa forma, o enchimento é mais rápido e obtém-se um "empacotamento" das partículas, evitando a formação de espaços para escoamento livre da água. Assim, o fluido será forçado a escoar por toda a superfície das partículas, obtendo-se um fluxo uniforme por toda a coluna.

À medida que essa coluna cilíndrica recém carregada entra em operação, a primeira coluna é isolada do sistema de extração, descarregada, limpa e recarregada com café torrado

moído. Essa coluna será reincorporada ao sistema, entrando no final da sequência e a primeira do sistema é então isolado, descarregada e recarregada. O extrato que sai da coluna anterior, entra na coluna recém carregada, de baixo para cima, deslocando o ar dos interstícios formados entre as partículas e entre as partículas e as paredes do extrator. O ar é removido por uma válvula próxima à saída superior do extrator.

A descarga de cada coluna é feita mediante a abertura rápida da válvula inferior. Como a pressão no interior da coluna é maior que a pressão atmosférica, a água existente entra em ebulição e a pressão interna do equipamento é elevada bruscamente expelindo a borra de café sob pressão.

A diferença de temperatura entre as colunas é chamada de perfil de temperatura e vai de 180 a 190°C na mais exaurida, onde ocorre hidrólise de alguns polissacarídeos insolúveis, até cerca de 95 a 105°C na coluna recém carregada com o café torrado moído.

Essa forma de extração em contra-corrente, com temperatura de 100 a 190°C, altas pressões, com ciclos de 20 a 30 minutos por coluna, permite alto rendimento de extração e ótima qualidade da bebida. O extrato que percorre a coluna recém carregada arrasta aroma na forma de gases que podem ser recuperados na saída, condensados e posteriormente reincorporados para melhorar o aroma da bebida. Ao final do processo, o extrato se encontra a uma temperatura de 95 a 105°C e um teor de sólidos solúveis de 18 a 28° Brix, dependendo do D.O.R. (Draw-off-Ratio) utilizado, que é a proporção de água para cada quilograma de

extrato extraído na coluna. Quanto menor o D.O.R. melhor a qualidade da bebida, porém menor o rendimento de extração. (MORETTI E FAZUOLI, 1976; MORETTI, 1976).

Se para se conseguir o "target" é necessário um D.O.R. de 2,5, sabe-se que com colunas de 500 kg, por exemplo, será necessário coletar 1.250 kg de extrato. Este tanque sobre balança irá coletar extrato da coluna nova até completar 1.250 kg de extrato completando assim, um ciclo de extração.

A Tabela 6 mostra a composição química do extrato de café expresso em base seca.

Extrações à temperaturas superiores a 100°C sob condições de alta pressão produz a solubilização de polissacarídeos e um pequeno aumento de monossacarídeos.

Os extratos obtidos industrialmente apresenta baixos teores de arabinose, galactose e manose, e traços de açúcares como sacarose, ribose, xilose, glicose e frutose.

TAYLOR & ARNETH (1967) e SOUTHGATE (1976), analisaram extratos de café e encontraram a seguinte composição em açúcares (% base seca):

Arabinose	1,23 - 2,10
Galactose	0,44 - 1,79
Manose	0,31 - 0,93
Ribose + Xilose	-
Ribose	-
Glicose	0,00 - 1,03
Frutose	0,25 - 1,29
Sacarose	0,25 - 1,29

Tabela 6 - Composição química do extrato de café,
(CLARKE, 1987).

Componente	% (Base Seca)
Cinzas	9,0 - 10,0
Cafeína	4,5 - 5,1
Trigonelina	-
Lipídios	1,5 - 1,6
Ácidos Clorogênicos	5,2 - 7,4
Ácidos Alifáticos	-
Oligossacarídeos	0,7 - 5,2
Polissacarídeos totais	6,5
Proteínas	16,0 - 21,0
Ácido fumárico	15,0

KROPLIEN (1971), em estudo semelhante, verificou a formação de açúcares em sucessivas extrações de café torrado aumentando a temperatura da água de extração de 120 a 200°C de 20 em 20°C utilizando autoclave de laboratório por uma hora para cada temperatura, demonstrando um aumento gradual na porcentagem de arabinose, galactose e manose

WOLFROM e ANDERSON (1967), verificaram a presença de dois polissacarídeos no extrato de café: manana e arabinogalactana.

THALER (1979), preparou em planta-piloto extratos de café com diferentes graus de extração. Hidrolisou os carboidratos

existentes no extrato com ácido sulfúrico e analisou os monossacarídeos formados, em cromatografia de papel. Constatou que os polissacarídeos existentes no extrato eram constituídos por manose, galactose, glicose, arabinose e traços de xilose e ramnose.

Determinações quantitativas indicaram a predominância de manose e galactose. Nesse mesmo trabalho, o autor mostrou que o teor de carboidratos aumentou com o aumento do grau de extração, até ao nível de 43 a 46% no caso de cafés arábica e, até 58% quando se tratou de cafés robusta. As Figuras 6 e 7 representam os teores dos polissacarídeos encontrados por THALER (1979) para os cafés arábica e robusta respectivamente.

Centrifugação e resfriamento

O extrato, quando deixa as colunas de extração contém partículas finas insolúveis, em suspensão e está ainda a uma temperatura de 95 a 105°C. O resíduo em suspensão devem ser eliminadas para evitar a carbonização durante a secagem e formação de um sedimento escuro no fundo da chícara. A temperatura do extrato deve ser baixada rapidamente para não degradar a qualidade da bebida, provocada principalmente pela volatilização dos compostos aromáticos de baixo ponto de ebulição, responsável pelo sabor.

Assim, o extrato é imediatamente submetido à centrifugação para a retirada dos insolúveis, e a uma troca de energia em intercambiadores de calor para reduzir a temperatura

até cerca de 4,0°C, quando é então coletado num tanque sobre balança para se determinar o D.O.R. (Draw-off-Ratio), que é a proporção de água para kilos de extratos obtidos na coluna. Se para se conseguir o "Target" estabelecido é necessário um D.O.R. de 2,5, tem-se com colunas de 500 kg, por exemplo, será necessário coletar 1.250 kg de extrato que completa um ciclo de extração.

O processo de centrifugação, que utiliza separador de sólidos com descarga automática é conduzido com o extrato ainda quente, cuja baixa viscosidade permite separar as partículas insolúveis com maior facilidade.

Concentração

Existe uma diversificação de tecnologias para concentração do extrato, conforme o tipo de café solúvel que se quer produzir. É a partir dessa etapa que as tecnologias de produção por "spray dried" e de "freeze dried" diferem entre si.

O extrato de café com 18 a 38°Brix ao invés de ser secado e transformado em pó, pode ser congelado e assim comercializado em mercados importadores que o utilizam em máquinas automáticas de café, juntamente com água em ebulição, para preparo instantâneo de café. Essas máquinas são comuns nos Estados Unidos, Europa Ocidental e Japão, e são denominadas de "Coffee Vending Machines". Um extrato com 21 a 27°Brix pode produzir de 7 a 10 vezes seu volume em bebida para o consumidor.

A partir do extrato diluído a 5°C pode-se produzir o café

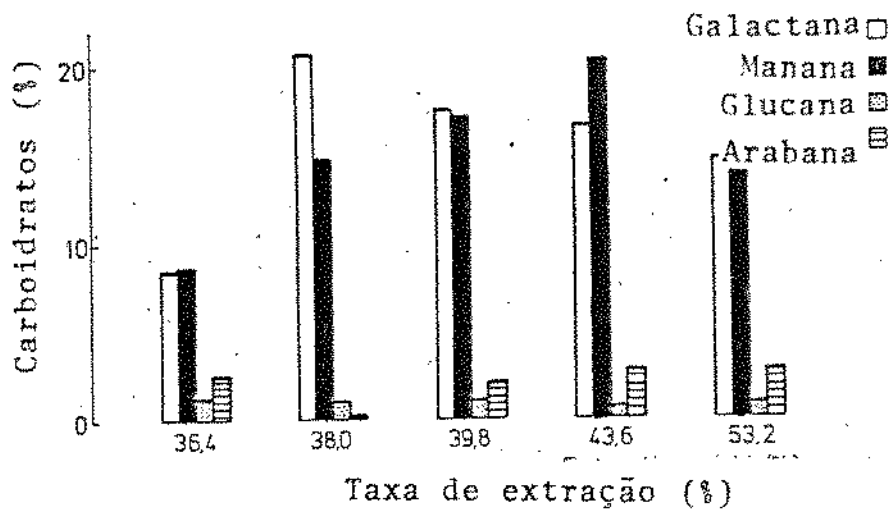


Figura 6 - Teores de galactana, manana, glucana e arabana em extrato de cafés arábica, em função da taxa de extração (THALER, 1979).

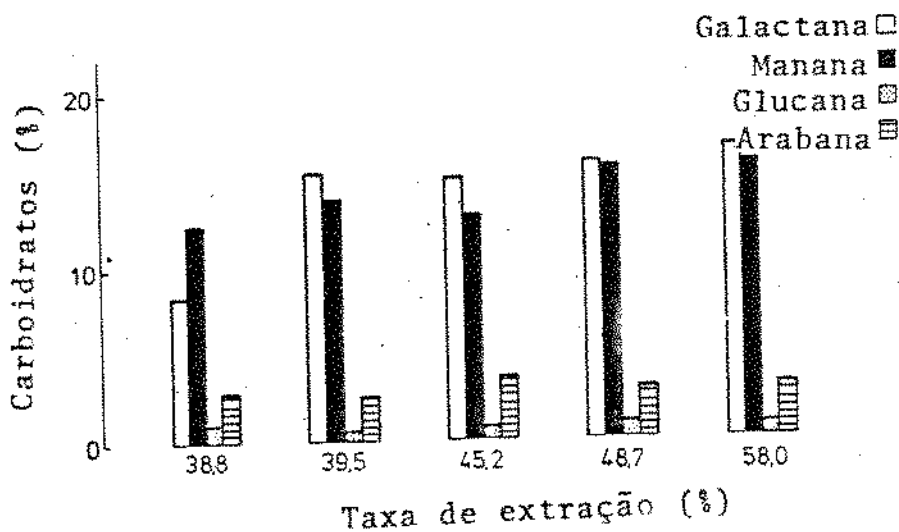


Figura 7 - Teores de galactana, manana, glucana e arabana em extrato de cafés robusta em função do rendimento de extração (THALER, 1979).

solúvel "spray dried" ou "freeze dried".

a) Concentração para o processo "spray dried"

O extrato de café estocado a 4°C deve ser reaquecido a 60°C, em trocadores de calor, para alimentar os evaporadores a vácuo, que possuem preliminarmente um pré-evaporador para volatilizar os aromas que são recuperados. O evaporador propriamente dito, concentrará o extrato até 40°Brix ou 33% de sólidos solúveis e são do tipo centrífugo, filme descendente ou de placas. Independente do tipo, trabalham sob vácuo, a temperatura de evaporação é por volta de 60°C.

Os aromas que volatilizam no pré-evaporador são condensados à temperaturas inferiores a -35°C. Os aromas condensados são utilizados na produção dos solúveis aglomerados, ou na fabricação de outros produtos de café (MORETTI e col., 1974).

b) Concentração para o processo "freeze dried"

Os cafés solúveis obtidos pelo processo "freeze dried" são mais valorizados no mercado por apresentarem melhor qualidade de bebida, porém a concentração por esse processo é mais sofisticada e de maior custo.

O equipamento utilizado nesse processo trabalha por congelamento de parte da água do extrato sendo denominado de Crioconcentração ou "freezing concentration". Nesse processo, o extrato apresenta cristais de gelo que são separados por

prensagem aumentando assim o teor de sólidos solúveis até o nível de 33% ou 40^oBrix.

Os cristais de gelo formados nos criocentradores, denominados também de cristalizadores, são lavados e a água de lavagem retorna para o criocentrador, melhorando o rendimento desta operação.

MARFAT (1978), considera a criocentração como o processo que retém mais aromas, mas coloca em dúvida o estágio de separação de fases, em vista do elevado custo operacional.

Vários outros processos de concentração foram sugeridos para o extrato de café: THISSEN (1975) descreveu o método de concentração por difusão. EHRGOTT (1971) citado em GLÓRIA, 1982, propôs o processo de separação por difusão térmica e gravitacional. FRIEDMAN (1972), citado em GLÓRIA, 1982, usou técnica de centrifugação pulsante em sistema de filtração gel. Outro processo mais moderno descrito para concentração de extrato de café é o de Osmose Inversa (GLÓRIA, 1982).

Secagem

Da mesma forma que a concentração é diversificada para o café solúvel "freeze dried" e "pray dried", a secagem também o é.

a) Processo "Spray Drying"

Conforme o próprio nome indica, o extrato concentrado é

desidratado por atomização em co-corrente com ar superaquecido, numa torre de secagem que pode chegar a 20 m de altura por 3 a 4 m de diâmetro. Nestas torres o concentrado é bombeado por bombas de alta pressão, positivas, chamadas de triplex, cuja pressão pode chegar a 700 lbs/pol² ou 45 kg/cm². O concentrado, ao atingir o bico de pulverização da torre, é transformado em gotículas esféricas de menos de 1,0 mm de diâmetro e, em contato com o ar aquecido a temperatura acima de 300°C, sua água é evaporada quase instantaneamente, resultando em microesferas de sólidos solúveis de café, com baixa densidade aparente, cerca de 0,2 kg/l.

b) Processo "Freeze Drying"

O concentrado de extrato de café obtido pelo processo de criocongentração alimenta intercambiadores de superfície raspada conhecidos como "Votators", que resfriam o concentrado a temperaturas próximas ao congelamento, formando uma massa de microcristais de gelo e de sólidos solúveis concentrados. Esta massa é depositada em bandejas que, colocadas em câmaras à temperatura de -49°C, congela totalmente o concentrado. Após isto, as bandejas descarregam o material em trituradores e os cristais de concentrado são classificados por peneiragem. As partículas grossas retornam ao triturador e as finas são congeladas e retrabalhadas no "Votator".

As partículas congeladas de tamanho adequado são colocadas em "gaiolas" ou bandejas adequadas para entrarem no

processo de liofilização ou "freeze drying".

Neste equipamento, o produto é submetido a um aquecimento, insuficiente para descongelá-las, porém suficiente para provocar a sublimação da água, sob vácuo inferior a 0,05 mmHg. Esta água sublimada é condensada e as partículas desidratadas são recolhidas na outra extremidade do túnel de liofilização.

A diferença do produto liofilizado para o atomizado é de que o segundo apresenta-se em micro-esferas e o liofilizado apresenta-se em partículas heterogêneas e com tamanho acima de 1 mm, além de diferenças na qualidade da bebida (Tabela 7). (MORETTI, 1989).

Tabela 7 - Diferenças de qualidade da bebida de cafés solúveis. (MORETTI, 1989).

Fator de Qualidade	"Spray Dried"	"Freeze Dried"
Aroma	menos intenso	mais intenso
Acidez	menor	maior
Qualidade da bebida	inferior	superior

Aglomeraco

Como o processo "spray drying" resulta em cafés solúveis de qualidade inferior ao do processo "freeze drying", a tecnologia foi desenvolvida para sanar essa diferença.

As micro-esferas obtidas no "spray dried", são umidecidas com vapor, provocando a formao de grumos de café e não mais na forma de microesferas. Esses grumos recebem aromas recuperados, óleo clarificado de café e até mesmo café torrado micropulverizado (produzido em moinhos coloidais) a fim de lhes conferir as qualidades organolépticas próximas  do café solúvel "freeze dried". Após essa adio os grumos são conduzidos a um túnel de leito fluidizado, onde a umidade  removida por secagem e resulta em pequenos torres de café solúvel aglomerado.

2.7. Reologia de fluidos

Os fluidos do ponto de vista reológico, sejam eles puros, soluções ou suspensões, podem ser divididos em dois grandes grupos, de acordo com a natureza de sua resposta a tensões de cisalhamento que resultem em escoamento laminar unidirecional (GOVIER, 1972). Aqueles que seguem a lei de Newton, isto , a relao entre tensão de cisalhamento e gradiente de velocidade  constante, para determinadas condições de temperatura e pressão, são denominados Newtonianos. Esse grupo  integrado por fluidos simples como, água, óleos, solventes orgânicos e soluções de compostos de baixo peso molecular como monossacarídeo, sacarose, certos oligonacardeos e, até mesmo,

alguns polissacarídeos.

O outro grande grupo é constituído por fluidos que não seguem a lei de Newton, ou seja, nos quais a tensão de cisalhamento não é diretamente proporcional ao gradiente de velocidade, fixadas as condições de pressão e temperatura, e são denominados não-newtonianos (PARK, 1984)

Para efeito de estudo os fluidos não newtonianos são agrupados em categorias, de acordo com o desvio que apresentam à lei de Newton:

a) Fluidos pseudoplásticos

Essa categoria agrupa a maioria dos fluidos de comportamento não-newtoniano. São fluidos independentes do tempo, sem tensão residual, que começam a escoar sob a ação de tensões de cisalhamento infinitesimais. Para os fluidos pseudoplásticos, a taxa de acréscimo na tensão de cisalhamento diminui com o aumento da taxa de deformação.

Essa classe é representada por produtos como polpas e sucos altamente concentrados de frutas (CHARM, 1960; HOLDSWORTH, 1971; VITALI e col., 1974; RAO, 1977, VITALI, 1983), soluções de pectina (SARAVACOS e MOYER, 1967). Segundo HOLDSWORTH (1971), esse comportamento é explicado pela modificação da estrutura de cadeias longas de moléculas com o aumento do gradiente de velocidade. Essas cadeias tendem a se alinhar paralelamente às linhas de corrente, diminuindo a resistência ao escoamento. Esses fluidos tendem a um comportamento Newtoniano a grandes gradientes

de velocidades, devido ao total alinhamento molecular. Também em baixos gradientes de velocidade tendem ao comportamento Newtoniano devido a completa distribuição ao acaso na orientação das partículas.

b) Fluidos dilatantes

Os fluidos dilatantes são mais raros que os pseudoplásticos independentes do tempo, sem tensão residual, que começam a escoar sob a ação de tensões de cisalhamento infinitesimais. Para fluidos dilatantes, a taxa de acréscimo na tensão de cisalhamento aumenta com o aumento da taxa de deformação. Alguns fluidos desse grupo são: suspensões de amido, mel de abelha de flor de certos eucaliptos. Uma das razões para o fenômeno da dilatância é explicado pela existência de um sistema de partículas densamente empacotado no fluido (HERMANS, 1953).

c) Fluidos de Bingham

Os fluidos de Bingham são fluidos independentes do tempo, que apresentam tensão residual, a partir da qual o fluido apresenta um comportamento linear entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação. São geralmente soluções concentradas de polímeros, conforme VAN WAZER e col. (1963) e dispersões concentradas de proteínas segundo MENJIVAR e RHA (1980).

d) Fluidos pseudoplásticos com tensão residual

d) Fluidos pseudoplásticos com tensão residual

Muitos fluidos apresentam uma tensão residual como os fluidos de Bingham mas, a partir dessa tensão residual, apresentam um comportamento reológico semelhante ao dos pseudoplásticos, após ultrapassar a tensão residual.

e) Fluidos dilatantes com tensão residual

Os fluidos pertencentes a esse grupo apresentam um comportamento reológico análogo ao dos dilatantes, após ultrapassada a tensão residual.

f) Fluidos tixotrópicos

Fluidos desse grupo apresentam um comportamento reológico dependente do tempo. A tensão de cisalhamento decresce reversivelmente com o tempo, fixadas a temperatura e a taxa de deformação, ou seja, o processo de rompimento das estruturas dos fluidos tixotrópicos depende do tempo, além de depender da taxa de deformação (SKELLAND, 1967).

Se a curva reológica de fluidos desse grupo for obtida através de um único experimento, no qual a taxa de deformação variar monotonicamente crescente desde zero até um valor máximo e, imediatamente após atingir o máximo, a taxa de deformação varia monotonicamente e decrescente até zero, obter-se-á uma curva de histerese (SKELLAND, 1967)

g) Fluidos reopéticos

Os fluidos denominados reopéticos também são conhecidos como fluidos de tixotropia negativa, GOVIER (1972), ou anti-tixotrópicos (SKELAND, 1967). Apresentam acréscimo reversível na tensão de cisalhamento com o tempo, para uma dada temperatura e taxa de deformação. Esses fluidos também apresentam uma curva de histerese porém a viscosidade aumenta com o tempo.

h) Fluidos viscoelásticos

Esses fluidos apresentam propriedades viscosas e elásticas, sendo que as propriedades viscosas podem ser não newtonianas e dependentes do tempo e as propriedades elásticas se manifestam através da presença de tensões perpendiculares à direção do cisalhamento, de magnitude diferente das tensões normais paralelas à direção do cisalhamento (TORREST, 1982).

2.7.1. Modelos reológicos

A teoria clássica de dinâmica dos fluidos foi desenvolvida através do estudo de um fluido ideal incompressível e sem viscosidade ou elasticidade. As severas limitações à sua aplicação levou ao desenvolvimento de uma teoria dinâmica para o caso mais simples de fluidos reais, denominados newtonianos.

Num sistema de duas placas paralelas separadas por um fluido, se as placas se movimentarem a uma dada velocidade na direção x , a tensão de cisalhamento imposta ao fluido é dada pela

expressão:

$$\tau = f (\dot{\gamma}) \quad (2.1.)$$

Esta é característica de um fluido sob certas condições de pressão e temperatura, conhecida como a equação reológica ou constitutiva (WALTERS, 1975; HAN e col., 1975; GOVIER, 1972).

A principal utilidade de um modelo reológico é representar, matematicamente, a relação entre os valores experimentais de tensão de cisalhamento (τ) aplicada ao fluido, com o gradiente de velocidade ($\dot{\gamma}$) resultante, para um fluido particular, facilitando os cálculos de engenharia.

O comportamento reológico pode em alguns casos, ser muito complexo, exigindo que na expressão (2.1.) figurem vários parâmetros.

Com o avanço da ciência, os modelos reológicos que descrevem o comportamento de escoamento de novos materiais foram se aperfeiçoando. Baseiam-se em aspectos fenomenológicos ou teóricos relacionados com a estrutura do fluido. Tais modelos são úteis para relacionar propriedades reológicas de um fluido com grandezas práticas como concentração, temperatura, pH, índice de maturação, etc. Esse conhecimento é indispensável nos controles de qualidade e das linhas de produção e no dimensionamento dos equipamentos (VITALI, 1983).

De modo geral, os modelos reológicos descrevem o comportamento de um fluido a uma temperatura fixa em modelos isotérmicos. Alguns modelos incluem relações com a temperatura e

são conhecidos como não-isotérmicos.

a) Modelo newtoniano

Os fluídos pertencentes a esse grupo são descritos matematicamente pela equação:

$$\tau = \eta \cdot \dot{\gamma} \quad (2.2)$$

onde η é a viscosidade do fluído, função, para cada fluído, de temperatura e pressão.

Para fluídos não-newtonianos a relação:

$$\eta_a = \tau / \dot{\gamma} \quad (2.3)$$

denominada viscosidade aparente, passa a ser função do próprio gradiente de velocidade.

b) Modelo da lei de potência

O comportamento dos fluídos não-newtonianos é, geralmente, descrito pela equação empírica de Ostwald-de-Waele, conhecida como lei de potência.

$$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n \quad (2.4)$$

Onde:

k - índice de consistência ou coeficiente reológico
n - índice de comportamento do escoamento ou índice

Assim, a viscosidade aparente será dada pela expressão:

$$\eta_a = K \cdot \dot{\gamma}^{n-1} \quad (2.5)$$

Observa-se nesta expressão que a viscosidade aparente é função do gradiente de velocidade.

Para valores de $n = 1$ tem-se o caso de fluidos newtonianos, onde o parâmetro K é igual a viscosidade do fluido. Para valores de n menores que a unidade, a viscosidade aparente decresce com o aumento do gradiente de velocidade e o fluido é caracterizado como pseudoplástico. Quando n for maior que a unidade a viscosidade aparente aumenta com o aumento do gradiente de velocidade e o fluido é dilatante.

Esse modelo é usado para descrever o comportamento reológico de fluidos independentes do tempo, desde que aplicado numa faixa limitada de gradiente de velocidade.

A maioria dos procedimentos existentes para cálculos relacionados com fluidos não-newtonianos baseia-se no modelo da lei da potência (SKELAND, 1967; GOVIER & WINNING, 1948; CHARM, 1960; EWELL, 1938; HOLDSWORTH, 1971; LEWIS, 1987; RAD, 1986).

c) Modelo de Bingham

A representação matemática de fluido de comportamento reológico que segue o modelo de Bingham é dado por:

$$\tau - \tau_0 = \eta_p \cdot \dot{\gamma} \quad (2.6)$$

Onde:

τ_0 - tensão de cisalhamento residual;

η_p - viscosidade plástica de Bingham.

d) Modelo de Herschel-Bulkley

Análogo ao modelo de Bingham, é uma extensão do modelo da lei de potência. A equação matemática que o representa é:

$$\tau - \tau_0 = K_H \cdot \dot{\gamma}^{n_H} \quad (2.7)$$

Onde:

τ - tensão residual;

K_H - índice de consistência;

n_H - índice de comportamento de escoamento.

Esse modelo foi usado por CRANDALL & col. (1982) para descrever o comportamento reológico de suco de laranja e DURÁN e JIMÉNEZ (1980) para purês de damasco.

e) Modelo de Casson

Para uma suspensão de partículas em um fluido newtoniano, CASSON (1959), desenvolveu um modelo reológico teórico representado pela equação:

$$\tau - K_0^2 = K_C^2 \cdot \dot{\gamma} \quad (2.8)$$

Onde:

K_D e K_C - parâmetros que caracterizam o escoamento da suspensão.

K_D^2 - tensão residual

K_C^2 - viscosidade plástica de Casson, η_C , quando o gradiente de velocidade tende ao infinito

f) Modelo de Mizrahi-Berk

Partindo da mesma linha de pensamento que levou Casson a propor seu modelo, MIZRAHI & BERK (1972) apresentaram um modelo que representa melhor o comportamento reológico de suco de laranja concentrado:

$$\tau^{1/2} = K_{OM} = K_M \cdot \dot{\gamma}^{n_M} \quad (2.9)$$

onde:

K_{OM} - raiz quadrada da tensão residual, τ_{OM}

n_M - índice de comportamento do escoamento.

K_M - índice de consistência

2.7.2. Influência da temperatura no comportamento reológico de fluidos.

A temperatura exerce grande influência no comportamento reológico dos fluidos, dependendo das características e dos constituintes desses fluidos, representada pela equação de Arrhenius.

A equação de Arrhenius se aplica bem para líquidos apolares, EWELL (1938). Para fluidos constituídos de moléculas que se interagem através de pontes de hidrogênio, dipolos, ligações covalentes, etc., geralmente ocorre um desvio deste modelo, devido, provavelmente, à influência da temperatura sobre tais ligações (GLASSTONE & col., 1941).

Segundo EWELL (1938), o desvio dos dados experimentais, da equação de Arrhenius, se deve às pontes de hidrogênio e ligações covalentes, das soluções aquosas de sacarose, ácidos e polissacarídeos. Para esses fluidos, quanto maior a temperatura, menor o número de ligações intermoleculares e menor a força dessas ligações devido ao aumento no grau de dissociação. Todas essas transformações tendem a diminuir a viscosidade do fluido além do esperado, para fluidos "normais", cuja interação é devida exclusivamente a forças intermoleculares indiretas (Van Der Waals, forças dipolares e repulsivas). Como decorrência, a energia de ativação se torna cada vez menor com o acréscimo da temperatura e vice-versa.

A ordem de grandeza da energia de ativação indica a dependência da viscosidade de um determinado fluido com a temperatura. Dessa forma, fluidos com alta energia de ativação apresentam grande variação da viscosidade em função da temperatura e vice-versa.

VITALI (1981), em sua revisão de literatura sobre a influência da temperatura sobre a viscosidade de alimentos fluidos, mostrou que, de uma forma geral, os valores de energia de ativação se encontram na faixa de 1,5 a 15 Kcal/mol. Essa

variação se deve à faixa de temperatura considerada, à influência do teor de sólidos solúveis, de sólidos em suspensão e à presença de polímeros.

Existem modelos reológicos combinados com a equação de Arrhenius que apresentam uma relação entre $\dot{\gamma}$ e τ , energia de ativação e temperatura. São úteis para cálculos de troca de calor, onde ocorrem variações do gradiente de velocidade e da temperatura, como em processos contínuos de pasteurização e esterilização de alimentos (CHRISTIANSEN e CRAIG, 1962; SIMPSON e WILLIAMS, 1974).

Para fluídos não newtonianos que seguem a lei de potência (Eq. 2.4), o efeito da temperatura é incorporado pelo uso da equação de Arrhenius (HAPER e EL SAHRIGI, 1965):

$$\tau = [K \exp (E_K/RT)] \dot{\gamma}^{\bar{n}} \quad (2.10)$$

onde:

\bar{n} - valor médio do índice de comportamento de escoamento, n , da lei de potência.

A equação 2.10 foi empregada com sucesso, para estudos reológicos de concentrado de tomate (HARPER & EL SAHRIGI, 1965; RAO e col., 1981), purê de pêra (HARPER & LEBERMANN, 1962) e purê de goiaba (VITALI & RAO, 1982).

2.7.3. Influência da concentração de sólidos solúveis sobre o comportamento reológico de fluidos.

A viscosidade torna-se maior com o aumento da concentração de sólidos solúveis e se deve a dois fatores interdependentes:

- redução de fluido para a "lubrificação" intermolecular, aumentando o atrito e

- formação de hidratos pelos ions e moléculas, pois em altas concentrações o solvente não é mais suficiente para saturar todas as moléculas e essas formam agregados.

Esses dois fatores se somam, provocando um rápido aumento da viscosidade, como ocorre em soluções de sacarose.

VITALI (1981), em revisão de literatura e em RAD & Col. (1981), verificaram a existência de duas equações matemáticas que representam a dependência da viscosidade aparente com o teor de sólidos solúveis. São elas:

$$\eta_a = \eta'_a \cdot C^{a_1} \quad (2.11)$$

onde:

C - concentração de sólidos solúveis em °Brix

η'_a e a_1 - parâmetros da equação.

GENOTELLE (1978), descreveu a dependência da viscosidade aparente com a concentração de sacarose, na faixa de 0 a 85°Brix, pela equação:

$$\eta_a = \eta_a^0 \exp (b_1.N) \quad (2.12)$$

onde:

N - concentração molar de sólidos solúveis;

η_a e b_1 - parâmetros da equação.

2.7.4. Efeito combinado da concentração de sólidos solúveis e da temperatura

HARPER e EL SAHRIGI (1965), considerando a viscosidade aparente para cada concentração, variando temperatura segundo a lei de Arrhenius e a concentração de sólidos solúveis conforme a lei de potência em purê de tomate, propuseram a equação:

$$\eta_a = \eta_{atc} \exp (E_\eta/RT) . C^{a_1} \quad (2.13)$$

onde:

η_a e a_1 - constantes

Essa equação foi usada por RAD & col. (1981) para concentrados de tomate e por VITALI & RAD (1982) para purê de goiaba.

2.7.5. Medidas reológicas e interpretação de dados

Para fluídos newtonianos a viscosidade pode ser obtida através de uma única medida de tensão de cisalhamento e a correspondente taxa de deformação e em casos raros, para fluídos

não-newtonianos (BRODKEY, 1967).

Geralmente são necessários vários dados de tensão de cisalhamento e as correspondentes taxas de deformação, para então se adotar um modelo de comportamento reológico, para um fluido não-newtoniano.

Existem três tipos básicos de equipamentos de uso comum para a obtenção de dados reológicos:

- viscosímetro de tubo capilar;
- viscosímetro rotatório de cilindros concêntricos;
- viscosímetro de cone e placa

2.7.5.1. Viscosímetro de tubo capilar

Esse equipamento se baseia na medida da queda de pressão por atrito, associada ao escoamento laminar do fluido, a uma dada vazão, através de tubo cilíndrico liso e de dimensões conhecida. É constituído de um reservatório, onde o fluido é mantido a temperatura constante e, daí, escoar pelo tubo capilar.

A relação entre o comprimento e o diâmetro do tubo deve ser superior a 100, caso contrário utilizam-se correções para os efeitos de entrada. O escoamento no tubo deve ser laminar, por gravidade ou forçado. O escoamento por gravidade só pode ser utilizado para certos fluidos, enquanto o escoamento forçado deve ser exercido pela pressão de um fluido inerte. O uso de bombas pode mascarar os efeitos do tempo em fluidos dependentes do tempo (SKELAND, 1967).

é aconselhável utilizar mais de um diâmetro e/ou comprimento de tubo quando se utiliza viscosímetro de tubo capilar para detectar possíveis comportamento de tixotropia.

2.7.5.2. Viscosímetro rotatório de cilindros concêntricos

São projetados para acusar cisalhamento no fluido localizado entre dois cilindros concêntricos sendo que um gira e o outro permanece estacionário e permite obter curvas reológicas de fluidos, pela medida de várias velocidades angulares do cilindro rotativo e do torque aplicado ao cilindro fixo.

Como pode ser visto na Figura 8, o cilindro interno é suspenso por uma haste fixada num suporte, de modo que esse cilindro permaneça fixo enquanto o cilindro externo gira em velocidades angulares estabelecidas. O torque induzido a haste, sob essas condições, é lido na escala.

Os viscosímetros rotatórios de cilindros concêntricos são de dois tipos: cilindro interno fixo com cilindro externo que gira e cilindro externo fixo com cilindro interno que gira.

As medidas da velocidade angular, do torque e das especificadas na Figura 9 necessárias para se determinar a curva reológica de um fluido nesse tipo de viscosímetro.

O torque, num ponto r , é dado por:

$$t = 2\pi rh \quad (2.14)$$

onde:

t - torque; h - altura do cilindro interno

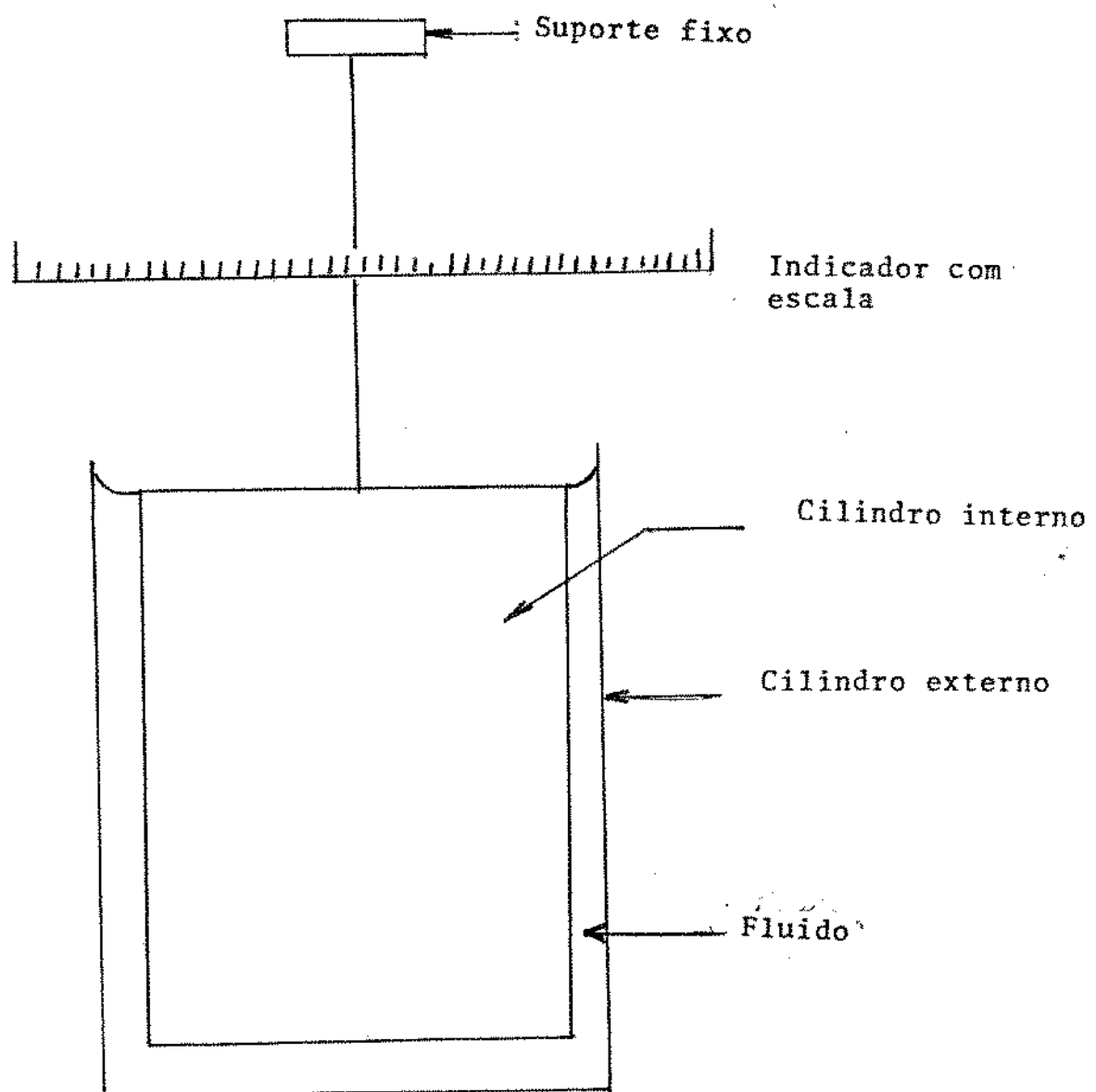


Figura 8 - Diagrama esquemático de viscosímetro rotatório de cilindros concêntricos

A tensão de cisalhamento na parede do cilindro interno é:

$$\tau_i = \frac{t}{2\pi r_i^2 \cdot h} \quad (2.15)$$

A velocidade angular será:

$$\Omega = \frac{v}{r} \quad (2.16)$$

ou

$$\Omega = \int_{\tau_i}^{\tau_e} \dot{\gamma} \frac{d\tau}{2\tau} \quad (2.17)$$

onde:

- τ_i - tensão de cisalhamento no cilindro interno;
- τ_e - tensão de cisalhamento no cilindro externo;

Diferenciando (2.17) em relação a τ_i tem-se:

$$\frac{d\Omega}{d\tau_i} = \frac{1}{2} \frac{1}{\tau_i} \left[\gamma(r_i) - \gamma(r_e) \right] \quad (2.18)$$

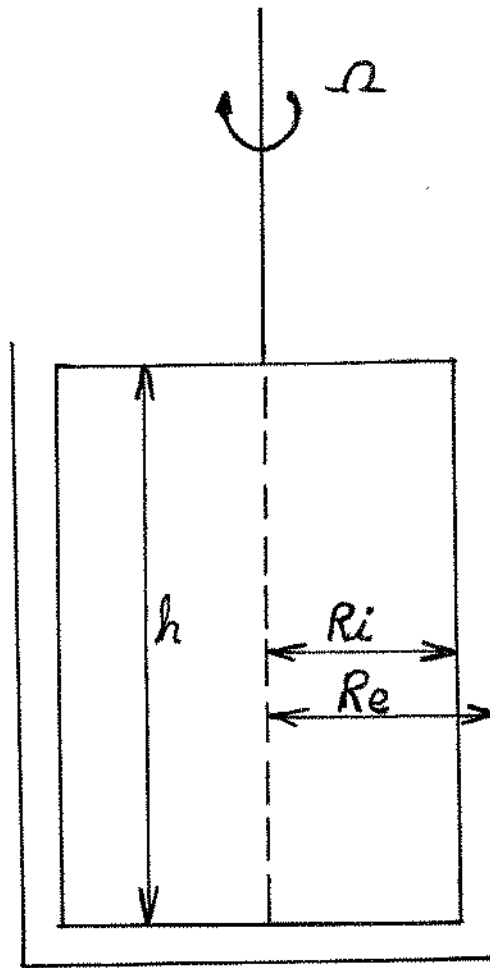


Figura 9 - Principais dimensões de um viscosímetro rotatório de cilindros concêntricos.

Utilizando a série de Euler-Maclaurin, obtém-se a expressão (KREIGER, 1953):

(2.19)

$$\dot{\gamma} = \frac{\Omega}{\ln r} \left\{ 1 + \ln \epsilon_r \frac{d \ln \Omega}{r d \ln \tau_i} + \left[\frac{(\ln \tau_r)}{3\Omega} \frac{d^2 \Omega}{d(\ln \tau_i)^2} \right] - \left[\frac{\ln \tau_r}{45\Omega} \frac{d^4 \Omega}{d(\ln \tau_i)^4} \right] + \dots \right\}$$

Elaborando-se um gráfico de Ω em função de τ_i em papel di-log, a inclinação da curva obtida é dada por:

$$M = \frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_i} \quad (2.20)$$

O ajuste da curva reológica permite classificar o fluido segundo o seu comportamento reológico e, se já for conhecido, e o objetivo for apenas o de se calcular as constantes reológicas, é possível aplicar o modelo de comportamento reológico, determinando as constantes reológicas diretamente, a partir dos dados experimentais.

Conhecendo-se as dimensões do viscosímetro rotatório cilíndrico, com uma única medida da velocidade angular e o torque correspondente determina-se a viscosidade de fluidos newtonianos pela equação:

$$\dot{\eta} = C_1 \frac{\tau}{\Omega} \quad (2.21)$$

onde:

$$C_1 = \frac{1}{4\pi h} \left(\frac{1}{R_i^2} - \frac{1}{R_e^2} \right) \quad (2.22)$$

Para fluido não-newtoniano e pelo modelo de Ostwald-de-Waele, também é possível, no viscosímetro rotatório de cilindros concêntricos, determinar os parâmetros reológicos. O gráfico da velocidade angular em função do torque, em papel di-log será uma reta cujo coeficiente angular, permitirá determinar o índice do comportamento, enquanto o coeficiente linear permitirá determinar o índice de consistência do fluido conforme a equação:

$$\ln \Omega = \frac{1}{n} \ln \tau + \ln \left[\left(\frac{1}{2\pi h K} \right)^{1/n} \left(\frac{n}{2} \right) \left(\frac{1}{R_i^{2/n}} - \frac{1}{R_e^{2/n}} \right) \right] \quad (2.23)$$

2.7.6. Reologia de extratos vegetais

Sucos vegetais são constituídos basicamente por uma dispersão de partículas sólidas em uma solução aquosa de açúcares, ácidos orgânicos, sais, proteínas, pectina e outros. O comportamento reológico é regido pelas características da fase sólida tais como, tamanho, forma e concentração desses sólidos e pelas características da fase líquida, quais sejam, natureza, forma, tamanho e concentração das espécies moleculares que a compõem.

Generalizando, pode-se tomar como base o seguinte:

- Soluções de mono e dissacarídeos tem caráter newtoniano;
- A pectina, em solução aquosa, é um coloíde hidrofílico eletronegativo e, portanto, estável em função de sua carga e regulada pelo PH do meio;
- A temperatura influi nas características das macromoléculas de pectina e na variação de sua concentração, no caso de sucos vegetais turbidos ou purês;
- O tamanho da cadeia, a carga e o grau de hidratação dão à solução coloidal de pectina em estado de sol, um caráter não-newtoniano, pseudoplástico, enquanto não se tenha passado ao estado de gel;
- A presença de celulose e de protopectina, nas partículas de polpa suspensas em sucos vegetais, implica que estabeleçam ligações mais ou menos resistentes entre as duas fases destas suspensões.

Os sistemas dispersos quando em repouso, tem uma estrutura definida pela composição e natureza química das fases que os integram. De acordo com as características de ambas, a estrutura está configurada pela presença de moléculas de cadeia longa, de partículas solvatadas ou de flóculos ou agregados e inclusive podem estar entrelaçadas, em forma de rede, pela união de vários agregados (SHERMAN, 1970; HOLDSWORTH, 1971 e 1973; COSTELL & DURÁN, 1982).

O efeito da concentração e da temperatura, nas propriedades reológicas de sucos de abacaxi e de laranja, foi

estudado por VARSHNEY & KUMBHAR (1978). Extraídos em extratores de parafusos e filtrados para se eliminar os sólidos em suspensão, determinaram os parâmetros reológicos num viscosímetro coaxial "narrow-gap". Os autores concluíram tratarem-se de sucos de comportamento pseudoplástico com pseudoplasticidade aumentando com o incremento da concentração. Concluíram ainda que a pseudoplasticidade é presumidamente causada por polpa em suspensão nesses sucos.

MORESI & SPINOSI (1984) estudaram a reologia de suco de uva, fazendo as medidas em concentrados de 54 a 74^oBrix, num viscosímetro rotacional Haake, tipo RV12. Verificou que a viscosidade aparente decresce com o aumento da taxa de deformação e é independente do tempo, classificando o suco concentrado de uva pode ser classificado como fluido não-newtoniano do tipo pseudoplástico.

O comportamento reológico de suco de maçã e suco de pera foi estudado por IBARZ & col. (1987), cujas medidas foram feitas em um viscosímetro Haake Rotofixo RV12 de cilindros concêntricos e os resultados mostraram, em todos os casos que os sucos de maçã a 71^oBrix e o de pera a 70^oBrix apresentam comportamento newtoniano.

SARAVACOS (1970), estudou o efeito da temperatura e da concentração de sólidos solúveis no comportamento reológico de suco de maçã e as medidas feitas num viscosímetro de cilindros coaxiais, o Contraves Rheomat 15. O suco comportou-se como um fluido newtoniano, em todas as concentrações, nas temperaturas de 20 a 70^oC. A viscosidade aumentou rapidamente com a concentração,

principalmente acima de 50^oBrix. Quando utilizou suco turvo, com quantidades significativas de partículas e colóides em suspensão, a viscosidade foi maior que o suco despectinizado. Esses tipo de suco apresentou comportamento newtoniano para concentrações inferiores a 50^oBrix mas, em concentrações maiores comportou-se como fluido pseudoplástico. A viscosidade de sucos despectinizados diminuíram consideravelmente quando a temperatura aumentou de 20 para 70^oC, com efeito pronunciado em concentrações mais elevadas.

VITALI & col. (1974) citado por COSTEL & DURÁN (1982), observaram que em suco de maracujá o aumento da concentração 15,6^oBrix para 33,4^oBrix, ocasiona um aumento na consistência e uma diminuição de pseudoplasticidade.

SHI-YING XU & col. (1986), estudaram o efeito da temperatura de rompimento nas propriedades reológicas de sucos e pastas de tomate. Um "Weissemberg Rheogoniometer" modelo R-20 foi usado para determinar o comportamento reológico dos sucos e pastas de tomate a 25^oC. Uma combinação cone e prato foi usada para as medidas reológicas do suco de tomate e dois pratos planos paralelos para as medidas das pastas de tomate. Os estudos reológicos de sucos e pastas de tomate mostraram que ambos são fluidos pseudoplásticos.

RAO & col. (1981), concluíram que a lei de potência, a equação de Casson e a de Herschel-Bulkley descreveram adequadamente as propriedades de escoamento de concentrados de tomate.

VITALI (1983), estudou o comportamento reológico de suco de laranja concentrado congelado em baixas temperaturas e verificou que a lei de potência representou convenientemente o comportamento reológico dos sucos sem tensão residual e dos soros estudados. O modelo Mizrahi-Berk se aplica aos sucos sem tensão residual. O aumento da concentração de sólidos totais fez crescer K , a e as energias de ativação, diminuindo o parâmetro n . O aumento da temperatura diminuiu K e a e praticamente não influenciou no parâmetro n .

2.7.6.1. Viscosidade de extrato de café

Existem poucas informações sobre a viscosidade do extrato de café. SIVETZ (1963), estudou a reologia do extrato de café utilizando o viscosímetro de Ostwald, cujos resultados de viscosidade foram lançados na escala logarítma, contra a temperatura, para diversas concentrações de sólidos solúveis, como pode ser visto na Figura 10.

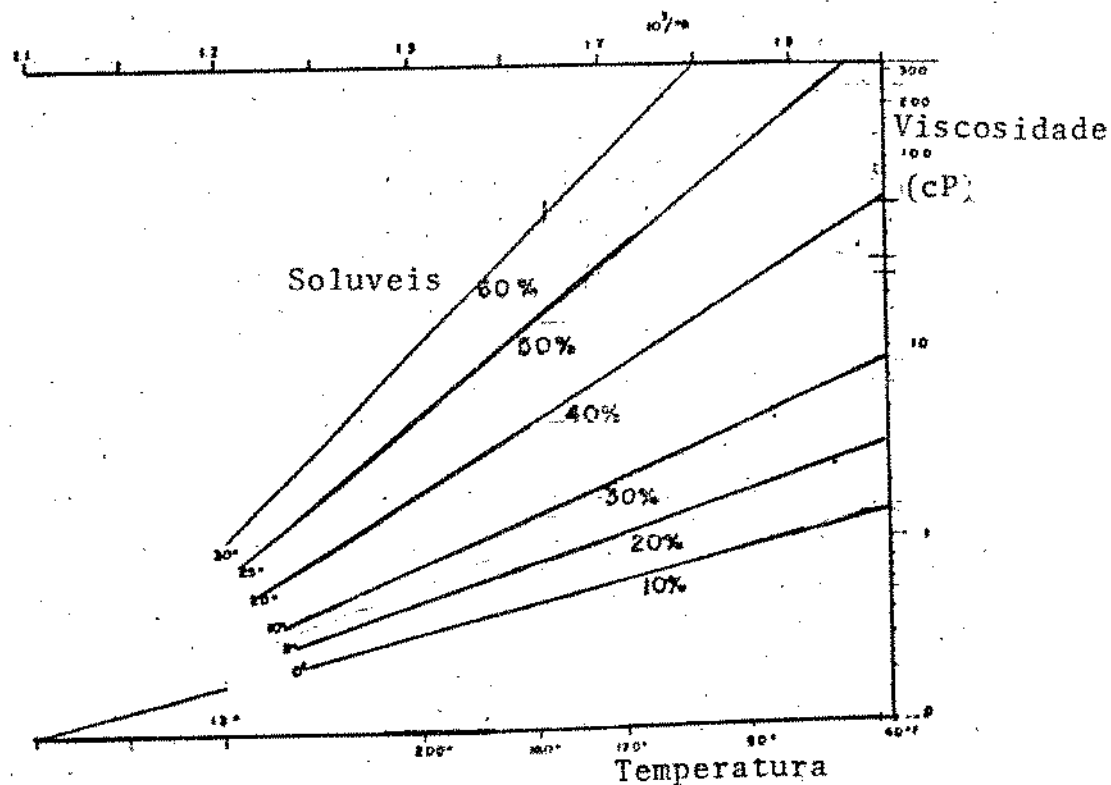


Figura 10 - Viscosidade de extrato de café vs. temperatura (SIVETZ, 1963).

O comportamento da viscosidade de extrato de café em função da concentração de sólidos solúveis é similar ao de soluções de sacarose de igual concentração quando inferior a 40% de sólidos solúveis. À temperatura de 27°C, CLARK (1985), elaborou uma tabela com dados de viscosidade do extrato de café em várias concentrações, a partir do gráfico elaborado por Sivetz e Desrosier, comparando-as com soluções de sacarose (Tabela 8).

Tabela 8 - Viscosidade de extratos de café e soluções de sacarose a 27°C para diferentes concentrações de sólidos solúveis, (CLARK, 1985).

Soluções	Viscosidade (cP) a Concentrações (m/m) de				
	0%	10%	20%	40%	60%
Sacarose	0,85	-	1,63	4,88	40
Extrato de café	0,85	0,90	1,90	11,00	500

Um fato importante citado por SIVETZ (1963) é o de que para concentrações de sólidos solúveis superiores a 40% (m/m) a viscosidade aumenta rapidamente com o incremento da concentração. A Tabela 9, apresentada por CLARK (1985), com base nos dados de viscosidade do extrato de café do gráfico de Sivetz, mostra o

efeito da temperatura a diferentes concentrações de solução de sacarose como referência.

Tabela 9 - Efeito da temperatura sobre a viscosidade (CLARK, 1985).

Soluções	Viscosidade (cP) a concentrações de sólidos solúveis (m/m)				
	0%	10%	20%	40%	60%
Sacarose, 4°C	1,56	-	3,24	12	210
Sacarose, 93°C	0,31	-	-	1,07	3,90
Extrato de café, 4°C	1,56	1,60	3,10	15	muito alta
Extrato de café, 93°C	0,31	0,30	0,50	2	10

A determinação dos parâmetros reológicos em extratos de café, em várias concentrações e temperaturas, é de suma importância para o processo de fabricação do café solúvel e sua qualidade.

A etapa de secagem do extrato é que determina grande parte do custo de fabricação do café solúvel. A viscosidade que o extrato adquire com o desenvolvimento do processo é a limitante operacional na etapa de concentração.

TORRES (1987), estudando extrato de café preparado a partir da dissolução de café solúvel em várias concentrações e temperaturas, determinou os valores de viscosidade apresentados na Tabela 10.

Como era de se esperar, há aumento da viscosidade com a diminuição da temperatura ou aumento da concentração de sólidos solúveis do extrato.

Tabela 10 - Viscosidade determinadas experimentalmente,
(TORRES, 1987).

Concentração (%)	Temperatura (°C)	Viscosidade (Poise)
30	-0,5	0,34
30	5,0	0,25
30	16,8	0,18
30	26,0	0,15
40	-1,0	0,90
40	6,0	0,65
40	17,0	0,41
40	27,5	0,33
50	-3,0	6,49
50	2,5	4,14
50	16,5	1,70
50	24,5	1,20
60	-6,0	70,90
60	3,0	25,00
60	14,5	8,78
60	24,5	6,13

Para calcular a viscosidade aparente dos extratos de café com 50 e 60% de sólidos foi utilizada a lei da potência e, para cada concentração, o autor ajustou um modelo conforme a equação:

$$N_c = a * (e^{**} (b/T)) \quad (2.29)$$

onde:

N_c = viscosidade em Poise

a, b = constantes a serem determinadas

T = temperatura na escala absoluta (°K)

Os resultados das correlações obtidas para as diferentes concentrações estão dispostos na Tabela 11, onde a energia de ativação E_a foi obtida pela multiplicação da constante b por R (constante da lei dos gases = 1.9872).

Tabela 11 - Valores das constantes e da energia de ativação, (TORRES, 1987).

Concentração	$a \cdot 10^5$	$b \cdot 10^{-3}$	R^2	E_a (Kcal/mol)
30	4.05	2.448	0.974	4.86
40	1.80	2.934	0.980	5.83
50	$7.16 \cdot 10^{-3}$	4.940	0,995	9.81
60	$1.60 \cdot 10^{-5}$	6.507	0.970	12.93

R^2 coeficiente de correlação da curva aproximada.

O autor compara os valores de viscosidade que obteve com os valores relatados por SIVETZ (1963) e conclue que os seus são, em média, 30% superiores para temperaturas por volta de 25°C.

A viscosidade elevada que se verifica em extratos de café, com teor de sólidos superior a 40%, se deve principalmente à presença de oligossacarídeos e polissacarídeos como arabino-galacatana e manana, proteínas e outras moléculas complexas (CLARK & MACRAE, 1983; TORRES, 1987; EHLERS, 1980; SIVETZ & FOOTE, 1963).

A viscosidade do extrato de café para uma determinada concentração fixa de sólidos solúveis pode ser reduzida, pela diminuição do tamanho das moléculas causadoras da alta viscosidade, podendo ser feita através de tratamento enzimático adequado (EHLERS, 1980).

3. Enzimas hidrolíticas

Uma enzima é uma proteína sintetizada na célula viva, que cataliza ou acelera uma reação termodinamicamente possível, de modo que a velocidade da mesma seja compatível com o processo bioquímico essencial à própria célula. A enzima não modifica a constante de equilíbrio ou a ΔF , (diferença na energia livre entre o substrato e o produto) de uma reação atua em concentrações extremamente baixas, que não guardam proporção com a mudança catalizada (CONN & STUMPF, 1975).

A natureza protéica das enzimas lhe conferem características de especificidade (REED, 1975). Devido à conformação da complexa molécula protéica, a singularidade de seu sítio ativo e à configuração estrutural do substrato, uma determinada enzima selecionará apenas limitado número de compostos para atuar. Uma enzima geralmente exhibe especificidade de grupo, ou seja, um determinado grupo de compostos servirá como substrato.

2.8.1. Efeito da temperatura e do pH na atividade enzimática

Como toda reação química, aquelas catalizadas por enzimas estão sujeitas à ação da temperatura. Devido à natureza protéica, as enzimas se desnaturam em temperaturas elevadas, diminuindo a concentração efetiva da mesma em uma reação e afetando a velocidade da reação. Até uma determinada temperatura o efeito predominante da elevação da temperatura provocará aumento na velocidade da reação. Acima dessa temperatura, a desnaturação térmica, torna-se cada vez mais importante de modo que a certa temperatura a desnaturação térmica destruirá rapidamente a função catalítica da enzima (MONTGOMERY, 1989).

As mudanças de pH afetam profundamente o caráter iônico dos grupos carboxílicos e amino das enzimas, influenciando na natureza catalítica. Além do efeito iônico, valores altos ou baixos de pH podem provocar a desnaturação da enzima e, conseqüente, a sua inativação. Obtem-se geralmente uma curva em forma de sino com uma pequena plataforma e com intensidade que

decrecem acentuadamente em ambos os lados, quando se plota em um gráfico a velocidade da reação catalizada por uma enzima em função do pH do meio. A plataforma é chamada de pH ótimo (MONTGOMERY, 1989).

2.8.2. Carboidrases

Essa classe de enzimas cataliza a hidrólise das ligações glicosídicas de carboidratos como amido, oligossacarídeos, pectina, celulose e outros polissacarídeos. Um grande número de enzimas, importantes à tecnologia de alimentos, se inclui nessa classe.

2.8.2.1. Amilases

São enzimas que catalizam a hidrólise das ligações glicosídicas α -1,4 de polímeros de glicose. Podem ser subdivididas em três grupos: α -amilases, β -amilases e amiloglicosidase.

a) α -amilases

Ocorrem naturalmente em plantas, glândulas animais e microrganismos. São endoenzimas com ação hidrolítica sobre as ligações glicosídicas do amido (amilose e amilopectina) e do glicogênio, de modo desordenado, agindo apenas sobre as ligações α -1,4 e não sobre as ligações glicosídicas α -1,6.

A ação das α -amilases causa a queda rápida da viscosidade de suspensões de amido, sendo referenciada como a enzima de liquefação do amido. Os produtos finais da ação das α -amilases são: glicose, maltose e oligossacarídeos que contem as ligações glicosídicas α -1,6.

A máxima atividade das α -amilases se dá em pH de 4,5 a 7,0 e em temperaturas de 45 a 70°C, dependendo da origem das mesmas.

b) β -amilase

É uma enzima encontrada em alguns vegetais como grãos de soja. Trata-se de uma exoenzima que cataliza a hidrólise de ligações glicosídicas β -1,4 a partir da extremidade não redutora do polímero de glicose, produzindo maltose e limite dextrina que contem as ligações α -1,6, não hidrolisáveis pela β -amilase. A hidrólise de amido de cereais por β -amilase produz cerca de 58% de maltose e 42% de limite dextrina, no pH ótimo por volta de 5,2 e temperaturas de 50 a 55°C.

c) Amiloglicosidase

É uma exoenzima produzida por microrganismos, Aspergillus orizae e A. niger, que cataliza a hidrólise das ligações α -1,4 e α -1,6 de polissacarídeos de glicose a partir da extremidade não redutora, produzindo glicose. O pH ótimo se situa na faixa de 4 a 5 e a temperatura ótima de 50 a 60°C.

2.8.2.2. Transglicosilases ou Isoamilases

São denominadas enzimas desramificantes e catalizam a hidrólise de ligações glicosídicas do tipo α -1,6 do amido, porém não exercem ação catalítica sobre o glicogênio. Rompem preferencialmente as ligações α -1,6 em cadeias com três unidades de glicose e são, geralmente, empregadas como coadjuvantes que facilitam a ação da β -amilase para a produção de maltose. O rendimento em maltose, a partir de amido, com o emprego de β -amilases é de 50%, porém empregando-se isoamilase em complementação, esse rendimento pode chegar a 100%.

2.8.2.3. Invertases

Essa enzima cataliza a hidrólise da sacarose produzindo glicose e frutose. São glicoproteínas encontradas em plantas, animais e microrganismos, com pH ótimo de 3.5 a 5.5 e a temperatura na faixa de 55 a 70°C, dependendo da concentração da solução.

2.8.2.4. Galactosidases

As galactosidases são enzimas que catalizam reações de hidrólise de ligações galactosídicas e compreendem a α e β galactosidases.

a) α - galactosidase

Ocorre extensamente na natureza entre animais, vegetais e microrganismos e pode catalisar reações de hidrólise de galactomananas e oligossacarídeos como rafinose e estaquiose (DEY & PRIDHAM, 1972; MCCLEARY & MATHESON, 1974).

Os valores de pH e temperatura de atividade enzimática máxima são variáveis, de acordo com o substrato utilizado e com a procedência da enzima. O pH ótimo, em alguns casos, pode ser somente um pico, em outro, dois ou mesmo uma faixa ampla. Nas revisões de WALLENFELS & MALHOTRA (1961), um aspecto comum entre as α -galactosidases provenientes de fungos e plantas, é que apresentam melhor atividade em meio ácido, com pH ótimo entre 2,5 e 6,0, enquanto nas α -galactosidases bacterianas o pH ótimo se situa mais próximo da neutralidade.

A velocidade das reações catalizadas por α -galactosidases aumenta com o incremento da temperatura até um valor ótimo que depende diretamente do pH do meio.

BALDINE (1985), extraiu, purificou e caracterizou α -galactosidase de soja e feijão enquanto que AKIBAT & KORIKOSHI (1976); LI & col (1963); MCGHEE & col. (1978); SUGIMOTO & VAN BUREN (1970) produziram e isolaram α -galactosidase de microrganismos.

b) β -galactosidase (lactase)

A β -galactosidase ocorre em plantas, animais e microrganismos. Comercialmente as lactases são obtidas de fungos e leveduras. Essa enzima catalisa especificamente a hidrólise da

lactose, dissacarídeo constituído de β -galactose e α -glicose.

O pH ótimo para atividade da lactase depende da fonte. Assim, para lactase bacteriana o pH ótimo é 7,0, para a lactase de leveduras é 6,0 e para a lactase proveniente de fungos é 5,0.

2.8.2.5. Celulolases

Celulolase é o nome trivial das enzimas que possuem o nome a partir da classificação oficial de β -1,4 glucan 4 glucano-hidrolase (EC 3.2.1.4.). O uso do termo celulolase é confuso porque alguns autores quando se referem a essas enzimas estão se restringindo às enzimas capazes de hidrolisar a celulose de algodão. Outros tem usado o termo celulolase genericamente, incluindo todas as enzimas que catalizam a hidrólise da ligação α -1,4 glicosídica da celulose, em celulose modificada física ou quimicamente e em produtos derivados da celulose, como a celobiose e a celodextrina (REED, 1975).

As celulolases podem ser classificadas em três grupos básicos, segundo MANDELS & REESE (1964).

- a) C_1 - são enzimas cuja ação não está bem esclarecida, mas são necessárias para quebrar a estrutura cristalina que se forma entre as moléculas de celulose;
- b) β -glucanases - as enzimas desse grupo podem ser subdivididas em *exo* β -1,4 e *endo* β -1,4-glucanases. Essas enzimas são denominadas de C_X ;

c) β -glicosidases - essas celulolases possuem ação em moléculas de baixo peso molecular como a celobiose e celodextrinas.

Vários experimentos foram conduzidos para verificar a ação da celulolase sobre a celulose. O melhor rendimento foi obtido com C_1 , C_X e β -glicosidase conjuntamente já que a C_1 cuida de quebrar a formação cristalina da celulose, eliminando a barreira natural, para a ação da C_X e da β -glicosidase na hidrólise das ligações glicosídicas (WOOD, 1968, 1969). Verificou-se ainda que C_1 e C_X , isoladamente, não têm ação sobre a celulose.

Para facilitar a ação das celulolases existem vários processos químicos e físicos que contribuem para a eliminação das barreiras naturais existentes, por exemplo, em resíduos agrícolas como a barreira de lignina e a cristalinidade.

O pH ótimo para ação das celulolases se situa na faixa de 4,5 a 6,5 dependendo da origem. As celulolases possuem relativa resistência a temperaturas altas. A celulolase de Syrothecium verrucaria resiste bem à temperatura de 100°C por dez minutos (SPALDING, 1963). A temperatura ótima se situa por volta de 55 a 60°C.

2.8.2.6. Hemicelulase

A hemicelulose, outro componente estrutural dos vegetais, juntamente com a celulose e a lignina é constituída basicamente por xilose, arabinose, manose e galactose unidos por ligações glicosídicas não homogêneas do tipo α -1,4; α -1,6 e

α -1,3. O grau de polimerização é geralmente de 200 (GODSTEIN, 1976; HAN, 1978).

A hemicelulose solúvel pode ser convertida em açúcares pela ação de hemicelulolases que são produzidas por muitos microrganismos, geralmente junto com as celulolases

Os microrganismos utilizados comercialmente para produção de hemicelulolases são principalmente os fungos do gênero Aspegillus sp. e Trichoderma (COWLING & KIRK, 1963).

Ao contrário da celulose que é impermeável à água, a hemicelulose tem estrutura relativamente aberta o que facilita a penetração de água no seu interior e, com isso, possibilita a hidrólise pela ação catalítica da hemicelulolase (ACKERSON & col., 1981).

GÓMEZ (1985), estudou em seu doutorado a sacarificação da hemicelulose do bagaço de cana-de-açúcar com hemicelulolase comercial, extraída de A. niger obtendo resultados satisfatórios na hidrólise.

2.8.3. Pectinases

Uma classificação sistemática para enzimas pectinolíticas, proposta em 1961 pela "Comission on Enzymes" da "International Union of Biochemistry" (I.U.B.) descreveu dois tipos principais de atividades enzimáticas: despolpadorizantes e desesterificantes.

As enzimas despolimerizantes que rompem as ligações α -1,4 de substâncias pécticas foram designadas de

poligalacturonases e classificadas como poligalacturonídio-glicano-hidrolase (E.C. 3.2.1.15). As enzimas que hidrolisam as ligações ésteres de pectinas e ácidos pécticos foram designadas comumente de pectinesterases e denominadas pectina pectil-hidrolase (E.C. 3.1.1.11). Posteriormente esta sugestão foi ampliada a fim de englobar também aquelas enzimas que demonstram especificidade por substratos esterificados ou não, com ação endo ou exo-enzimática (FOGARTY & WARD, 1972). Assim, as enzimas pectinolíticas são classificadas em cinco classes gerais e duas subclasses endo e exo:

- a) Poligalacturonase (PG) - hidrolisa as ligações entre ácidos pécticos;
 - a.1) endo-PG - hidrolisa as ligações de ácidos pécticos no interior da molécula de ácido péctico;
 - a.2) exo-PG - remove as moléculas de ácido di-galacturônico a partir da extremidade não redutora do ácido péctico;.
- b) Polimetilgalacturonase (PMG) - hidrolisa as ligações glicosídicas das substâncias pécticas metiladas;
- c) Ácido péctico liase (P.A.L.) - hidrolisa as ligações glicosídicas de substâncias pécticas provocando transelinação de hidrogênio dos carbonos 4 e 5 e a formação de ligação dupla entre esses átomos. Também são encontradas nas formas endo e exo.

d) Pectina liase (P.L.) - cataliza a quebra hidrolítica da pectina e são encontradas nas formas endo e exo;

e) Pectina metil esterase (PME) - catalise a hidrólise do grupo metila da pectina para formar os ácidos pécticos.

WOSIACKI (1977), estudando as enzimas pectinolíticas de Fusarium Oxysporum Schlecht. Ex Fr. isolado de frutos do café, concluiu que a atividade pectinolítica extracelular dessas enzimas catalisa a hidrólise de substâncias pécticas isoladas de limão e café semelhantemente, com a liberação de oligogalacturonídeos de baixo peso molecular. Tanto nas frações purificadas, quanto no extrato bruto, foi observada a capacidade de despolimerizar substâncias pécticas de limão e de café, com maior atividade em pH 6,0.

2.8.4. Proteases

São enzimas que catalisam as reações de hidrólise de proteínas, ésteres e compostos sintéticos, sendo encontradas em vegetais, animais e microrganismos. Podem exercer ação catalítica de hidrólise nas extremidades dos polímeros de aminoácidos (exoproteases) ou no interior da molécula de proteína (endoproteases). Algumas enzimas de importância comercial são: papaína, bromelina e ficina em vegetais; renina, pepsina e tripsina em animais. A temperatura e pH ótimo para a ação das enzimas proteolíticas dependem da fonte e de cada enzima

especificamente.

As proteases constituem uma classe de enzimas que apresentam baixa especificidade.

2.9. Redução da viscosidade do extrato de café

A viscosidade crescente, adquirida pelo extrato de café solúvel durante o processo de concentração de sólidos solúveis, se deve basicamente a presença de polissacarídeos como manana, arabinogalactana, galactomanana, galactana e traços de xilanas, glucana e alguma proteína.

Reduzindo-se o tamanho das moléculas responsáveis pela viscosidade do extrato tem-se, como consequência, a diminuição da viscosidade.

Isto pode ser conseguido por hidrólise, empregando-se enzimas específicas como catalizadoras dos processos.

São escassos os trabalhos realizados até o momento com o objetivo de reduzir a viscosidade do extrato de café por processo enzimático.

SIVETZ & FOOTE (1963), utilizaram pectinase para remoção de mucilagem durante o processo de secagem por via úmida, atualmente usado em escala comercial.

Uma patente japonesa descreve o tratamento do extrato de café com proteínases, amilases e tanase individualmente ou em conjunto. Com esse procedimento, conseguiu-se a redução de espumas durante o engarrafamento de refrigerantes aromatizados com extratos de café.

Outro emprego de enzimas, para tratamento do extrato de café, é descrito em outra patente japonesa e refere-se ao uso de lacase (polifeniloxidase) que promove a oxidação do ácido cafêico para aumentar a intensidade da cor do extrato.

EHLERS (1980) descreveu o uso de pectinases durante o processo de secagem por via úmida. A autora afirma que o despulpamento do grão de café utilizando pectinases permite uma maior remoção em menor tempo. Trata-se de processo simplificado e de baixo custo (0,5% do custo do produto) e confere alta qualidade ao produto.

EHLERS (1980) sugeriu o uso de galactomananases para a hidrólise de galactomananas, com o objetivo de reduzir a viscosidade do extrato de café. As experiências foram conduzidas com extrato de café obtido pela dissolução de café solúvel em água na concentração de 65% de sólidos solúveis. A enzima utilizada foi a galactomananase comercial, produzida por Aspergillus niger, na proporção de 0,1%, com base no teor de sólidos solúveis, a 70°C e pH 5,0. Obteve-se uma redução de 50% na viscosidade do extrato, quando comparada com a viscosidade do extrato sem tratamento. A autora afirma ainda que, com a redução da viscosidade do extrato torna-se possível remover mais água no processo de concentração, reduzindo os custos de secagem, por liofilização ou "spray".

II - MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1. Matéria-prima

Utilizou-se como matéria-prima, extrato de café fornecido pela Companhia Cacique de Café Solúvel, estabelecida em Londrina, PR.

O extrato foi obtido de grãos de cafés arábica (Coffea arabica L) torrado a 200°C/26 minutos, reduzido em moinho de rolos a partículas de 3 a 4 mm de arestas e extraído em colunas verticais em contra-corrente com água a 180°C, mantendo uma relação de 2.5 D.O.R.. O extrato assim obtido foi resfriado em trocador de calor de placas, centrifugado, embalado em sacos plásticos, acondicionados em caixa de isopor com gelo seco e assim recebido no Laboratório de Frutas e Hortaliças e Produtos Açucarados da Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, em Campinas.

Outro lote de 30 l de extrato de café da mesma procedência que o descrito acima foi igualmente acondicionado e estocado, após congelamento, em "freezer", nas instalações da Cacique.

3.1.2. Reagentes

Todos os reagentes utilizados nas análises foram produtos das firmas Baker, Carlo Erba, Ecibra, Merck.

Para os tratamentos enzimáticos utilizou-se o complexo enzimático SP-249 produzido pela Novo Industri do Brasil Ind. e Com. Ltda a partir de cepas especiais de Aspergillus niger. Esse complexo possui ação hidrolítica tanto endo como exo sobre polissacarídeos compostos por ácido galacturônico, ramnose, xilose, fucose, arabinose e galactose. As condições ótimas para a atividade máxima desse complexo enzimático são: pH 3,5 a 5,5 e temperatura de 40 - 55°C, na concentração de 0,05% (m/m) de sólidos solúveis.

As atividades enzimática e os códigos descritos pela nomenclatura internacional das enzimas identificadas para SP-249 são:

Pectinases

Pectinesterase	EC 3.1.1.11
Poligalacturonase	EC 3.2.1.15
Exopoligalacturonase	EC 3.2.1.67
Pectina liase (transeliminase)	EC 4.2.2.2

Celulases

Endo 1,4 beta-glucanase	EC 3.2.1.4
-------------------------	------------

Hemicelulases

Alfa-glicosidade	EC 3.2.1.20
Beta-glicosidase	EC 3.2.1.21
Alfa-galactosidase	EC 3.2.1.22

Beta-galactosidase	EC 3.2.1.23
Beta-manosidase	EC 3.2.1.25
Alfa-Larabinofuranosidase	EC 3.2.1.55
Endo 1,4 beta-mananase	EC 3.2.1.78

Além das atividades principais mencionadas, o complexo enzimático possui ainda alguma atividade referente a:

Alfa-amilase;
 amiloglucosidase;
 proteases e
 lipases.

SP-249 é um líquido marrom de densidade aproximada 1,2 g/ml, pH 4,2 e atende às especificações recomendadas pela FAO/WHO (JECFA) e FCC para enzimas de grau alimentício. As enzimas do complexo são inativadas quando submetidas à temperatura de 90°C por 1 minuto.

3.2. Métodos

3.2.1. Preparo e estocagem da amostra.

A amostra de extrato de café foi descongelada, homogeneizada por agitação constante, subdividida em lotes de 1,0 l acondicionada em frascos plásticos e mantidas congeladas em "freezer" a -18°C descongelando-se somente a quantia necessária para cada teste.

3.2.2. Análises químicas, físicas e fisico-químicas

3.2.2.1. pH

O pH foi determinado em potenciômetro digital Micronal, modelo B 374, calibrado com soluções tampões pH 7 e 4.

3.2.2.2. Sólidos solúveis (°Brix)

O Brix foi lido diretamente no refratômetro Abbe Digital da American Optical, modelo 375, dotado de sistema automático para correção de temperatura.

3.2.2.3. Sólidos solúveis (%)

Pesou-se dez gramas das amostras de extrato de café, em erlenmeyer de 500 ml, adicionou-se 200 ml de água e pesou-se. Aqueceu-se à ebulição, com agitação, mantendo-se a fervura por 5,0 minutos. Esfriou-se, pesou-se novamente e juntou-se água para recuperar o peso original. Filtrou-se à vácuo em papel de filtro de 100 "mesh" contido em funil de Buchner. Evaporou-se 25 ml do filtrado e secou-se em estufa a 105°C até peso constante. A porcentagem de sólidos solúveis foi calculada pela equação:

$$\% \text{ sólidos solúveis} = \frac{\text{Massa de sólidos solúveis} \times 8 \times 100}{\text{Massa da amostra}}$$

3.2.2.4. Sólidos totais

Pesou-se dez gramas de amostra em cápsula de porcelana de fundo chato, evaporou-se em banho-maria e secou-se em estufa a 105°C, por 6,0 horas. Resfriou-se em dessecador e pesou-se em balança analítica. O teor de sólidos totais foi calculado pela equação:

$$\% \text{ de sólidos totais} = \frac{\text{Massa do resíduo seco} \times 100}{\text{Massa da amostra}}$$

3.2.2.5. Acidez total

Titulou-se 10 ml de amostra com solução padronizada de hidróxido de sódio 0,1N até pH de 8,2 e expressou-se o resultado em ml de hidróxido de sódio 1N por 100 ml de amostra.

3.2.2.6. Açúcares totais

Pesou-se 100 g da amostra em balão volumétrico de 250 ml com álcool a 50%, mantendo-se em banho-maria por uma hora a 63-67°C, condensando-se os vapores com auxílio de funil. Resfriou-se após esse período, mantendo-se em repouso por cerca de doze horas. Diluiu-se com álcool 95% neutralizado até o volume de 250 ml e centrifugou-se por 15 minutos a 1.500 rpm. 200 ml de sobrenadante foram transferidos para becker e evaporou-se até obter-se 20 ml da amostra. Transferiu-se para balão volumétrico

de 100 ml lavando-se o becker com água. Adicionou-se 2,0 ml de solução saturada de acetato de chumbo, diluiu-se com água após repouso de dez minutos, e filtrou-se em papel de filtro. Adicionou-se carbonato de sódio anidro ao filtrado para a precipitação do chumbo ainda presente. 10 ml do filtrado foi transferido para balão volumétrico de 100 ml e estocou-se.

Em seguida, preparou-se a curva padrão, com 20 mg de glicose dissolvida em água destilada em balão de 100 ml e completou-se o volume. Uma série de padrões foram preparados, transferindo-se 5,0; 10,0 e 15,0 ml para balões volumétricos de 100 ml. Juntou-se 2 ml da diluição em tubo de ensaio e manteve-se em gelo. Em seguida adicionou-se, com agitação contínua, 4 ml de solução de antrona (0,2 g em 100 ml H_2SO_4 96%). Colocou-se em banho-maria em ebulição por 20 minutos, resfriou-se em água corrente e leu-se a absorbância a 625 nm. Para o branco usou-se 2 ml de água.

3.2.2.7. Cafeína/nitrogênio cafeico

Pesou-se 10 g de amostra seca, em pratinho de alumínio previamente tarado, juntou-se 5 g do óxido de magnésio em pó e transferiu-se para erlenmeyer de 250 ml. Juntou-se 120 ml de água destilada e aqueceu-se à ebulição por 45 minutos, com agitação.

Deixou-se esfriar à temperatura ambiente e ajustou-se o peso em 106 g com água.

Filtrou-se, através de funil, diretamente para uma proveta de 50 ml usando-se papel de filtro quantitativo "faixa branca" até se obter 50 ml.

A solução obtida foi transferida quantitativamente para funil de separação de 125 ml e acrescentou-se 4 ml de ácido sulfúrico a 10%.

Extraiu-se com cinco porções, de 10 ml cada, de clorofórmio, agitando-se vigorosamente durante um minuto em cada extração e deixou-se em repouso para separar as duas fases. Drenou-se as camadas de clorofórmio para outro funil de separação, adicionando-se 5 ml de hidróxido de potássio a 1,0% e agitou-se por um minuto.

Após o repouso, drenou-se o clorofórmio, através de algodão, para outro balão de separação de 250 ml ao qual adicionou-se 1 ml de água agitando-se vagarosamente durante um minuto e após repouso o clorofórmio foi drenado, através de algodão, para balão de Kjeldahl de 250 ml e reduziu-se o volume para 10 ml.

Evaporou-se o clorofórmio em estufa a 105°C, adicionou-se 1,9 g de sulfato de potássio, 40 mg de óxido de mercúrio e 2 ml de ácido sulfúrico 98% e colocou-se o balão para digerir por cerca de uma hora.

Após resfriamento do balão, juntou-se água destilada apenas o suficiente para dissolver os sólidos.

Preparou-se o balão de "Kjeldahl" de 1.000 ml contendo 200 ml de água destilada para produção de vapor. Sob o condensador colocou-se um béquer de 100 ml contendo 5 ml de

solução saturada de ácido bórico, 2 a 4 gotas de indicador (solução alcoólica de vermelho de metila e azul de metileno), completando-se com água destilada até 20 ml. O "digesto" foi transferido quantitativamente para o balão "Kjeldahl". Adicionou-se 10 ml de hidróxido de sódio/tiosulfato de sódio. Deixou-se destilando com as válvulas do dreno no primeiro condensador e a válvula do funil de alimentação fechadas, até completar 20 ml de condensado em béquer de 100 ml. Diluiu-se para 50 ml com água destilada e titulou-se com HCl 0,02N, até o ponto de viragem. O teor de cafeína é dado:

$$\% \text{ cafeína} = 0,0971 \times V$$

onde V = ml de HCl 0,02 N gastos na titulação.

3.2.2.8. Proteína

Aos tubos de digestão foram adicionados 5 ml de extrato de café, 2 gotas de anti-espumante (silicone líquido) e 2 g de mistura digestora (500g K₂SO₄, 50g CuSO₄.5H₂O e 5,5 g de selênio em pó). Lavou-se o pescoço dos tubos com água destilada e acrescentou-se 4 ml de H₂SO₄ concentrado.

A digestão foi conduzida em bloco digestor iniciando-se a 80°C até atingir a temperatura de 350°C, com aumento gradativo da temperatura, de 50°C a cada 30 minutos.

Completada a digestão deixou-se esfriar e juntou-se cerca de 10 ml de água destilada.

A destilação das amostras foi feita por neutralização com NaOH a 50% e a amônia produzida recolhida em 5 ml de ácido bórico a 5,0% contendo indicador misto (verde de bromo-cresol e vermelho de metila em álcool absoluto).

Após recolher 100 ml procedeu-se à titulação do borato de amônio com solução padronizada de HCl 0,02N.

Cálculos:

$$\% \text{ proteína} = \frac{V \times N_H \times 14,0047 \times 100 \times 6,25}{Y \times 1000}$$

onde:

V = ml de HCl N_H

N_H = normalidade do HCl

Y = massa de amostra

3.2.2.9. Aromas

A determinação qualitativa do aroma foi realizada por cromatografia em fase gasosa, em coluna capilar, da fração aromática obtida por destilação fracionada (solução aquosa a 20%), à pressão atmosférica, das amostras de extrato de café. O cromatógrafo utilizado foi o Hewlett Packard, modelo 5840 A, acoplado ao terminal A.G.C 5840 para programação do sistema de análise adotado.

Coluna:

Fase estacionária	CP Sil 8CB
Espessura do filme	1,10 m
Tipo	WCOT
Comprimento	25,0 m
Diâmetro externo	0,45 mm
Diâmetro interno	0,32 mm
Gás de arraste	H ₂
Velocidade linear	46,6 cm/s
Fluxo	3,55
Volume de injeção	1,0 l

Detector:

FID

Programação:

Temperatura inicial	38,0°C
Taxa	8,0°C/min.
Temperatura final	60,0°C
Taxa A	20,0°C/min.
Temperatura final A	180°C
Purga ON	0,00 min.
Purga OFF	30,0 seg.
Pressão na cabeça da coluna	7,0 psi

3.2.2.10. Carboidratos

A determinação de açúcares foi realizada por cromatografia líquida de alta pressão em cromatógrafo marca Waters dotado de bomba, modelo 6.000 A.

As condições de análise foram:

Detector:

Detector Shodex S. 801 com pré coluna

Injetor:

Injetor WISP 15 1

Temperatura do forno

40°C

Eluente

NaOH $4 \cdot 10^{-4}$ M preparado
com água milli-Q

Fluxo

0,4 ml/min

Integrador:

Integrador SP 4270, com velocidade do papel de 0,25
cm/min.

Foi utilizada atenuação de 8 vezes.

O preparo da amostra para a análise cromatográfica consistiu em diluir a amostra oito vezes com água milli-Q, filtragem em filtro Millipore (0,45 m) e cromatografado diretamente, conforme TRUGO & MACRAE (1982).

3.2.3. Tratamento enzimático do extrato de café

As amostras de extrato de café, mantidas em "freezer" a -18°C , foram descongeladas no momento de sua utilização.

Dez litros de extrato de café 14,8% de sólidos solúveis, a pH 5,0 foram tratados com o complexo enzimático SP 249 na proporção de 0,05% (m/m) em relação aos sólidos solúveis, à temperatura de 50°C , em banho-maria por 15 e 30 minutos.

Os dez litros foram divididos em erlenmeyer de 1 l e mantidos fechados durante o tratamento enzimático com agitação frequente.

Após o tratamento procedeu-se à inativação enzimática a 90°C por 1 minuto. Em seguida, o extrato foi resfriado, distribuído em bandejas de alumínio e congelado a -18°C para secagem. Esta foi conduzida em liofilizador industrial instalado na Liotécnica Indústria e Comercio Ltda.

Outros dez litros de extrato, não tratados enzimaticamente, foram igualmente liofilizados. As medidas reológicas foram conduzidas com os liofilizados dissolvidos em quantidade de água destilada suficiente para se obter a concentração de sólidos solúveis desejada.

As condições de tratamento enzimático: concentração da enzima, temperatura, pH, tempo de tratamento e inativação foram aquelas indicadas pelo fornecedor do complexo enzimático.

3.2.4. Estudos reológicos dos extratos de café com e sem tratamento enzimático

3.2.4.1. Viscosímetro

O viscosímetro utilizado foi do tipo rotacional, com cilindros concêntricos, sendo o cilindro interno móvel e o externo fixo, marca Contraves, modelo Rheomat 115. A velocidade de rotação do cilindro interno pode ser variada de 5 a 780 rpm (CONTRAVES, 1987), conforme Figuras 11 e 13

O aparelho apresenta alternativas de cilindros concêntricos para diferentes faixas de viscosidade, denominados MS-DIN: MS-DIN 145; MS-DIN 125; MS-DIN 114; MS-DIN 18. No presente trabalho o sistema de cilindros concêntricos utilizado foi o MS-DIN 145, para todas as concentrações de sólidos solúveis e temperaturas.

Os cilindros, de aço inoxidável, têm tendo por dimensões: $R_i = 4,4$ cm; $R_a = 4,9$ cm e $h = 6,4$ conforme mostrado na Figura 12.

O viscosímetro é dotado de uma camisa termostaticada ao redor do cilindro externo cujo interior circula solução de etileno glicol a 50% e a temperatura é mantida por um banho termostaticado que permite controle com precisão de $0,1^{\circ}\text{C}$, na faixa de -10°C a 150°C .

As temperaturas utilizadas no presente trabalho foram: 4,0; 10,0; 15,0; 20,0; 25,0; 30,0; 35,0; 40,0; 45,0; 50,0; 55,0; 60,0; 65,0; 70,0 $^{\circ}\text{C}$.

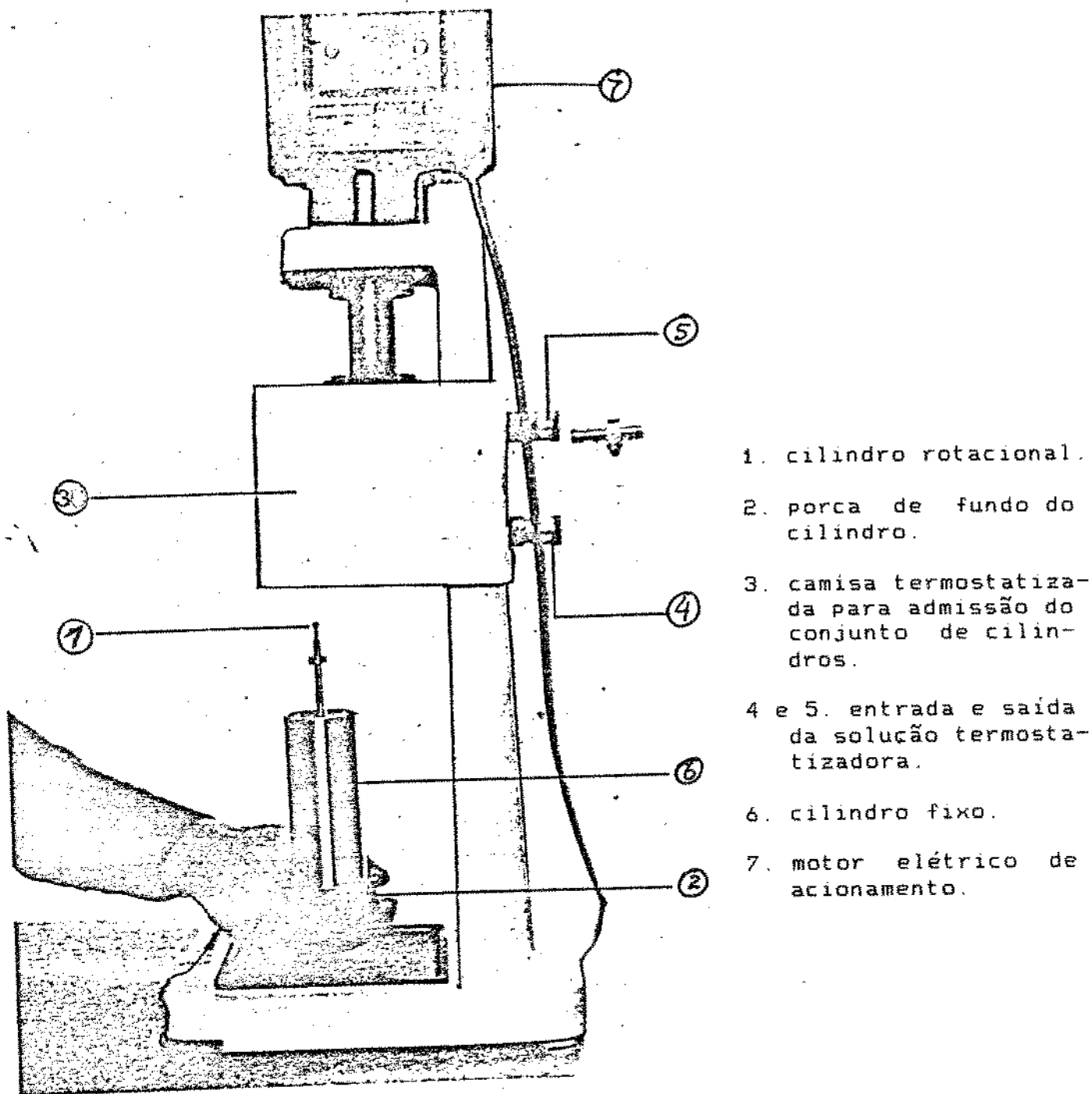


Figura 11 - Vista geral do viscosímetro Contraves-Rheomat 115.

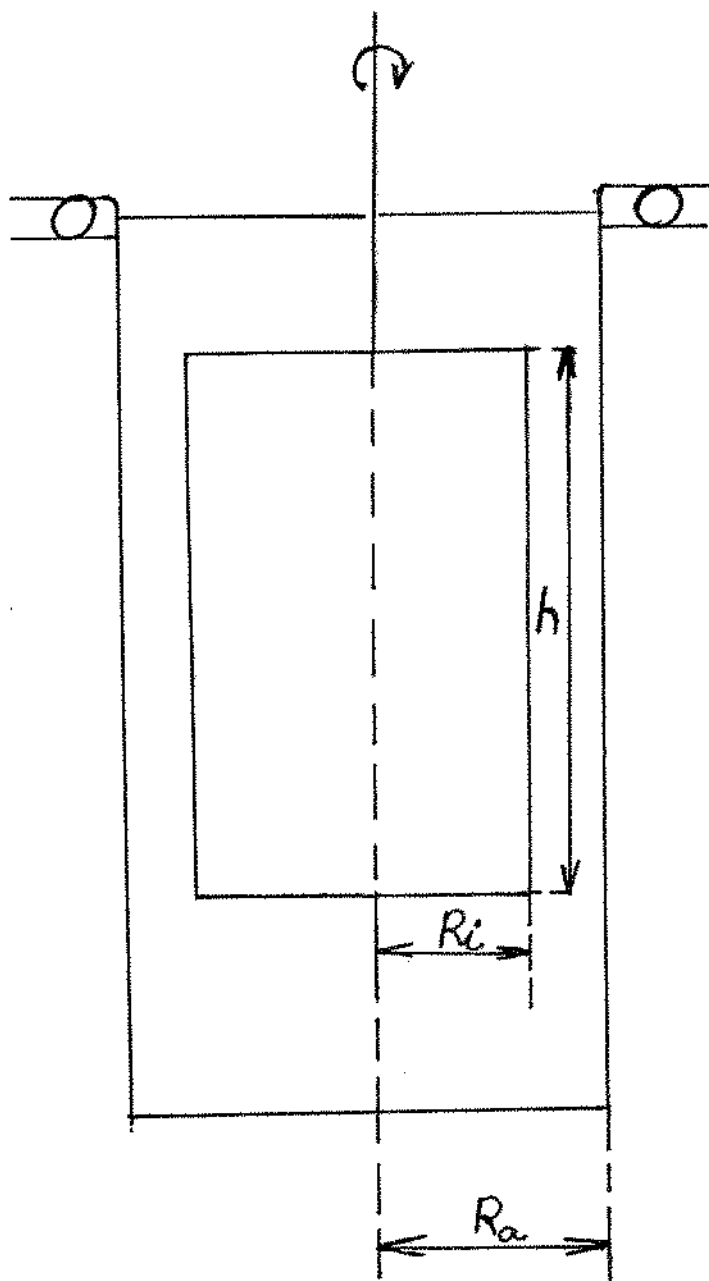


Figura 12 - Apresentação esquemática dos cilindros concêntricos tipo MS-DIN 145 e suas dimensões.

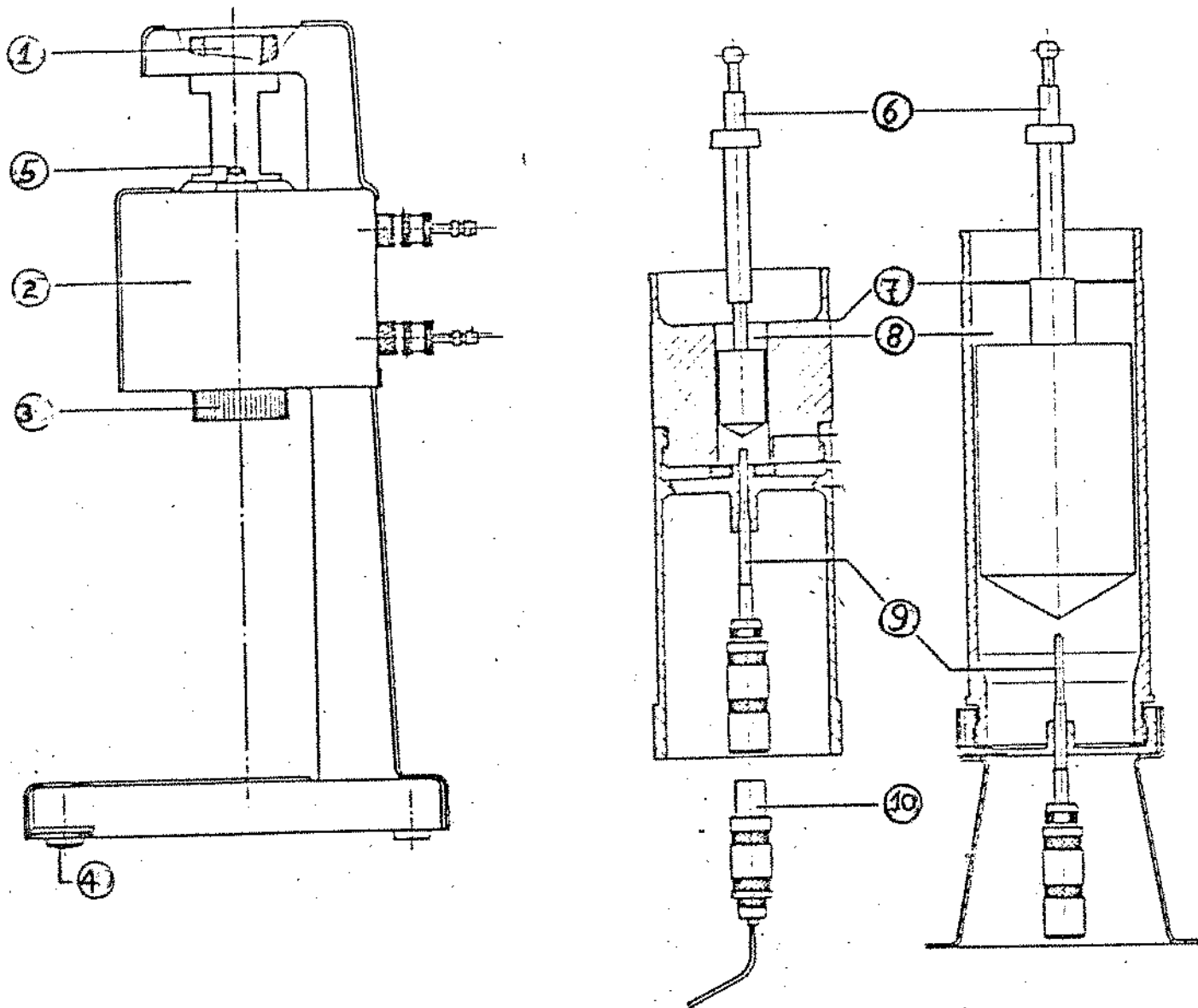
3.2.4.2. Preparação do aparelho para medida

Cada amostra foi transferida para o copo do viscosímetro, até cerca de 50% de seu volume, introduziu-se o cilindro rotativo, deixando-o afundar por gravidade e completou-se o volume até a marca existente no copo utilizado. O copo e o cilindro foram instalados no aparelho mantendo-se o sistema em repouso por cerca de 30 minutos, até equilibrar a temperatura.

3.2.4.3. Medidas reológicas

Foram tomadas as medidas reológicas variando-se, monotonicamente, a velocidade de rotação de forma crescente e decrescente, não tendo sido observada variação nos valores obtidos pelos dois sistemas, para velocidades iguais. Também não ocorreu variação da leitura em função do tempo. Essas observações indicaram não haver tixotropia na faixa de taxas de deformação utilizadas, permitindo que as leituras fossem realizadas somente com velocidades crescentes de rotação.

Verificou-se, ainda, a existência ou não de tensão residual do extrato de café, para a maior concentração (60% S.S) e à menor temperatura dos experimentos (4,0°C), conforme metodologia descrita por VAN WAZER & col. (1963), adaptada ao reômetro utilizado. O motor do reômetro foi ligado em velocidade baixa (5,0 rpm, menor velocidade permitida pelo aparelho), durante poucos segundos e desligado sucessivas vezes. Como o reômetro possui freio que evita a rotação do motor em sentido contrário, quando desligado, tensões crescentes foram aplicadas ao



1. cone para adaptação do sistema de acionamento
2. camisa termostaticada;
3. porca de fixação do conjunto de cilindros;
4. regulagem de nível;
5. conexão para termômetro;

6. cilindros rotacionais;
7. marca do nível de fluido;
8. cilindro fixo;
9. termopares;
10. cabo para conexão do termômetro digital

FIGURA 13 - Representação esquemática das partes principais do viscosímetro Contraves-Rhedmat-115.

sistema. Se o fluido possuisse tensão residual (τ_0), e essa fosse maior que a tensão do sistema do reômetro, impediria o motor de girar, uma vez que o fluido, nessas condições, se comporta como um sólido. Essas condições permanecem até que a tensão de cisalhamento na parede do rotor adquira valor ligeiramente superior à tensão residual do fluido, ocorrendo, assim, um pequeno deslocamento angular do rotor até que a tensão de cisalhamento se iguale à tensão residual do fluido, traduzindo-se num decréscimo de leitura. Toma-se como valor da tensão residual do fluido, aquele lido imediatamente antes ao ponto de decréscimo da leitura. Não foi confirmada a existência de tensão residual.

3.2.4.4. Processamento dos dados reológicos

Os dados obtidos do reômetro, correspondentes às leituras proporcionais às deformações do aparelho, foram anotados em papel correspondentes a cada temperatura, produto e velocidade de rotação.

A tensão de cisalhamento (τ) foi calculada pela multiplicação do valor da leitura para cada rotação, pelo fator de transformação característico do aparelho e do sistema de copos empregado, (195,5 para o sistema MS-DIN 145) (CONTRAVES, 1987).

A taxa de deformação ($\dot{\gamma}$) é fornecida pelo fabricante do aparelho em função da escala de velocidade para fluidos de comportamento newtoniano.

Com os valores de tensão de cisalhamento e taxa de deformação, traçou-se para cada temperatura de tratamento, o

gráfico e a respectiva regressão linear, para se obter o coeficiente angular da reta que é o índice de comportamento de escoamento (n) e a constante (K) da lei de potência.

Como os valores da taxa de deformação tabelados pelo fabricante referem-se a fluidos newtonianos, estes devem ser corrigidos em função do fluido não newtoniano em estudo, com base na seguinte equação:

$$\dot{\gamma}_{nNewt} = \dot{\gamma}_N \cdot K_{ost} \quad (3.1)$$

onde:

$\dot{\gamma}_{nNewt}$ - taxa de deformação para fluido não newtoniano

$\dot{\gamma}_N$ - taxa de deformação para fluido newtoniano

K_{ost} - constante de correção.

A constante de correção (K_{OST}) é calculada segundo CONTRAVES (1968), pela fórmula:

$$K_{osw} = \frac{1 - \left(\frac{R_i}{R_e}\right)^{2n}}{n \left[1 - \left(\frac{R_i}{R_a}\right)^2\right]} \quad (3.2)$$

onde:

R_i - raio do cilindro rotativo

Ra - raio interno do cilindro fixo

n - índice de comportamento do escoamento

Ri e Ra podem ser visto na Figura 12.

Corrigidos os valores de taxa de deformação, foram traçados novos gráficos do logaritmo da tensão de cisalhamento em função do logaritmo da taxa de deformação, obtidas as equações da regressão linear das curvas para cada temperatura e concentração de sólidos solúveis, obtendo-se as novas constantes (K) da lei de potência. Os gráficos foram obtidos em microcomputador Scopus - Nexus 2.600, utilizando o Software "Energrafis".

As viscosidades aparentes foram então obtidas através da lei de potência para cada taxa de deformação. Para se verificar a variação da viscosidade com a temperatura foram elaborados gráficos do logaritmo da viscosidade aparente em função do inverso da temperatura, em °K, conforme a lei exponencial:

$$\eta = \eta_T \exp(E_\eta/RT) \quad (3.3)$$

onde:

- η_T - viscosidade do fluido a temperatura infinita;
- E_η - energia de ativação para escoamento viscoso.
- R = constante dos gases (1.987 Cal/g mol^oK)
- T = temperatura em °K

A verificação da influência da concentração de sólidos solúveis sobre a viscosidade, foi feita mediante a elaboração de gráficos do logarítmo da viscosidade aparente em função da concentração de sólidos solúveis e as respectivas regressões lineares conforme descrito por GENOTELLE (1978):

$$\eta_a = \eta_a'' \exp(b.N) \quad (3.4)$$

onde:

η_a e b - parâmetros da equação
N - concentração molar de sólidos solúveis.

3.2.5. Análise sensorial

3.2.5.1. Material

Para os testes sensoriais foram utilizados três tipos de extratos de café:

- a) tratado com enzima por 15 minutos;
- b) tratado com enzima por 30 minutos;
- c) natural.

3.2.5.2. Método

O método empregado foi a Análise Descritiva Quantitativa desenvolvida por STONE & col. (1974).

a) Seleção dos provadores e treinamento

A equipe de provadores foi constituída de onze membros sendo 8 mulheres e 3 homens na faixa etária entre 20 e 50 anos, entre pesquisadores e técnicos de nível médio com boa acuidade sensorial, anteriormente selecionados, e que participam com frequência de testes sensoriais de sabor, aroma e textura no Laboratório de Análise Sensorial, da Seção de Avaliação e Controle de Qualidade do Instituto de Tecnologia de Alimentos-ITAL.

Com essa equipe foram dados esclarecimentos sobre os objetivos do estudo e o reconhecimento do sabor, aroma, corpo e gosto em café, além do treinamento com amostras de referência, preparadas com café solúvel comercial, a saber:

- cafezinho com 1,0^oBrix, preparado no momento;
- cafezinho com 1,5^oBrix, preparado no momento;
- cafezinho com 2,0^oBrix, preparado no momento;
- cafezinho com 1,0^oBrix, mantido a 50^oC por 30 minutos;
- cafezinho com 2,0^oBrix, mantido a 50^oC por 30 minutos;
- extrato de café 1,0^oBrix, preparado no momento;
- extrato de café 1,5^oBrix, preparado no momento;

- extrato de café 2,0^oBrix, preparado no momento;
- extrato de café 1,0^oBrix, mantido a 50^oC por 30 minutos;
- extrato de café 1,5^oBrix, mantido a 50^oC por 30 minutos;
- extrato de café 2,5^oBrix, mantido a 50^oC por 30 minutos;

Após 3 sessões de treinamento foram selecionados os atributos utilizados na avaliação sensorial, de acordo com a terminologia descritiva escolhida pela equipe, para a caracterização do aroma + gosto (sabor), sensação na boca e sensação residual do café tratado com enzima. Foi elaborada a ficha de avaliação (Figura 14) usada no estudo sensorial, após terem sido desenvolvidos os termos que definiriam os pontos extremos das escalas. Em duas outras seções, os provadores foram treinados para quantificar a intensidade das sensações percebidas (conceito da escala) e a ordem em que foram percebidas.

b) Preparo das amostras

Para a avaliação sensorial, as amostras de cafezinhos foram preparadas a partir dos extratos de café sem e com tratamento enzimático, diluídos a 2,0^oBrix com água destilada a 90^oC.

ANÁLISE DO EXTRATO DE CAFÉ

Nome: _____ Data: _____ Nº Amostra ___

Instruções: Por favor, prove cada amostra separadamente e faça uma avaliação colocando um traço vertical no ponto da linha horizontal (escala linear 10,0 cm) que melhor expressa a intensidade percebida de cada atributo.

	FRACO	FORTE
Café/Solúvel	-----	-----
Oxidado/Fervido	-----	-----
Metálico	-----	-----
Ácido	-----	-----
Amargo	-----	-----
Doce/Caramelo	-----	-----
Corpo	-----	-----
-----	-----	-----
	MUITO RUIM	MUITO BOM
Impressão Global	-----	-----
Comentários: _____		

Figura 14 - Modelo da ficha de avaliação ou resposta do provador usada na Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) dos extratos de café.

c) Delineamento experimental

Utilizou-se o delineamento em blocos completos com 4 repetições, com a técnica de apresentação monádica. Assim, foi apresentada ao provador uma amostra de cada vez, num total de quatro amostras por sessão de prova, cuja ordem de apresentação foi sorteada de forma a se evitar vícios nos resultados (AMERINE & col. 1965).

A fim de avaliar a consistência da equipe de provadores incluiu-se maior número de repetições para o tratamento C (Controle), sendo que, em cada sessão que aparecia esse tratamento ele era apresentado duas vezes. O esquema do sorteio ao acaso foi o seguinte)

Sorteio ao acaso dos tratamentos

A	C
B 1ª sessão de prova	B
C	A 3ª sessão de prova
C	C
-----	-----
B	A
C 2ª sessão de prova	C
C	B 4ª sessão de prova
A	C
-----	-----

Os testes sensoriais foram conduzidos em quatro sessões, durante quatro semanas, sempre entre 15 e 16 horas.

d) Avaliação do sabor e sensação na boca

Os provadores receberam amostras de 30 ml servidas em erlenmeyer de 40 ml, sendo a amostra preparada no momento da prova pela diluição do extrato com água destilada a 90°C. Os erlenmeyers foram codificados com números de três dígitos. As amostras foram servidas em cabines individuais, dotadas de bebedouro com água corrente.

Na avaliação dos atributos de sabor, sensação na boca, corpo, sabor residual e impressão global, a medida de intensidade de cada atributo foi obtida utilizando-se o método de escala linear não estruturada de 100 mm, delimitada nas extremidades nos pontos 10 e 90 mm, onde os provadores marcavam um traço vertical sobre a linha horizontal que melhor descrevesse a intensidade percebida de cada atributo. O modelo da ficha de avaliação está contido na Figura 14.

3.2.6. Análises estatísticas

3.2.6.1. Avaliação da consistência da equipe de provadores

O desempenho dos provadores foi testado através da técnica estatística de análise de variância, conforme o esquema seguinte:

Fonte de Variação (FV)	Grau de Liberdade (GL)
Provadores (P)	10
Repetições (R)	3
Interação (P×R)	30
Resíduo	30
Total	73

3.2.6.2. Análise sensorial

Os dados obtidos na avaliação sensorial foram armazenados em computador, perfazendo um total de 132 respostas a cada atributo (3 tratamentos x 4 repetições x 11 provadores), e, daí, feitas as análises de variância multivariada para os atributos: café solúvel, oxidado/fervido, metálico, ácido, amargo, doce/caramelo, corpo.

O esquema utilizado para a análise da variância foi o seguinte:

Fonte de Variação (FV)	Grau de Liberdade (GL)
Provadores (P)	10
Tratamentos (T)	2
Interação (P×T)	20
Resíduo	--
Total	32

A hipótese H_0 foi testada contra H_1 , sendo:

- H_0 - não existe diferença entre as médias dos tratamentos para os parâmetros avaliados;
- H_1 - pelo menos duas médias diferem entre si.

O nível de erro para os testes estatísticos foi fixado em 5%.

Os critérios para a análise de variância multivariada foram:

- Roy (R)
- Wilks (W)
- Lanley-Hotelling (LH)
- Pillai (PI)

IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização química, física e físico-química dos extratos de café

Os resultados obtidos da caracterização química do extrato de café utilizado nos experimentos, estão contidos na Tabela 12.

O teor de proteína foi calculado, multiplicando-se o valor de nitrogênio total, deduzido o teor de nitrogênio caféico, pelo fator de conversão 6,2.

A caracterização química dos extratos de café tratados com enzima está apresentada na Tabela 13. Comparando-se os valores das Tabelas 12 e 13 com os obtidos para os dois tratamentos na Tabela 13, verifica-se não haver diferenças entre os mesmos.

Para verificar se o tratamento enzimático dos extratos de café provocou modificação nos compostos voláteis do aroma característico de café, procedeu-se à análise cromatográfica dos extratos sem e com tratamento. Como o objetivo era apenas de se verificar modificações na fração aromática causadas pelo tratamento enzimático, a análise cromatográfica conduzida foi comparativa, sem preocupação de identificação e quantificação dos componentes. Comparando-se as Figuras 15, 16 e 17 os extratos tratados enzimaticamente apresentaram nível de aroma pouco menor que o não tratado. Isso se deve ao fato de que os extratos

tratados com enzima permaneceram a 50°C, por tempos de 15 e 30 minutos. Entre os extratos tratados enzimaticamente não foi verificada diferença no perfil aromático.

TABELA 12 - Caracterização química do extrato de café.

Determinações	Resultados
pH	4,63
Brix(20°C)	22,00
Acidez Total (ml NaOH 0,1N/1,5g amostra)	12,75
Cafeína (*)	2,25
Nitrogênio total (*)	2,20
Nitrogênio cafêico (*)	0,48
Proteínas (*)	10,60
Sólidos totais (%)	19,60
Sólidos solúveis (*)	18,60
Polissacarídeos totais (%)	5,85

(*) - % base seca.

4.2. Estudo da ação enzimática sobre os carboidratos

Procedeu-se à análise cromatográfica do extrato não tratado e dos tratados com enzima, a 50°C, por 15 e 30 minutos para verificar a variação na composição de carboidratos

resultantes da possível hidrólise dos oligo e polissacarídeos. Os cromatogramas obtidos estão dispostos nas Figuras 18, 19, 20 e 21.

TABELA 13 - Caracterização química dos extratos de café após tratamento enzimático a 50°C, por 15 e 30 minutos.

Determinações	Resultados	
	15 min.	30 min.
pH	4,62	4,63
Brix (20°C)	22,00	22,00
Acidez Total (ml NaOH 0,1 N/1,5 g de amostra)	13,15	13,30
Cafeína (%)	2,20	2,25
Nitrogênio total (%)	2,20	2,20
Nitrogênio caféico (%)	0,48	0,49
Proteínas (%)	10,60	10,60
Sólidos totais (%)	19,50	19,60
Sólidos solúveis (%)	18,6	18,70
Carboidratos totais (%)	5,85	5,90

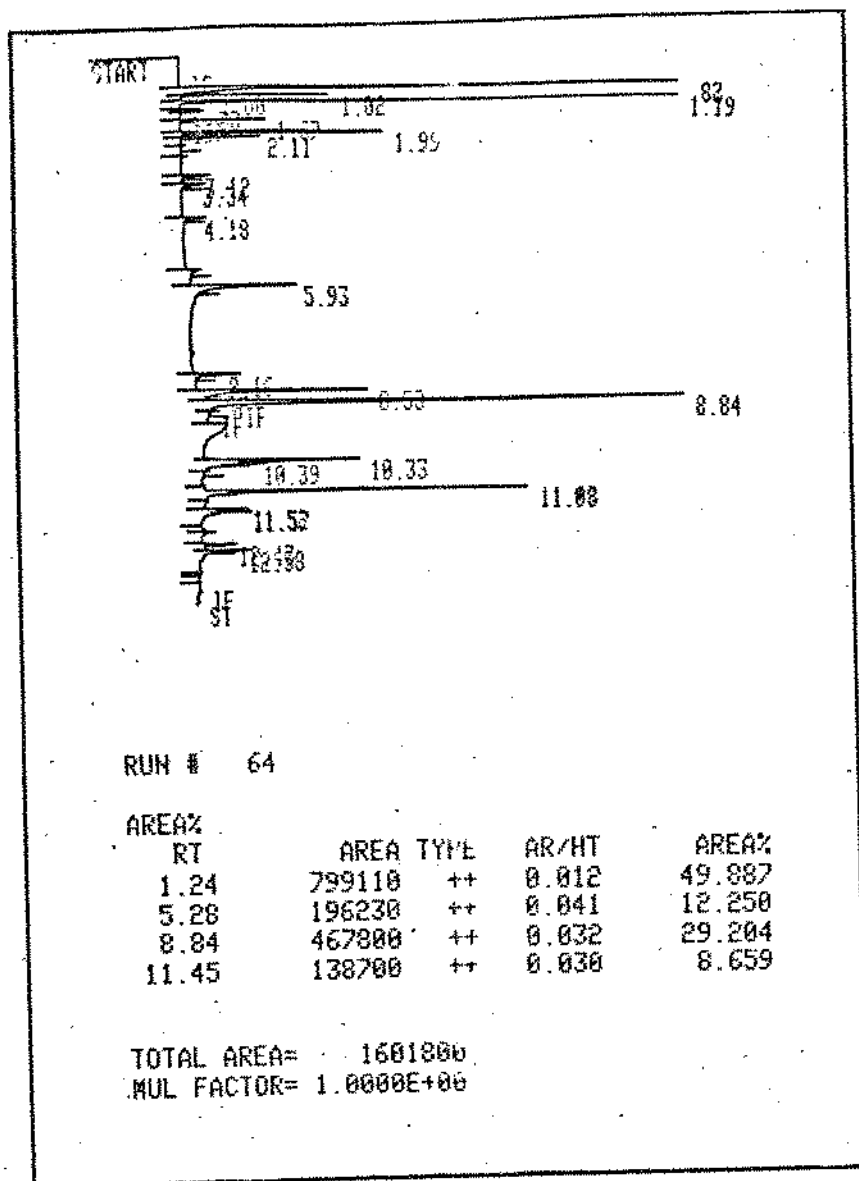


FIGURA 15 - Cromatograma da fração volátil do extrato de café sem tratamento enzimático.

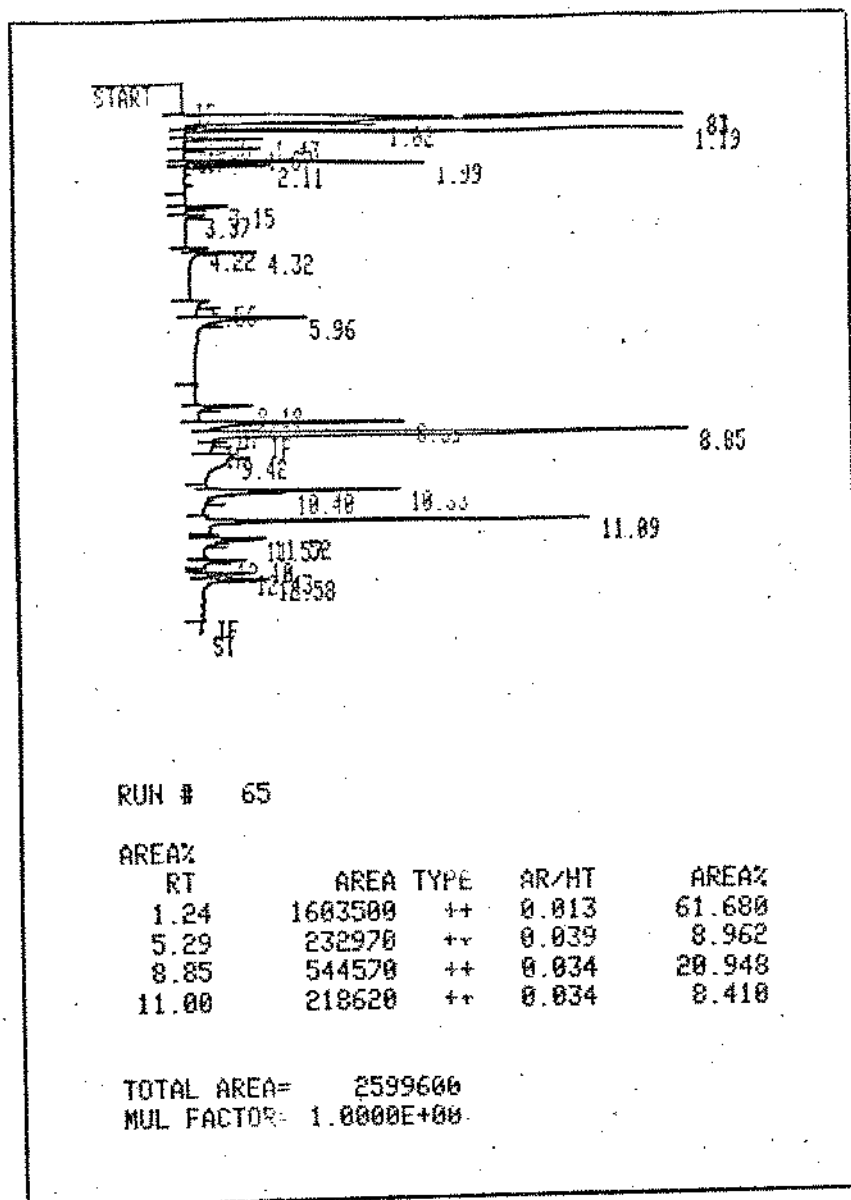


FIGURA 16 - Cromatograma da fração volátil do extrato de café tratado com o complexo enzimático a 50°C por 15 minutos.

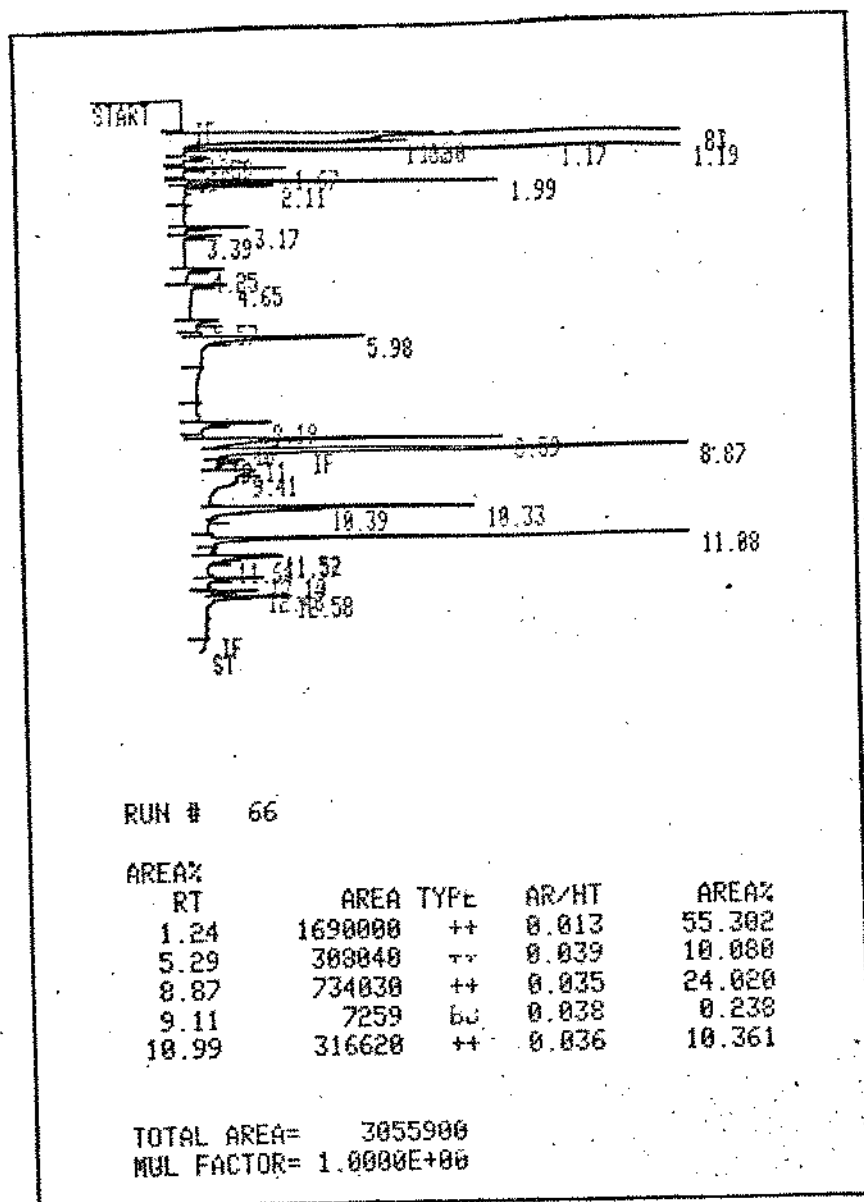


FIGURA 17 - Cromatograma da fração volátil do extrato de café tratado com o complexo enzimático a 50°C por 30 minutos.

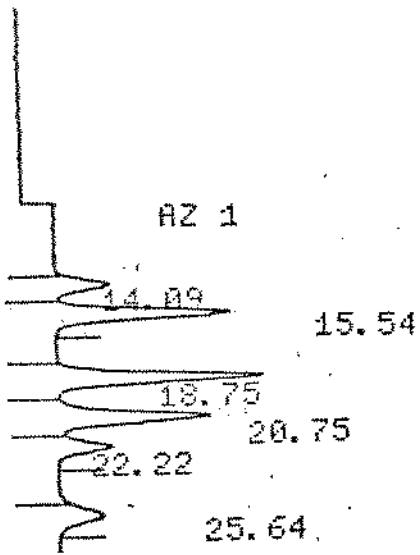


FIGURA 18 - Cromatograma dos carboidratos da solução padrão.

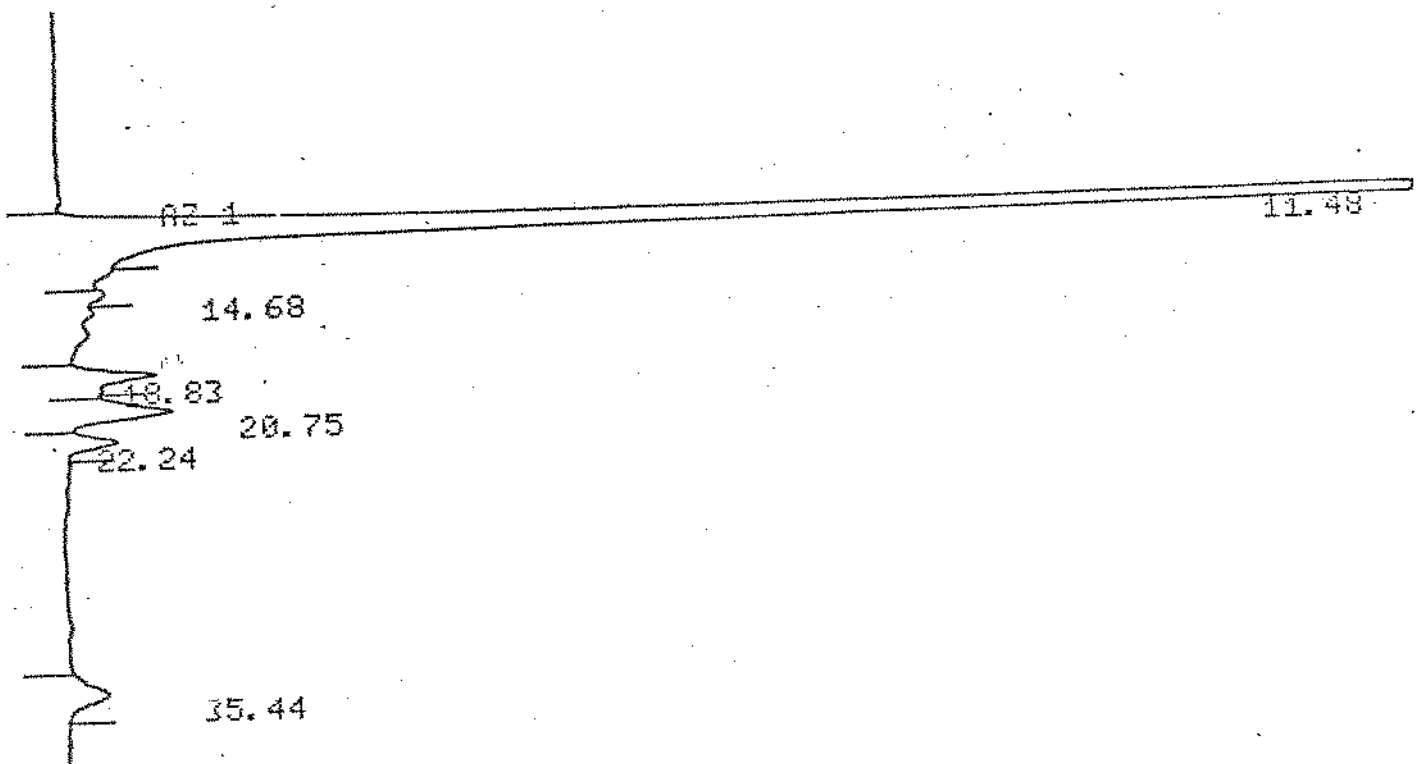


FIGURA 19 - Cromatograma dos carboidratos do extrato de café sem tratamento enzimático.

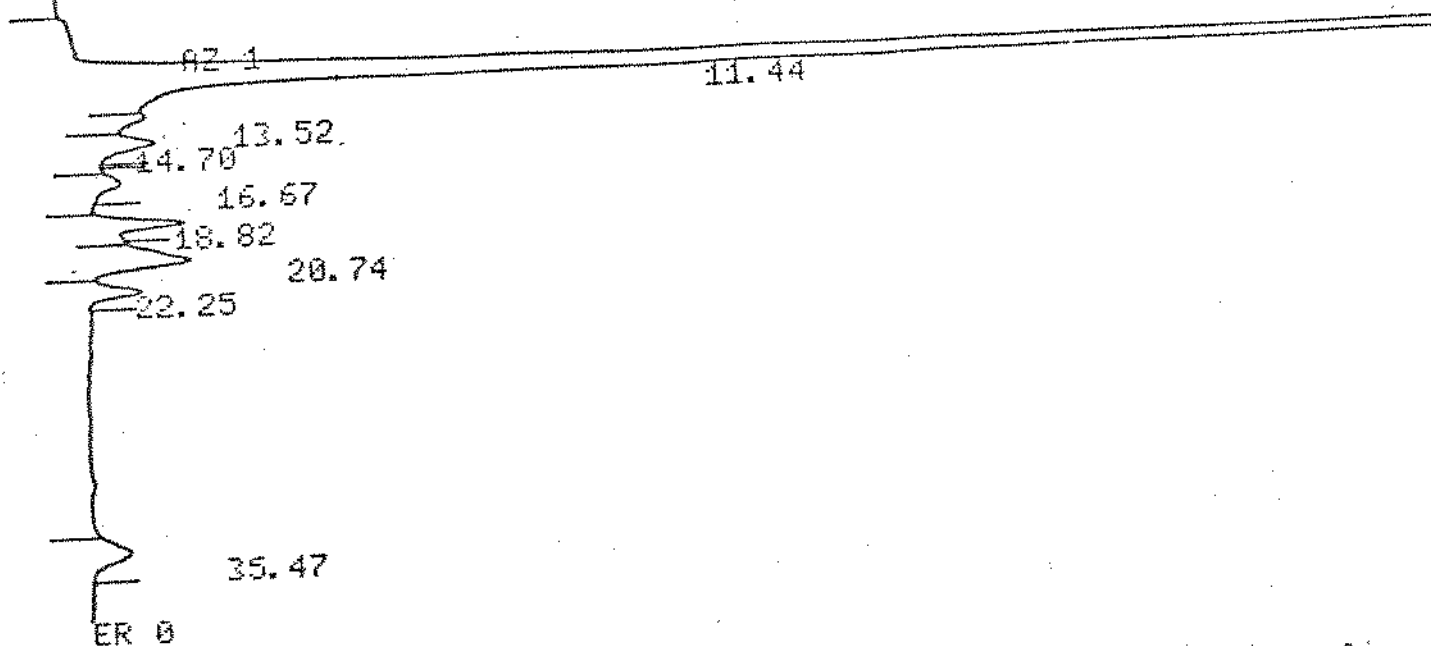


FIGURA 20 - Cromatograma dos carboidratos do extrato de café tratado com o complexo enzimático a 50°C por 15 minutos.

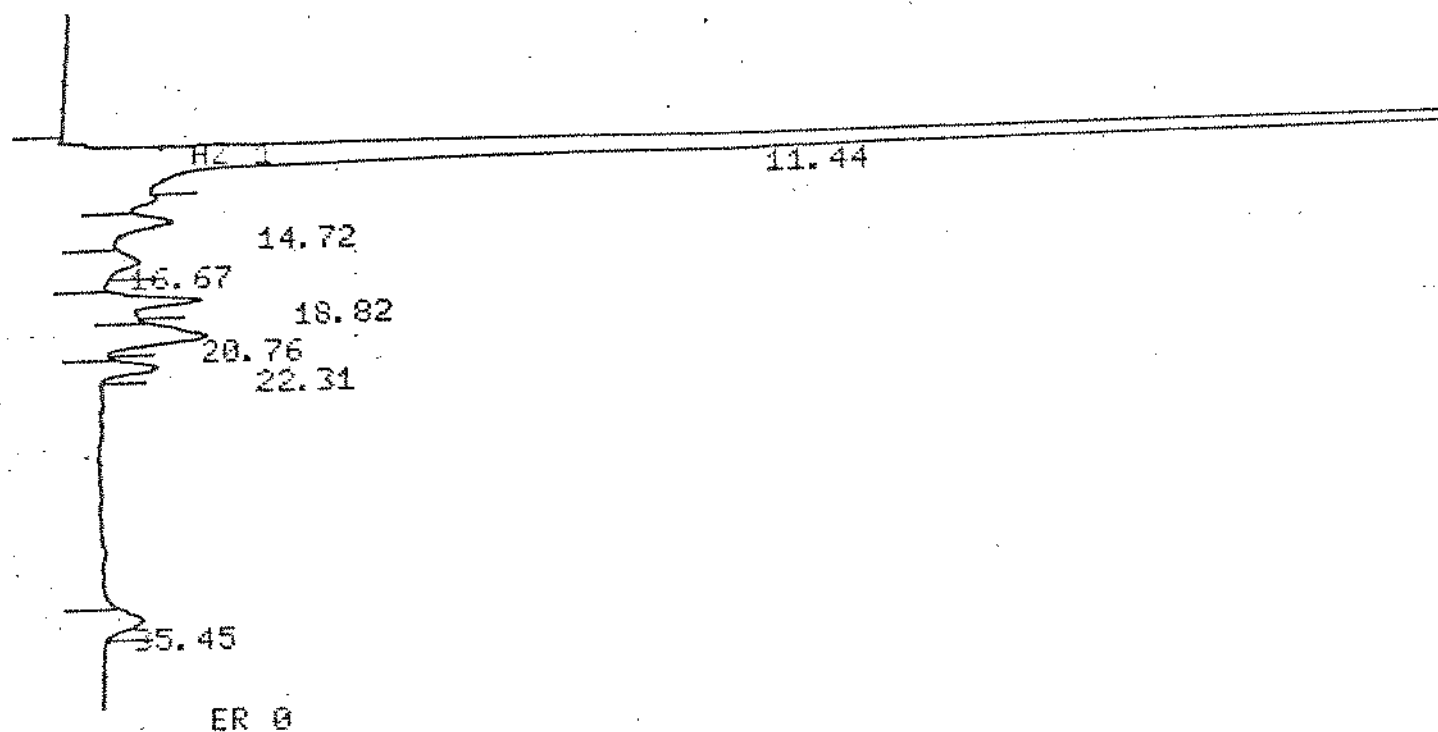


FIGURA 21 - Cromatograma dos carboidratos do extrato de café tratado com complexo enzimático a 50°C por 30 minutos.

Com base nos tempos de retenção dos constituintes dos extratos e os tempos de retenção do padrão, identificaram-se os açúcares mais importantes dos extratos. A quantificação foi obtida pelo cálculo da área de cada pico, conforme Tabela 14. O teor de rafinose, que representa oligossacarídeos de até quatro monossacarídeos, aumentou consideravelmente nos extratos tratados com enzima, em relação ao extrato original, sem tratamento.

TABELA 14 - Quantificação dos açúcares identificados nos extratos de café.

Extrato	Açúcares (m/m)					
	Rafinose(*)	Sacarose	Frutose(**)	Arabinose	Ribose	Glicose
Sem tratamento	0,07	<0,05	0,20	0,19	<0,05	0,32
Com enzima (15')	0,33	<0,05	0,60	0,23	<0,05	0,41
Com enzima (30')	0,32	<0,05	0,59	0,23	<0,05	0,42

(*) Onde se lê rafinose, leia-se outros oligossacarídeos, isto porque a rafinose é utilizada como referência do tempo de retenção de oligossacarídeos de baixo peso molecular (até quatro monossacarídeos).

(**) A coluna utilizada não separa, nas condições empregadas, frutose, xilose, galactose e manose. Portanto no pico da frutose devem ser considerados estes outros constituintes.

A coluna utilizada não separa, nas condições empregas na cromatografia, os seguintes monossacarídeos: frutose, xilose, galactose e manose. Assim, o teor de frutose identificado no cromatograma representa o teor de uma mistura desses monossacarídeos. Como no café estão presentes polímeros de galactose e manose, o pico identificado no cromatograma como frutose pode ser considerado como uma mistura desses dois monossacarídeos. Assim, pode-se considerar que houve um considerável aumento no teor desses monossacarídeos no extrato tratado enzimaticamente, em relação ao extrato não tratado variando de 0,20% para 0,60%, evidenciando a atuação catalítica das enzimas do complexo SP-249, sobre os polímeros de galactose e manose presentes no extrato de café. Os teores de arabinose e glicose aumentaram levemente nos extratos tratados enzimaticamente em relação ao não tratado.

Os teores de ribose e sacarose se situaram abaixo de 0,05%, enquadrando-se na faixa de erro do método.

Uma análise global da Tabela 14 permite concluir que as enzimas, que constituem o complexo enzimático SP-249 exerceram atividade catalítica sobre o processo de hidrólise dos carboidratos presentes no extrato, reduzindo-os em tamanho. Como a viscosidade de um fluido, dentre outros fatores, depende diretamente do tamanho das moléculas dos sólidos dissolvidos, é de se esperar que se tenha como consequência do tratamento enzimático aplicado, redução da viscosidade do extrato de café tratado com o complexo SP-249, em relação ao não tratado.

4.3. Reologia do extrato de café

Para se estudar o efeito da redução no tamanho dos carboidratos presentes no extrato de café com relação à viscosidade, é necessário conhecer o comportamento reológico do fluido extrato de café, cuja literatura é escassa. Assim, antes de se processar a medida da viscosidade dos extratos tratados com enzima, procedeu-se a um estudo reológico desse fluido.

Os valores das leituras no aparelho e da tensão de cisalhamento (τ) calculada estão apresentados no Anexo 1.

Com os valores da tensão de cisalhamento e da taxa de deformação ($\dot{\gamma}$) tabelados pelo fabricante do aparelho para as rotações empregadas, foram elaborados gráficos para cada conjunto de concentração e temperatura. A Figura 22 apresenta, como exemplo, um gráfico destes, para extrato de café com 55% de sólidos solúveis a temperaturas de 4, 10, 15 e 20°C. Como a viscosidade é dada pelo coeficiente angular da tangente à curva $\tau \times \dot{\gamma}$, observa-se que a viscosidade decresce com o aumento da taxa de deformação. Isto foi observado para os extratos com concentração de sólidos solúveis igual ou superior a 45%, enquanto aqueles com concentração inferior a 45% a viscosidade se manteve constante com a variação da taxa de deformação.

A Figura 23 apresenta um gráfico bilogarítmico de τ em função de $\dot{\gamma}$ para extrato de café com 55% de sólidos solúveis e temperaturas de 4, 10, 15 e 20°C.

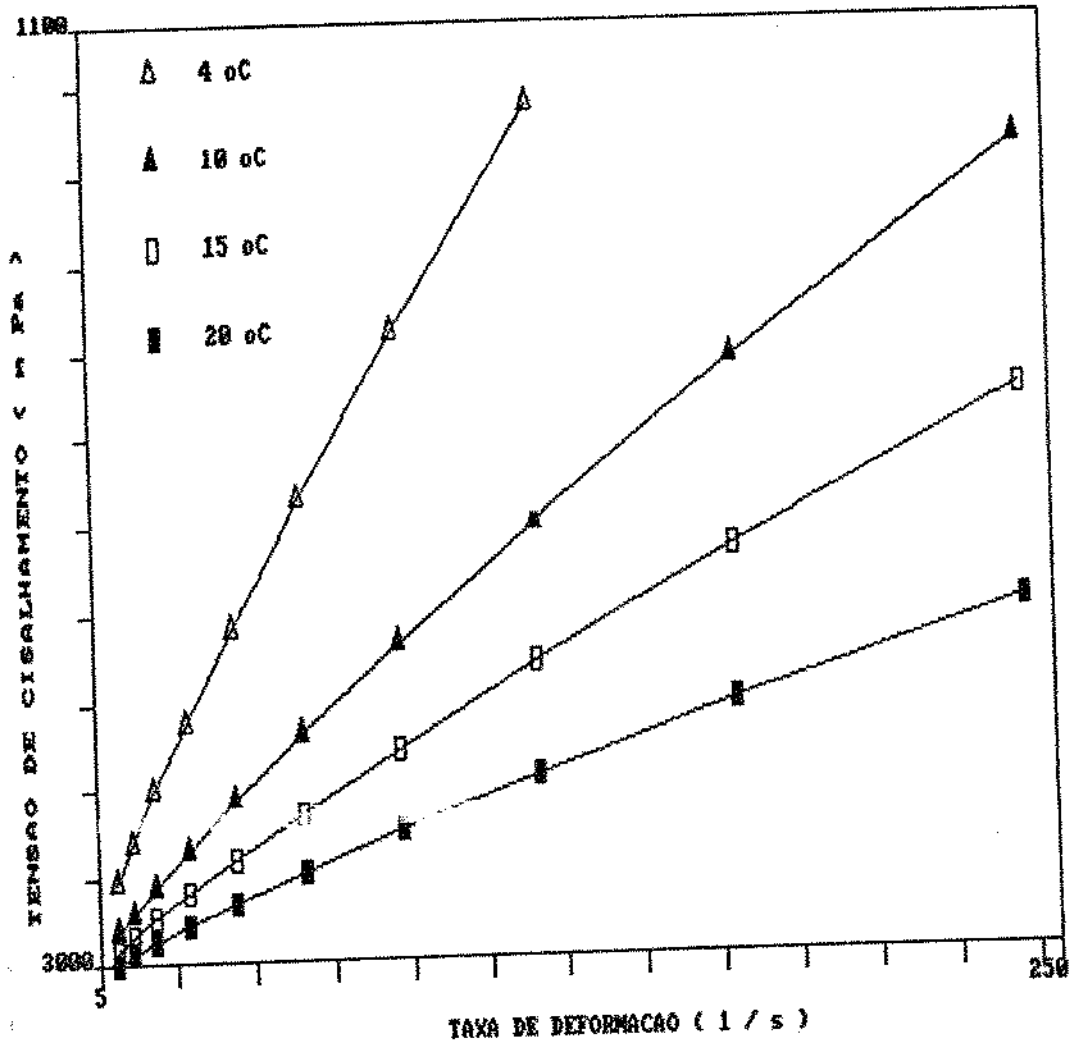


FIGURA 22 - Relação entre tensão de cisalhamento e gradiente de velocidade para extrato de café 55% de sólidos solúveis.

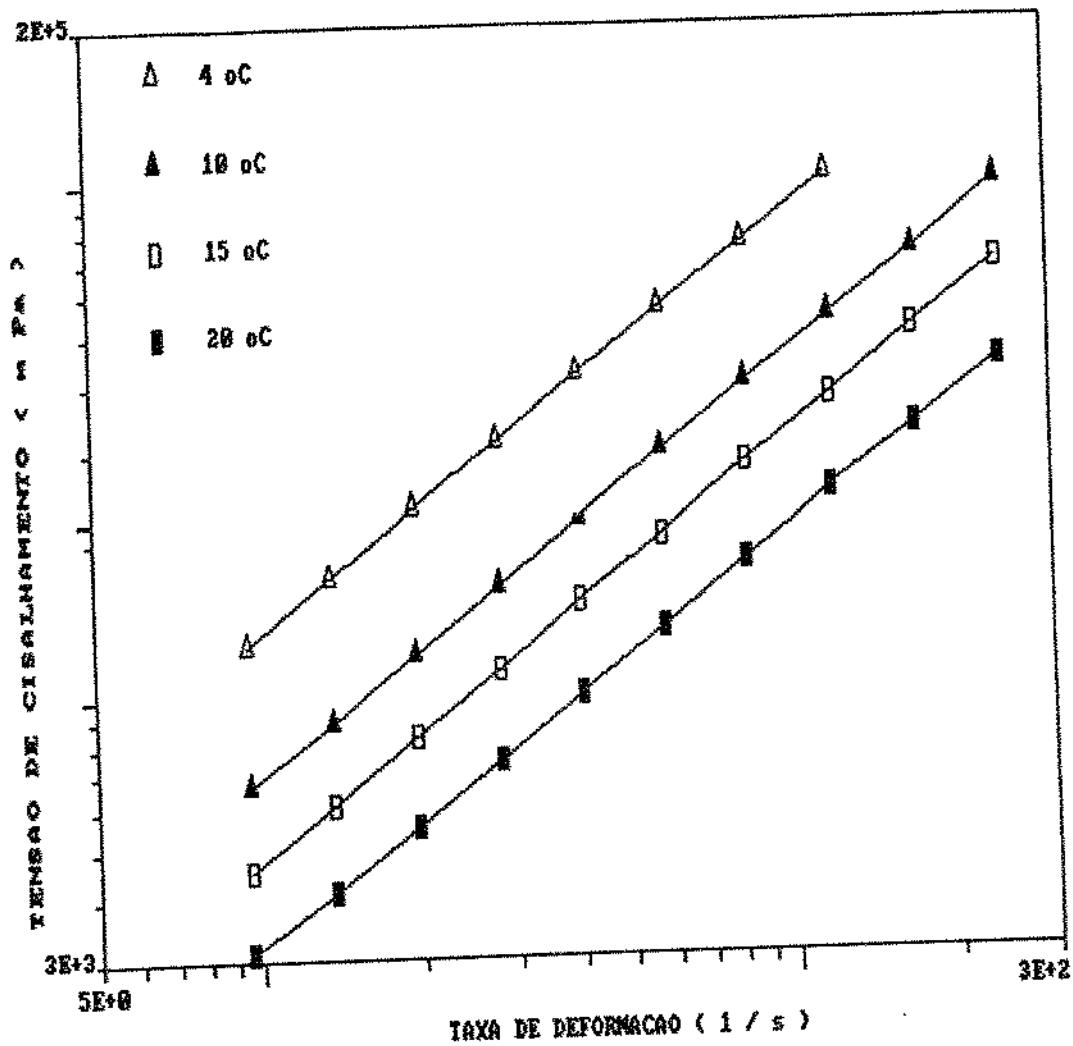


FIGURA 23 - Relação bilogarítmica entre tensão de cisalhamento e gradiente de velocidade para extrato de café 55% de sólidos solúveis.

A boa linearização dos pontos mostra que o modelo da lei de potência é aplicável para descrever o comportamento reológico do extrato em estudo. As linhas paralelas, para as diferentes temperaturas, indicam que o índice de comportamento de fluxo, n , é praticamente constante. A linearização dos pontos e o paralelismo das retas foi observado para todas as concentrações e temperaturas utilizadas nos experimentos.

A Tabela 15 apresenta, a partir dos dados originais, os valores calculados dos parâmetros n e k do modelo da lei de potência, com os coeficientes de regressão linear r , oscilando por volta de $0,999 \pm 0,002$.

Os valores numéricos do parâmetro n indicam que se trata de um fluido de comportamento não newtoniano e por ser menores que 1, indicam ser fluido de comportamento pseudo plástico.

Como o γ tabelado pelo fabricante do equipamento se refere a fluido com comportamento newtoniano, foi necessário proceder a correção dos valores de γ para cada rotação empregada no presente estudo, através da equação:

$$\dot{\gamma}_{\text{Newt}} = \dot{\gamma}_N \cdot K_{\text{ostw}}$$

O fator de correção K_{ostw} foi também calculado em função do sistema de medida utilizado MS-DIN 145, de acordo com a fórmula:

$$K_{\text{ostw}} = \frac{1 - \left(\frac{R_i}{R_e}\right)^{2n}}{n \left[1 - \left(\frac{R_i}{R_e}\right)^2\right]}$$

TABELA 15 - Parâmetros do modelo da lei de potência para os dados experimentais de extrato de café às concentrações e temperaturas experimentais.

T (°C)	20,0		25,0		30,2		41,0		46,5		50,0		56,0		62,0	
	K (mPa.s)	n (-)	K (mPa.s)	n (-)	K (mPa.s)	n (-)	K (mPa.s)	n (-)	K (mPa.s)	n (-)	K (mPa.s)	n (-)	K (mPa.s)	n (-)	K (mPa.s)	n (-)
4	6,2	0,99	9,3	0,99	21,5	0,99	63,7	1,00	194,2	0,92	835	0,89	1.929	0,83	5482	0,80
10	5,0	0,99	7,8	1,00	14,0	1,00	42,5	1,00	138,1	0,94	439	0,88	1.015	0,83	2831	0,83
15	4,0	0,99	6,0	1,00	10,0	1,00	33,1	1,01	97,1	0,90	292	0,90	676	0,84	1883	0,80
20	2,9	1,00	4,3	0,99	6,7	1,03	22,9	1,00	74,0	0,93	225	0,91	483	0,82	1415	0,79
25	2,0	1,00	3,0	0,99	4,7	1,00	15,5	0,98	55,0	0,92	177	0,88	373	0,81	1091	0,80
30	1,6	1,00	2,4	0,99	3,5	0,99	11,0	1,02	38,7	0,92	144	0,90	262	0,80	605	0,79
35	1,2	0,99	1,7	1,00	2,5	1,00	9,0	0,96	28,3	0,93	97	0,92	174	0,79	474	0,80
40	1,0	0,99	1,2	1,00	1,8	1,00	5,6	1,00	20,5	0,92	69	0,87	125	0,80	325	0,79
45	-	-	1,0	1,00	1,3	1,00	3,7	1,00	14,1	0,93	54	0,88	91	0,81	237	0,79
50	-	-	-	-	-	-	2,7	1,00	10,3	0,93	38	0,88	71	0,81	193	0,77
55	-	-	-	-	-	-	2,5	0,99	8,2	0,92	29	0,90	55	0,82	148	0,78
60	-	-	-	-	-	-	2,0	0,99	6,0	0,93	22	0,89	42	0,80	108	0,77
65	-	-	-	-	-	-	1,6	0,98	5,1	0,92	16	0,88	33	0,80	76	0,76
70	-	-	-	-	-	-	-	-	3,7	0,93	12	0,88	26	0,79	54	0,75

Os valores de K_{OSTW} se encontram na Tabela 16 e os de \bar{Y}_{nNewt} na Tabela 17

TABELA 16 - Valores dos fatores de correção de Ostwald utilizados nos experimentos para extrato de café.

T (°C)	% Sólidos solúveis			
	46,5	50,0	56,0	62,0
Kostw				
4	1,005	1,007	1,011	1,012
10	1,005	1,009	1,011	1,011
15	1,007	1,006	1,010	1,012
20	1,005	1,006	1,012	1,012
25	1,005	1,007	1,012	1,012
30	1,006	1,006	1,012	1,012
35	1,005	1,005	1,012	1,012
40	1,004	1,007	1,012	1,012
45	1,005	1,006	1,012	1,012
50	1,003	1,008	1,012	1,014
55	1,003	1,007	1,012	1,013
60	1,004	1,008	1,012	1,014
65	1,000	1,006	1,012	1,015
70	0,997	1,009	1,013	1,015

TABELA 17 - Valores da taxa de deformação corrigidos para extrato de café.

T (°C)	Posição	% Sólidos solúveis			
		46,5	50,0	56,0	62,0
		γ corrigido (1/s)			
4	1	-	-	-	6,73
	2	-	-	9,61	9,62
	3	-	-	13,76	13,77
	4	-	-	19,69	19,71
	5	-	28,09	28,21	28,23
	6	40,09	40,18	40,34	40,38
	7	57,48	57,60	57,83	57,89
	8	82,21	82,37	82,70	82,78
	9	117,68	117,92	118,39	118,50
	10	168,43	168,77	169,44	169,61
	11	241,20	241,68	242,64	242,88
	12	344,71	345,40	346,77	347,12
	13	494,46	496,44	-	-
	14	707,52	548,81	-	-
	15	-	-	-	-
10	1	-	-	-	6,72
	2	-	-	9,61	9,61
	3	-	-	13,76	13,76
	4	-	-	19,69	19,69
	5	-	28,15	28,21	28,21
	6	40,09	40,26	40,34	40,34
	7	57,48	57,71	57,83	57,83
	8	82,21	82,53	82,70	82,70
	9	117,68	118,15	118,39	118,39
	10	168,43	168,11	169,44	169,44
	11	241,20	241,16	242,64	242,64
	12	344,71	346,09	-	-
	13	494,46	496,43	-	-
	14	707,52	-	-	-
	15	-	-	-	-

Continuação da Tabela 17.

		% Sólidos solúveis			
T (°C)	Posição	46,5	50,0	56,0	62,0
		Y corrigido (1/s)			
15	1	-	-	-	6,73
	2	-	-	9,60	9,62
	3	-	-	13,75	13,77
	4	-	-	19,67	19,71
	5	-	28,07	28,18	28,23
	6	40,18	40,14	40,30	40,38
	7	57,60	57,54	57,77	57,88
	8	82,37	82,29	82,67	82,78
	9	117,92	117,80	118,27	118,50
	10	168,77	168,60	169,28	169,61
	11	241,68	241,44	242,40	242,88
	12	345,40	345,06	346,43	347,12
	13	495,44	494,95	-	-
	14	708,93	703,82	-	-
	15	-	-	-	-
20	1	-	-	-	6,73
	2	-	-	9,62	9,62
	3	-	-	13,77	13,77
	4	-	-	19,71	19,71
	5	-	28,07	28,23	28,23
	6	40,09	40,14	40,38	40,38
	7	57,48	57,54	57,89	57,89
	8	82,21	82,29	82,78	82,78
	9	117,68	117,80	118,50	118,50
	10	168,43	168,60	169,61	169,61
	11	241,20	241,44	242,88	242,88
	12	344,71	345,06	-	347,12
	13	494,46	494,95	-	-
	14	707,93	708,22	-	-
	15	-	-	-	-

Continuação da Tabela 17.

T (°C)	Posição	% Sólidos solúveis			
		46,5	50,0	56,0	62,0
		$\dot{\gamma}$ corrigido (1/s)			
25	1	-	-	-	-
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
	5	-	-	-	28,23
	6	-	-	40,30	40,38
	7	-	57,60	57,77	57,88
	8	-	82,37	82,62	82,78
	9	-	117,92	118,27	118,50
	10	168,43	168,77	169,28	169,61
	11	241,20	241,68	242,40	242,88
	12	345,71	345,40	346,43	347,12
	13	494,46	495,44	497,90	497,90
	14	707,52	708,92	712,45	712,45
	15	-	-	-	-
30	1	-	-	-	-
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
	5	-	-	-	28,23
	6	-	-	40,30	40,38
	7	-	57,54	57,77	57,89
	8	-	82,29	82,62	82,78
	9	-	117,80	118,27	118,50
	10	168,60	168,60	169,28	169,61
	11	241,44	241,44	242,40	242,88
	12	345,06	345,06	346,43	347,12
	13	494,95	494,95	497,90	497,90
	14	707,22	708,22	712,45	718,45
	15	-	-	-	-

Continuação da Tabela 17.

T (°C)	Posição	% Sólidos solúveis			
		46,5	50,0	56,0	62,0
		Y corrigido (1/s)			
35	1	-	-	-	-
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
	5	-	-	-	28,23
	6	-	-	40,30	40,38
	7	-	57,49	57,77	57,88
	8	-	82,21	82,62	82,78
	9	-	117,68	118,27	118,50
	10	168,43	168,43	169,28	169,61
	11	241,20	241,20	242,40	242,88
	12	344,71	345,71	346,43	347,12
	13	494,46	495,46	497,90	497,90
	14	707,52	708,52	712,45	712,45
	15	1.013,04	-	-	-
40	1	-	-	-	-
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
	5	-	-	-	28,23
	6	-	-	40,30	40,38
	7	-	57,54	57,77	57,89
	8	-	82,29	82,62	82,78
	9	-	117,80	118,27	118,50
	10	168,60	168,60	169,28	169,61
	11	241,44	241,44	242,40	242,88
	12	345,06	345,06	346,43	347,12
	13	494,95	494,95	497,90	497,90
	14	707,22	708,22	712,45	718,45
	15	-	-	-	-

Continuação da Tabela 17.

T (°C)	Posição	% Sólidos solúveis			
		46,5	50,0	56,0	62,0
		γ corrigido (1/s)			
45	1	-	-	-	-
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
	5	-	-	-	-
	6	-	-	-	-
	7	-	-	-	-
	8	-	-	82,62	82,78
	9	-	117,70	118,27	118,50
	10	168,44	168,60	169,28	169,61
	11	241,20	241,44	242,40	242,88
	12	344,71	345,06	346,43	347,12
	13	494,46	494,46	497,90	497,90
	14	707,52	708,52	712,45	712,45
	15	1.013,04	-	-	-
50	1	-	-	-	-
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
	5	-	-	-	-
	6	-	-	-	-
	7	-	-	-	-
	8	-	-	82,62	82,94
	9	-	118,04	118,27	118,74
	10	168,60	168,94	169,28	169,95
	11	240,72	241,92	242,40	242,36
	12	344,03	345,75	346,43	347,80
	13	493,48	495,94	497,90	498,89
	14	706,11	709,63	712,45	713,86
	15	1.011,02	-	-	-

Continuação da Tabela 17.

T (°C)	Posição	% Sólidos solúveis			
		46,5	50,0	56,0	62,0
		γ corrigido (1/s)			
55	1	-	-	-	-
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
	5	-	-	-	-
	6	-	-	-	-
	7	-	-	-	-
	8	-	-	-	82,86
	9	-	117,92	118,50	118,62
	10	168,10	168,77	169,28	169,78
	11	240,72	241,68	242,40	242,12
	12	344,03	345,40	346,43	347,46
	13	493,48	495,44	497,90	498,39
	14	706,11	708,92	712,45	713,15
	15	1.011,02	-	-	-
60	1	-	-	-	-
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
	5	-	-	-	-
	6	-	-	-	-
	7	-	-	-	-
	8	-	-	-	82,94
	9	-	118,04	118,50	118,74
	10	168,27	168,94	169,28	169,95
	11	240,96	241,92	242,40	242,36
	12	344,03	345,74	346,43	347,80
	13	493,97	495,94	497,90	498,89
	14	706,82	709,63	712,45	713,86
	15	1.012,03	-	-	-

Continuação da Tabela 17.

T (°C)	Posição	% Sólidos solúveis			
		46,0	50,0	56,0	62,0
		$\dot{\gamma}$ corrigido (1/s)			
65	1	-	-	-	-
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
	5	-	-	-	-
	6	-	-	-	-
	7	-	-	-	-
	8	-	-	-	82,03
	9	-	-	-	118,86
	10	167,60	168,60	169,28	170,11
	11	240,00	241,44	242,40	243,60
	12	343,00	345,06	346,43	348,14
	13	492,00	494,95	497,90	498,38
	14	704,00	708,22	712,45	714,56
	15	1.008,00	-	1.020,30	1.023,12
70	1	-	-	-	-
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
	5	-	-	-	-
	6	-	-	-	-
	7	-	-	-	-
	8	-	-	-	82,03
	9	-	-	-	118,74
	10	166,93	169,11	169,78	170,11
	11	239,04	242,16	243,12	243,60
	12	341,63	346,09	347,46	348,14
	13	490,03	496,43	498,40	498,38
	14	701,18	710,34	713,15	714,56
	15	1.003,96	-	1.021,10	1.023,12

TABELA 18 - Parâmetros do modelo da lei da potência para $\dot{\gamma}$ corrigido e viscosidade aparente a 129,8 r.p.m. para todas as concentrações de sólidos solúveis e temperaturas experimentais do extrato de café sem tratamento enzimático.

T (°C)	% Sólidos solúveis							
	46,5		50,0		56,0		62,0	
	K (mPa)	η_a (mPa)	K (mPa)	η_a (mPa)	K (mPa)	η_a (mPa)	K (mPa)	η_a (mPa)
4	196,3	130,2	826,0	469,9	1.909,8	798,0	5.432,5	1.945,0
10	140,9	98,4	472,1	230,2	1.009,2	422,0	2.805,4	1.172,3
15	98,8	56,2	290,4	173,9	674,5	297,0	1.866,4	669,2
20	75,3	50,0	227,5	143,4	484,2	192,0	1.402,8	502,4
25	54,4	36,1	178,6	96,5	376,7	142,0	1.081,4	387,3
30	40,2	25,3	144,2	86,3	262,4	94,0	599,9	214,9
35	27,9	19,5	91,4	63,8	170,2	60,9	469,9	168,3
40	18,5	12,9	67,3	34,5	121,9	43,7	322,1	115,4
45	15,1	10,0	50,5	28,7	85,3	33,9	237,7	80,9
50	8,6	6,7	40,8	20,9	70,5	26,6	191,0	58,6
55	6,6	5,2	31,5	17,0	57,0	21,5	146,9	47,5
60	5,6	4,5	25,3	12,3	42,2	15,1	106,9	32,8
65	2,9	2,9	13,1	8,2	29,2	11,6	75,3	21,9
70	1,5	2,5	10,2	4,8	23,2	7,5	53,1	14,7

As Figuras 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34 e 35 representam os gráficos bilogarítmicos da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação, para o extrato de café, em todas as concentrações e temperaturas do presente trabalho.

Com os novos valores das constantes K e n, calculou-se pela lei da potência a viscosidade aparente do extrato de café, para cada concentração de sólidos solúveis e temperatura. Os valores de K corrigidos, e viscosidade aparente para a rotação de 129 r.p.m. se encontram na Tabela 18. No Anexo 2 estão tabelados todos os valores obtidos de viscosidade aparente, de sólidos solúveis e temperaturas experimentais

4.4. Efeito da temperatura sobre as propriedades reológicas do extrato de café

A Figura 36 ilustra a aplicação da relação de Arrhenius para a viscosidade aparente η_a , 129,8, calculada pela equação 4-3, com valores de n correspondentes a cada temperatura.

$$\eta_a = K \cdot \dot{\gamma}^{n-1} \quad (4.3)$$

O efeito da temperatura sobre a viscosidade aparente corresponde a $\dot{\gamma} = 129.8 \text{ seg}^{-1}$ ($\eta_a, 129,8$) e foram expressos pela relação de Arrhenius:

$$\eta_a = \eta_{aT} \exp (E_n/RT) \quad (4.4)$$

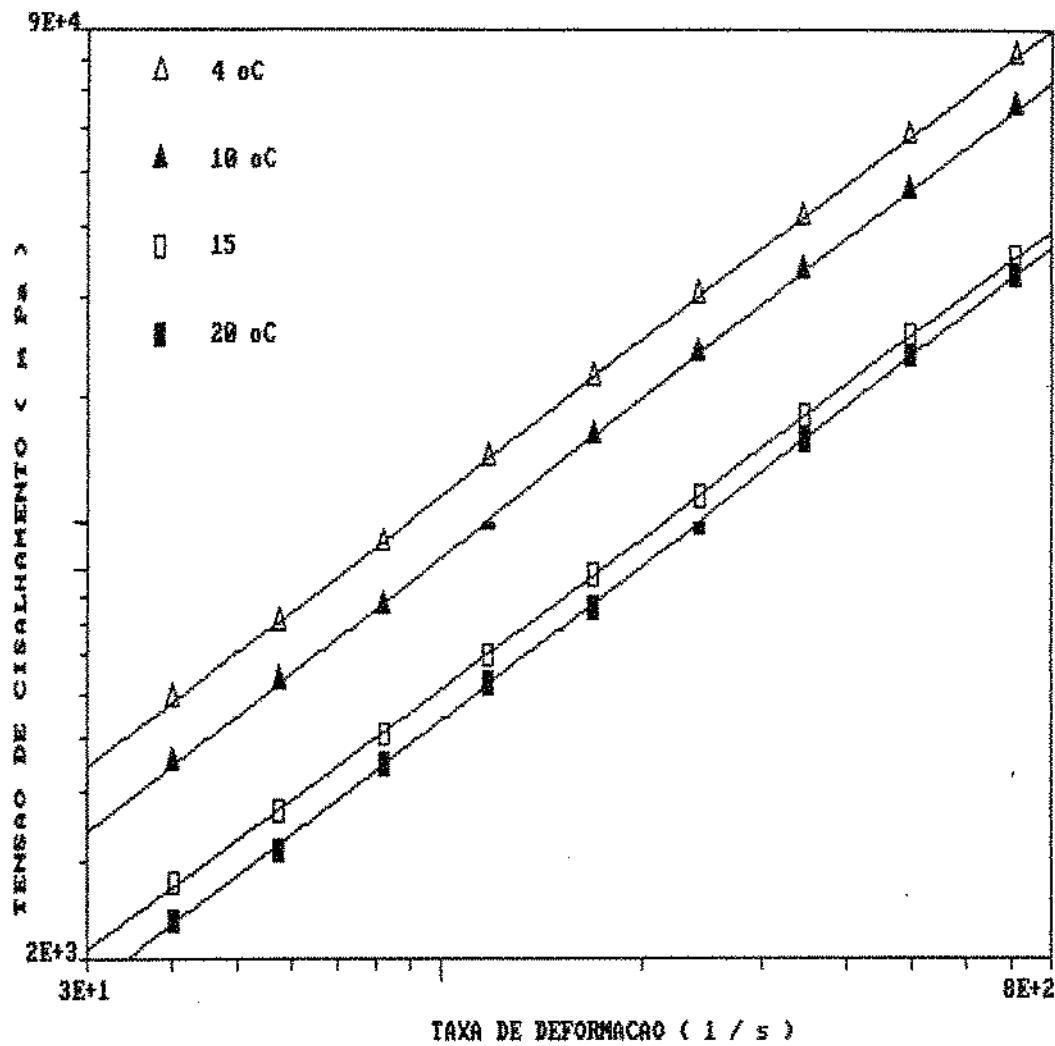


FIGURA 24 - Gráfico bilogarítimico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida, para extrato de café com 46,5% de sólidos solúveis, às temperaturas de 4, 10, 15 e 20°C.

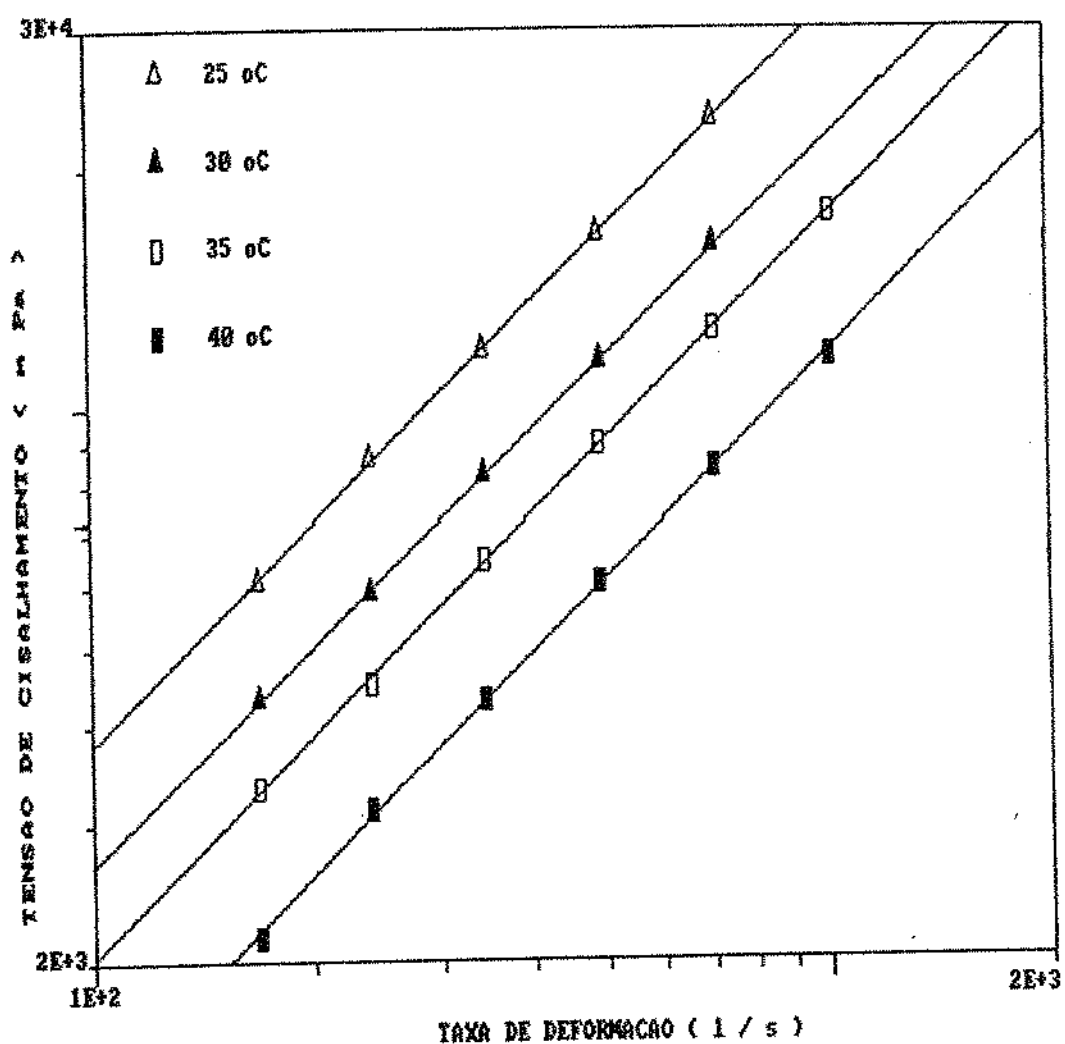


FIGURA 25 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida, para extrato de café com 46,5% de sólidos solúveis, às temperaturas de 25, 30, 35 e 40°C.

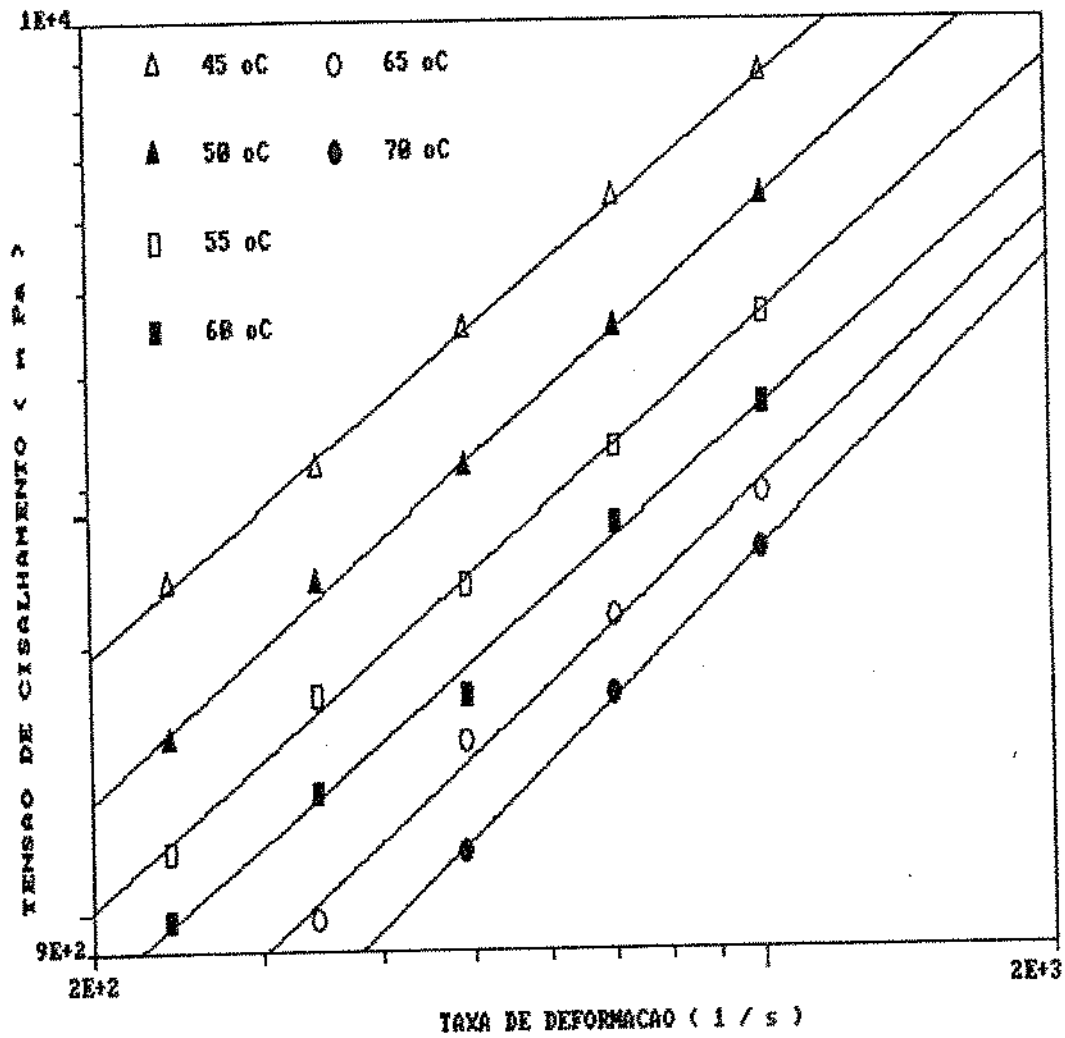


FIGURA 26 - Gráfico bilogaritmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida, para extrato de café com 46,5% de sólidos solúveis, às temperaturas de 45, 50, 55, 60, 65, 70°C.

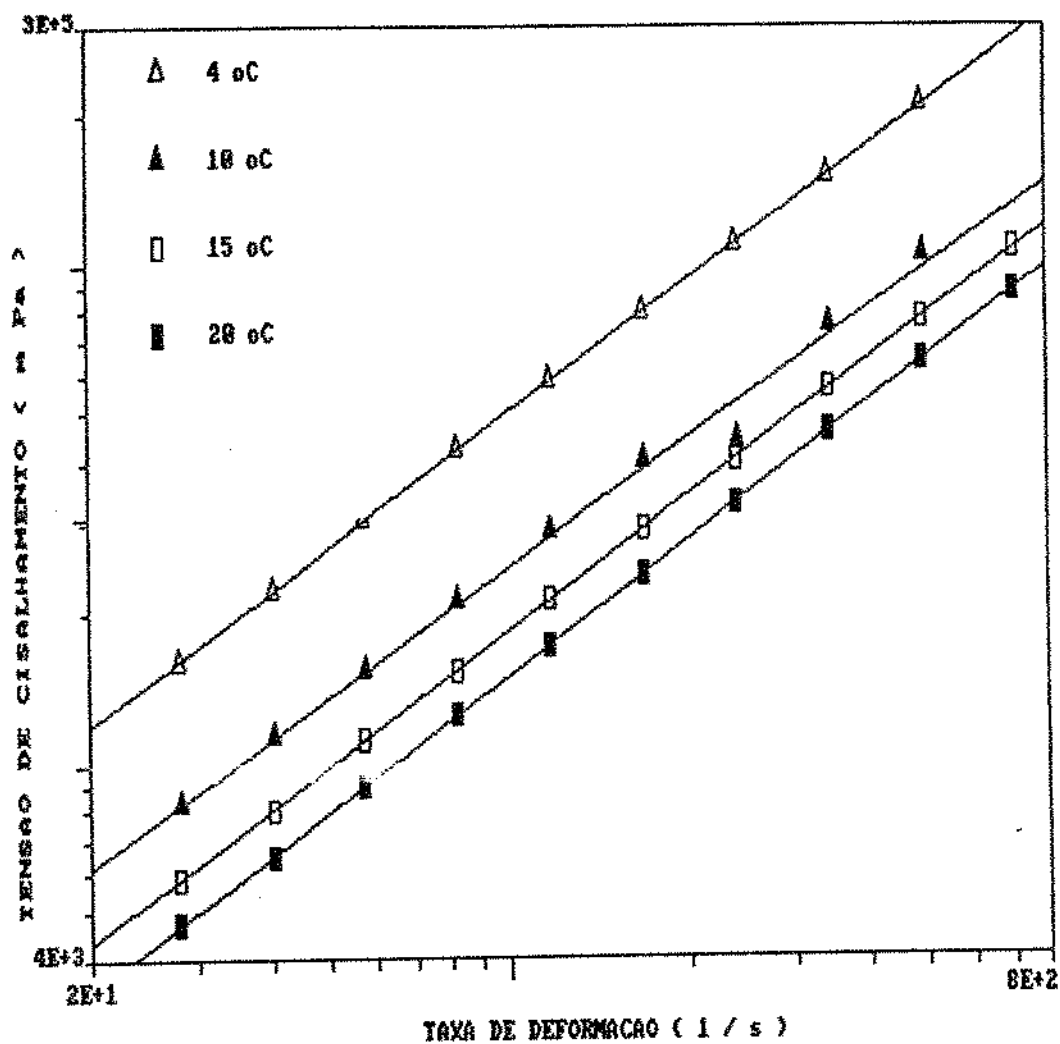


FIGURA 27 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida, para extrato de café com 50% de sólidos solúveis, às temperaturas de 4, 10, 15 e 20°C.

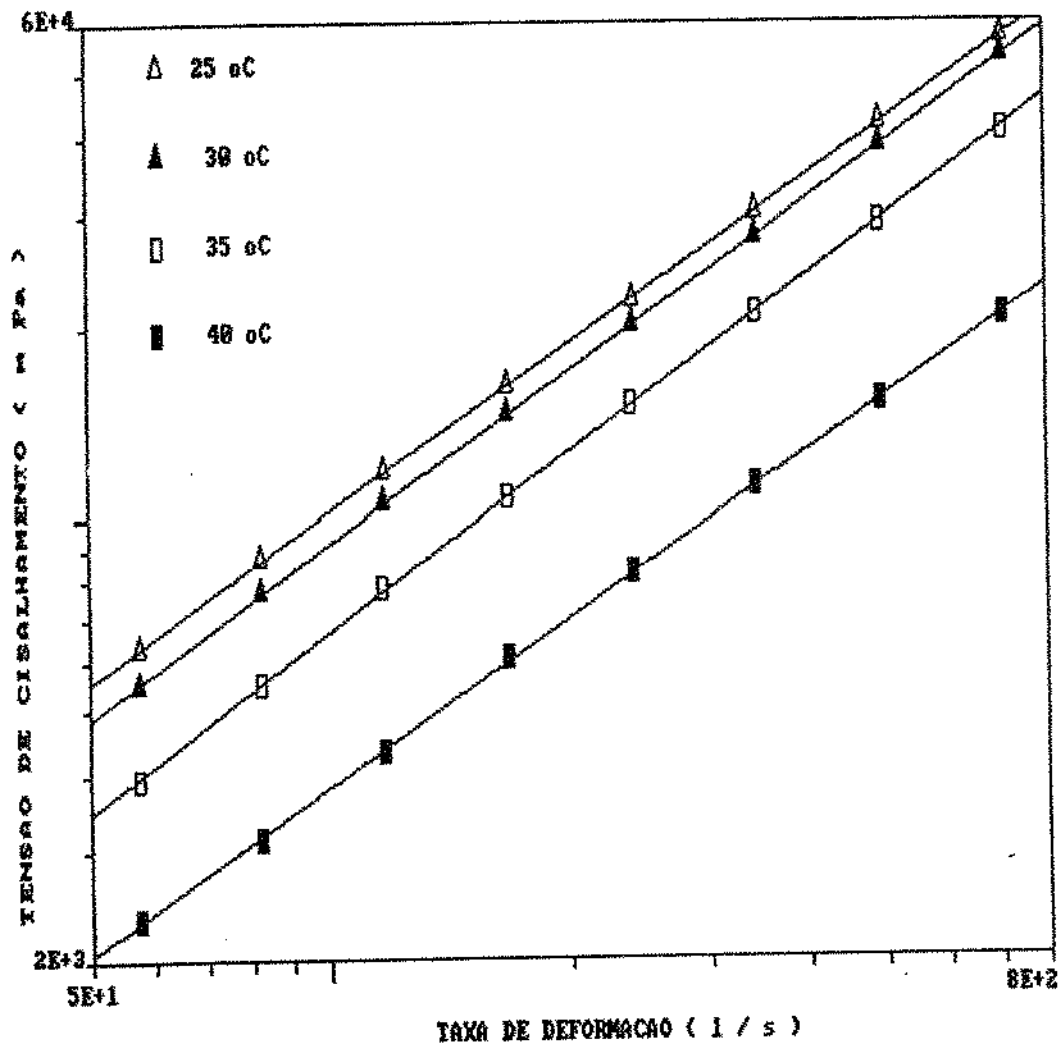


FIGURA 28 - Gráfico bilogaritimico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida, para extrato de café com 50% de sólidos solúveis, às temperaturas de 25, 30, 35 e 40°C.

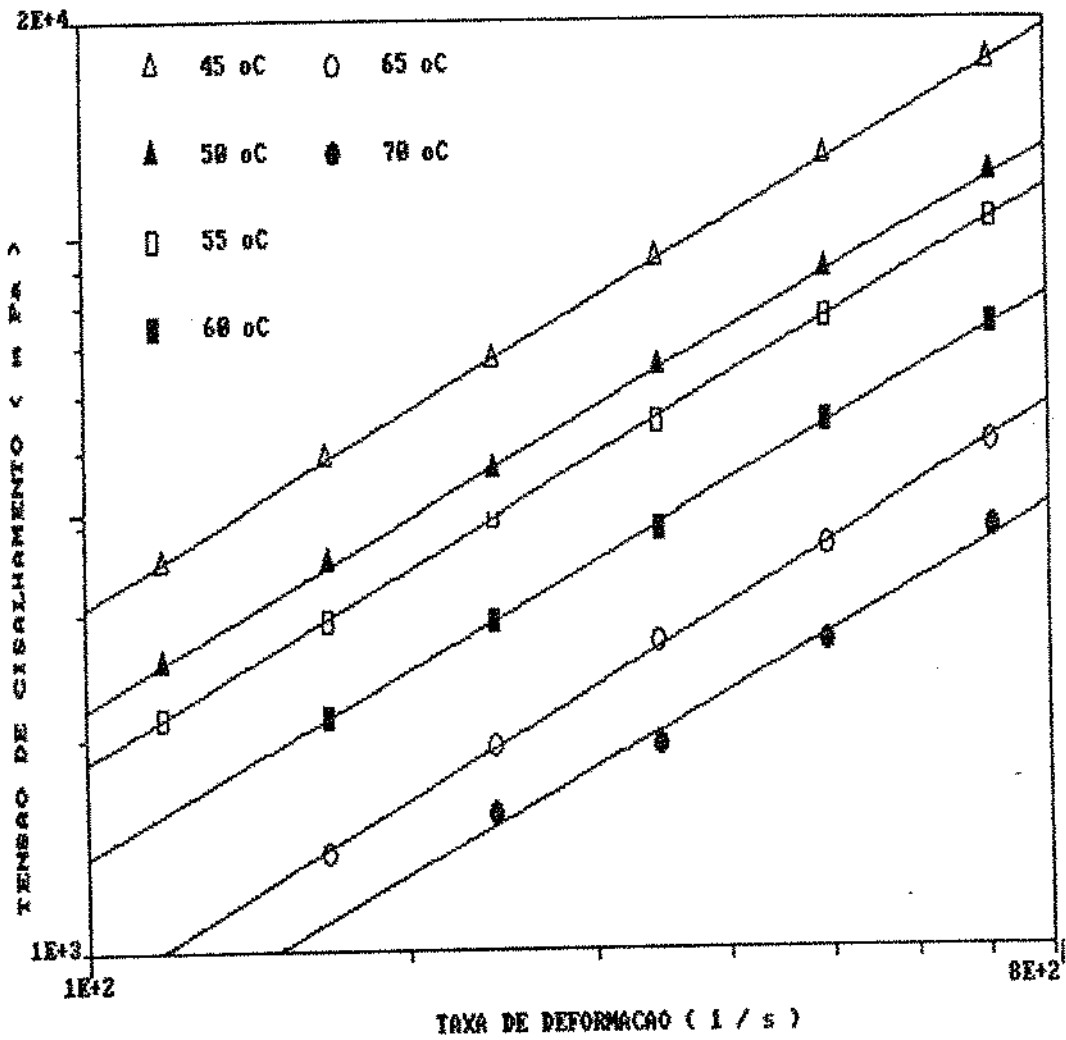


FIGURA 29 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida, para extrato de café com 50% de sólidos solúveis, às temperaturas de 45, 50, 55, 60, 65, 70°C.

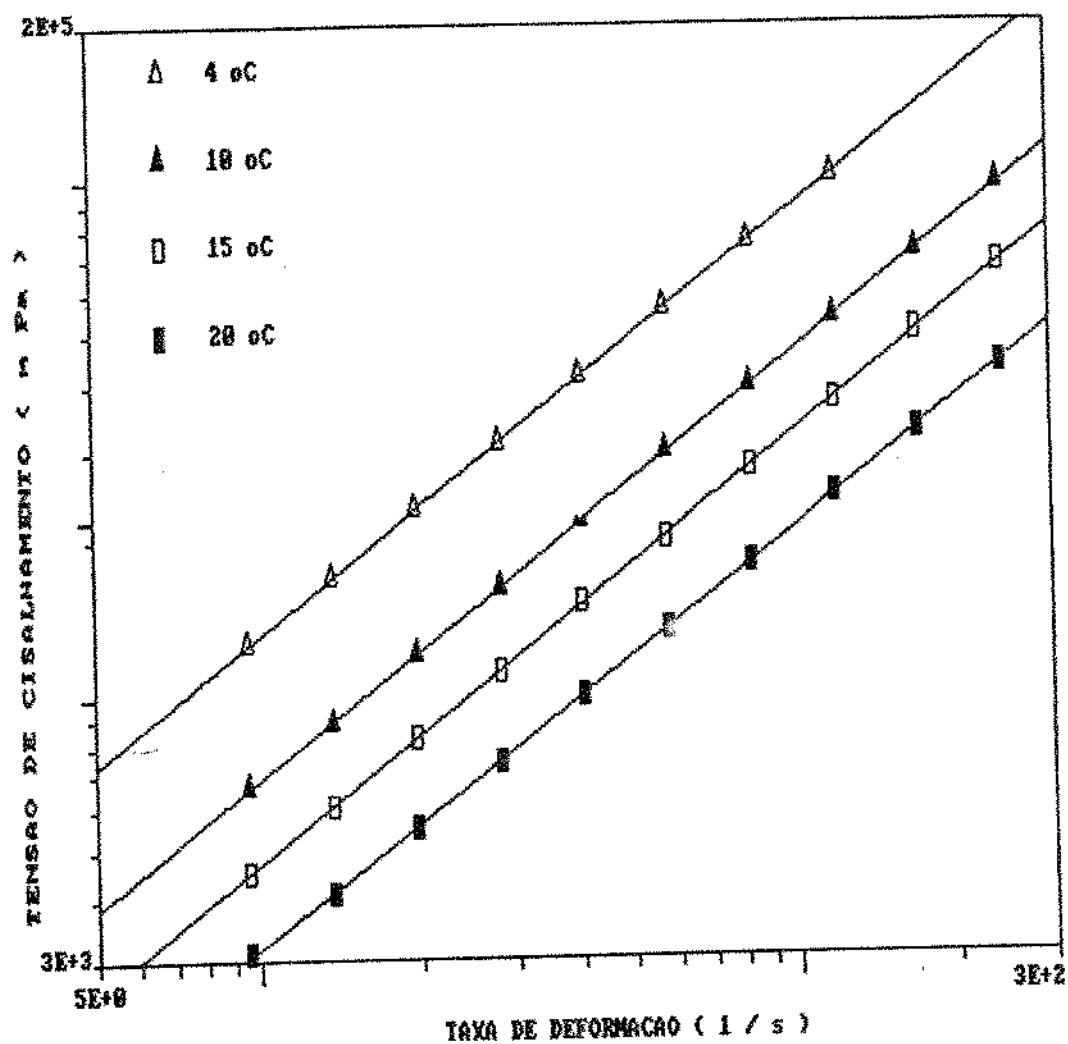


FIGURA 30 - Gráfico bilogarítimico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida, para extrato de café com 56,0% de sólidos solúveis, às temperaturas de 4, 10, 15 e 60°C.

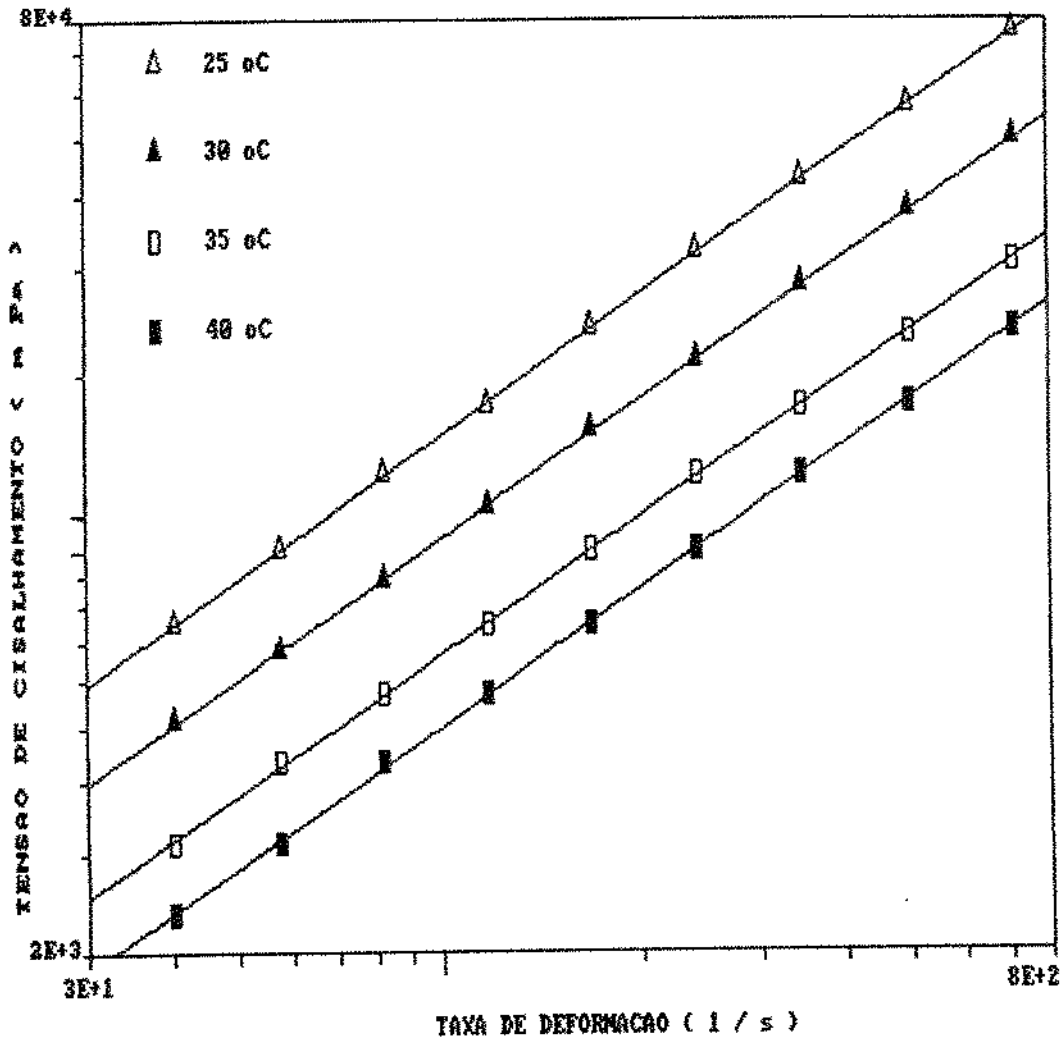


FIGURA 31 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida, para extrato de café com 56,0% de sólidos solúveis, às temperaturas de 25, 30, 35 e 40°C.

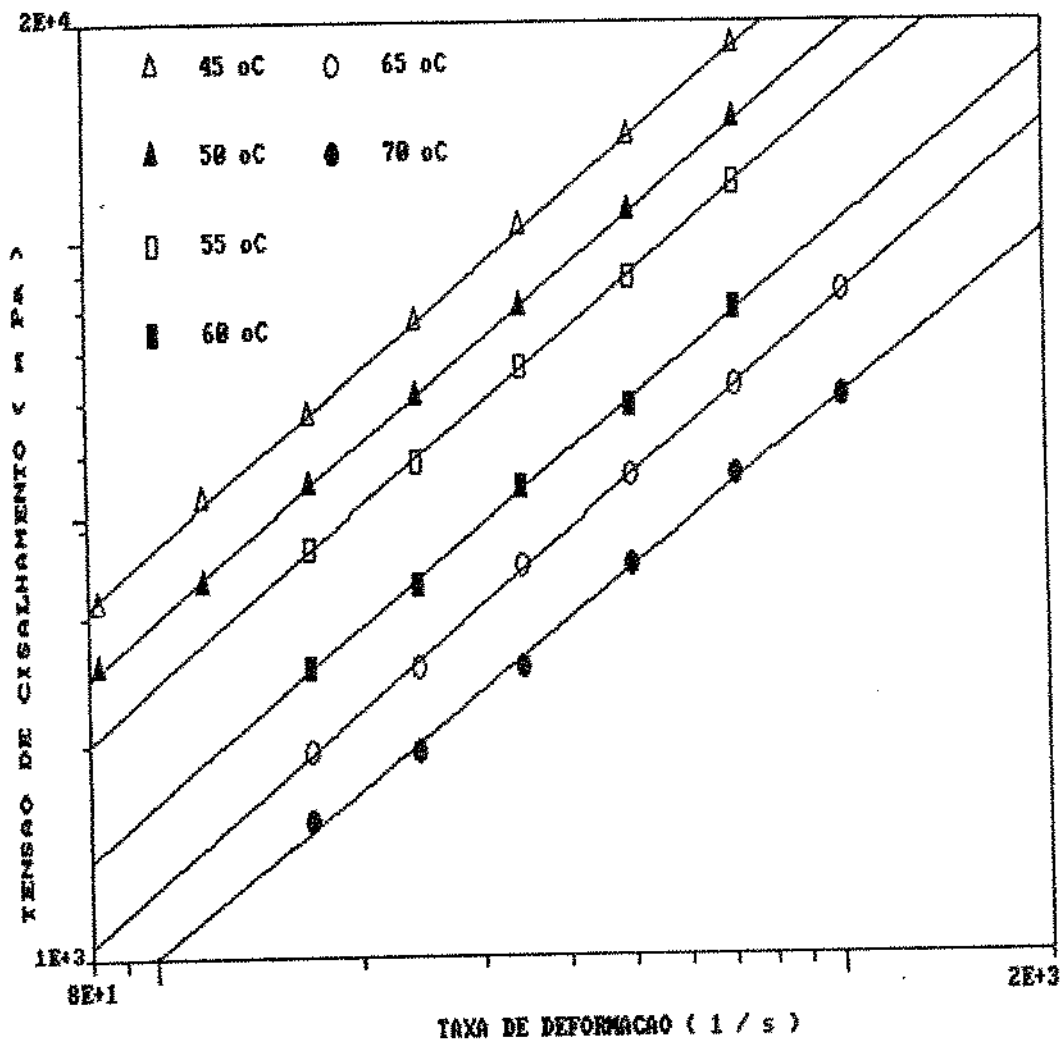


FIGURA 32 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida, para extrato de café com 56,0% de sólidos solúveis, às temperaturas de 45, 50, 55, 60, 65 e 70°C.

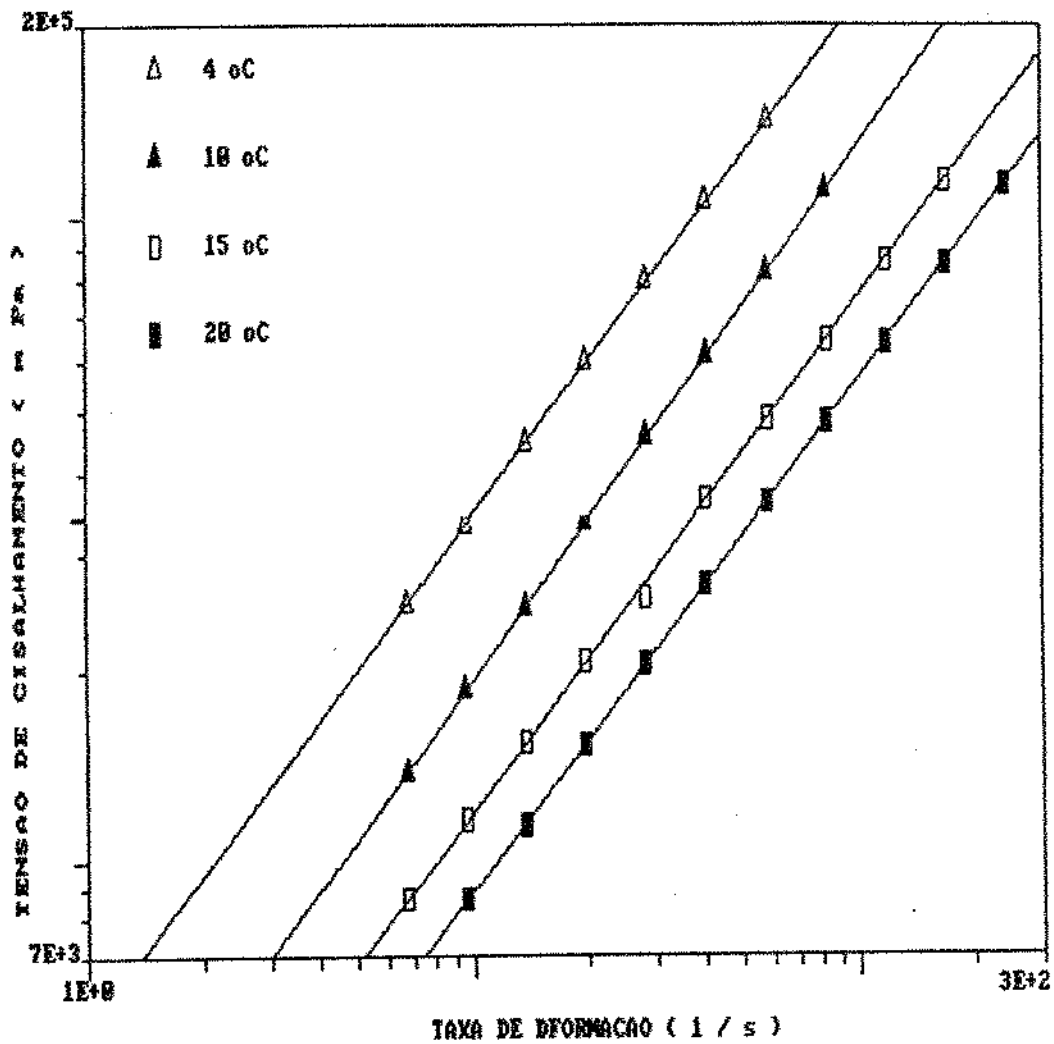


FIGURA 33 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida, para extrato de café com 62,0% de sólidos solúveis, às temperaturas de 4, 10, 15 e 20°C.

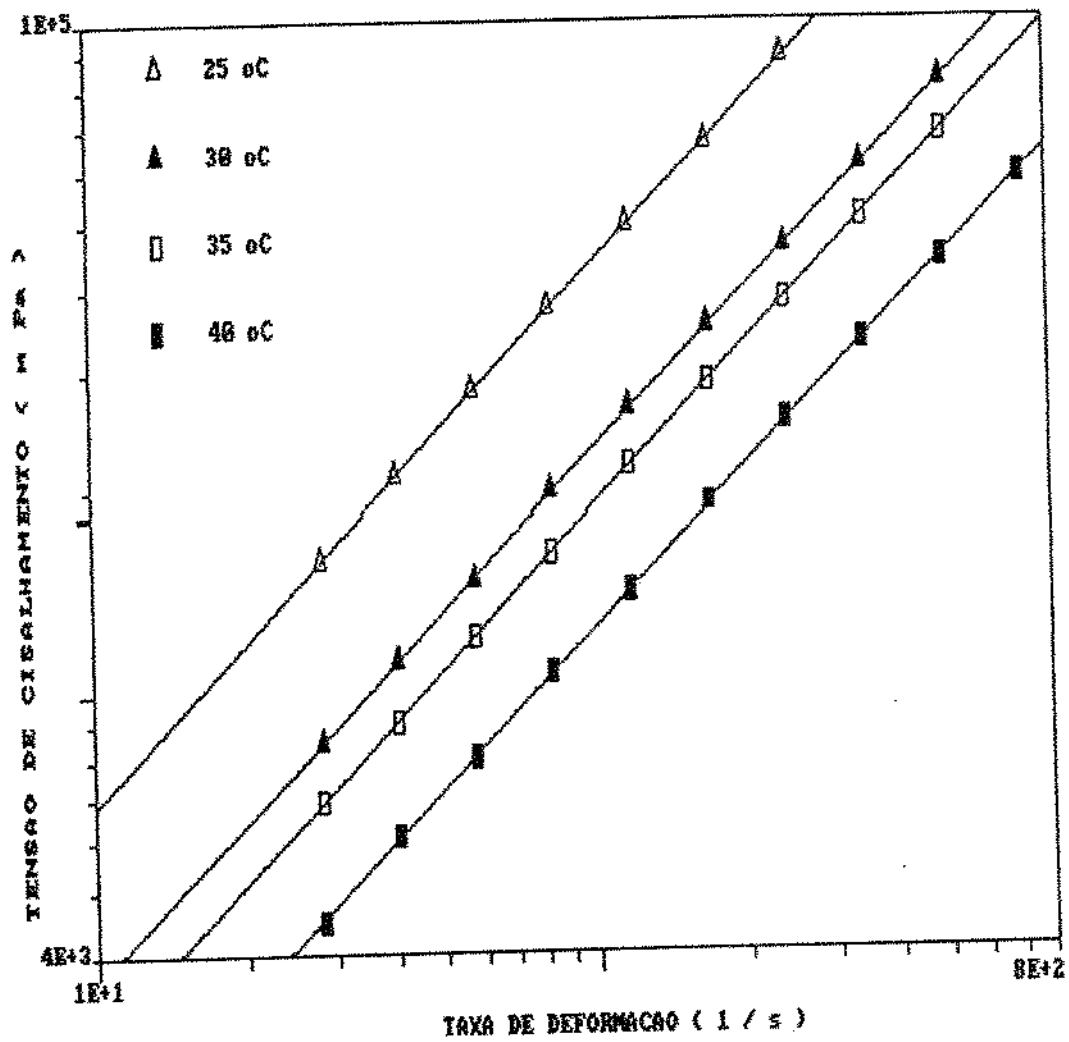


FIGURA 34 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida, para extrato de café com 62,0% de sólidos solúveis, às temperaturas de 25, 30, 35 e 40°C.

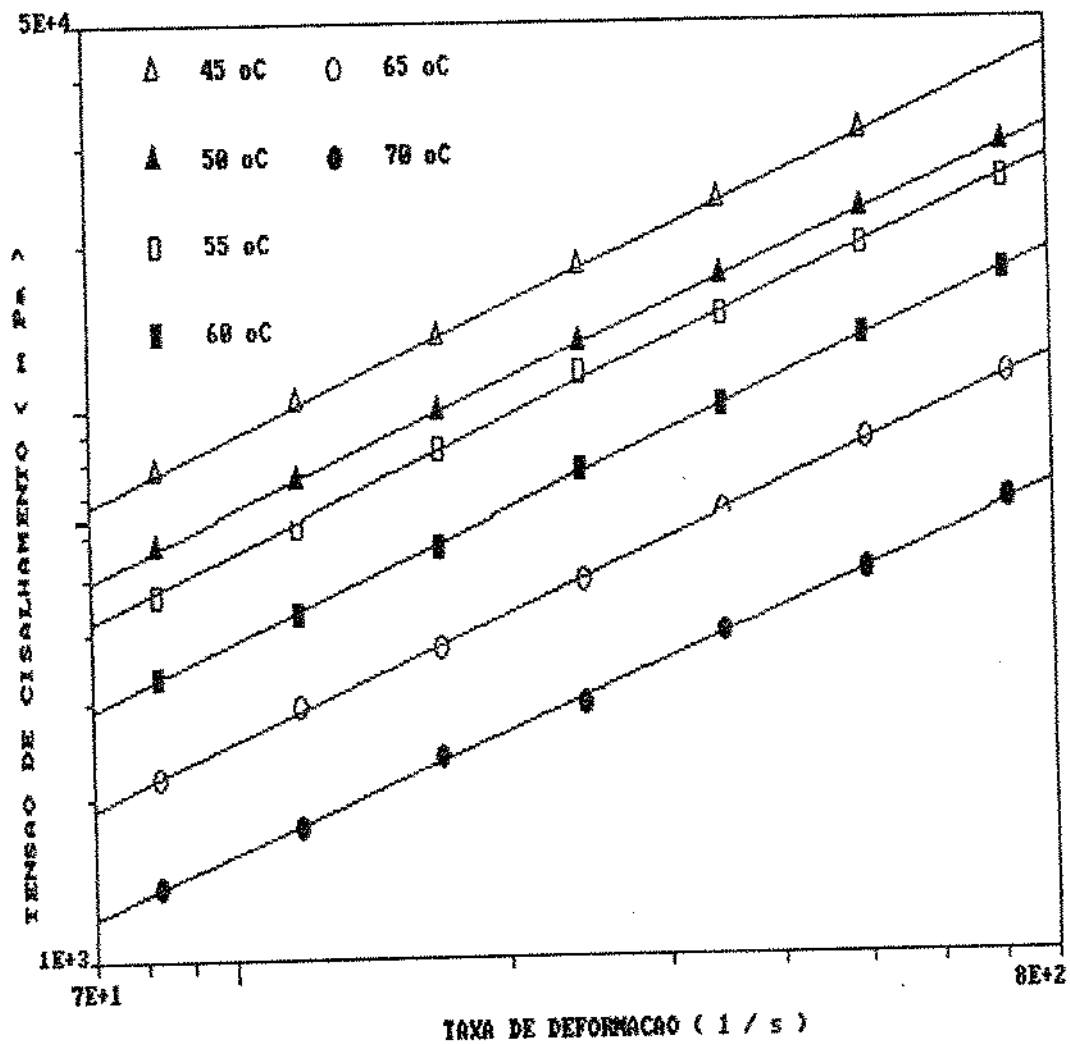


FIGURA 35 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida, para extrato de café com 62,0% de sólidos solúveis, às temperaturas de 45, 50, 55, 60, 65 e 70°C.

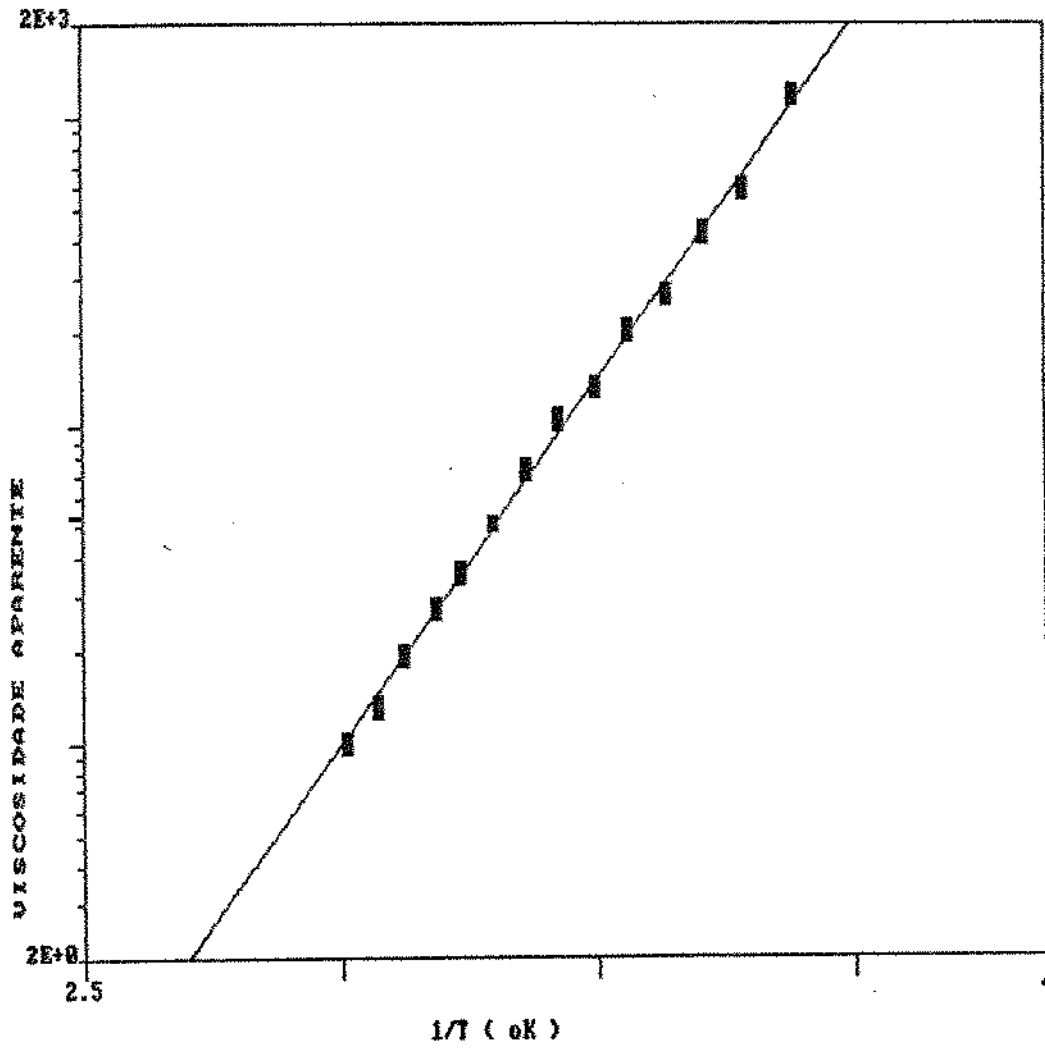


FIGURA 36 - Relação de Arrhenius para extrato de café com 62,0% de sólidos solúveis.

A Tabela 19 apresenta os parâmetros da relação de Arrhenius para extrato de café, em todas as concentrações de sólidos solúveis e temperaturas empregadas no presente trabalho. Observa-se que o valor da energia de ativação do extrato com 60% de sólidos solúveis é da mesma ordem de grandeza que o da solução de sacarose à mesma concentração e próximo ao valor encontrado por VITALI (1983) para suco concentrado de laranja. Isso sugere que os sólidos solúveis desempenham um papel importante no comportamento reológico do extrato de café, assim como em sucos concentrados.

TABELA 19 - Parâmetros da relação de Arrhenius para K e $a, 129.8$, para extrato de café.

Sólidos Solúveis	K_T	E_K (Kcal/mol)	E_η (Kcal/mol)	η_{al} (Pa.s)	Faixa de T (°C)
20,0	$3,62 \times 10^{-7}$	9,22	9,22	$3,63 \times 10^{-7}$	4 - 35
25,0	$1,49 \times 10^{-7}$	9,97	9,97	$1,49 \times 10^{-7}$	4 - 40
30,2	$9,14 \times 10^{-9}$	11,89	11,89	$9,14 \times 10^{-9}$	4 - 45
41,0	$2,86 \times 10^{-8}$	11,90	11,90	$2,86 \times 10^{-8}$	4 - 65
46,5	$6,43 \times 10^{-8}$	12,08	11,40	$1,43 \times 10^{-7}$	4 - 70
50,0	$1,16 \times 10^{-6}$	11,16	11,40	$4,09 \times 10^{-7}$	4 - 70
56,0	$3,52 \times 10^{-7}$	12,28	12,78	$5,94 \times 10^{-8}$	4 - 70
62,0	$5,80 \times 10^{-7}$	12,58	13,24	$6,77 \times 10^{-8}$	4 - 70

4.5. Efeito da concentração de sólidos solúveis sobre o comportamento reológico de extrato de café

VITALI (1983) verificou que a equação tipo potência, para representar a dependência da viscosidade aparente com a concentração de sólidos (equação 4.5.), não se aplica para sucos de laranja. Verificou ainda que soluções de sacarose, a partir de dados obtidos de BATES e col. (1942) seguem qualitativamente o mesmo comportamento que os sucos de laranja, ou seja, também não seguem a equação 4.5, concluindo que isto parece indicar que o comportamento reológico é ditado pelos açúcares em alta concentração.

$$\eta_a = \eta_a' \cdot C^{a_1} \quad (4.5)$$

Dada a semelhança de comportamento reológico entre o extrato de café e o suco de laranja concentrado, estudado por VITALLI (1983), tentou-se a equação 4.6 do tipo exponencial, válida para uma faixa mais ampla de concentração, utilizada por esse autor:

$$\eta_{a,128,8} = \eta_{ac} \exp(B_{\eta_c} \cdot C) \quad (4.6)$$

onde a concentração (C) representa o teor de sólidos totais, igual ao teor de sólidos solúveis em extrato de café.

A tabela 20 apresenta os parâmetros dessa equação para o extrato de café. A Tabela 21 apresenta os parâmetros da relação exponencial de η_c , em função da concentração para soluções de

sacarose, obtidos de BATES e col. (1942).

TABELA 20 - Valores dos parâmetros da relação exponencial de $\eta_{a,128,8}$ e K em função da concentração de sólidos solúveis para extrato de café.

T(°C)	η_c (Pa.s)	B η_c (% S.S.)	K_c (Pa)	B_{Kc} (% S.S.)
4	$0,19 \times 10^{-3}$	0,15	$0,13 \times 10^{-4}$	0,22
10	$0,19 \times 10^{-3}$	0,14	$0,27 \times 10^{-4}$	0,19
15	$0,17 \times 10^{-3}$	0,13	$0,17 \times 10^{-4}$	0,19
20	$0,14 \times 10^{-3}$	0,14	$0,15 \times 10^{-4}$	0,19
25	$0,74 \times 10^{-4}$	0,14	$0,93 \times 10^{-5}$	0,19
30	$0,70 \times 10^{-4}$	0,13	$0,18 \times 10^{-4}$	0,17
35	$0,51 \times 10^{-4}$	0,13	$0,85 \times 10^{-5}$	0,18
40	$0,26 \times 10^{-4}$	0,13	$0,55 \times 10^{-5}$	0,18
45	$0,17 \times 10^{-4}$	0,14	$0,61 \times 10^{-5}$	0,17
50	$0,76 \times 10^{-5}$	0,14	$0,15 \times 10^{-5}$	0,17
55	$0,70 \times 10^{-5}$	0,14	$0,11 \times 10^{-5}$	0,17
60	$0,98 \times 10^{-5}$	0,13	$0,11 \times 10^{-5}$	0,16
65	$0,84 \times 10^{-5}$	0,13	$0,30 \times 10^{-6}$	0,15
70	$0,80 \times 10^{-5}$	0,11	$0,15 \times 10^{-6}$	0,15

TABELA 21 - Valores dos parâmetros da relação exponencial de η em função da concentração de sacarose.

T (°C)	η_c	B η_c
0	$2,99 \times 10^{-6}$	0,12
10	$5,47 \times 10^{-6}$	0,17
20	$8,12 \times 10^{-6}$	0,15
30	$1,12 \times 10^{-5}$	0,14

4.6. Reologia do extrato de café tratado com o complexo enzimático.

Caracterizado o extrato de café, com teor de sólidos solúveis superior a 45% como um fluido não newtoniano, o extrato tratado pelo complexo enzimático foi caracterizado reologicamente com o mesmo procedimento. Os valores das leituras no aparelho e da tensão de cisalhamento calculada estão apresentados no Anexo 3.

A Tabela 22 apresenta, a partir dos dados originais, os valores calculados dos parâmetros n e k do modelo da lei de potência, confirmando que esse fluido também tem comportamento não newtoniano, caracterizando-se como fluido pseudo plástico. Assim, corrigiram-se os valores de $\dot{\gamma}$ para cada rotação utilizada, através da equação 3.1. Os fatores de correção KOSTW.

foram calculados pela equação 3.2 e se encontram na Tabela 23 e os de $\dot{\gamma}_n$ newtoniano na Tabela 24.

As figuras 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48 e 49 representam os gráficos bilogarítmicas da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação, para o extrato de café tratado com o complexo enzimático, em todas as concentrações e temperaturas experimentais.

Com esses novos valores das constantes K e n, calculou-se, pela lei da potência, a viscosidade aparente do extrato de café para cada concentração de sólidos solúveis e temperatura experimental. Os valores de K corrigidos e de viscosidade aparente, para a rotação de 129,8 r.p.m., são encontrados na Tabela 25. No Anexo 4 estão tabelados os valores de viscosidade aparente para todas as rotações, concentrações de sólidos solúveis e temperaturas experimentais.

Comparando-se os valores de $\eta_{a,129,8}$, obtidos para os extratos de café tratados com o complexo enzimático, com os valores de $\eta_{a,129,8}$ para os não tratados, observa-se redução acentuada na viscosidade aparente para as mesmas concentrações e temperaturas, motivada pela ação catalizadora hidrolítica das enzimas do complexo. Essa redução girou em torno de 1,6 vezes, para extratos menos concentrados e 2,50 vezes para extratos com elevada concentração.

TABELA 22 - Parâmetros do modelo da lei de potência para os dados experimentais de extrato de café tratado com o complexo enzimático nas concentrações e temperaturas experimentais.

X Sólidos solúveis

T (°C)	20,0		25,0		30,0		40,0		45,0		50,0		54,4		59,5	
	K (mPa.s)	n (-)	K (mPa.s)	n (-)	K (mPa.s)	n (-)	K (mPa.s)	n (-)	K (mPa.s)	n (-)	K (mPa.s)	n (-)	K (mPa.s)	n (-)	K (mPa.s)	n (-)
4	1,6	1,00	3,0	1,00	5,0	0,99	43,0	0,99	112,2	0,92	289,1	0,88	748,2	0,83	2027,0	0,80
10	1,4	0,99	2,3	1,00	4,1	0,98	32,3	1,00	80,7	0,93	208,4	0,87	478,6	0,86	1342,0	0,80
15	1,0	1,00	1,8	0,99	3,2	0,99	24,1	1,00	56,9	0,94	145,2	0,89	383,7	0,84	897,0	0,82
20	-	-	1,5	0,98	2,3	1,00	18,0	1,00	42,2	0,94	105,7	0,90	279,2	0,83	609,5	0,80
25	-	-	1,2	1,00	1,8	0,98	14,0	1,00	27,7	0,95	76,2	0,88	197,2	0,83	393,5	0,81
30	-	-	1,0	1,00	1,5	1,00	10,1	0,99	19,4	0,95	52,5	0,88	143,5	0,84	309,6	0,80
35	-	-	-	-	1,2	1,00	8,2	0,98	18,8	0,92	39,6	0,89	96,2	0,86	184,9	0,80
40	-	-	-	-	1,0	0,99	6,5	0,99	9,6	0,96	27,7	0,88	71,9	0,83	121,1	0,83
45	-	-	-	-	-	-	5,3	0,99	8,3	0,95	20,1	0,89	48,1	0,83	89,0	0,82
50	-	-	-	-	-	-	4,0	1,00	6,5	0,92	17,5	0,84	29,7	0,86	62,8	0,82
55	-	-	-	-	-	-	3,3	1,00	5,7	0,91	12,9	0,86	20,7	0,87	38,2	0,84
60	-	-	-	-	-	-	1,8	0,98	4,6	0,91	9,1	0,87	17,3	0,85	26,7	0,83
65	-	-	-	-	-	-	1,3	0,99	3,9	0,90	6,1	0,87	13,2	0,85	24,0	0,80
70	-	-	-	-	-	-	1,0	1,00	2,5	0,93	5,0	0,86	9,3	0,84	17,9	0,81

TABELA 23 - Valores dos fatores de correção de Ostwald utilizados nos experimentos, para extrato de café tratado com o complexo enzimático.

T (°C)	% Sólidos solúveis			
	45,0	50,0	54,5	59,5
	K _{ostw}			
4	1,005	1,007	1,011	1,012
10	1,005	1,008	1,009	1,012
15	1,004	1,006	1,010	1,012
20	1,004	1,006	1,011	1,012
25	1,003	1,007	1,011	1,012
30	1,003	1,007	1,010	1,012
35	1,003	1,006	1,009	1,012
40	1,002	1,007	1,011	1,011
45	1,005	1,006	1,011	1,012
50	1,005	1,010	1,009	1,012
55	1,006	1,009	1,008	1,012
60	1,006	1,008	1,009	1,012
65	1,006	1,008	1,009	1,012
70	1,005	1,009	1,010	1,012

TABELA 24 - Valores da taxa de deformação, corrigidos para extrato de café tratado com o complexo enzimático.

T (°C)	Posição	% Sólidos solúveis			
		45,0	50,0	54,5	59,5
		$\dot{\gamma}$ corrigido (1/s)			
4	1	-	-	-	6,73
	2	-	-	-	9,62
	3	-	-	-	13,77
	4	-	-	19,69	19,71
	5	-	-	28,21	28,23
	6	-	40,18	40,34	40,38
	7	57,48	57,60	57,83	57,89
	8	82,21	82,37	82,70	82,78
	9	117,68	117,92	118,39	118,50
	10	168,43	168,77	169,44	169,61
	11	241,20	241,68	242,64	-
	12	344,71	345,40	346,77	-
	13	494,46	495,44	-	-
	14	707,52	708,92	-	-
	15	-	-	-	-
10	1	-	-	-	6,73
	2	-	-	-	9,62
	3	-	-	-	13,77
	4	-	-	19,65	19,71
	5	-	28,15	28,21	28,23
	6	-	40,22	26	40,38
	7	57,48	57,66	57,53	57,89
	8	82,21	82,45	82,53	82,78
	9	117,68	118,04	118,15	118,50
	10	168,43	168,94	169,11	169,61
	11	241,20	241,92	242,16	-
	12	344,71	345,74	346,09	-
	13	494,46	496,94	-	-
	14	707,52	709,63	-	-
	15	-	1.016,32	-	-

Continuação da Tabela 24.

		Sólidos solúveis			
T (°C)	Posição	45,0	50,0	54,5	59,5
		$\dot{\gamma}$ corrigido (1/s)			
15	1	-	-	-	6,73
	2	-	-	-	9,62
	3	-	-	-	13,77
	4	-	-	19,67	19,71
	5	-	-	28,18	28,23
	6	-	40,14	40,30	40,38
	7	57,43	57,54	57,77	57,89
	8	82,13	82,29	82,62	82,78
	9	117,57	117,80	118,27	118,50
	10	168,27	168,60	169,28	169,61
	11	240,96	241,44	242,40	-
	12	344,37	345,06	346,43	-
	13	493,97	494,95	496,92	-
	14	706,82	708,22	711,04	-
	15	1.012,03	1.014,21	-	-
20	1	-	-	-	6,73
	2	-	-	-	9,62
	3	-	-	-	13,77
	4	-	-	19,69	19,71
	5	-	-	28,21	28,23
	6	-	40,14	40,34	40,38
	7	57,43	57,54	57,83	57,89
	8	82,13	82,29	82,70	82,78
	9	117,57	117,80	118,39	118,50
	10	168,27	168,60	169,44	-
	11	240,96	241,44	242,64	-
	12	344,37	345,06	346,77	-
	13	493,97	494,95	497,41	-
	14	706,82	708,22	711,74	-
	15	1.012,03	1.014,21	-	-

Continuação da Tabela 24

		Sólidos solúveis			
T (°C)	Posição	45,0	50,0	54,5	59,5
		γ corrigido (1/s)			
25	1	-	-	-	-
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
	5	-	-	-	28,23
	6	-	-	-	40,38
	7	-	-	57,83	57,89
	8	-	-	82,70	82,78
	9	117,45	117,92	118,39	118,50
	10	168,10	168,77	169,44	169,61
	11	240,72	241,68	242,64	242,88
	12	344,03	345,40	346,77	347,12
	13	493,48	495,44	497,41	497,90
	14	707,11	708,92	711,74	712,45
	15	1.011,02	1.015,37	1.019,10	1.020,30
30	1	-	-	-	-
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
	5	-	-	-	28,23
	6	-	-	-	40,38
	7	-	-	57,77	57,89
	8	-	-	82,62	82,78
	9	117,45	117,92	118,27	118,50
	10	168,10	168,77	169,28	169,61
	11	240,72	241,68	242,40	242,88
	12	344,03	345,40	346,43	347,12
	13	493,48	495,44	496,92	497,90
	14	706,11	708,92	711,04	712,45
	15	1.011,02	1.015,38	1.018,85	1.020,13

Continuação da Tabela 24

T (°C)	Posição	Sólidos solúveis			
		45,0	50,0	54,5	59,5
		γ corrigido (1/s)			
35	1	-	-	-	-
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
	5	-	-	-	-
	6	-	-	-	-
	7	-	-	57,83	57,89
	8	-	-	82,70	82,78
	9	117,68	117,92	118,39	118,50
	10	168,43	168,77	169,44	169,61
	11	241,20	241,68	242,64	242,88
	12	344,71	345,71	346,77	347,90
	13	494,46	495,44	497,41	497,45
	14	707,52	708,92	711,74	1.020,13
	15	1.013,15	1.015,38	1.019,75	-
40	1	-	-	-	-
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
	5	-	-	-	-
	6	-	-	-	-
	7	-	-	57,83	57,83
	8	-	-	82,70	82,70
	9	117,33	117,92	118,39	118,39
	10	167,93	168,77	169,44	169,44
	11	241,20	241,68	242,64	242,64
	12	343,69	345,44	346,77	346,77
	13	492,98	495,44	497,41	497,41
	14	705,41	708,92	711,74	711,74
	15	1.010,51	1.015,37	1.019,11	1.019,11

Continuação da Tabela 24

		Sólidos solúveis			
T (°C)	Posição	45,0	50,0	54,5	59,5
		γ corrigido (1/s)			
45	1	-	-	-	-
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
	5	-	-	-	-
	6	-	-	-	-
	7	-	-	-	-
	8	-	-	-	82,78
	9	-	117,70	118,15	118,50
	10	168,10	168,60	169,11	169,61
	11	241,72	241,44	242,16	242,88
	12	344,03	345,06	346,09	347,12
	13	494,48	494,95	496,43	497,90
	14	706,11	708,22	710,34	712,45
	15	1.011,02	1.014,20	1.017,78	1.020,31
50	1	-	-	-	-
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
	5	-	-	-	-
	6	-	-	-	-
	7	-	-	-	-
	8	-	-	-	82,94
	9	-	-	118,15	118,50
	10	168,44	169,11	169,11	169,61
	11	241,20	242,16	242,16	242,88
	12	344,71	346,09	346,09	347,12
	13	494,46	496,43	496,43	497,90
	14	707,52	710,34	710,34	712,45
	15	1.013,54	1.017,11	1.017,07	1.020,78

Continuação da Tabela 24.

		Sólidos solúveis			
T (°C)	Posição	45,0	50,0	54,5	59,5
		γ corrigido (1/s)			
55	1	-	-	-	-
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
	5	-	-	-	-
	6	-	-	-	-
	7	-	-	-	-
	8	-	-	-	82,78
	9	-	-	118,04	118,50
	10	168,61	168,94	168,94	169,61
	11	241,44	241,92	241,92	242,88
	12	345,06	345,74	345,74	347,12
	13	494,95	495,94	495,94	497,90
	14	708,22	709,63	709,63	712,45
	15	1.014,13	1.016,75	1.016,13	1.020,30
60	1	-	-	-	-
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
	5	-	-	-	-
	6	-	-	-	-
	7	-	-	-	-
	8	-	-	-	82,78
	9	-	-	118,15	118,50
	10	168,61	168,94	169,11	169,61
	11	241,44	241,92	242,16	242,88
	12	345,06	345,74	346,09	347,12
	13	493,95	495,94	496,43	497,90
	14	708,22	709,63	710,34	712,45
	15	1.014,15	1.016,02	1.017,01	1.020,09

TABELA 25 - Parâmetros do modelo da lei da potência para $\dot{\gamma}$, corrigido, e viscosidade aparente η_a 129,8 r.p.m., para todas as concentrações de sólidos solúveis e temperaturas experimentais do extrato de café com tratamento enzimático.

T (°C)	% Sólidos solúveis							
	45,0		50,0		54,5		59,5	
	K (mPa)	η_a (mPa)	K (mPa)	η_a (mPa)	K (mPa)	η_a (mPa)	K (mPa)	η_a (mPa)
4	114,4	74,0	287,1	155,0	741,3	310,0	2.009,0	719,0
10	80,2	56,0	207,0	106,0	474,2	231,0	1.330,0	476,0
15	56,7	42,0	144,2	82,0	380,2	167,0	889,0	353,0
20	42,1	31,0	105,2	63,0	276,7	115,0	604,0	216,0
25	27,7	21,0	75,7	41,0	195,4	82,0	361,0	129,0
30	19,4	15,0	52,2	28,0	142,2	63,0	266,0	95,0
35	15,2	10,0	39,3	22,0	95,5	47,0	183,2	66,1
40	9,5	8,6	29,5	16,0	71,3	30,0	119,9	50,0
45	8,3	7,1	20,0	11,4	47,6	20,0	88,1	35,0
50	7,2	5,3	17,4	7,7	40,4	15,0	62,1	24,6
55	5,7	3,6	12,9	6,0	20,6	10,6	37,8	14,2
60	5,2	2,8	8,9	4,3	17,2	8,0	26,4	9,9
65	4,1	2,5	6,1	3,1	13,1	6,1	24,2	8,7
70	2,5	1,7	5,0	2,5	9,2	4,2	17,7	6,7

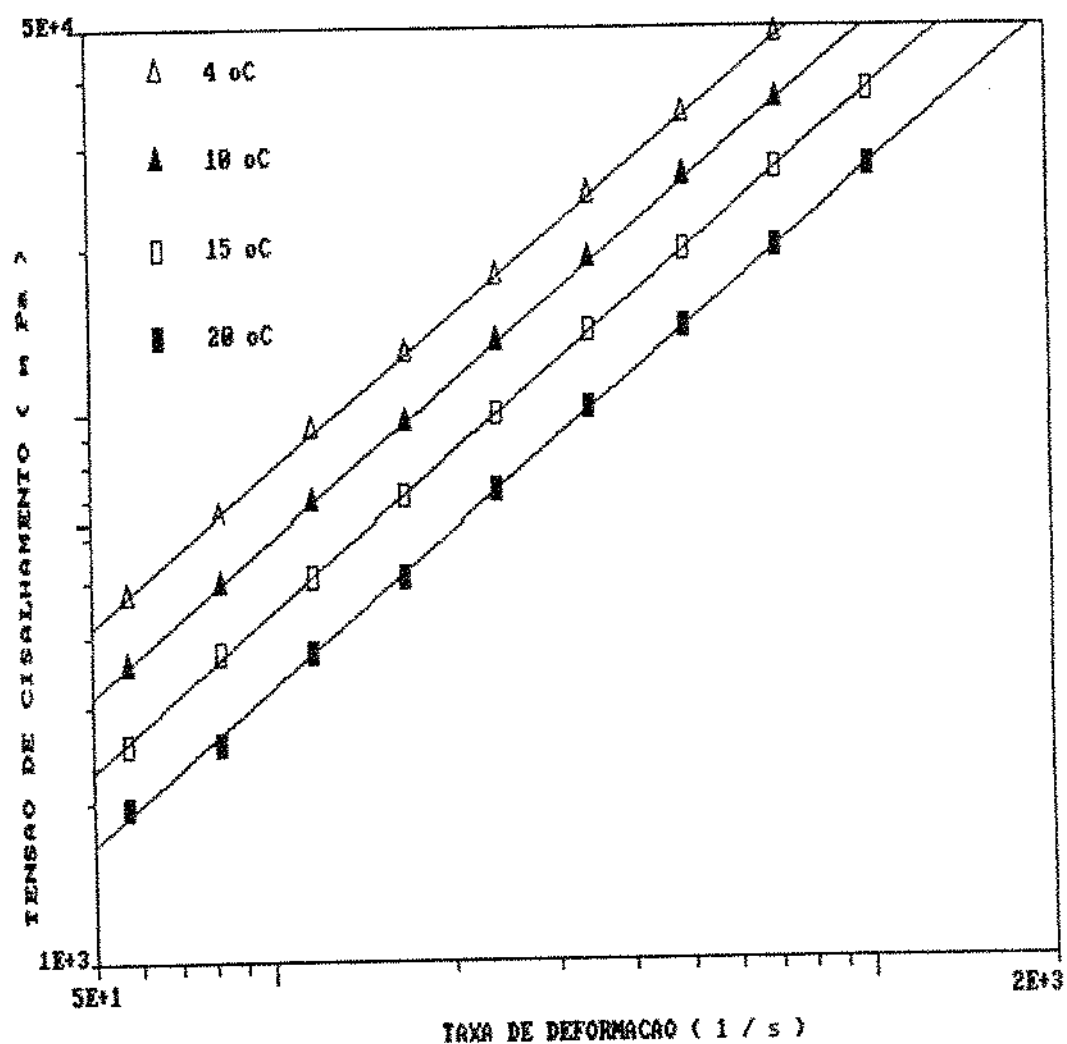


FIGURA 37 - Gráfico bilogarítimico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida, para extrato de café tratado com o complexo enzimático, com 45% de sólidos solúveis às temperaturas de 4, 10, 15, 20°C.

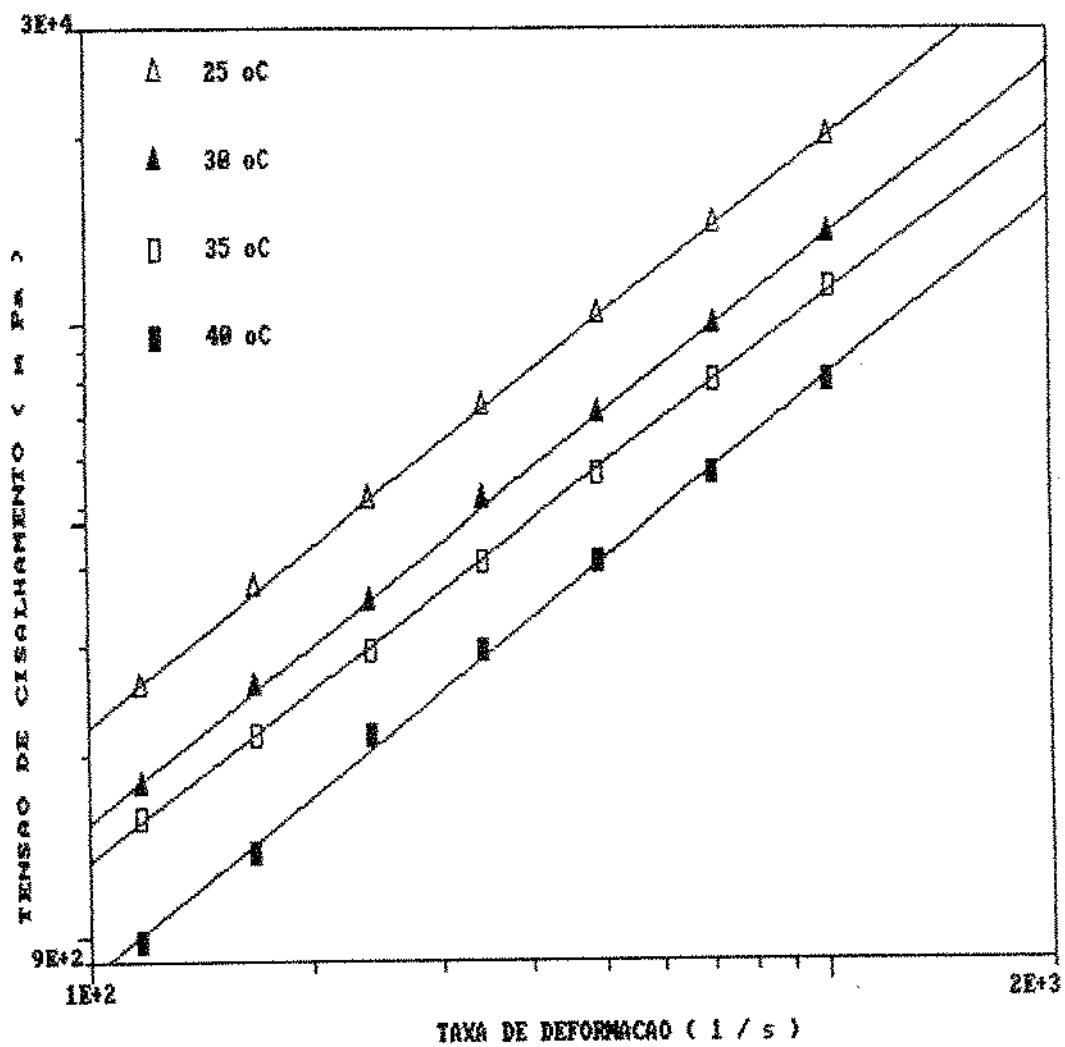


FIGURA 3B - Gráfico bilogarítimico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida, para extrato de café tratado com o complexo enzimático, com 45% de sólidos solúveis às temperaturas de 25, 30, 35 e 40°C.

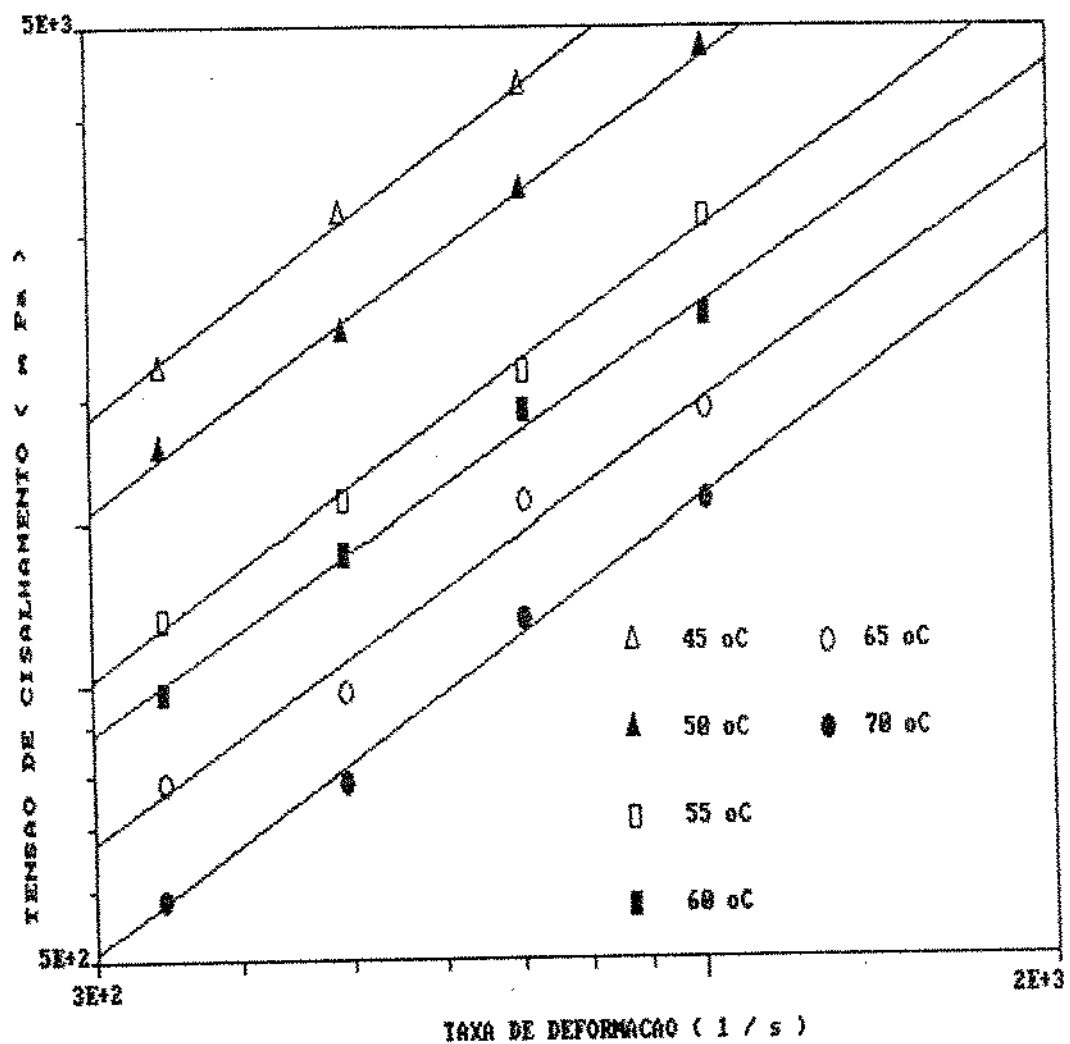


FIGURA 39 - Gráfico bilogarítimico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida, para extrato de café tratado com o complexo enzimático, com 45% de sólidos solúveis às temperaturas de 45, 50, 55, 60, 65 e 70°C.

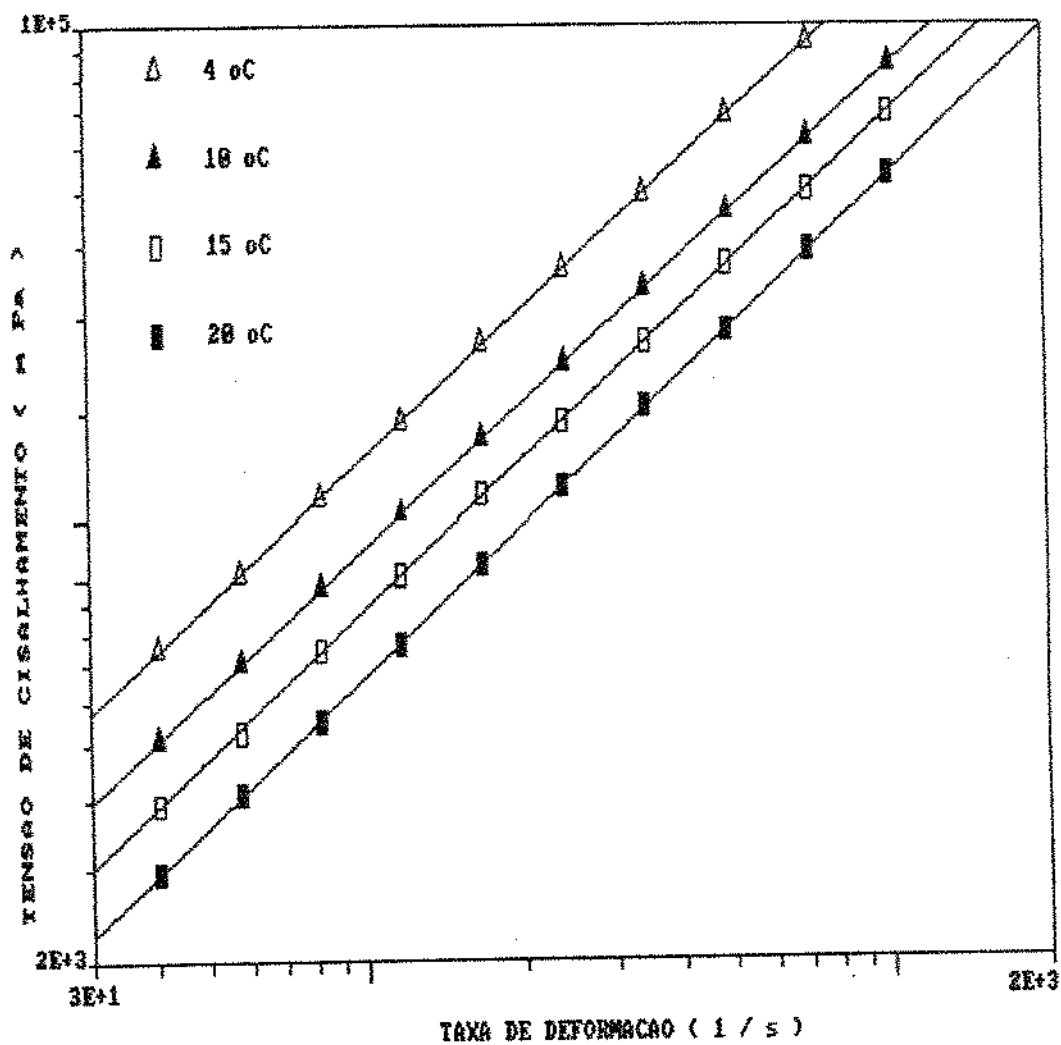


FIGURA 40 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida, para extrato de café tratado com o complexo enzimático, com 50% de sólidos solúveis às temperaturas de 4, 10, 15, e 20°C.

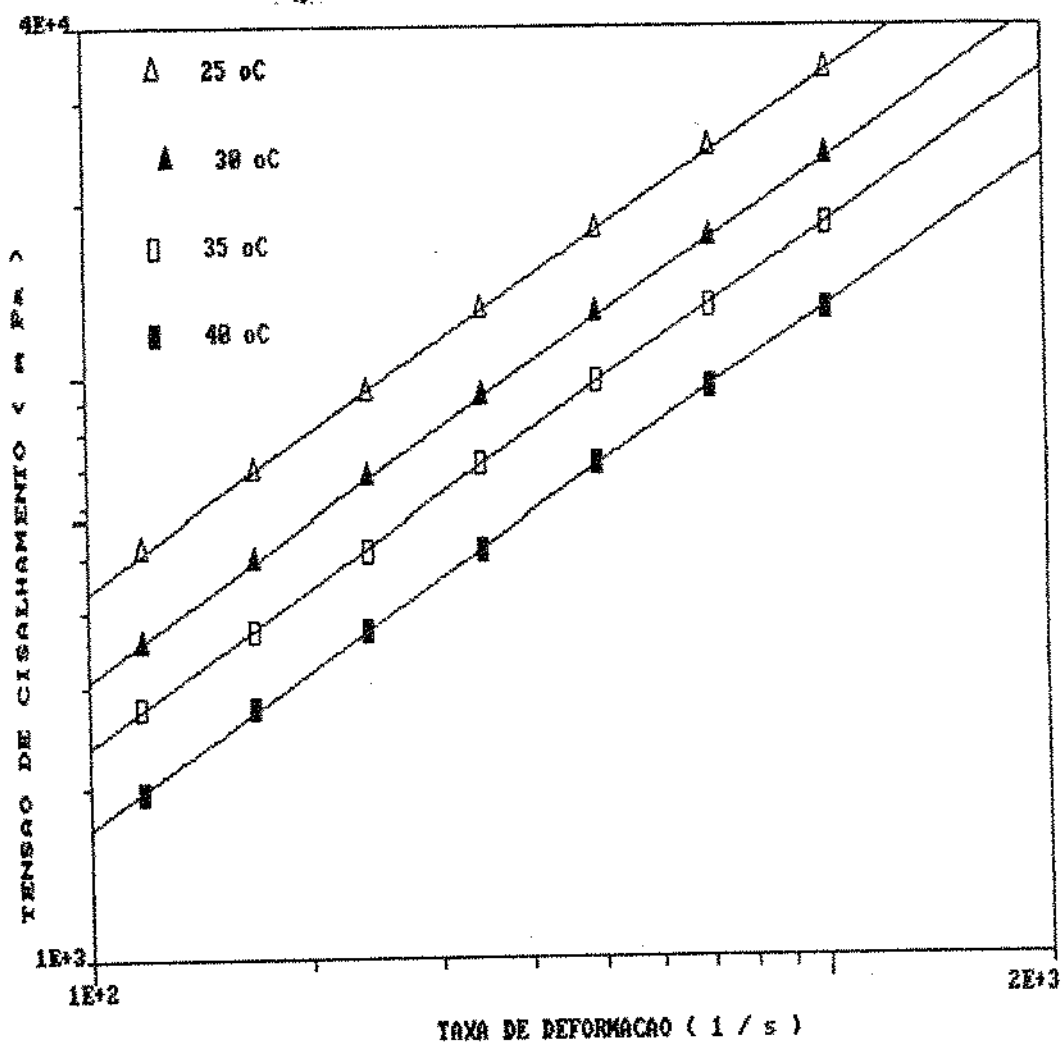


FIGURA 41 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida, para extrato de café tratado com o complexo enzimático, com 50% de sólidos solúveis às temperaturas de 25, 30, 35, e 40°C.

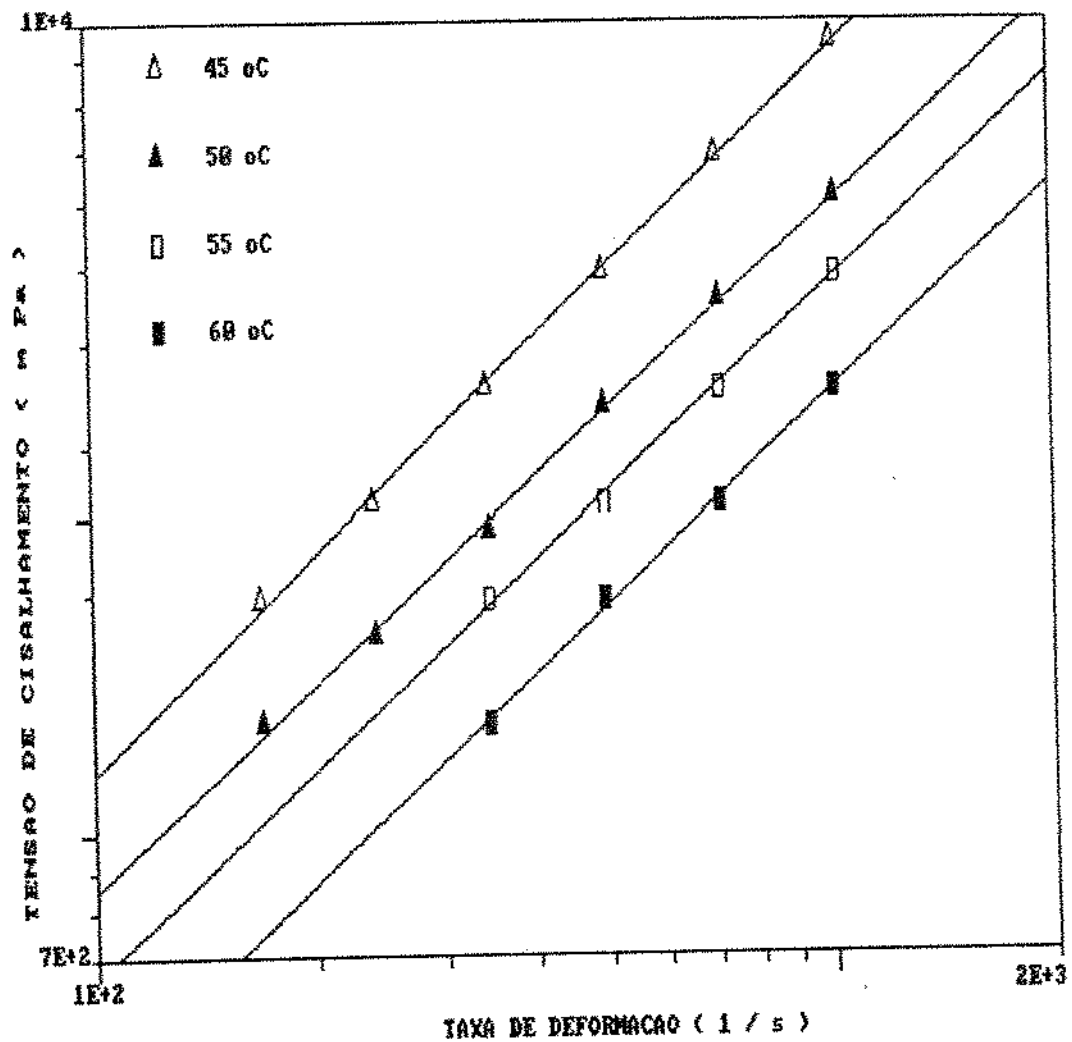


FIGURA 42 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida, para extrato de café tratado com o complexo enzimático, com 50% de sólidos solúveis às temperaturas de 45, 50, 55 e 60°C.

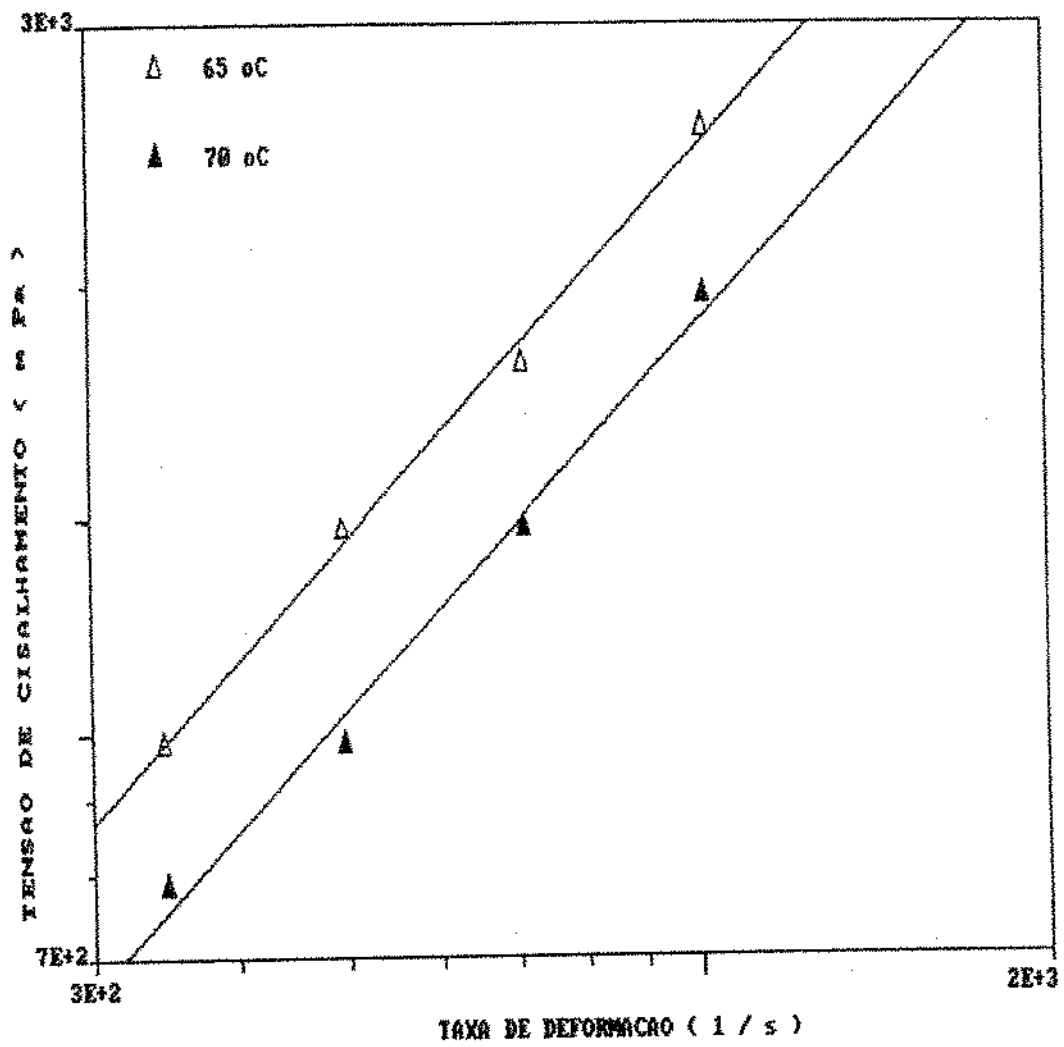


FIGURA 43 - Gráfico bilogaritimico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida, para extrato de café tratado com o complexo enzimático, com 50% de sólidos solúveis às temperaturas de 65 e 70°C.

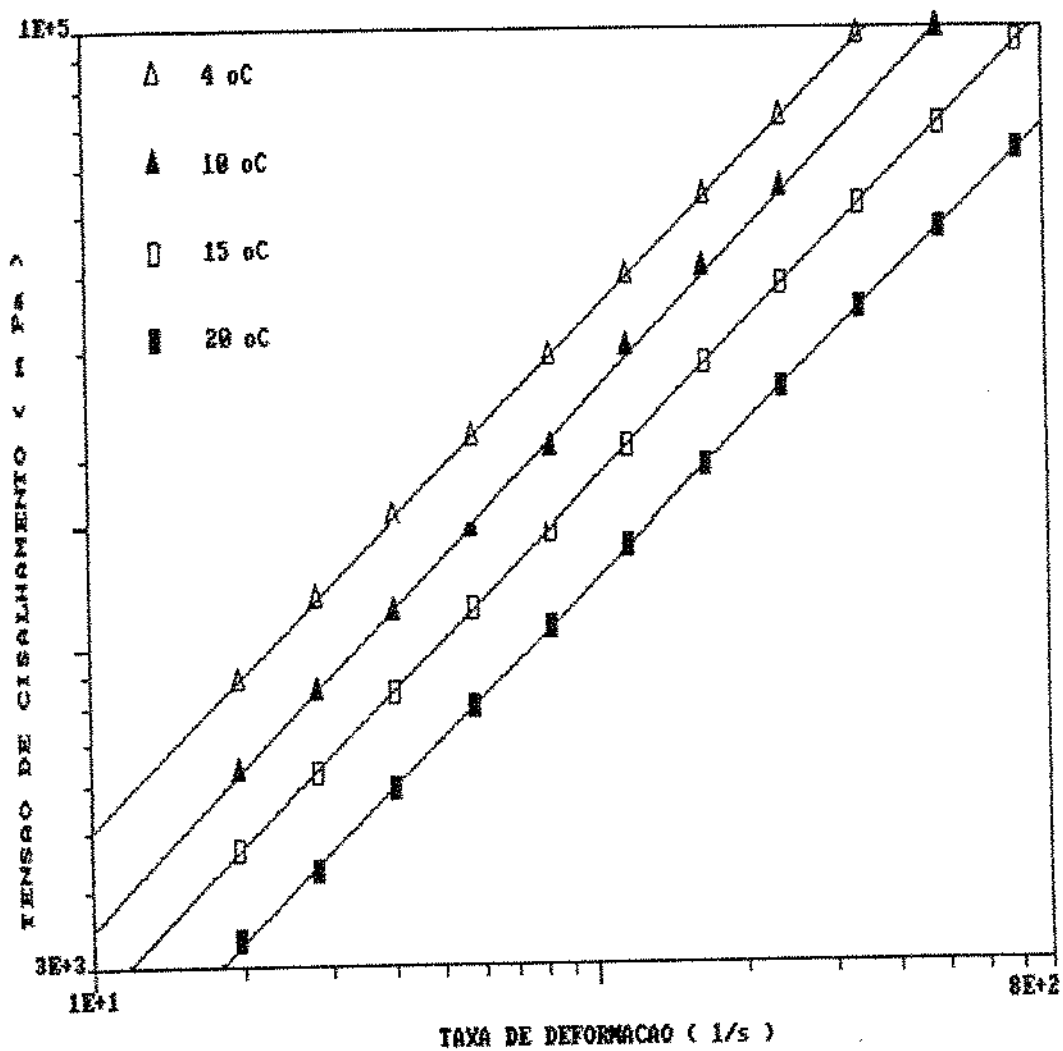


FIGURA 44 - Gráfico bilogarítimico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida, para extrato de café tratado com o complexo enzimático, com 54,5% de sólidos solúveis às temperaturas de 4, 10, 15 e 20°C.

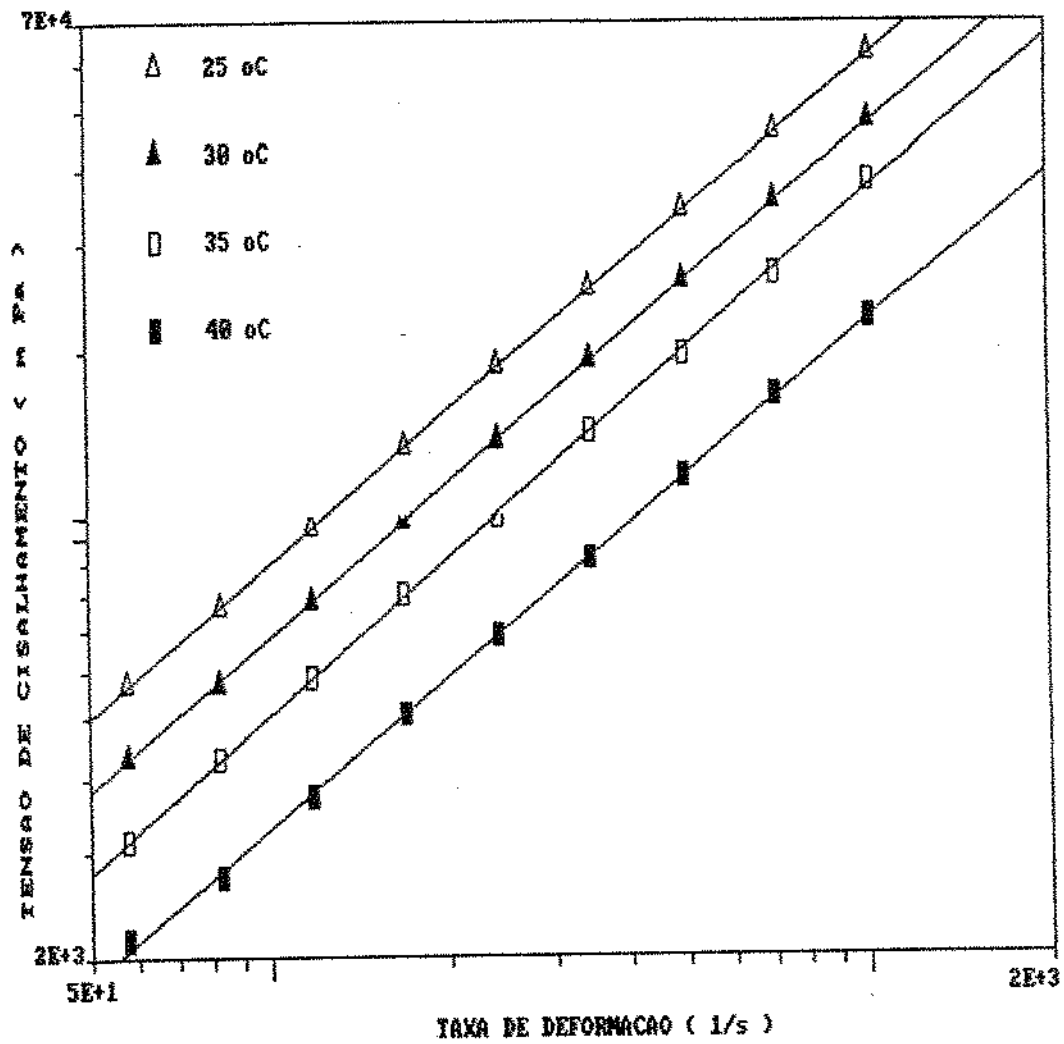


FIGURA 45 - Gráfico bilogarithmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida, para extrato de café tratado com o complexo enzimático, com 54,5% de sólidos solúveis às temperaturas de 25, 30, 35 e 40°C.

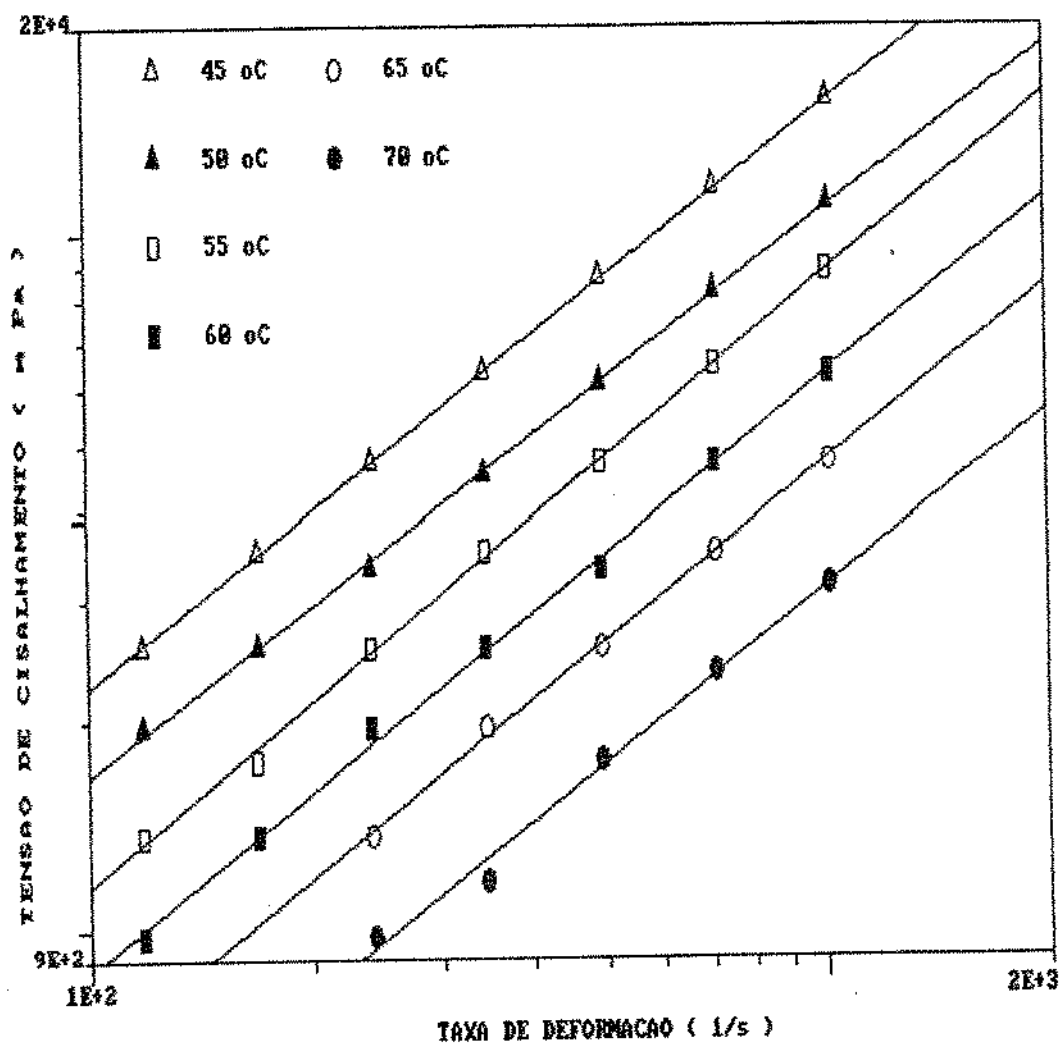


FIGURA 46 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida, para extrato de café tratado com o complexo enzimático, com 54,5% de sólidos solúveis às temperaturas de 45, 50, 55, 60, 65 e 70°C.

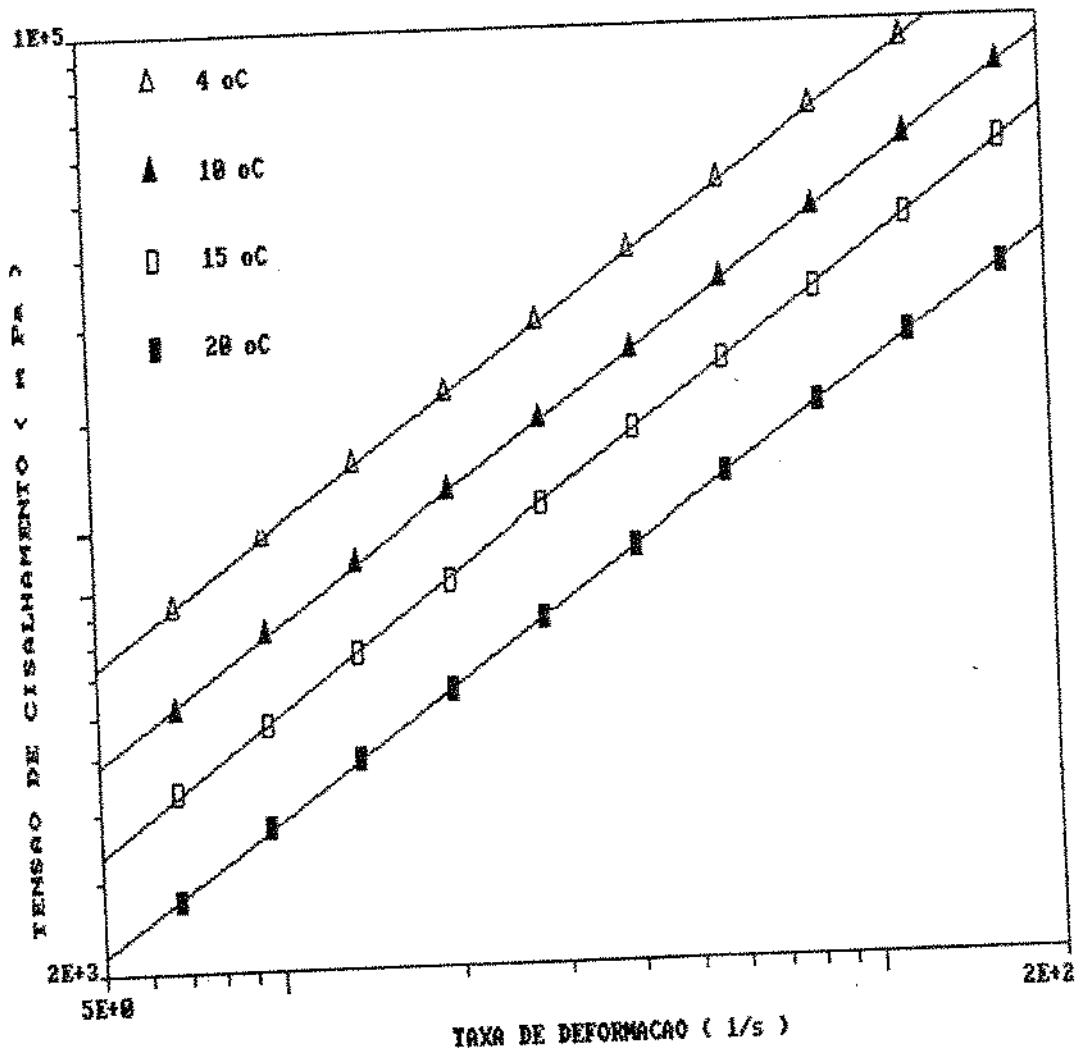


FIGURA 47 - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida, para extrato de café tratado com o complexo enzimático, com 59,5% de sólidos solúveis às temperaturas de 4, 10, 15, 20°C.

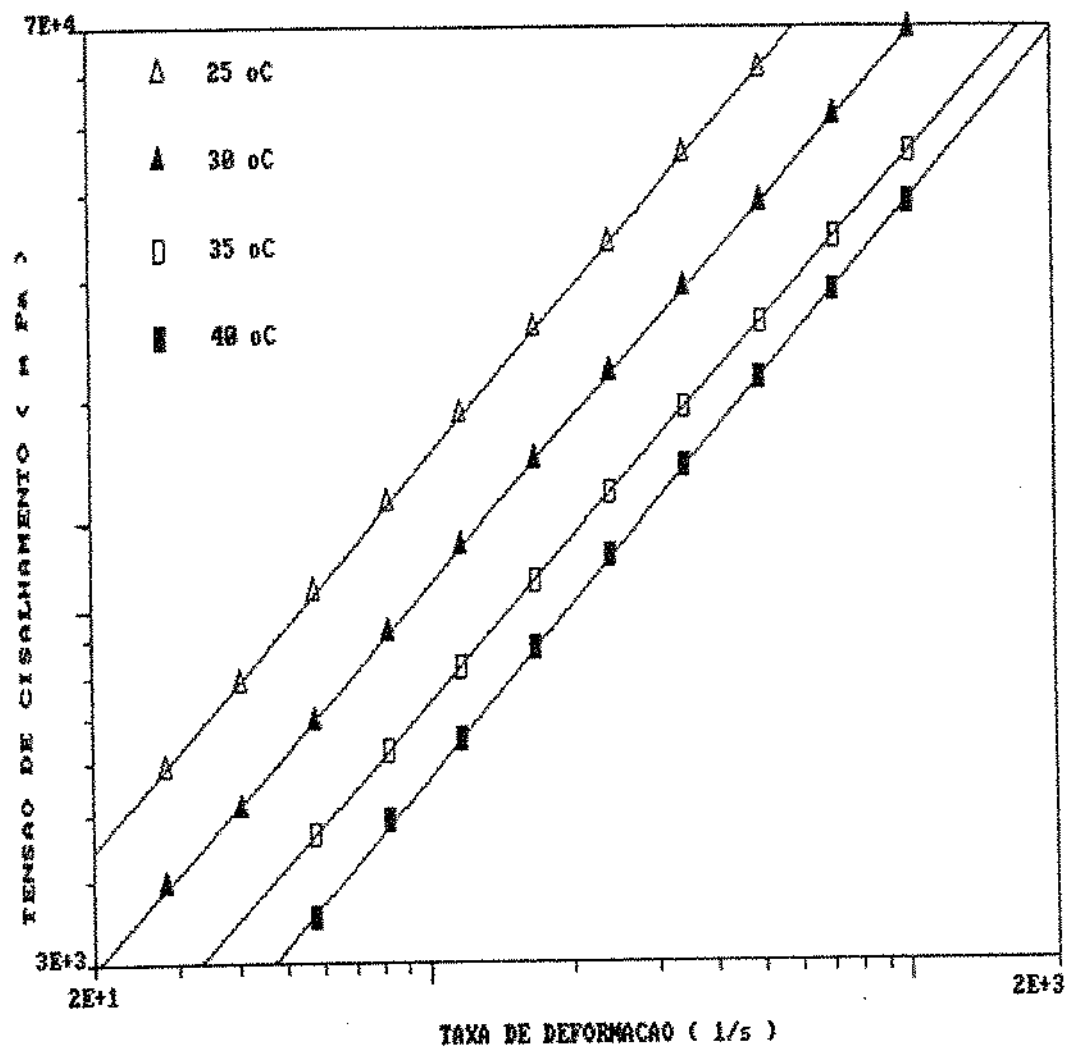


FIGURA 4B - Gráfico bilogarítmico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida, para extrato de café tratado com o complexo enzimático, com 59,5% de sólidos solúveis às temperaturas de 25, 30, 35 e 40°C.

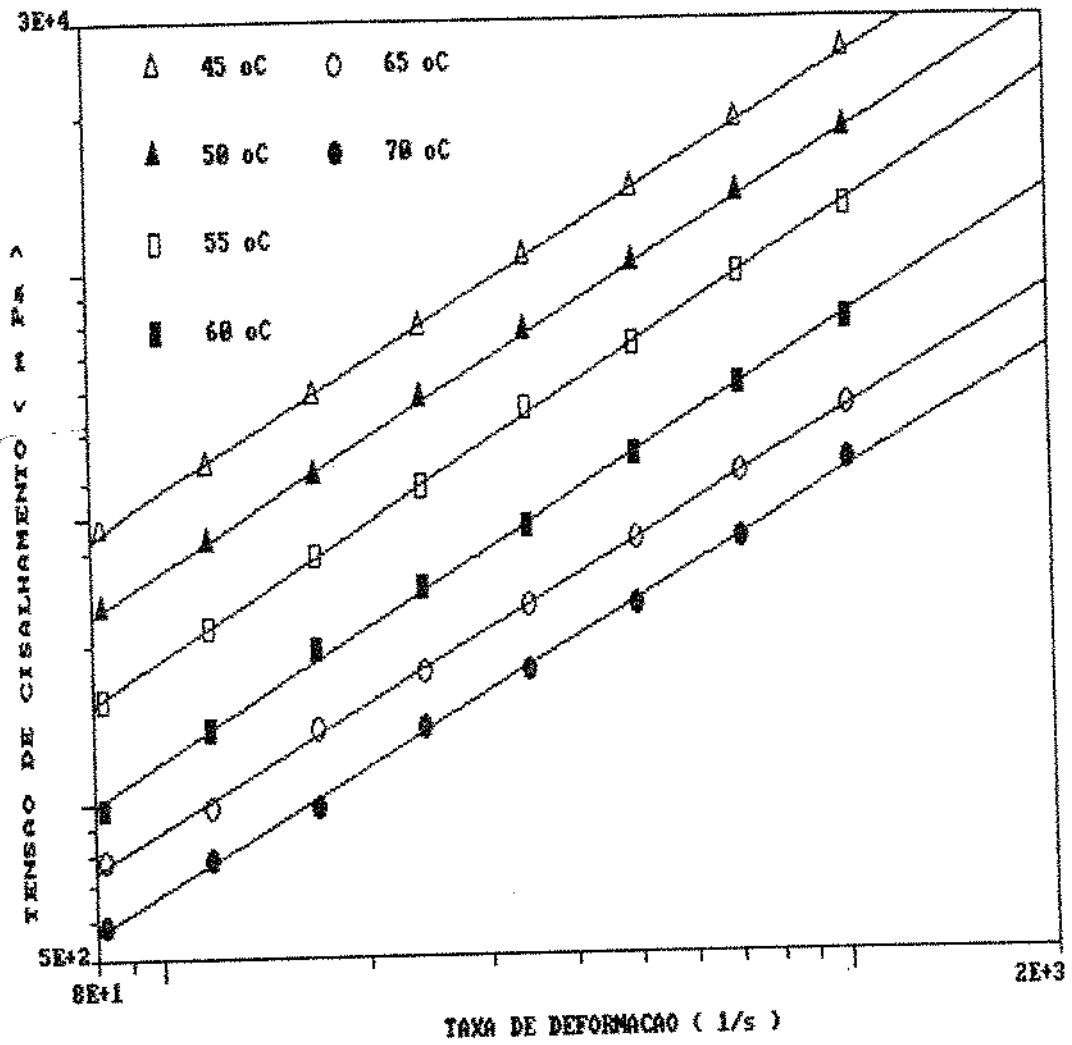


FIGURA 49 - Gráfico bilogarítimico da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação corrigida, para extrato de café tratado com o complexo enzimático, com 59,5% de sólidos solúveis às temperaturas de 45, 50, 55, 60, 65 e 70°C.

4.7. Efeito da temperatura sobre as propriedades reológicas do extrato de café tratado com o complexo enzimático.

A Figura 50 ilustra a aplicação da relação de Arrhenius para a viscosidade aparente correspondente.

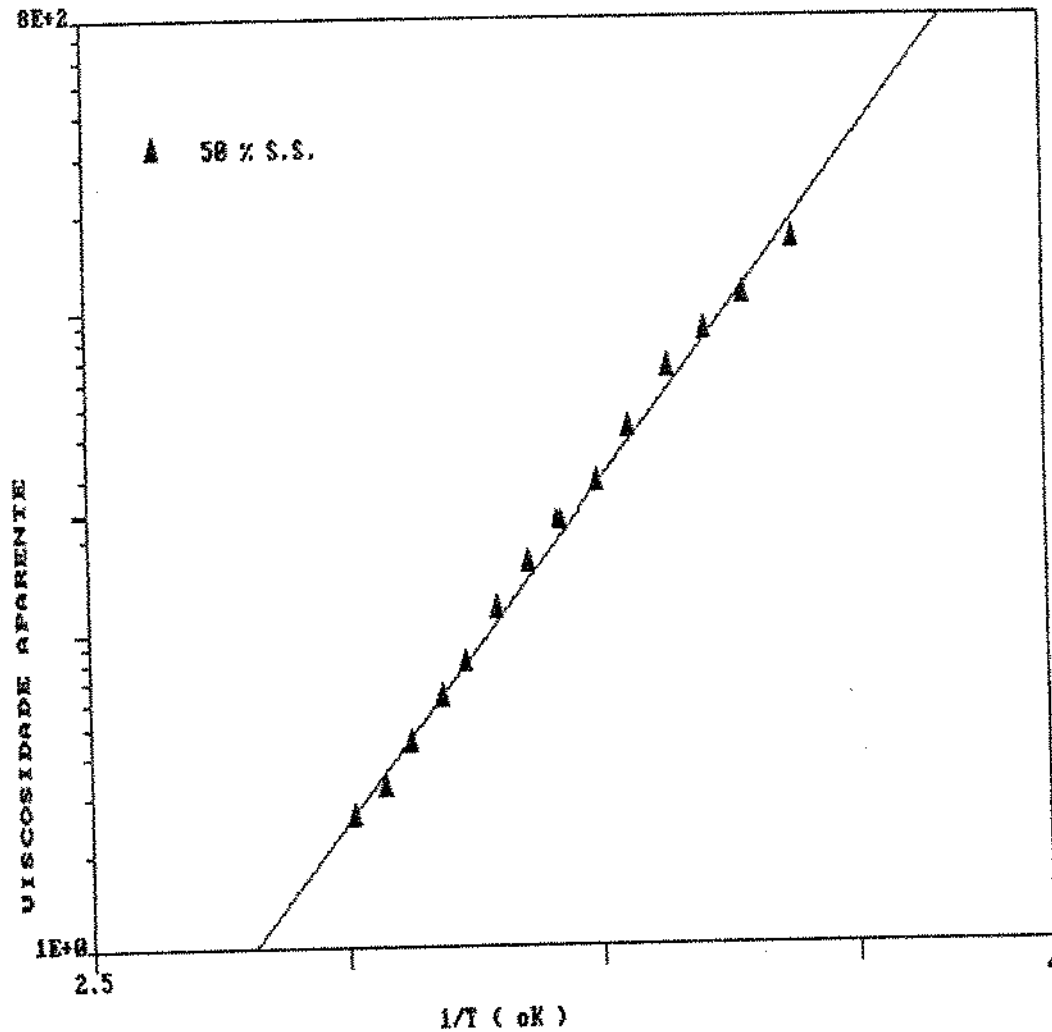


FIGURA 50 - Relação de Arrhenius para extrato de café tratado com o complexo enzimático com 50% de sólidos solúveis.

A Tabela 26 apresenta os parâmetros da relação de Arrhenius para extrato de café tratado com o complexo enzimático para todas as concentrações e temperaturas dos experimentos. Os valores encontrados para energia de ativação são muito próximos àqueles referentes a extrato sem tratamento, indicando que a redução no tamanho dos polímeros não teve influência na energia de ativação.

TABELA 26 - Parâmetros da relação de Arrhenius para K e η_a , 129.8, para extrato de café tratado com o complexo enzimático.

% Sólidos solúveis	K_r	E_k (Kcal/mol)	E_a (Kcal/mol)	Nal (Pa.s)	Faixas de T (°C)
20,0	$3,80 \times 10^{-6}$	7,00	7,00	$3,80 \times 10^{-6}$	4-15
25,0	$8,72 \times 10^{-6}$	7,01	7,01	$8,72 \times 10^{-6}$	4-25
30,0	$2,15 \times 10^{-6}$	8,12	8,12	$2,15 \times 10^{-6}$	4-30
40,0	$1,00 \times 10^{-6}$	9,72	9,72	$1,00 \times 10^{-6}$	4-65
45,0	$4,25 \times 10^{-7}$	10,6	10,90	$2,15 \times 10^{-7}$	4-70
50,0	$3,34 \times 10^{-7}$	11,9	11,4	$7,93 \times 10^{-8}$	4-70
54,5	$1,55 \times 10^{-7}$	12,4	12,3	$7,69 \times 10^{-8}$	4-70
59,5	$1,51 \times 10^{-8}$	14,2	13,9	$8,61 \times 10^{-9}$	4-70

4.8. Efeito da concentração de sólidos solúveis sobre o comportamento reológico do extrato de café tratado com o complexo enzimático

Pelas mesmas razões expostas no item 4.5, utilizou-se a equação 4.6 do tipo exponencial para descrever a dependência da viscosidade aparente com a concentração de sólidos.

A Tabela 27 apresenta os parâmetros de dependência calculados por essa equação para o extrato de café tratado com o complexo enzimático.

4.9. Comparação entre as viscosidades dos extratos de café com e sem tratamento enzimático, em função da variação da temperatura.

As Figuras 51, 52, 53 e 54 representam a variação da viscosidade aparente, η_a , em função da temperatura para as concentrações de 45, 50, 55 e 60% de sólidos solúveis. Observa-se que a diferença de viscosidade aparente entre o extrato não tratado diminui, à medida que aumenta a temperatura sendo menor essa diferença quando se observa a Figura 53 que representa os extratos com 59,5% de sólidos solúveis.

TABELA 27 - Valores dos parâmetros da relação exponencial de $\eta_{a,129}$ e K em função da concentração de sólidos para extrato de café tratado com o complexo enzimático.

T (oC)	η_c (Pa.s)	$B \eta_c$ (% S.S.)	K_c (Pa)	$B K_c$ (% S.S.)
4	$0,52 \times 10^{-4}$	0,16	0,20	$0,14 \times 10^{-4}$
10	$0,51 \times 10^{-4}$	0,15	0,19	$0,14 \times 10^{-4}$
15	$0,41 \times 10^{-4}$	0,15	0,19	$0,12 \times 10^{-4}$
20	$0,36 \times 10^{-4}$	0,15	0,18	$0,96 \times 10^{-5}$
25	$0,36 \times 10^{-4}$	0,14	0,18	$0,83 \times 10^{-5}$
30	$0,31 \times 10^{-4}$	0,14	0,17	$0,84 \times 10^{-5}$
35	$0,28 \times 10^{-4}$	0,13	0,17	$0,82 \times 10^{-5}$
40	$0,25 \times 10^{-4}$	0,11	0,16	$0,10 \times 10^{-4}$
45	$0,10 \times 10^{-3}$	0,09	0,15	$0,13 \times 10^{-4}$
50	$0,84 \times 10^{-4}$	0,09	0,14	$0,12 \times 10^{-4}$
55	$0,11 \times 10^{-3}$	0,08	0,12	$0,24 \times 10^{-4}$
60	$0,51 \times 10^{-4}$	0,08	0,12	$0,11 \times 10^{-4}$
65	$0,32 \times 10^{-4}$	0,08	0,13	$0,58 \times 10^{-5}$
70	$0,25 \times 10^{-4}$	0,08	0,12	$0,48 \times 10^{-5}$

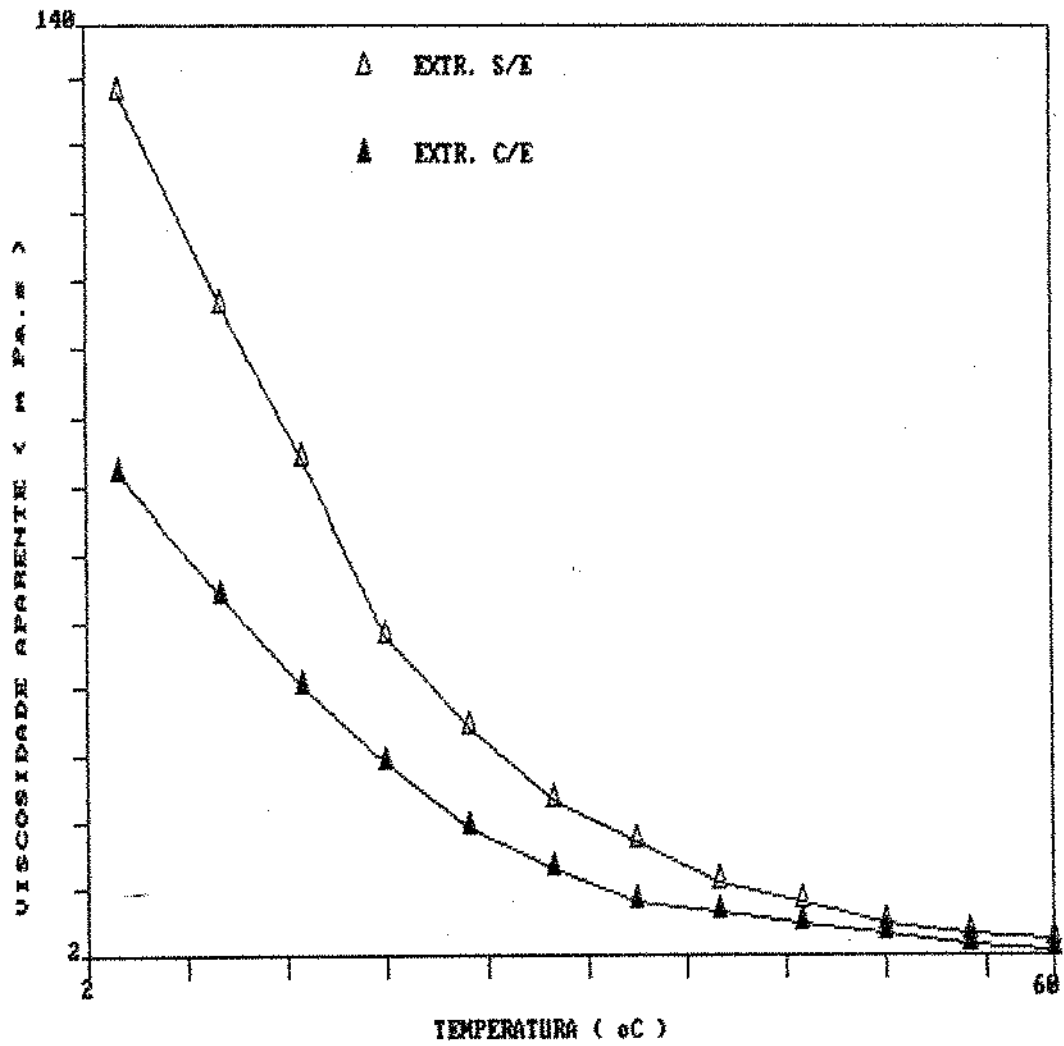


FIGURA 51 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_{a,129,8}$, com a temperatura para extratos de café sem e com tratamento enzimático com 46,5% e 45,0% de sólidos solúveis respectivamente.

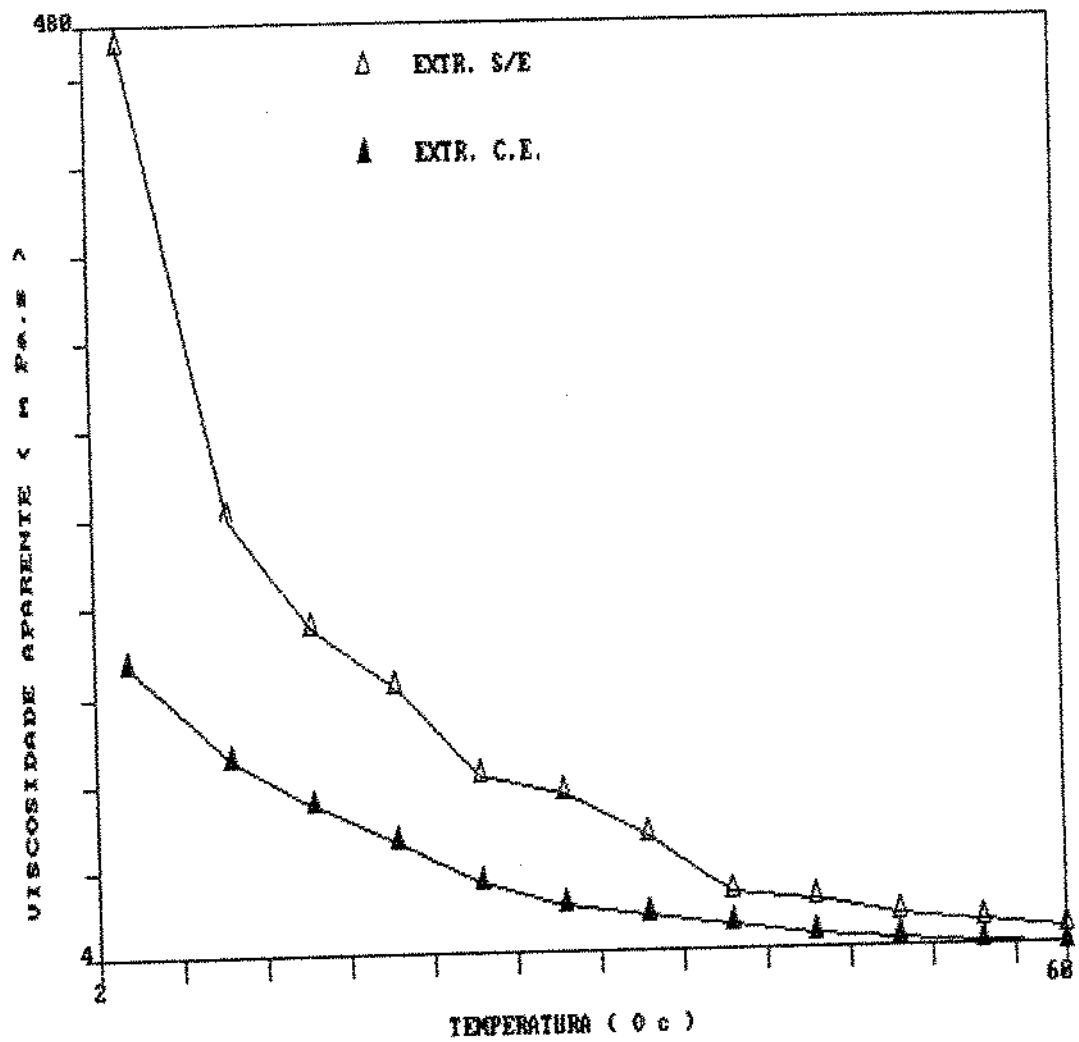


FIGURA 52 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_{a,129,8}$, com a temperatura para extratos de café sem e com tratamento enzimático com 50% de sólidos solúveis.

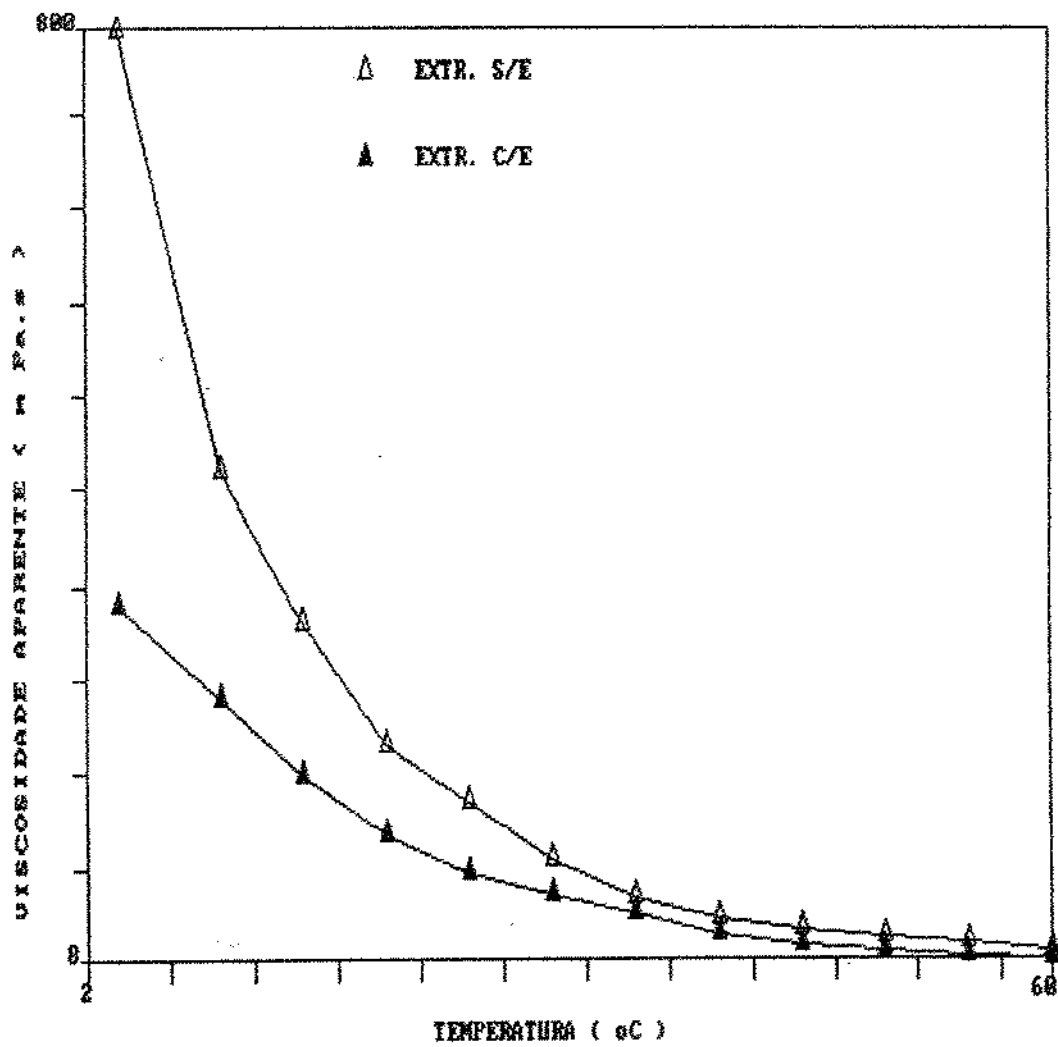


FIGURA 53 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_{a,129,8}$, com a temperatura para extratos de café sem e com tratamento enzimático com 56,0 e 54,4% de sólidos solúveis respectivamente.

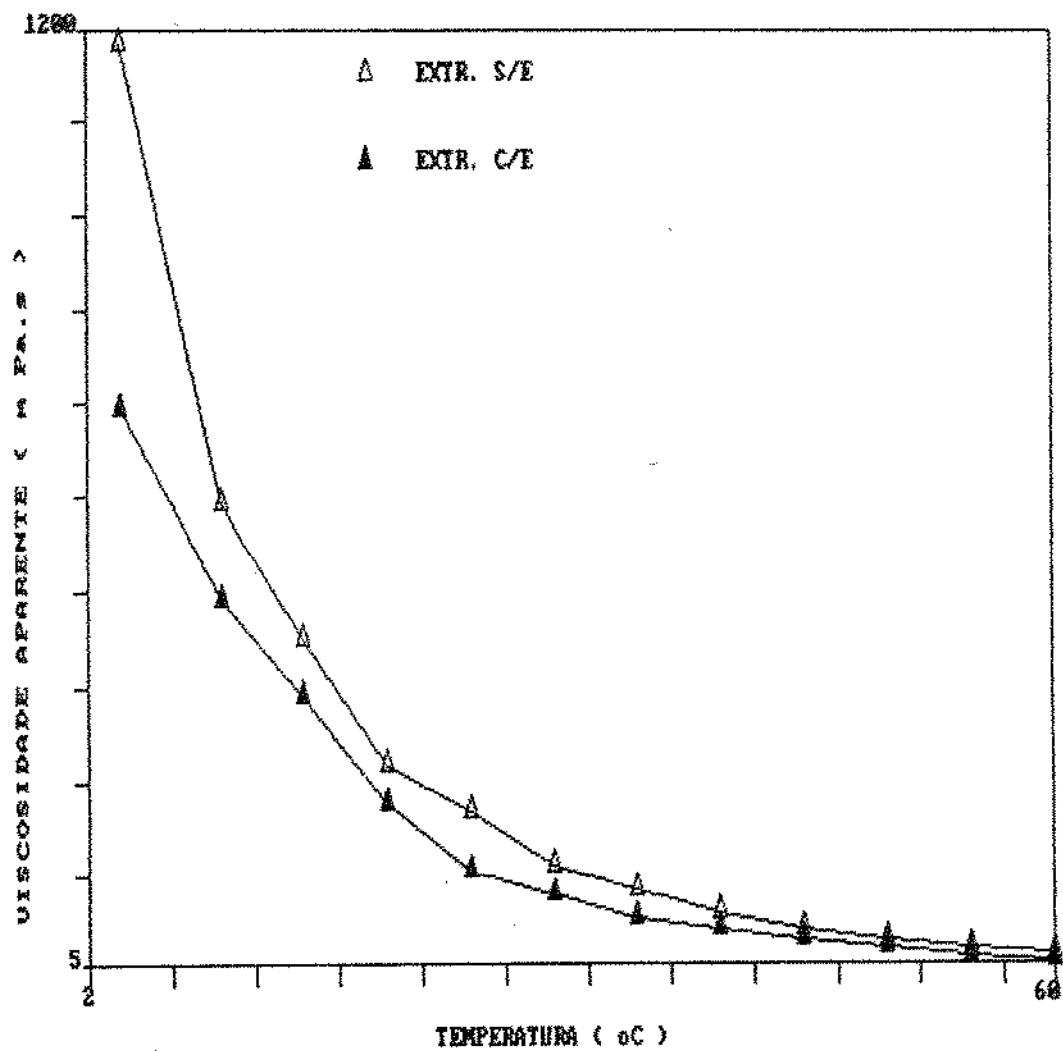


FIGURA 54 - Variação da viscosidade aparente, a, 129,8, com a temperatura para extratos de café sem e com tratamento enzimático com 52,0 e 59,5 % de sólidos solúveis respectivamente.

4.10 - Comparação entre as viscosidades dos extratos de café com e sem tratamento enzimático, em função da variação de concentração de sólidos solúveis.

As Figuras 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67 e 68 representam a variação da viscosidade aparente a,129,8, em função da concentração de sólidos para as temperaturas de 4, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65 e 70°C. Observa-se que, à medida que aumenta a concentração de sólidos solúveis, para todas as temperaturas, aumenta a diferença de viscosidade aparente entre o extrato de café não tratado e o tratado com o complexo enzimático. Essa diferença se acentua à medida que aumenta a temperatura.

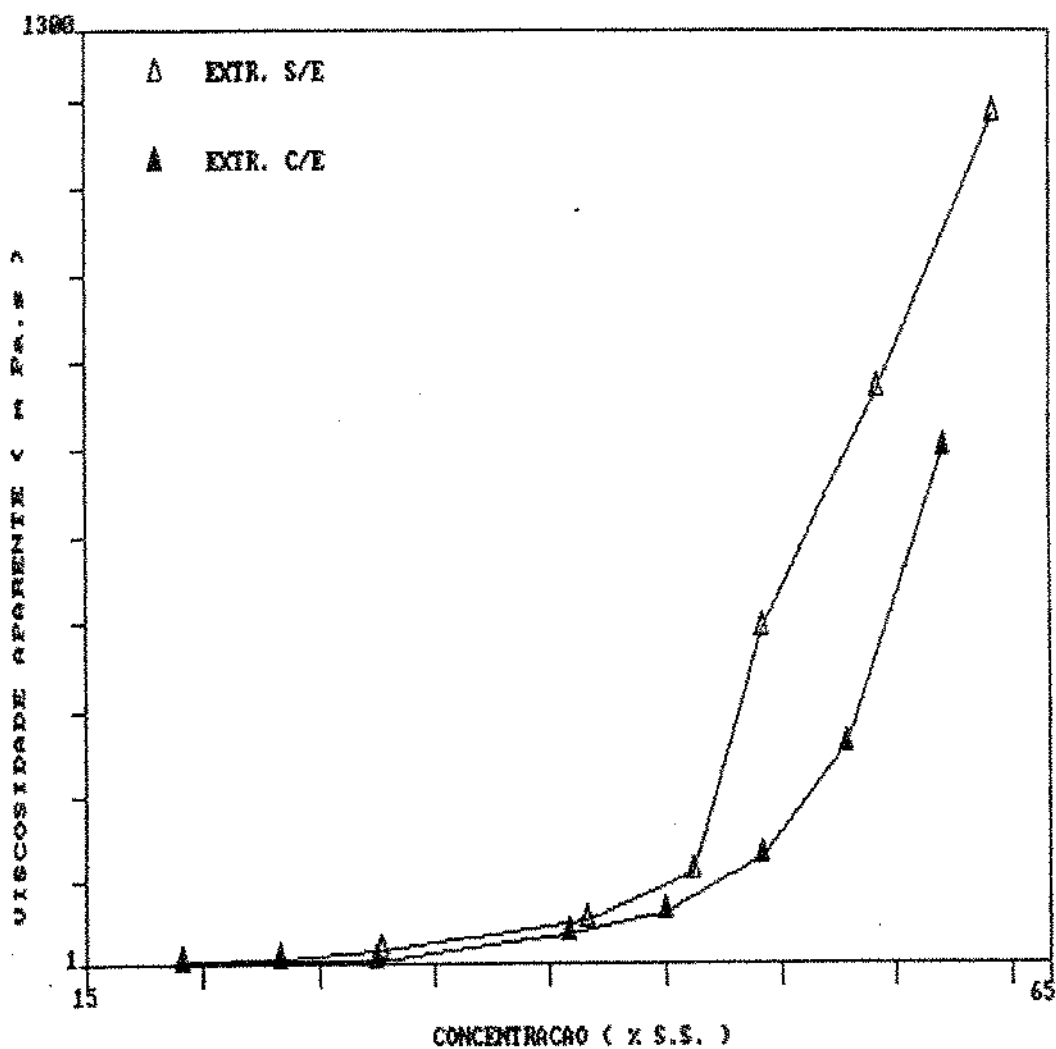


FIGURA 55 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_{a,129,8}$, com a concentração de sólidos solúveis para extratos de café sem e com tratamento enzimático, a 4°C.

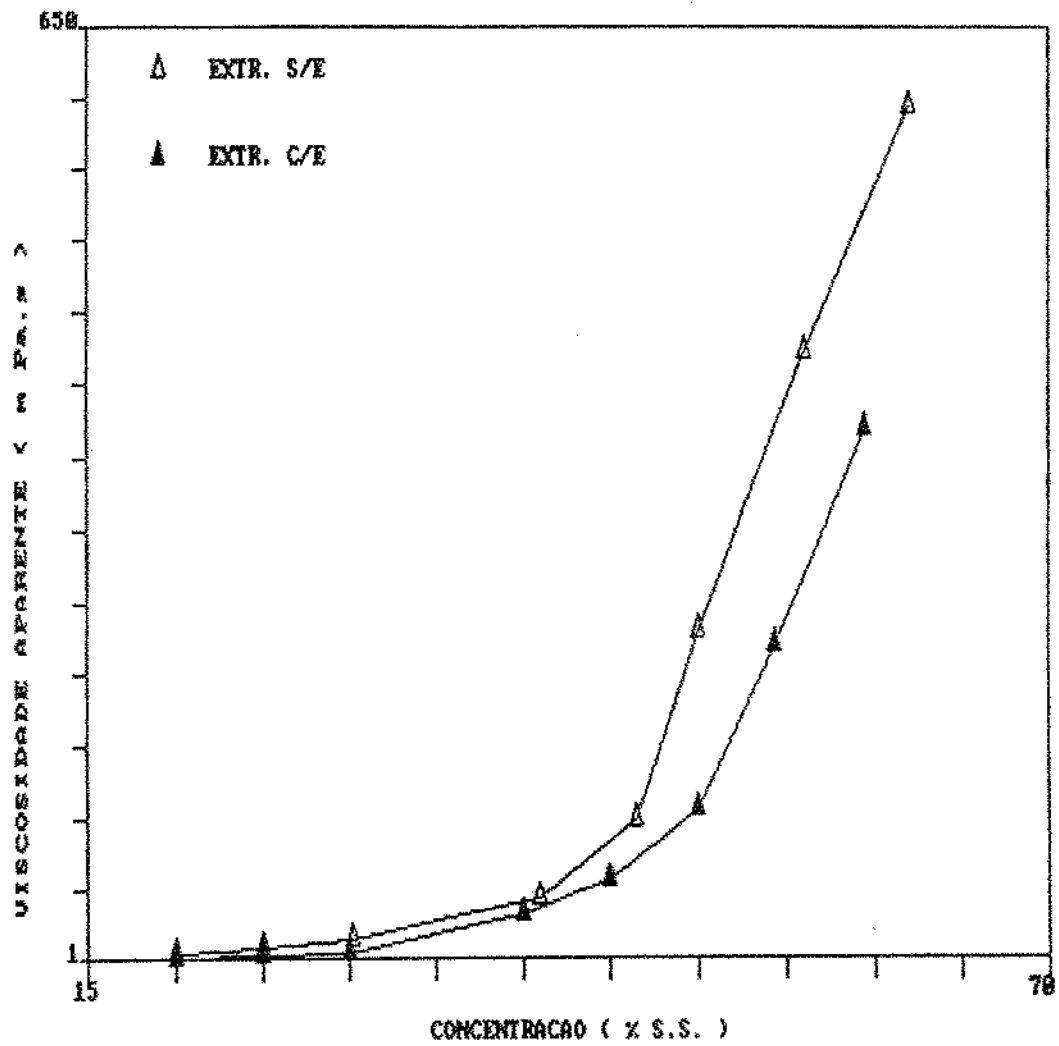


FIGURA 56 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_{a,129,8}$, com a concentração de sólidos solúveis para extratos de café sem e com tratamento enzimático, a 10°C .

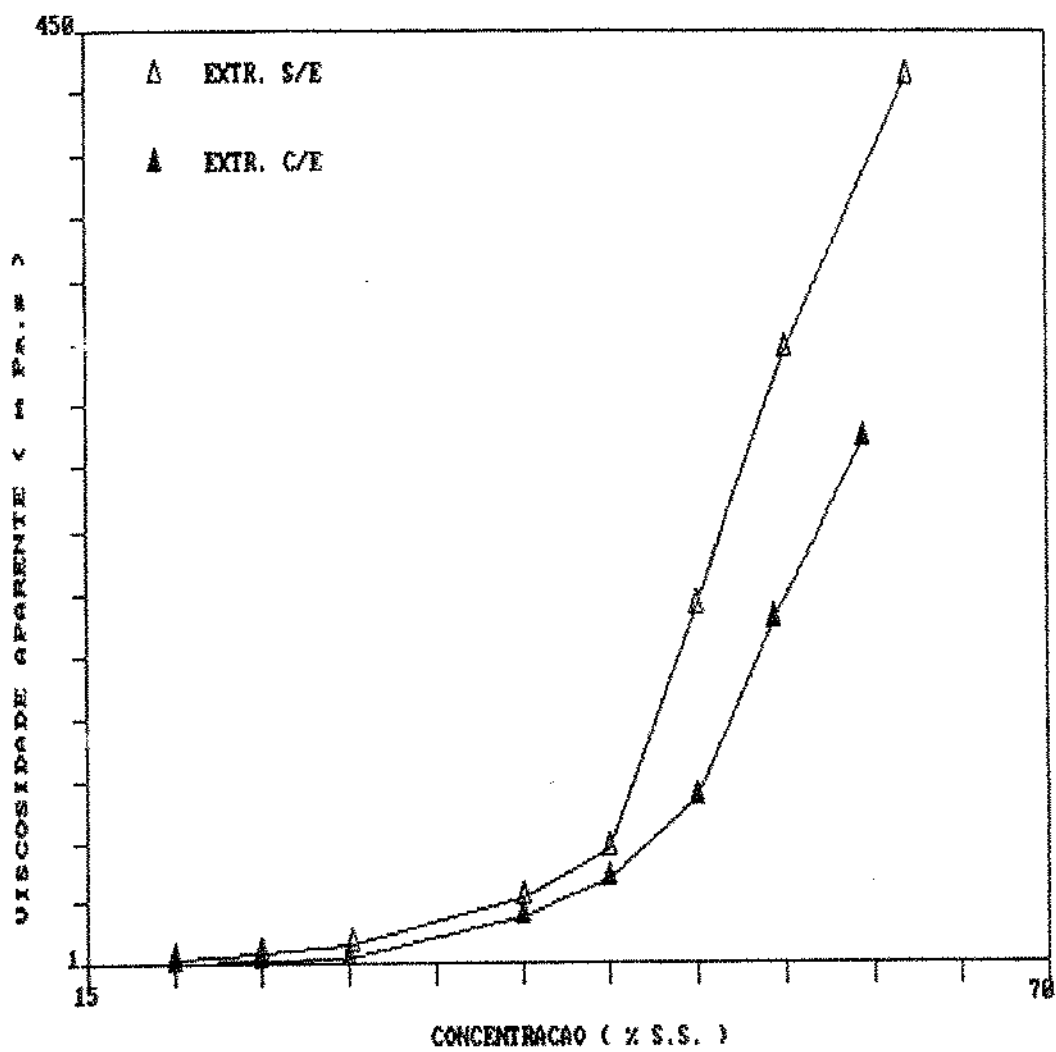


FIGURA 57 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_{a,129,8}$, com a concentração de sólidos solúveis para extratos de café sem e com tratamento enzimático, a 15°C

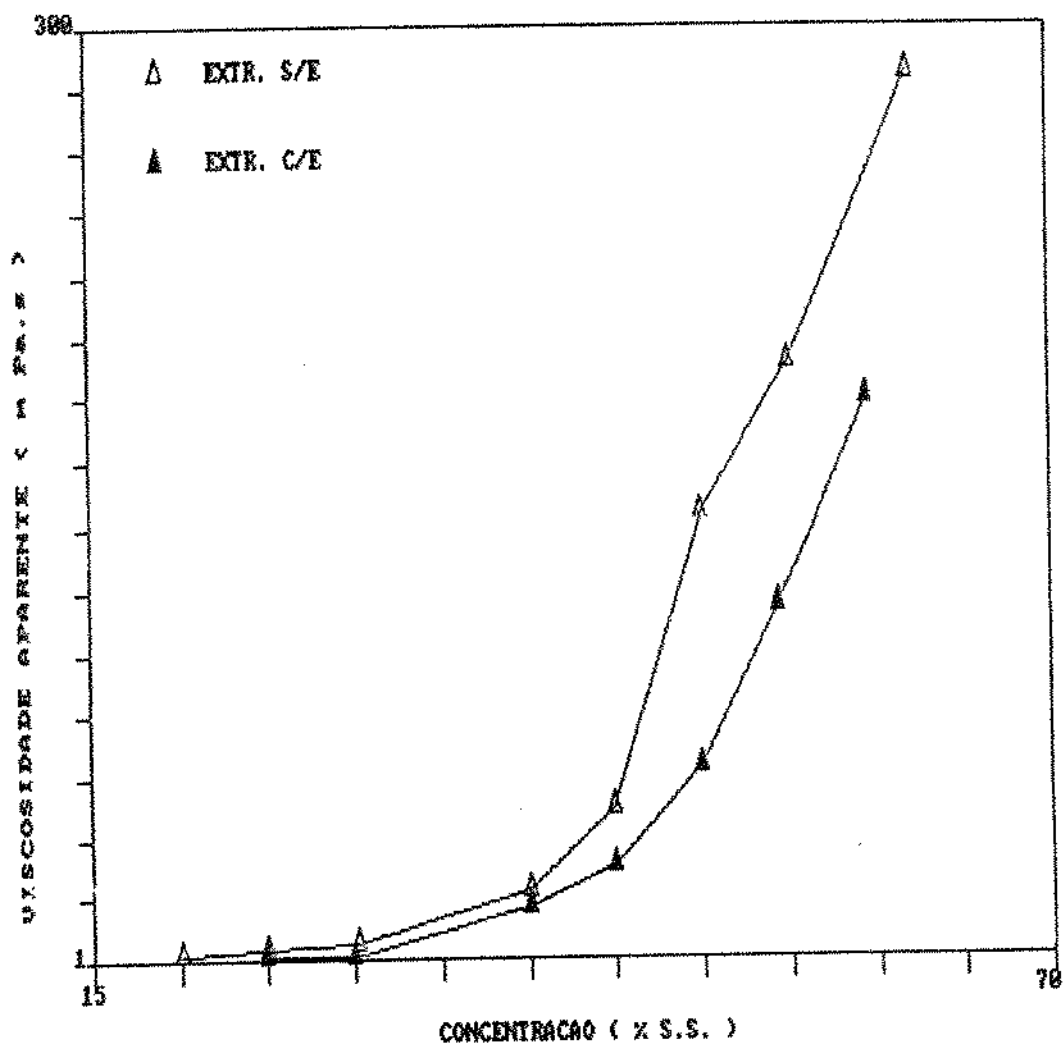


FIGURA 5B - Variação da viscosidade aparente, $\eta_{a,129,8}$, com a concentração de sólidos solúveis para extratos de café sem e com tratamento enzimático, a 20°C

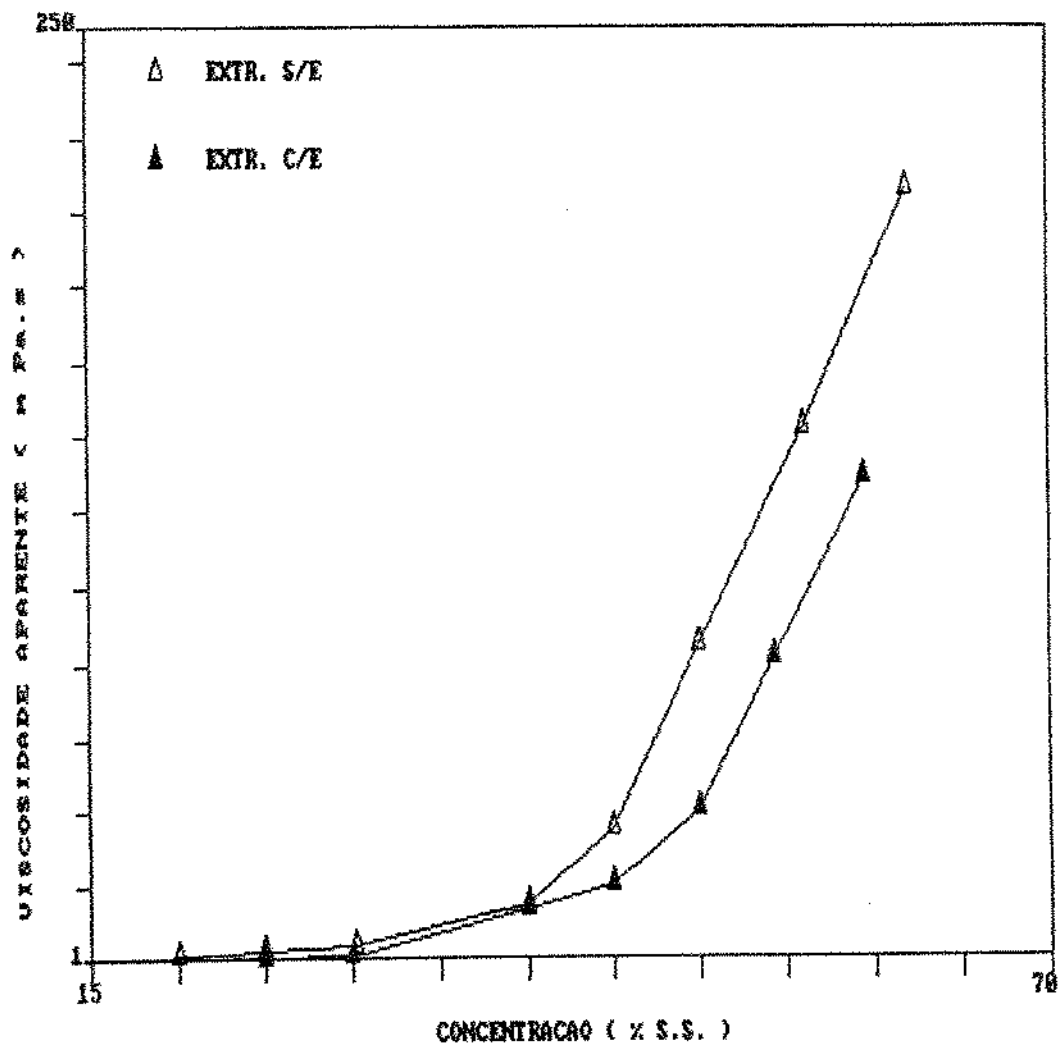


FIGURA 59 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_{a,129,8}$, com a concentração de sólidos solúveis para extratos de café sem e com tratamento enzimático, a 25°C

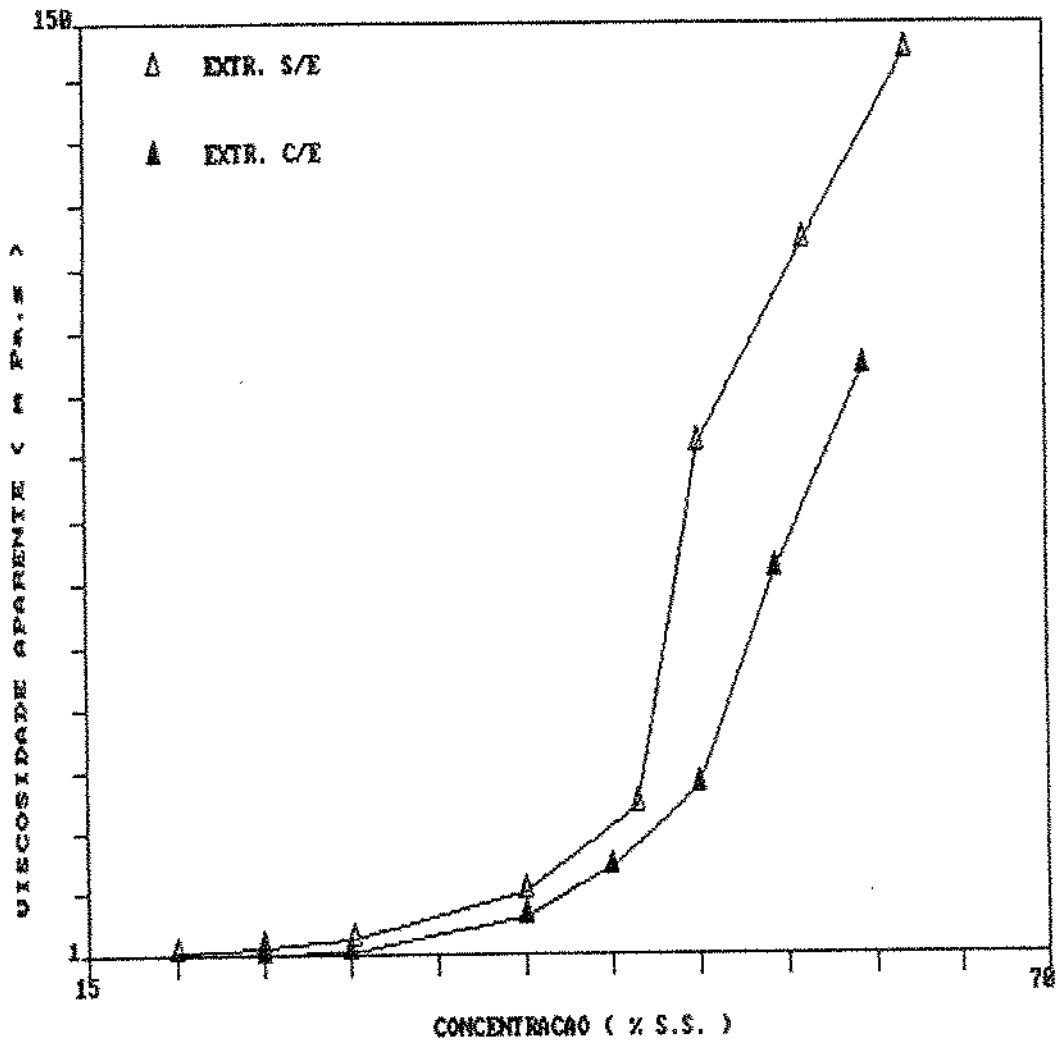


FIGURA 60 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_{a,129,8}$, com a concentração de sólidos solúveis para extratos de café sem e com tratamento enzimático, a 30°C.

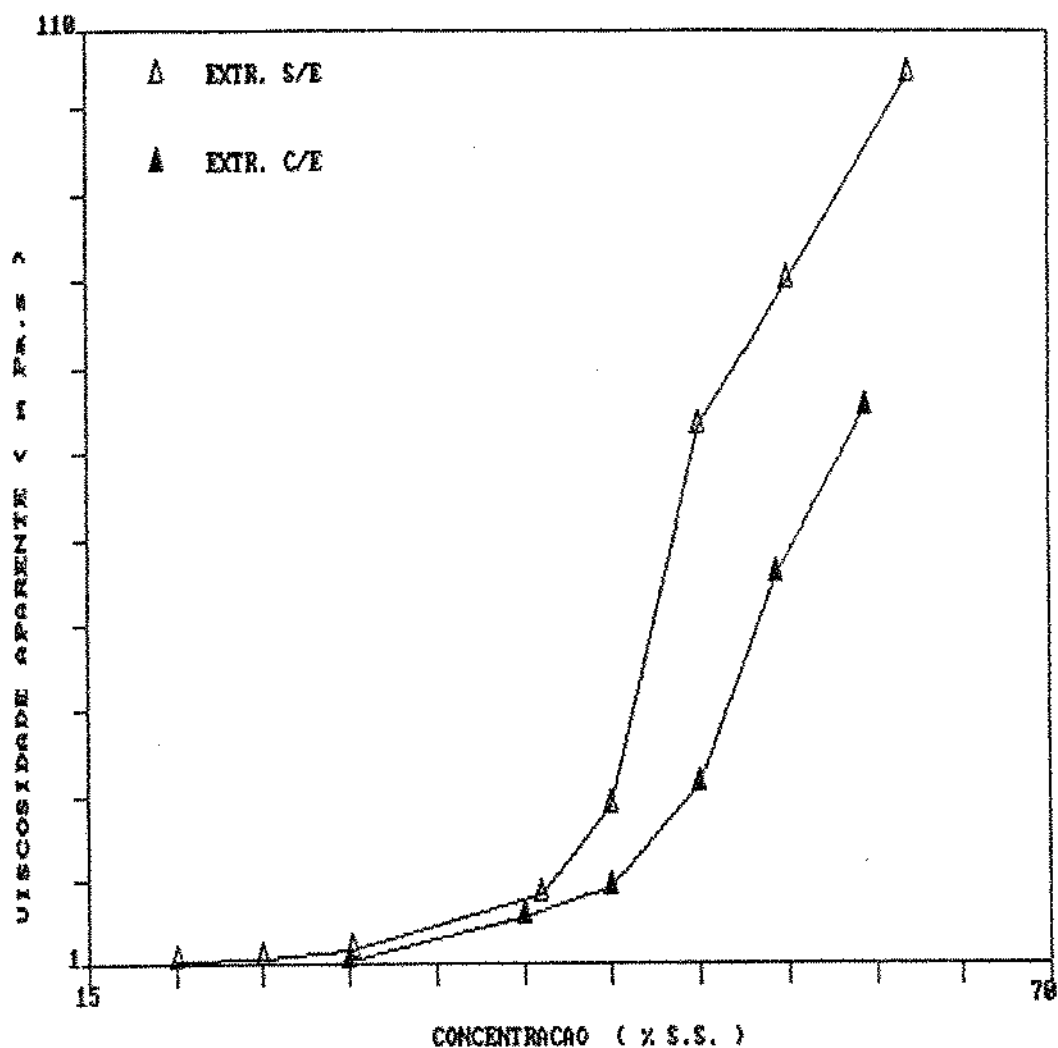


FIGURA 61 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_{a,129,8}$, com a concentração de sólidos solúveis para extratos de café sem e com tratamento enzimático, a 35°C.

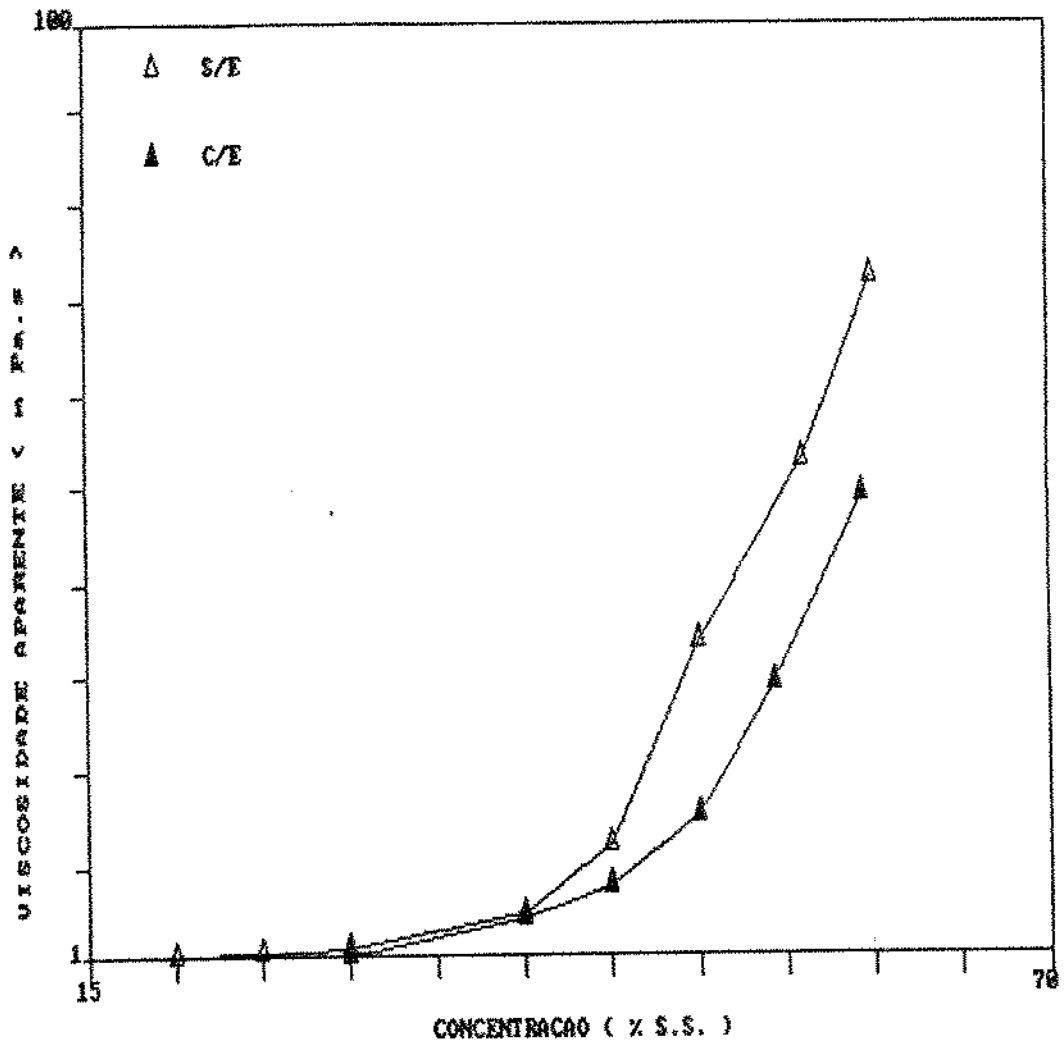


FIGURA 62 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_a, 129,8$, com a concentração de sólidos solúveis para extratos de café sem e com tratamento enzimático, a 40°C .

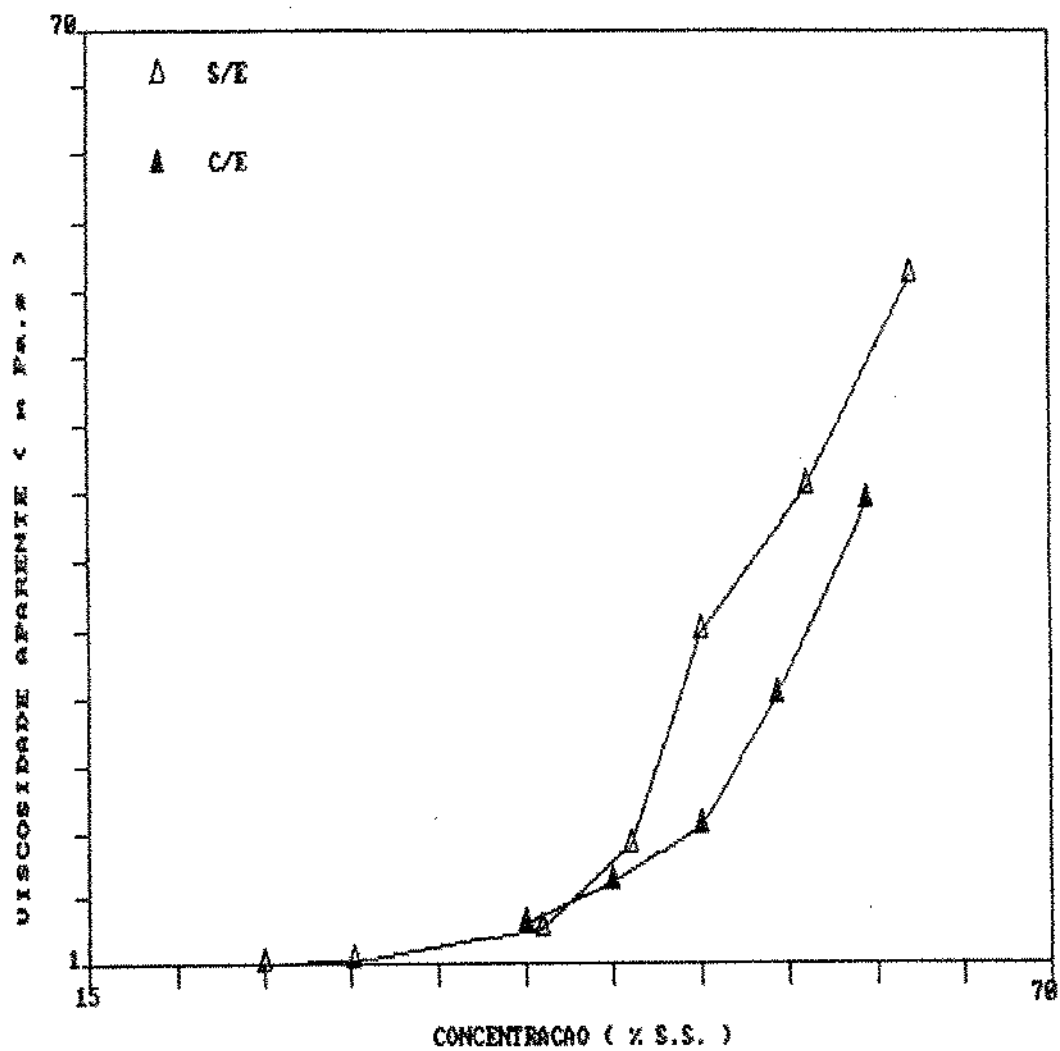


FIGURA 63 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_{a,129,8}$, com a concentração de sólidos solúveis para extratos de café sem e com tratamento enzimático, a 45°C.

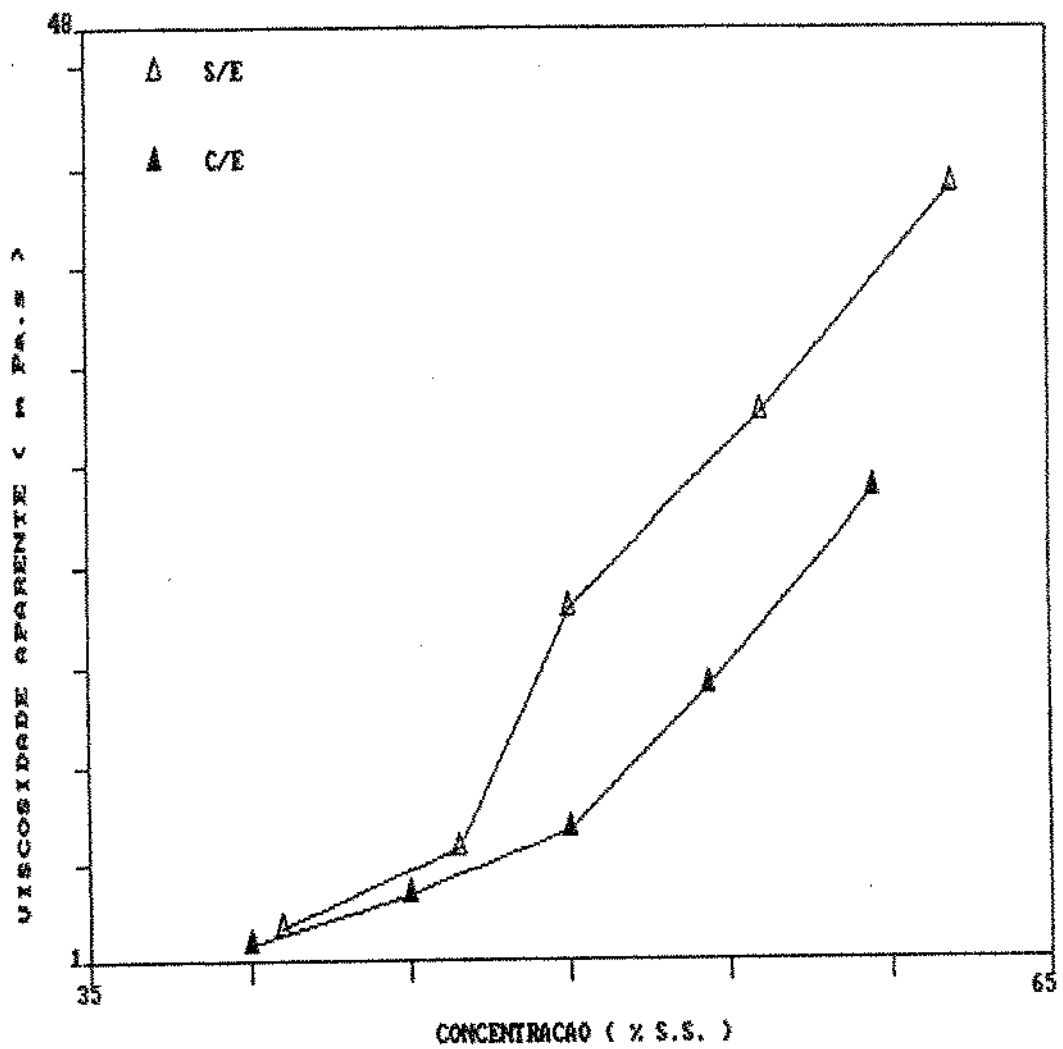


FIGURA 64 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_a, 129,8$, com a concentração de sólidos solúveis para extratos de café sem e com tratamento enzimático, a 50°C .

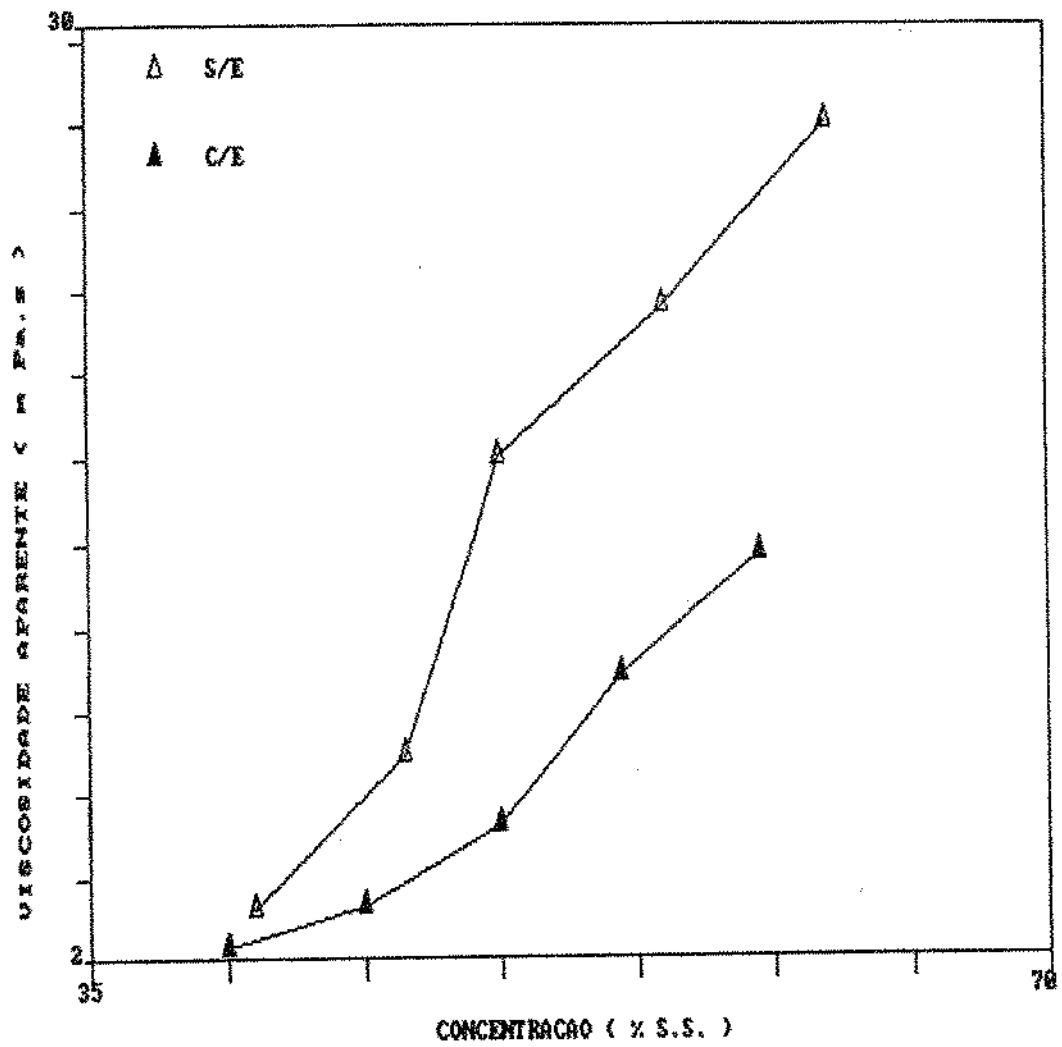


FIGURA 65 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_{a,129,8}$, com a concentração de sólidos solúveis para extratos de café sem e com tratamento enzimático, a 55°C.

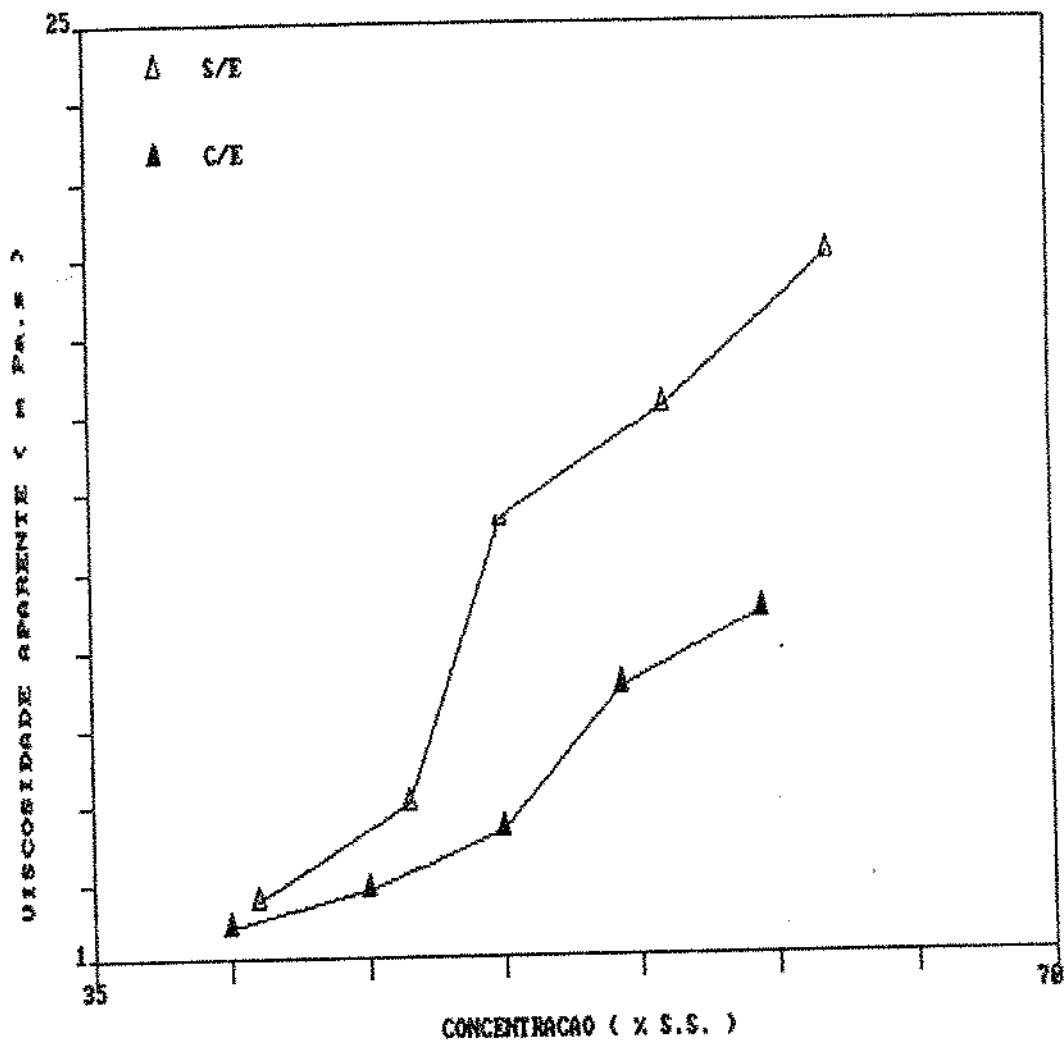


FIGURA 66 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_{a,129,8}$, com a concentração de sólidos solúveis para extratos de café sem e com tratamento enzimático, a 60°C .

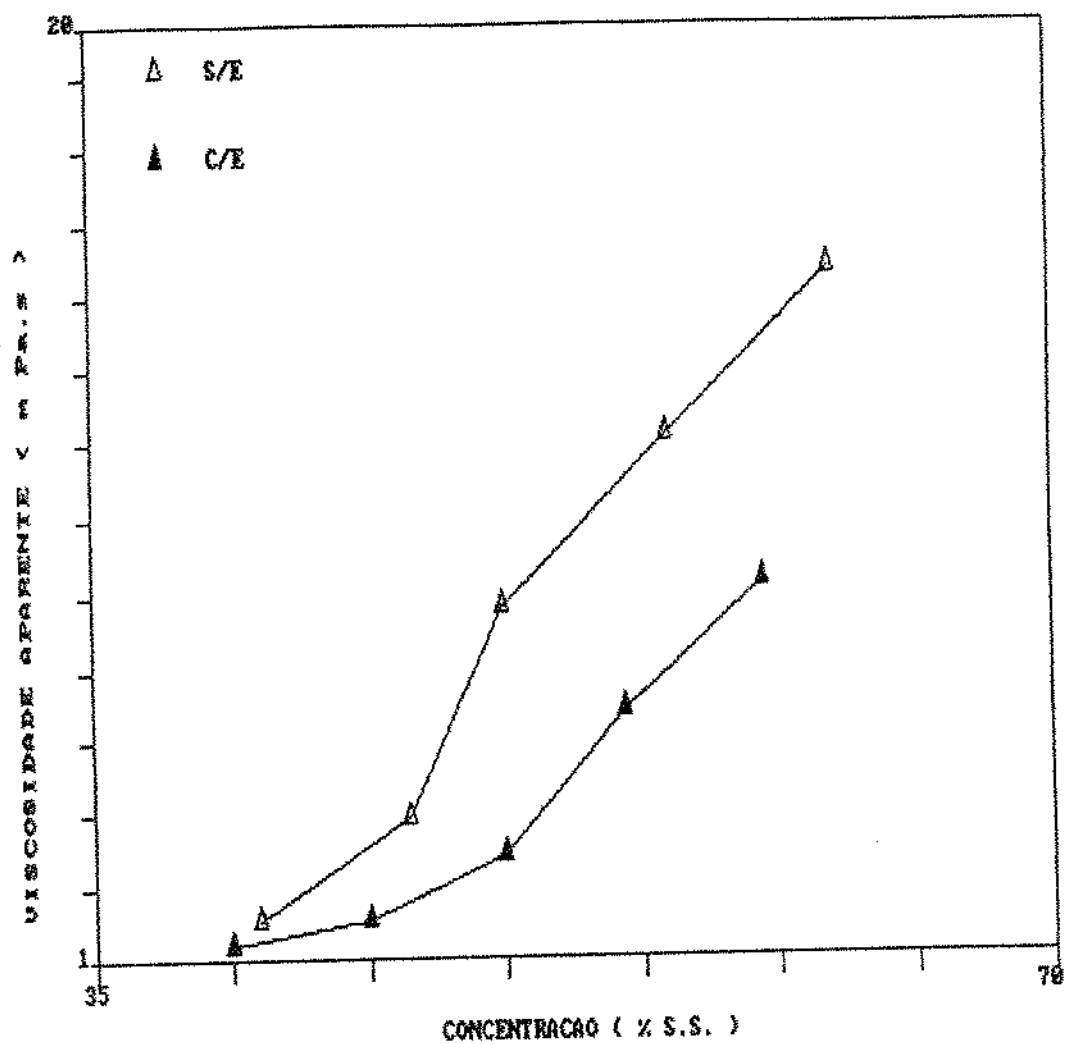


FIGURA 67 - Variação da viscosidade aparente, $\eta_{a,129,8}$, com a concentração de sólidos solúveis para extratos de café sem e com tratamento enzimático, a 65°C.

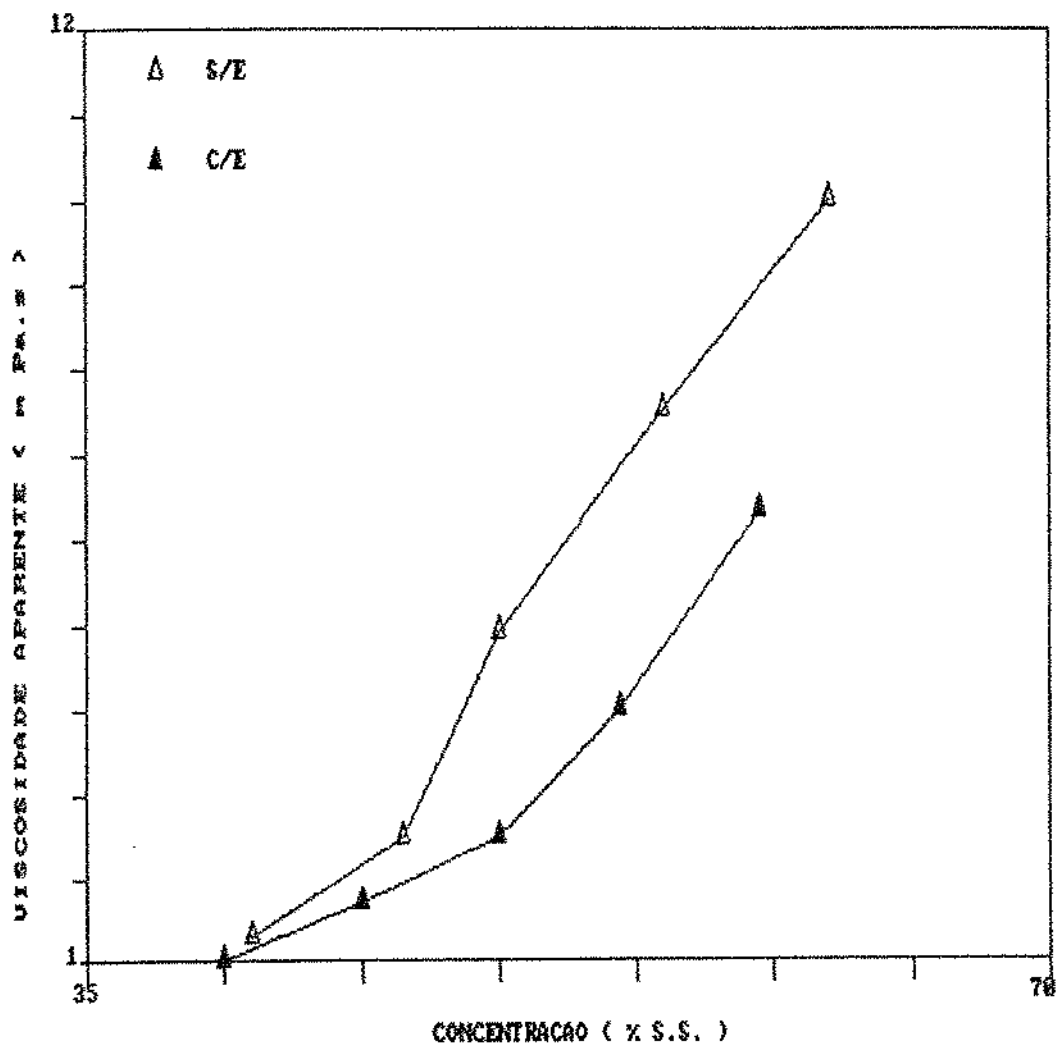


FIGURA 6B - Variação da viscosidade aparente, $\eta_{a,129,8}$, com a concentração de sólidos solúveis para extratos de café sem e com tratamento enzimático, a 70°C.

4.11. Análise Sensorial

Pelo método de avaliação sensorial empregado - Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), é possível descrever e discriminar as principais características que compoem o sabor e o aroma de um alimento, além de medir a intensidade das sensações percebidas, e a ordem em que são percebidas (STONE & SIDEL, 1985).

Até o presente o método ADQ não havia sido aplicado para extrato de café.

A ADQ foi desenvolvida e utilizada, inicialmente para flocos de cereais (STONE & col., 1974) sendo usada mais tarde para cerveja (MEILGAARD & col., 1979), feijão (GARRUTI & BOURNE, 1983) e vinho (NOBLE, 1984). Entretanto, para o extrato de café, houve necessidade de se desenvolver uma técnica específica na fase de treinamento da equipe de provadores com dois objetivos: 1º - seleção dos atributos de aroma mais gosto (sabor), atributos de sensação na boca (aqueles relacionados à consistência/textura) e atributos de sensação residual (aqueles relacionados a outras sensações como irritação, queimação, dor, pressão, etc); 2º - conceitos e usos da escala de intensidade.

Os atributos de sabor e sensação na boca (Figura 14) escolhidos pela equipe de provadores, para a avaliação sensorial os extratos de café foram os seguintes: café/solúvel (sabor característico de café solúvel), oxidado/fervido (o processo de extração que emprega altas temperaturas pode provocar o sabor de produtos oxidados, igual ao sabor de café requentado, fervido), metálico (sabor originário do excesso de aquecimento durante o

processo de extração), ácido, amargo, doce/caramelado (o tratamento do extrato de café com o complexo enzimático, ao reduzir a cadeia dos carboidratos poderia produzir açúcares de sabor adocicado), corpo (relacionado com a viscosidade) e impressão global (dimensão de todas as sensações percebidas).

4.11.1. Análise da consistência da equipe de provadores

A consistência da equipe foi verificada analisando-se apenas um dos atributos e impressão global.

Os resultados obtidos da análise da variância do atributo impressão global do extrato de café sem e com tratamento enzimático estão apresentados na Tabela 28. Nota-se que não há diferença significativa entre as repetições para os onze provadores. As Figuras 69, 70, 71 e 72 ilustram essa consistência.

Os dados para análise sensorial dos extratos de café, sem e com tratamento enzimático, são encontrados no anexo 5.

TABELA 28 - Valores da estatística F_0 da análise de variância dos dados de avaliação sensorial dos extratos de café, sem e com tratamento enzimático.

Atributo Sensorial	F.V.		
	Provadores	Repetições	Prov. x Repet.
Impressão Global	11	3	33

4.11.2. Análise sensorial dos extratos de café sem e com tratamento enzimático

Após a verificação da consistência da equipe de provadores, procedeu-se à análise de variância multivariada dos atributos sensoriais para todos os tratamentos analisados. Os resultados obtidos constam da Tabela 29.

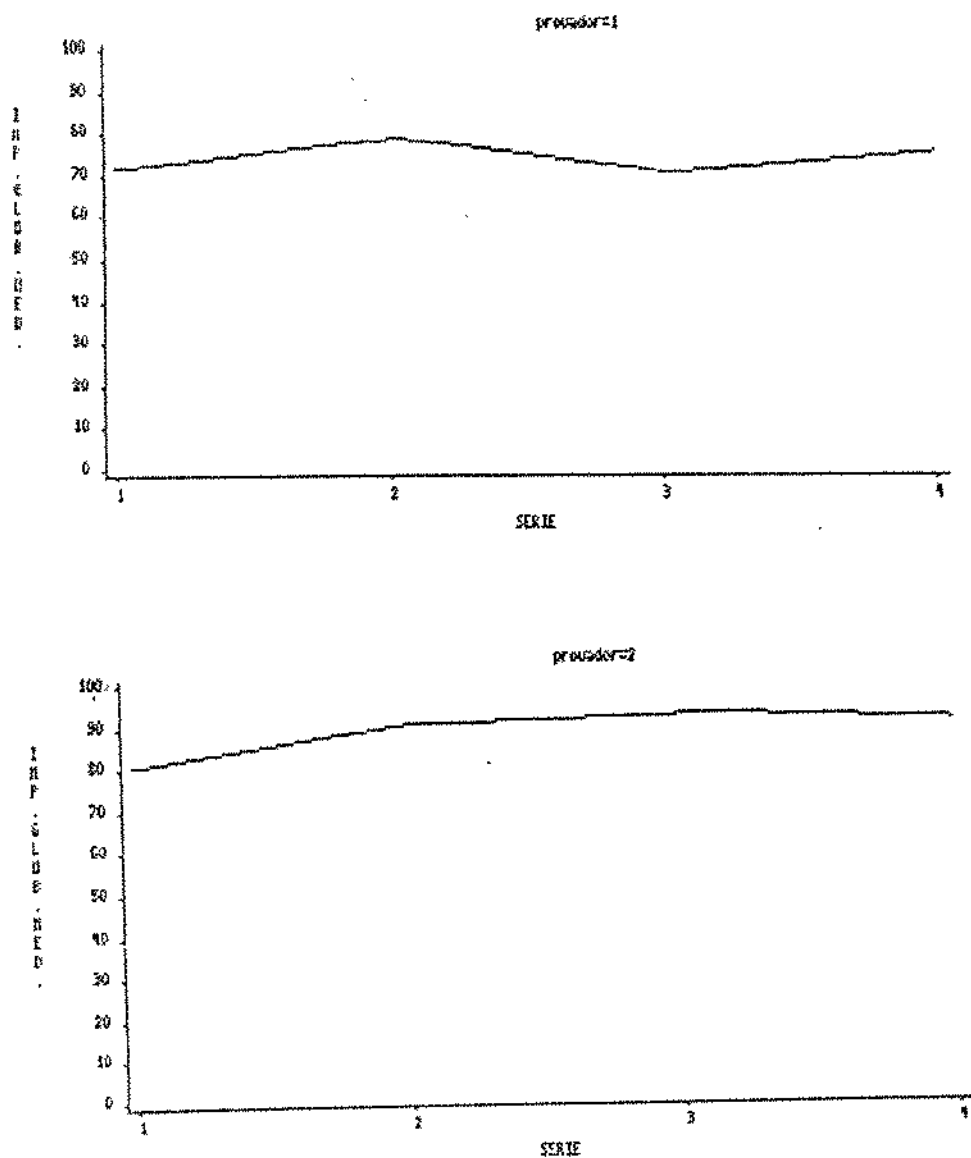


FIGURA 69 - Estudo da coerência das notas dos provadores 1 e 2 quanto ao atributo "impressão global".

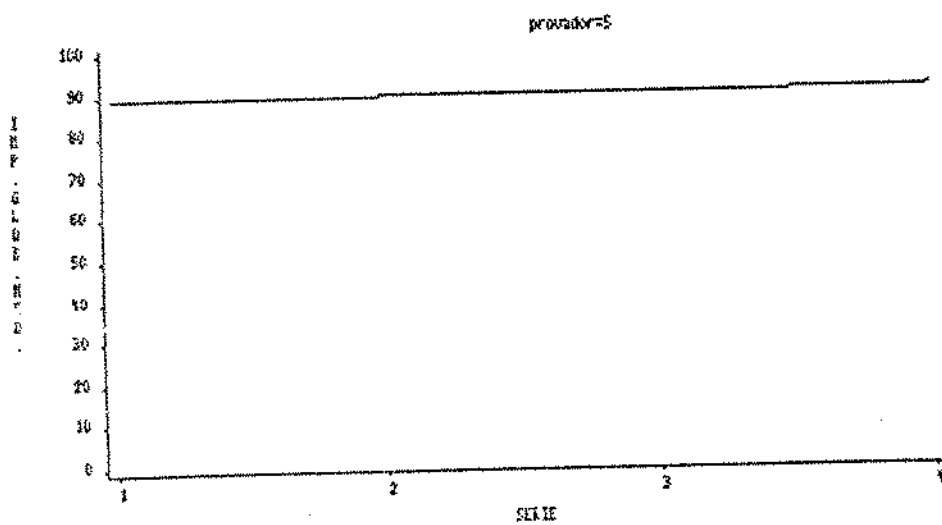
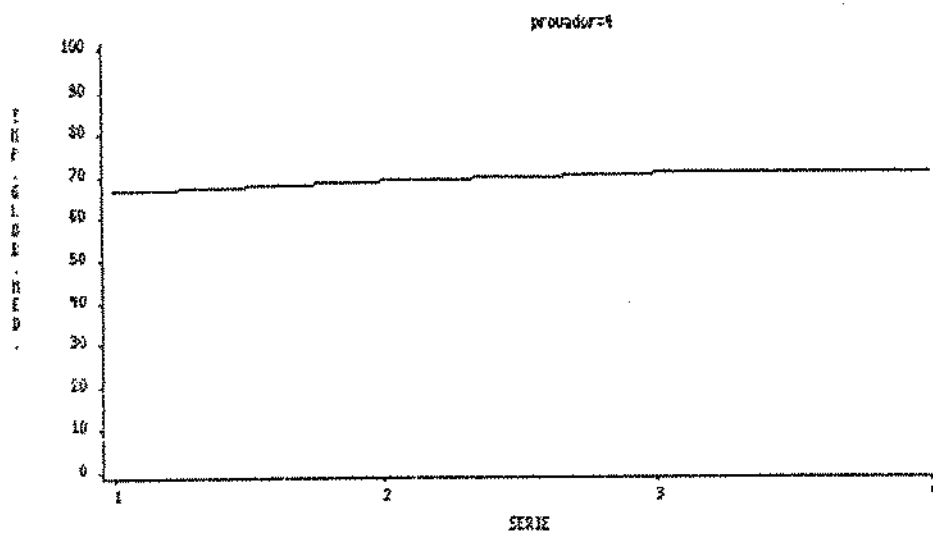
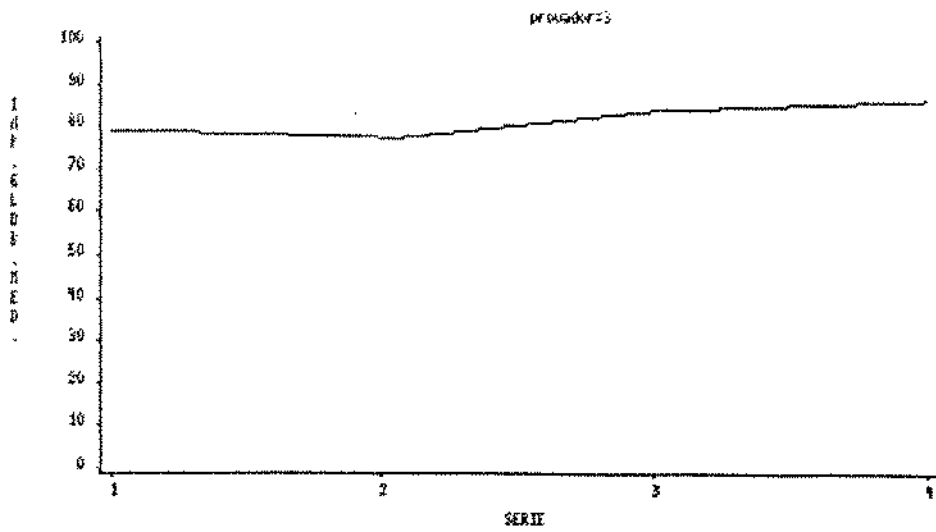


FIGURA 70 - Estudo da coerência das notas dos provadores 3, 4 e 5 quanto ao atributo "impressão global".

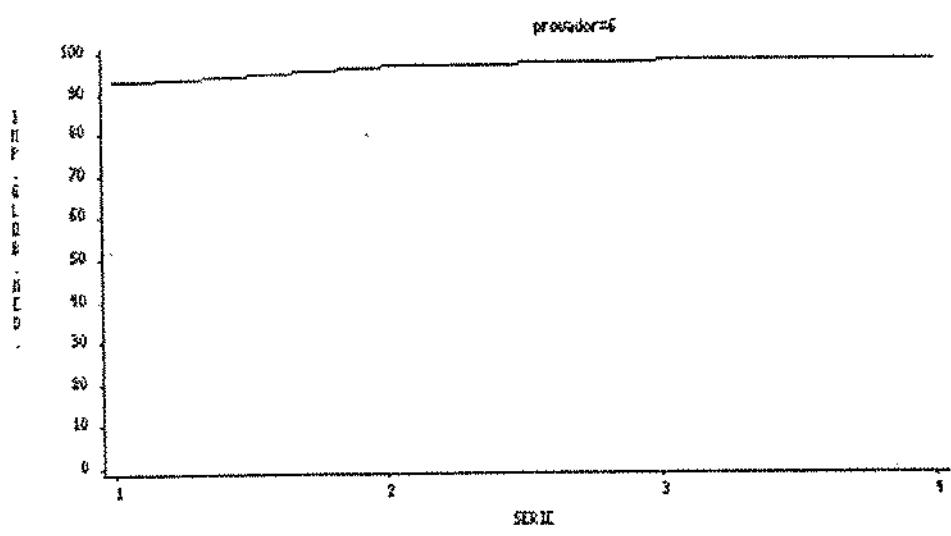
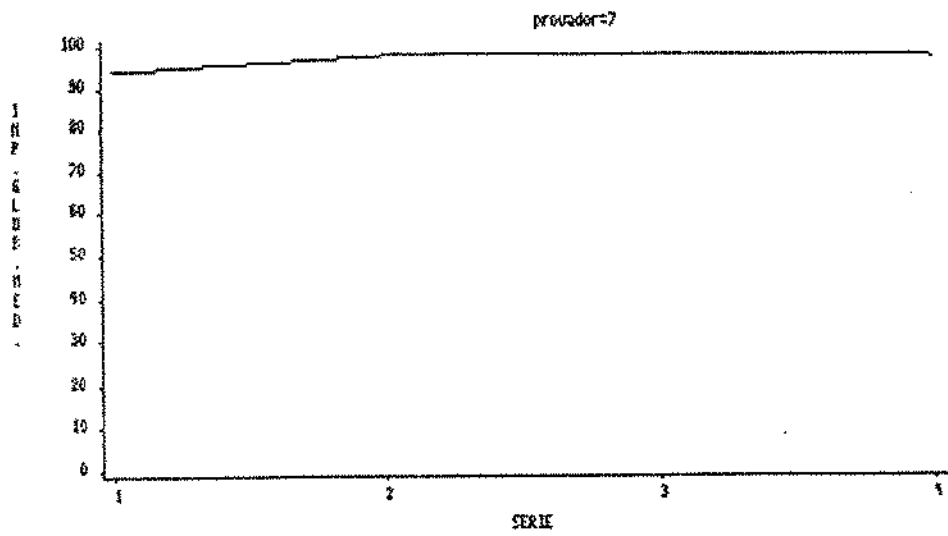
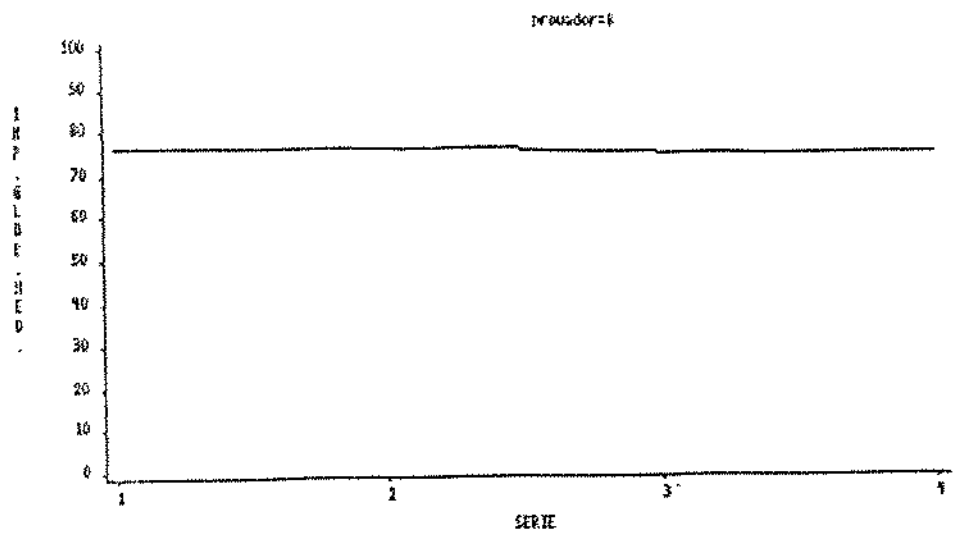


FIGURA 71 - Estudo da coerência das notas dos provadores 6, 7 e 8 quanto ao atributo "impressão global".

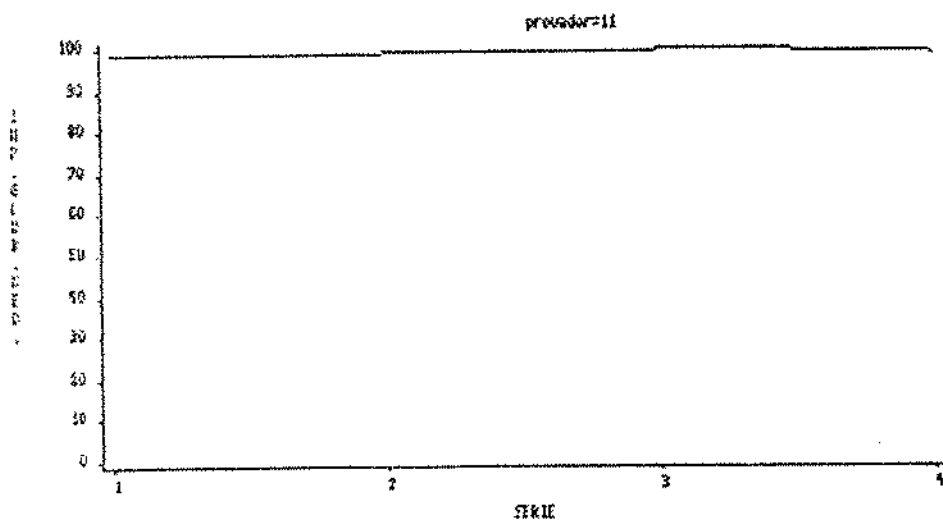
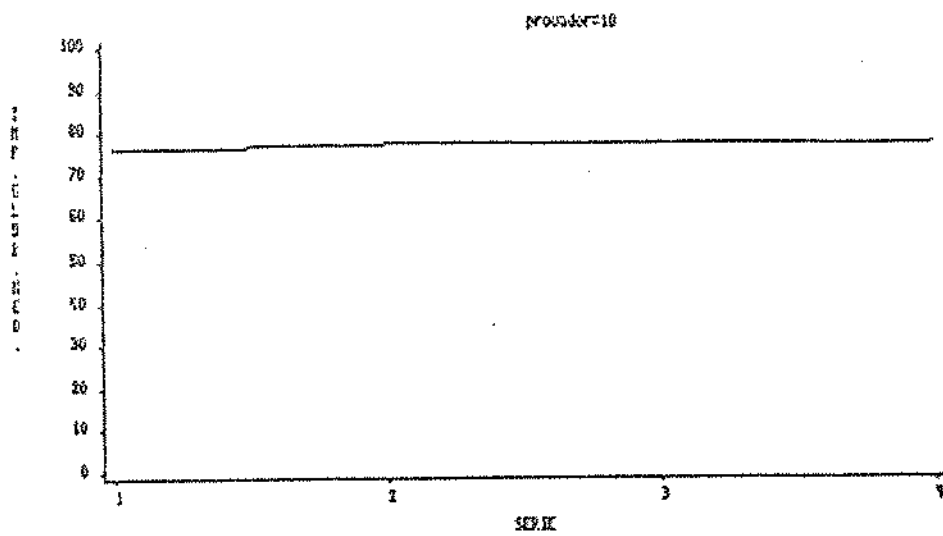
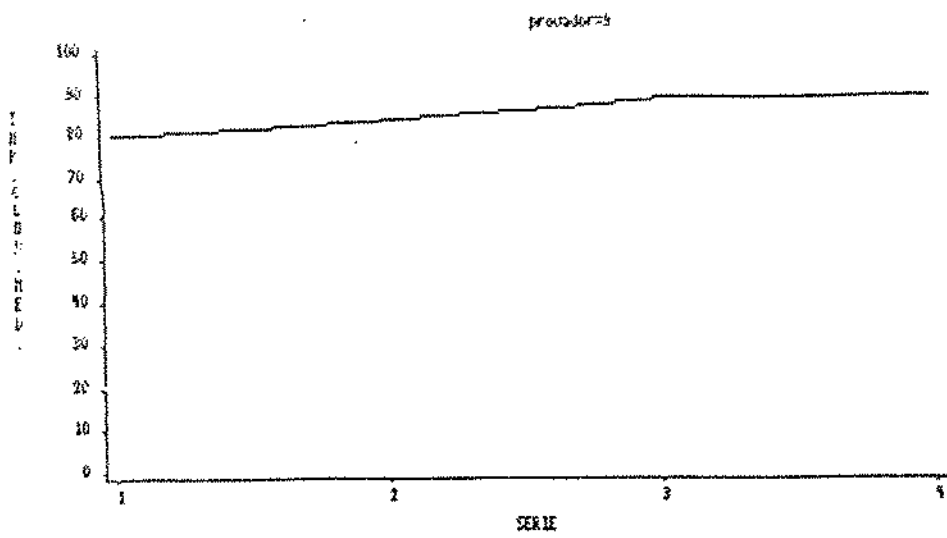


FIGURA 72 - Estudo da coerência das notas dos provadores 9, 10 e 11 quanto ao atributo "impressão global".

TABELA 29 - Análise de variância multivariada dos atributos sensoriais para todos os tratamentos analisados.

Fonte de Variação	Estatística	Nível Discritivo
Provedor	Wilks	0
	Lowley-Hotelling	0
	Pillay	0
Tratamento	Wilks	0,094
	Lowley-Hotelling	0,129
	Pillay	0,074

Foram observadas diferenças estatisticamente discerníveis entre os provedores, as quais possivelmente estão relacionadas ao fato dos provedores terem usado diferentes partes da escala de intensidade e, como resultado, há diferença discernível entre as médias para cada provedor, considerada normal neste tipo de teste (NOBLE, 1988).

Não foi detectada diferença significativa, ao nível de erro de 5%, quanto ao efeito tratamento para as três estatísticas utilizadas.

Nas Figuras 73, 74 e 75 estão representadas as configurações de ADQ para sabor, permitindo comparar, mais efetivamente, o perfil de sabor de cada tratamento. O centro da

figura representa intensidade zero, e a intensidade de cada atributo maior será quanto mais se distanciar do centro. Essa metodologia se contrapõe ao método clássico de estabelecer qualidade em bases subjetivas dependentes da avaliação de provadores especializados como os degustadores de vinhos e degustadores de café. As médias obtidas para cada tratamento foram interligadas para produzir uma configuração descritiva de sabor. Comportamento semelhante para os três tratamentos em relação a todos os atributos, indicando que o tratamento do extrato de café com o complexo enzimático não provocou alteração no sabor e aroma do café e não conferiu redução significativa de corpo (viscosidade) dos cafezinhos preparados com o extrato tratado, em relação ao cafezinho preparado com o não tratado..

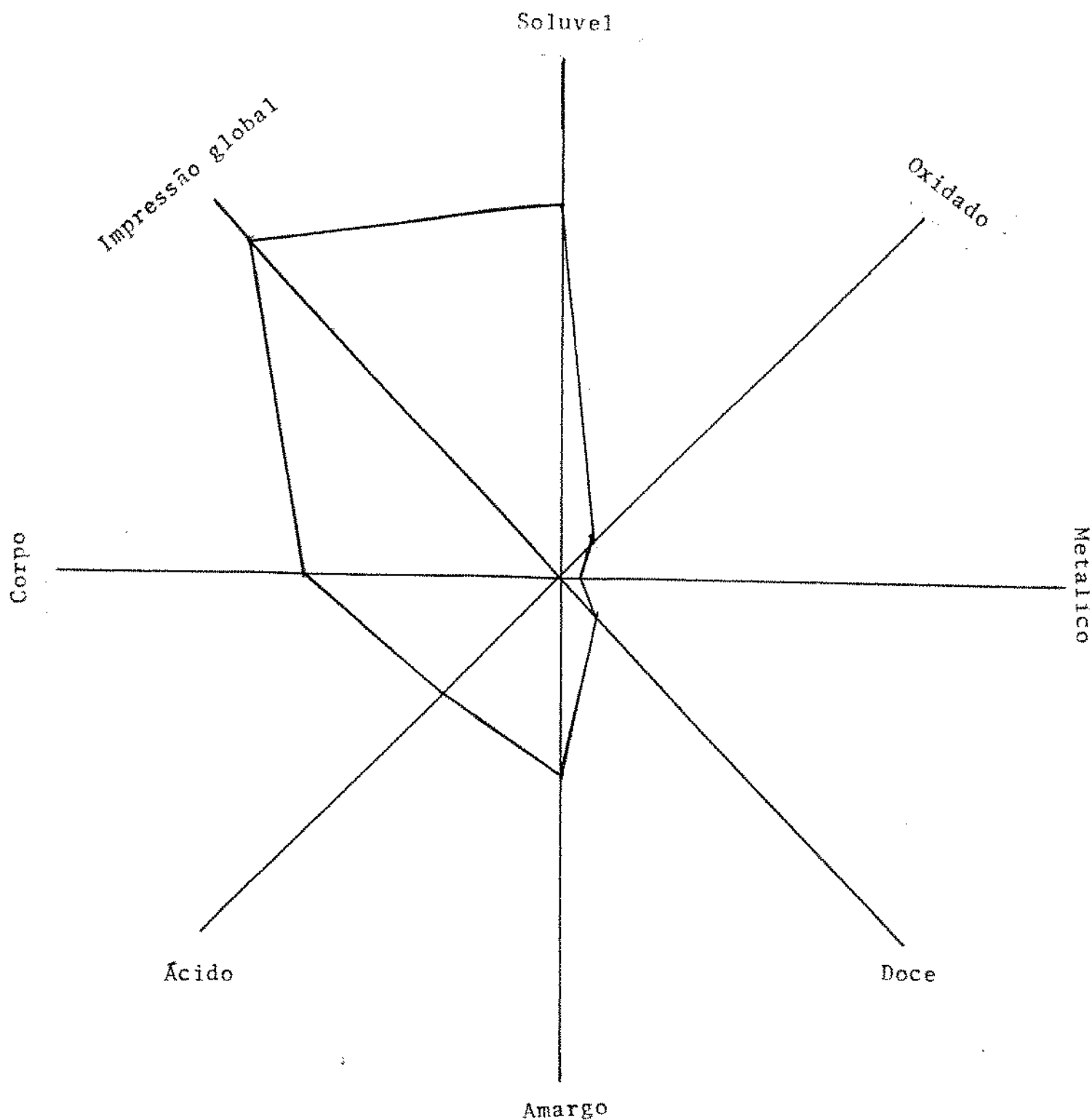


FIGURA 73 - Configuração da análise descritiva quantitativa (ADQ) do sabor de extrato de café sem tratamento enzimático.

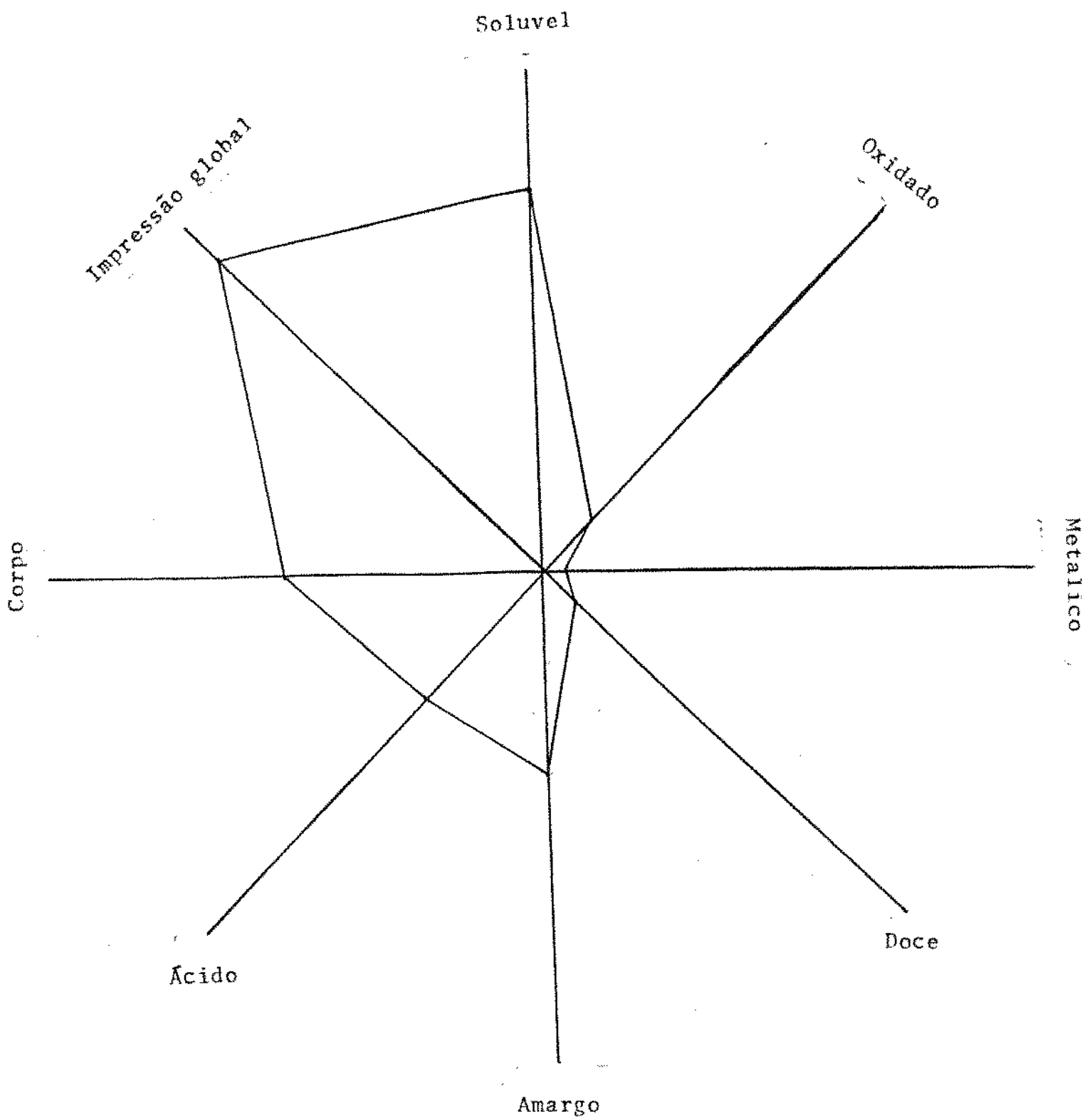


FIGURA 74 - Configuração da análise descritiva quantitativa (ADQ) do sabor de extrato de café tratado com o complexo enzimático a 50°C por 15 minutos.

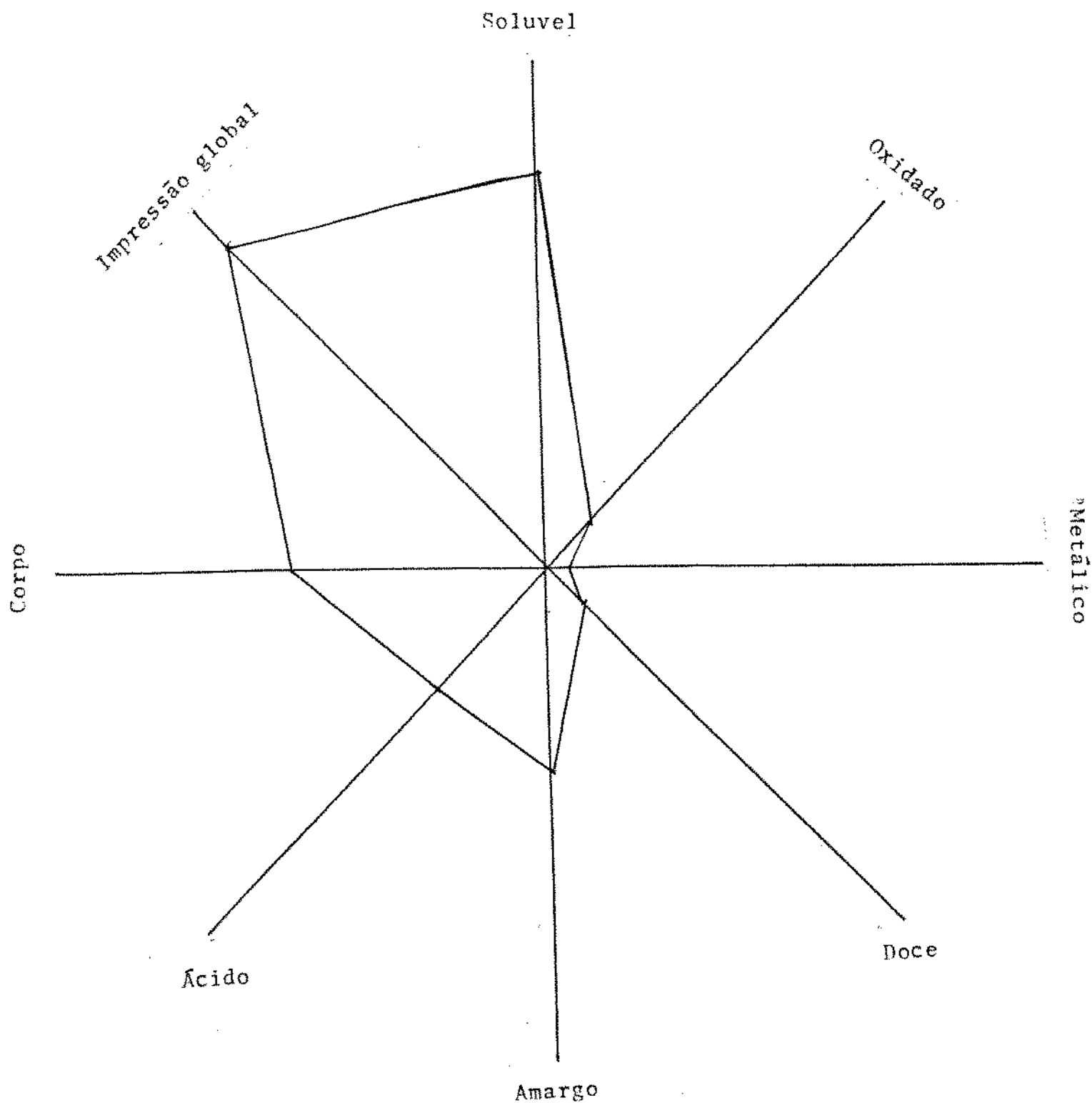


FIGURA 75 - Configuração da análise descritiva quantitativa (ADQ) do sabor de extrato de café tratado com o complexo enzimático a 50°C por 30 minutos.

4.12. Economia de processo

A Figura 76 representa o diagrama resumido e o balanço de massa para obtenção do extrato de café partindo dos grãos verdes. Dois extratos são obtidos: extrato 1 rico em compostos aromáticos do café e extrato 2 resultante do procedimento severo de extração com temperatura e pressão elevadas. É um extrato menos rico em compostos aromáticos do café.

A Figura 77 apresenta, resumidamente o fluxograma quantitativo da transformação do extrato em café solúvel e como pode ser verificado, o extrato 1 não foi submetido a concentração. O extrato 2 foi concentrado em evaporadores para aumentar o teor de sólidos antes da secagem. Esse extrato segue duas linhas alternativas: alimenta diretamente os evaporadores ou passa pelo tratamento com o complexo enzimático. Se o extrato 2 alimentar diretamente o sistema de concentração, o extrato obtido terá um teor de sólidos solúveis de 40%, com a viscosidade elevada, porém se for tratado com o complexo enzimático, a concentração final será de 60% de sólidos solúveis e somente com esse teor terá a viscosidade equivalente à viscosidade do extrato não tratado. O café instantâneo será resultado da secagem da mistura dos extratos 1 e 2.

Para o cálculo da economicidade do processo necessário assumiu-se as seguintes hipóteses:

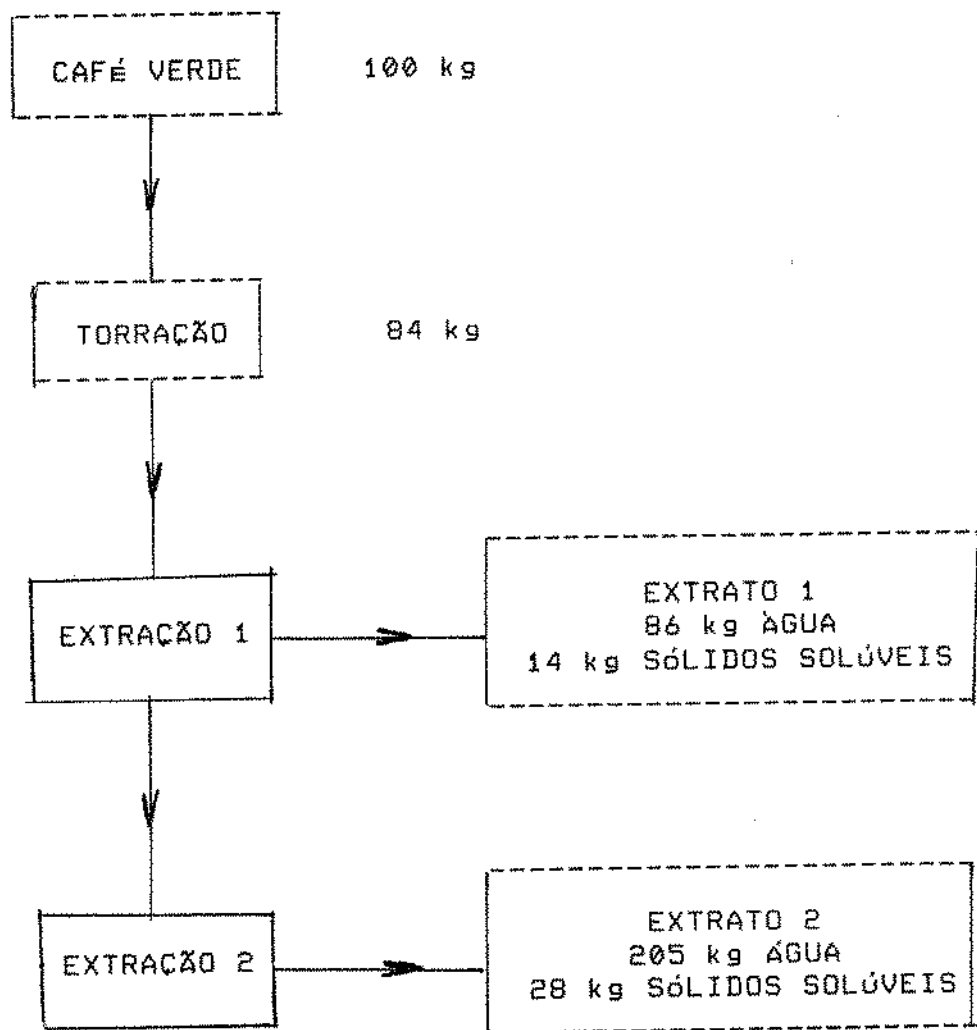


FIGURA 76 - Fluxograma quantitativo resumido para obtenção de extrato de café.

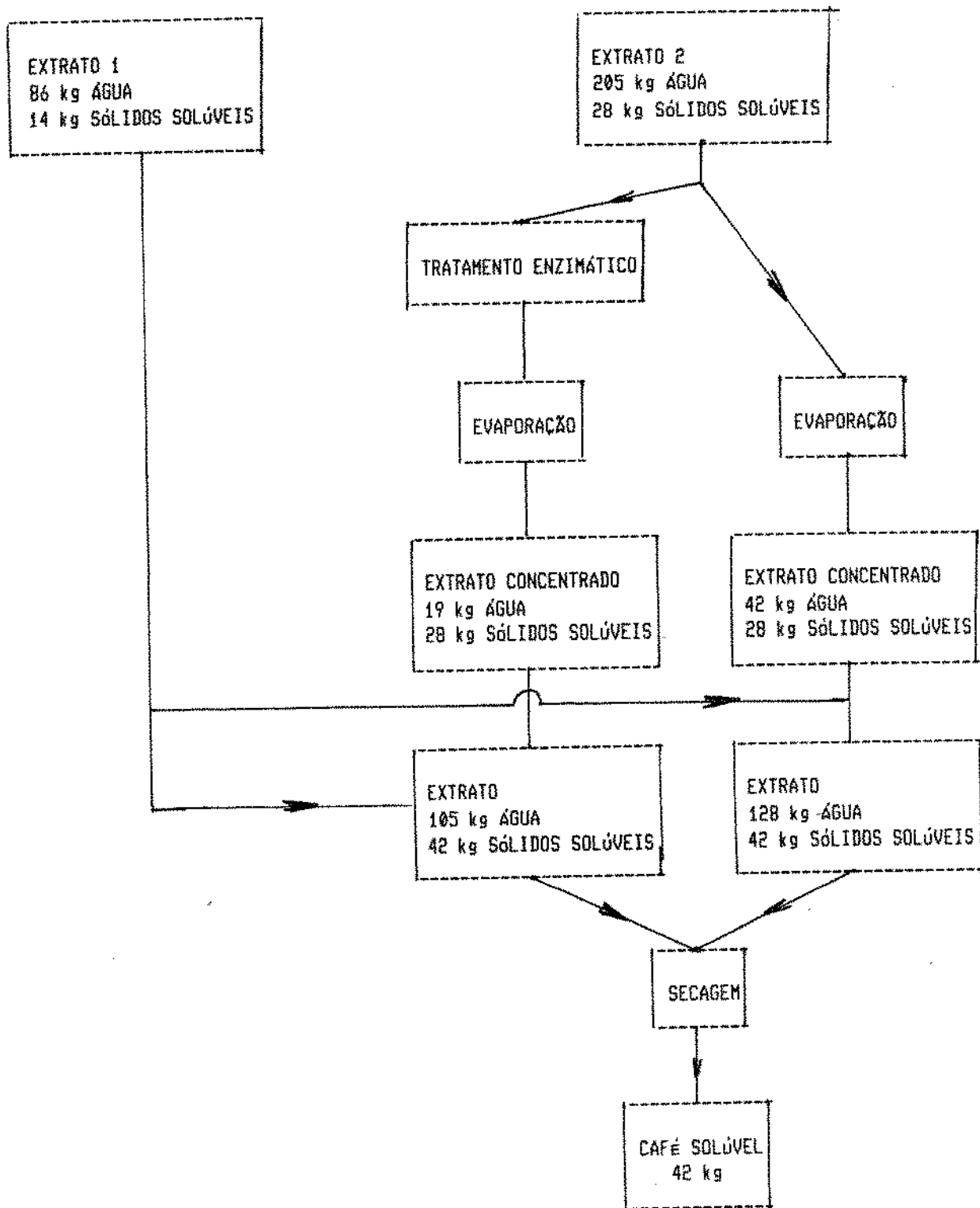


FIGURA 77 - Fluxograma quantitativo resumido da transformação do extrato de café em café solúvel.

1. O extrato 2 concentrado e tratado com o complexo enzimático, possui 60% de sólidos solúveis;
2. O extrato 2 concentrado, não tratado, possui 40% de sólidos solúveis;
3. Água removida na secagem:
 - a) O processo tradicional retira 1 tonelada de água do extrato 2, por tonelada de produto final;
 - b) O processo enzimático retira 0,452 toneladas de água, do extrato 2, por tonelada de produto final.
4. Custos variáveis do processo de secagem
("Freeze drying") US\$ 1.000/ton
5. Custos de secagem incluindo investimentos
("Freeze drying") US\$ 3.000/ton
6. Custo da secagem ("spray drying") US\$ 500/ton
7. Custo de evaporação US\$ 100/ton
8. Custo do complexo enzimático US\$ 600/kg
9. Dosagem da enzima 1,0g/1 kg/S.S.
10. Produção 1.000 ton/ano

Os custos referentes à eliminação da água são os seguintes:

1. Café solúvel por "Freeze drying" (custos variáveis)

Processo convencional: 1.000×1.000 US\$ 1.000×10^3

Processo enzimático : $\frac{1.000 \times 19 \times 1.000}{42}$ US\$ 453×10^3

Economia no custo de secagem US\$ 547×10^3

Custo de enzima: $220 \text{ kg} \times 600$ US\$ 130×10^3

Economia líquida US\$ 417×10^3

2. Café solúvel por "Freeze drying" (incluindo investimento)

Processo convencional: 1.000×3.000 US\$ 3.000×10^3

Processo enzimático : $\frac{1.000 \times 19 \times 3.000}{42}$ US\$ 1.357×10^3

Economia no custo de secagem US\$ 1.643×10^3

Custo de enzima: US\$ 130×10^3

Economia líquida US\$ 1.513×10^3

3. Café solúvel por "Spray drying"

Processo convencional: 1.000×500 US\$ 500×10^3

Processo enzimático : $\frac{1.000 \times 19 \times 500}{42}$ US\$ 226×10^3

42

Economia no custo de secagem US\$ 274×10^3

Custo de enzima: US\$ 130×10^3

Economia líquida US\$ 144×10^3

V - CONCLUSÕES

1. O tratamento do extrato de café com o complexo enzimático SP-249 modificou a composição de carboidratos, hidrolisando os poli e oligossacarídeos, catalizada por esse complexo;
2. Os extratos de café tratados com o complexo enzimático tiveram pequena redução nos constituintes aromáticos estudados quando comparados com o extrato não tratado, sem provocar alterações nos testes sensoriais;
3. Extratos de café, tratados ou não com o complexo enzimático, exibem comportamento reológico de fluido newtoniano até a concentração de 45% de sólidos solúveis e comportamento não newtoniano com características pseudoplásticas em concentrações superiores a 45% de sólidos solúveis. Todos os extratos de café estudados puderam ser descritos perfeitamente pelo modelo da lei de potência:

$$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n$$

4. Os extratos de café, tratados ou não com o complexo enzimático, não apresentaram características reológicas de tixotropismo e tensão residual;

5. Extratos de café com várias concentrações, tratados não com o complexo enzimático, apresentaram comportamento semelhante entre si. Para esses extratos o parâmetro n variou entre 0,70 e 1,00. Para cada temperatura, K e η_a aumentaram muito com o aumento da concentração de sólidos solúveis, permitindo concluir que a concentração de sólidos solúveis desempenha papel fundamental no comportamento reológico do extrato;
6. A dependência de K e η_a com a temperatura pode ser muito bem descrita pela reação de Arrhenius, para os extratos estudados Figuras 36 e 50. Os extratos com diferentes concentrações de sólidos solúveis apresentaram valores de energia de ativação crescente, em função do aumento da concentração, demonstrando que a influência da temperatura é maior para extratos com maior concentração. Tabelas 19 e 26;
7. Extratos de café tratados com o complexo enzimático SP-249 exibiram grande redução na viscosidade aparente, quando comparados com o extrato de café não tratado, girando essa redução em torno de 2,5 vezes para concentrações elevadas e 1,6 vezes para extratos menos concentrados. Figuras de 55 a 68 e Tabelas de 18 a 25.
8. O aumento do teor de sólidos solúveis durante a etapa de concentração, possibilitado pela redução da viscosidade do extrato tratado com o complexo enzimático, reduz consideravelmente os custos de secagem, com a consequente

redução dos custos industriais na produção de café solúvel (45% no processo "freeze drying" e 30% no processo "spray drying");

9. A avaliação sensorial indicou que o extrato de café natural e o tratado com o complexo enzimático apresentaram características sensoriais semelhantes não tendo sido observadas diferenças quanto ao sabor, aroma e corpo.

VI - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACKERSON, M.; SIOBRO, M & GADDY, J.L. Two-Stage Acid Hydrolysis of Biomass. In: Third Symposium on Biotechnology in Energy Production and Conservation. SCOTT, C.D. John Wiley & Sons. Biotechnol Bioeng. Symp. 11: 103-112, 1981.
2. AKIBAT, T. & KORIKOSHI, K. Identification and growth characteristics of α -galactosidases producing microorganisms. Agric. Biol. Chem., 40 (9): 1845-49, 1976.
3. AMERINE, M.A.; PANGBORN, R.M. & ROESSLER, E.B. Principles of sensory evaluation of food. Academic Press, New York. 602 p., 1965.
4. AMORIM, H.V. & AMORIM, V.L. Coffee enzymes and coffee quality In: Enzymes in Food and Beverage Processing. ORY, R.L. & ANGELO, A.J. ACS Symposium Series nº 47. p. 27-56, 1977.
5. AMORIM, H.V.; EGENDRE, M.G.; AMORIM, V.L.; ANGELO, A.J. St. e ORY, R.L. Chemistry of brazilian green coffee and the quality of the beverage. VII. Total carbonyls, activity of polyphenoloxidase and hydroperoxides. Turrialba, 26, 193-5, 1976.
6. AMORIM, H.V.; SCOTON, L.C.; CASTILHO, A. de; PIMENTEL GOMES, F. & MALAVOLTA, E. Estudo sobre a alimentação mineral do cafeeiro XXI. Efeito da adubação N, P, K e orgânica na composição mineral do grão e na qualidade da bebida (2ª nota). Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz", U.S.P. 24: 215-228, 1967.
7. AMORIM, H.V. & SILVA, D.M. Relationship Between the Polyphenol Oxidase Activity of Coffee Beans and the Quality of the Beverage. Nature, 219 (5152): 381-382, 1968.
8. AMORIM, H.V.; TEIXEIRA, A.A.; BREVIGLIERI, O.; CRUZ V.F. & MALAVOLTA, E. Chemistry of Brazilian Green Coffee and the Quality of the beverage. I. Carbohydrates. Turrialba, 24: 214-6, 1974.
9. ANGELUCCI, E. Análise química de café. Campinas, Instituto de Tecnologia de Alimentos de Campinas, 1981.
10. BALDINI, V.L.S. Purificação e Caracterização da α -Galactosidase de Soja (Glycine max, L.) e de Feijão (Phaseolus vulgaris, L.) Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos para obtenção do título de mestre em ciências de alimentos, UNICAMP, 1985.
11. BARBIROLI, G. Contributo Alla Conoscenza Degli Aminoacidi Liberi e Combinati in Alcuni Tipi di Caff Tostati. Rassegna Chimica 17: 220-225, 1965.

12. BARBOSA, L.F.; TEIXEIRA, A.A. e CASTILHO, A. Um novo desmicilizador de café despoldado. São Paulo, Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, D.P.V., 1962.
13. BELITZ, H.D. Geschmacksaktive Substanzen in Kaffee. In: Seventh International Scientific Colloquium on Coffee. Hamburg ASIC, Paris, p. 243-52, 1975.
14. BELITZ, H.D.; CHEN, W.; JUGEL, H.; STEMPFL, H.; TRELEANO, R. & WIESSER, H. Qsar of bitter tasting compounds. Chem. Indust. p. 23-26, 1983.
15. BRANDT, S.A.; OLIVEIRA, F.E.M.; ALMEIDA, J.M.C. e ZAKUR, A. Benefícios sociais líquidos da disponibilidade de café solúvel. R. Econ. Sociol. Rural, 27 (4): 423-35, 1989.
16. BRODKEY, P.S. The phenomena of fluid motion. Addison - Wesley Publ. Co., New York. p. 365-455, 1967.
17. CARELLI, M.L.C.; LOPES, C.R. & MÔNACO, L.C. Chlorogenic acid content in species of coffee and selections of C. arabica. Turrialba, 24(4): 398-401, 1975.
18. CARVALHO, A. Secagem de Café em Terreiro. Boletim da Superintendência dos Serviços do Café, 31 (353): 34-35, 1956.
19. CASSON, N. A flow equation for pigment-oil suspensions of the painting ink type. In: MILL, C.C. Rheology of disperse systems. Pergamon Press, New York, p. 84-104, 1959.
20. CHARM, S. Viscometry of non-newtonian food materials. Food Research, Chicago, 25 (3): 351-362, 1960.
21. CIA. IGACU DE CAFÉ SOLÚVEL. Iguacú: Uma história de Flores e de Frutos. Cornélio Procópio, Paraná, p. 1-18, 1983.
22. CHASSEVENT, F.; VINCENT, J.C.; HAHN, D.; POUGNEAUD, S. e WILBAUX, R. Study of the relationships, gustatory and chemical, as a function of the preparation of robusta coffee as the first stage. In: Fourth International Scientific Colloquium on Coffee, Amsterdam, ASIC, Paris, p. 179-185, 1969.
23. CHRISTIANSEN, E.B. & CRAIG JR., S.E. Heat transfer to pseudoplastic fluids in laminar flow. AIChE J., New York, 8 (2): 154-160, 1962.
24. CLARKE, R.J. Drying. In: Coffee Technology CLARKE, R.J. and MACRAE, R. Elsevier Applied Science. New York, p. 147-219, 1985.

25. CLARKE, R. J. Water and Mineral Contents. In: CLARKE, R.J. e MACRAE, R. Coffee. Vol. 1. Chemistry. Elsevier Applied Science Publishers, London. p 42-81, 1985.
26. CLARKE, R.J. Green Coffee Processing. In: CLIFFORD, M.N. & WILSON, K.C. (Ed.) Coffee, Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage. London, p. 230-250, 1985.
27. CLIFFORD, M.N. Composition of green and roasted arabica and robusta coffee. Proc. Biochem. p. 13-16, 1975.
28. CLIFFORD, M.N. e GRIFFITHS, T.I. The Analysis of Sugar in Immature Green Coffee Beans. Em CLIFFORD, (1985). Chemical and Physical Aspects of Green Coffee and Coffee Products. In: CLIFFORD, M.N. and WILLSON, K.C. (Ed.). Coffee, Botany Biochemistry and Production of Beans and Beverage. London, p 305-359, 1982.
29. CLIFFORD, M.N. & DHIOKPEHAI, O. Coffee adstringency. Anal. Proc. 20, p. 83-86, 1983.
30. CONN, E.E. & STUMPF, P.K. Manual de Bioquímica. Editora Edgard Blucher Ltda. Companhia Editora Nacional, Editora da Universidade de São Paulo, p 122-140, 1975.
31. CONTRAVES. Rheomat-115. Manual de Operação, 1987.
32. COWLING, E.B. e KIRK, T.K. Properties of Cellulose and Lignocellulosic Materials as Substrates for Enzymatic Conversion Process. In: Enzymatic Conversion of Cellulosic Materials: Technology and Application. In: MANDELS, M.H., REESE, E.T. & SPANO, L.A. (Ed.), Biotechnol. Bioeng. Symp. 6: 95-124, 1976.
33. CRANDALL, P.G.; CHEN, C.S. & CARTER, R.D. Models for predicting viscosity of orange juice concentrate. Food Technology, Chicago, 36 (5): 245-252, 1982.
34. DEY, P.M. & PRIDHAM, I.B. Biochemistry of β -galactosidases. Advances in Enzymology, 36: 91-130, 1972.
35. DIAZ, J.S.; GOMEZ, G.S.; FELSNER, G. e FRITSCH, G. Estudio de la señal ancha resonância magnética nuclear em muestras de café colombiano preparado em diferentes condiciones. In: Sixth International Scientific Colloquium on Coffee, Bogotá, ASIC, Paris, p. 172-177, 1973.
36. DORIA, J.D.M. Embalagem do Café Torrado e Moído. Rio de Janeiro, IBC, 1978.
37. DURÁN, L. e JIMÉNEZ, C. Evolución de las propiedades reológicas del puré de albaricoque durante la operación de concentración. Rev. Agroquim. y Tecnol. Alimentos, Valência, 20 (2): 209-219, 1980.

38. EHLERS, G.M. Possible applications of enzymes in coffee processing. In: 9th International Scientific Colloquium on Coffee. London. ASIC, Paris p. 101-108, 1980.
39. EWELL, R.H. The reaction rate theory of viscosity and some of its applications. J. Applied Physics, Lancaster, 9(4): 252-69, 1938.
40. FAZUOLI, L.C.; COSTA, W.M. da; TOLEDO, S.V. de; FIGUEIREDO, P. e SOLER, R.M. Programa Integrado de Pesquisa sobre Café. Coordenadoria da Pesquisa Agropecuária, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, São Paulo, 1983.
41. FLAMENT, I. DE l'assamar au kahuveofuranne, un siecle et demi de recherches sur l'arôme de café. In: 12^{eme} International Colloquium on Coffee, Montreaux, ASIC, Paris, p. 146-156, 1987.
42. FOGARTY, W.M. & WARD, D.P. Pectic substances and pectinolytic enzymes. Process Biochem. 7: 13-17, 1972.
43. GARRUTI, R.S. & BOURNE, M.C. Effect of storage conditions of dry beans seeds (Phaseolus vulgaris L.) on texture profile parameters after cooking. J. Food. Sci. 50 (4): 1067-1071, 1985.
44. GENOTELLE, J. Expression de la viscosité des solutions sucrées. Indust. Alim. et Agric., Paris, 95(7/8): 747-755, 1978.
45. GLASSTONE, S.; LAIDLER, K.J. & ERING, H. The theory of rate process. McGraw Hill Book Co. Inc., New York, 611 p. 1941.
46. GLORIA, M. B. de A. Contribuição ao Estudo da Concentração de Extrato de Café por Osmose Inversa. Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos, 1982.
47. GODSTEIN, I.S. Chemicals from Lignocellulose. In: Enzyme Conversion of Cellulosic Materials: Technology and Applications. GADEN, E.L., MAANDELS, M.H., REESE, E. T. & SPANO, L.A. (Ed.), John Wiley e Sons. Biotechnol. Bioeng. Symp. 6: 293-301, 1976.
48. CASTRO, R. J.H.G. Sacarificação da Hemicelulose do Bagaco de Cana de Açúcar e sua Fermentação por Pachysolen tannophilus. Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, para obtenção do título de Doutor em Ciência de Alimentos, Campinas, 1985.
49. GOUIER, G.W. The flow of complex mixtures in pipes. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1972.

50. GOVIER, G.W. & WINNING, M.D. The flow of non-newtonian fluids. In: Meeting of the American Institute of Chemical Engineers, Montreal, 1948.
51. GRAAFF, J. de The Economics of Coffee. Pudoc Wageningen, Amsterdam, 1986.
52. HAN, C.D.; KIM, K.V.; SISKOVIC, N. & HUANG, C.R. An Appraisal of rheological models as applied to polymer meet flow. Rheol. Acta, Darmstadt, 14(6): 533-539, 1975.
53. HAN, Y. W. Microbial Utilization of Straw (a review). Adv. Appl. Microbiol., 23: 119-153, 1978.
54. HARPER, J.C. & EL SAHRIGI, A. F. Viscometric behaviour of tomato concentrates. J. Food Sci., Chicago, 30(3): 470-6, 1965.
55. HARPER, J.C. & LEBERMANN, K.W. Rheological behaviour of pear purees. In: International Conference of Food Science and Technology, 1, Proceedings. p. 719-28, 1962.
56. HAYAKAWA, K.I.; MATAS, J. & HWANG, M.P. Moisture sorption isotherms of coffee products. J. Food Sci., 43: 1026-7, 1978.
57. HERMANS, J.J. Flow properties of disperse systems. North - Holland Publ. Co., Amsterdam, 1953.
58. HOLDSWORTH, S.D. Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behaviour of fluid food products. J. Texture Studies, Dordrecht, 2(4): 393-418, 1971.
59. IBARZ, A.; VICENTE, M. & GRAELL, J. Rheological behaviour of apple juice and pear juice and their concentrates. J. Food Engin., 6: 257-67, 1987.
60. INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ - I.B.C. Manual de recomendações do I.B.C., Cultura do Café no Brasil, 5ª ed., Ministério da Industria e do Comércio, IBC/GERCA (Ed.), 1985.
61. KROPLIEN, V. Carbohydrates in roasted and instant coffee. J. Agric. Food Chem. 22: 110-15, 1974.
62. KROPLIEN, V. Monosacharides in instant coffee by successive batch extractions of roast and ground coffee. In: 5th International Scientific Colloquium on Coffee, London. ASIC, Paris, p. 217-23, 1971.
63. KRUG, C.A. e MALAVOLTA, E. Cultura e Adubação do Cafeeiro. São Paulo, Instituto Brasileiro de Potassa, 1963.

64. LEWIS, M.J. Physical Properties of Foods and Food Processing Systems. Ellis Howood Ltd., Chichester, England, p. 108-136, 1987.
65. LI, Y.T.; LI, S.C.C. & SHETLAR, M.R. -Galactosidase from Diplococcus pneumoniae. Arch. Biochem. Biophys, 103: 436-442, 1963.
66. MACRAE, R. Nitrogenous Components In: CLARKE, R.J. e MACRAE, R. Coffee, Vol. 1, Chemistry. Elsevier Applied Science Publishers, London. p. 115-152, 1987.
67. MAIER, H.G. Coffee acidity. Personal Communication. Em: CLIFFORD, (1985). Chemical and Physical Aspects of Green Coffee and Coffee Products. In: Coffee, Botany Biochemistry and Production of Beans and Beverage. CLIFFORD, M.N. and WILLSON, K.C. (Ed.) Croomhelm, London, p. 305-359, 1983.
68. MABROUK, A.F. & DEATHERAGE, F.E. The acid content of green and roasted coffee. Fd. Technol. 10: 194-7, 1956.
69. MANDELS, M. & REESE, E.T. Cellulases. Develop. Ind. Microbiol., 5: (5), 1964.
70. MARFAT, P. Incidences des procédés de concentration et de séchage sur la rétention des arômes dans les liquides alimentaires. Bios 9 (1), p. 27-34, 1978.
71. McCLEARY, B.V. & MATHESON, N.K. -D-Galactosidase activity and galactomannan and galactosylsucrose oligasaccharide depletion in germinating legume seeds. Phytochem., 13: 1747/57, 1974.
72. McGHEE, J.E.; SILMAN, R. & BAGLEY, E.B. Production of -galactosidase from Aspergillus amomori; properties and action on para-nitrophenyl- -D-galactopyranoside and galacto-oligosaccharides of soy milk. J. Am. Oil. Chem. Soc., 55 (2): 244-47, 1978.
73. MEILGAARD, M.C.; DALGLIESH, C.E. & CLAPPERTON, J.F. Beer Flavor terminology. J. Am. Soc. Brew. Chem. 37: 47-52, 1979.
74. MENEZES, H.C. Variação dos Monoisômeros e Diisômeros do Ácido Cafeoilquínico com Maturação de Café. Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Doutor em Tecnologia de Alimentos, 1990.
75. MENJIVAR, J.A. & RHA, C.K. Viscoelastic effect in concentrated protein dispersions. Rheol. Acta, Darmstadt, 19 (2): 212-219, 1980.

76. MIZRAHI, S. & BERK, Z. Flow behaviour of concentrated orange juice. *J. Texture Studies*, Dordrecht, 1(3): 342-355, 1972.
77. MOLL, H.R. & PICTET, G.A. La chromatographie liquide haute performance appliquée à certains constituants spécifiques du café. In: Ninth International Scientific Colloquium on Coffee, London. ASIC, Paris, p. 87-98, 1980.
78. MÔNACO, L.C. Progressos na secagem do café. *Boletim da Superintendência dos Serviços do Café*, 33(380): 40-41, 1958.
79. MONTGOMERY, M.W. Enzimas de Alimentos. Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia "André Tosello". Campinas, 27 p., 1989.
80. MORESI, M & SPINOSI, M. Engineering factors in the production of concentrated fruit juices. *J. Food Technol.* 15(3): 265-76, 1984.
81. MORETTI, R.H. Controle de Qualidade e Tecnologia Industrial de Café. *Anais do IV CONCAFE*, 1977.
82. MORETTI, R.H. La Industrialización del café. *Alimentación Latinoamericana*, 98, 18, 1976.
83. MORETTI, R.H. Processamento de Cafés Solúveis ou Instantâneos. Trabalho efetuado para ABICS - Associação Brasileira de Indústrias de Café Solúvel. São Paulo, 51 p., 1989.
84. MORETTI, R.H. e FAZUOLI, L.C. A cafeicultura e a industrialização do café. *Mundo Agrícola*, 1, 47, 1976.
85. MORETTI, R.H.; GARRUTI, R.S. e CHAIB, M.A. Concentração do extrato de café e a qualidade da bebida. *Resumos da S.B.P.C.*, 26ª Reunião, p. 431, 1974.
86. MORETTI, R.H. e HINOJOSA, R.G. Desenvolvimento de "Know How" para produção industrial de cafeína e teobromina no Brasil. F.T.P.T. - Fundação Tropical de Pesquisa e Tecnologia, 1977.
87. MORETTI, R.H. e HINOJOSA, R.G. Café verde descafeinado. *Ind. Alimentar*, 3, 12, 1976.
88. MORETTI, R.H. e HINOJOSA, R.G. Decafeinização de café verde. *Resumo da S.B.P.C.*, 27ª Reunião, p. 498, 1975.
89. NOBLE, A.C. Precision and communication: descriptive analysis of wine. *Wine Industry Technical Symposium*, p. 33-34, 1984.

90. NOBLE, A.C. Wine type and sensory evaluation. Davis, Univ. of California, p. 77-83, 1988.
91. NORTHMORE, J.M. Overfermented beans and stinkers as defectives of arabica coffee. In: Fourth International Scientific Colloquium on Coffee, Amsterdam. ASIC, Paris, p. 47-54, 1969.
92. NORTHMORE, J.M. Some factors affecting the quality of Kenya coffee. Turrialba, 15 (3): 184-193, 1985.
93. OHIOKPEHAI, O. Chlorogenic acid content of green coffee beans. Ph. D. Thesis University of Surrey. In: CLIFFORD (1985), Chemical and Physical Aspects of Green Coffee, Botany Biochemistry and Production of Beans and Beverage. CLIFFORD, M.N. & WILSSON, K.C. (Ed.). Croomhelm, London, p. 305-359, 1982.
94. OHIOKPEHAI, O.; BRUMEN, G. & CLIFFORD, M.N. The chlorogenic acid content of some peculiar green coffee beans and the implications for beverage quality. In: Tenth International Scientific Colloquium on Coffee, Salvador. ASIC, Paris, p. 177-186, 1982.
95. PANGBOURNE, R.M. Influence of water composition, extraction procedures and holding time and temperature on quality of coffee beverages. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie, 15, 161-8. In: CLIFFORD (1985), Chemical and Physical Aspects of Green Coffee and Coffee Products. In: Coffee, Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage. CLIFFORD, M.N. & WILLSON, K.C. (Ed.) Croomhelm, London, p. 305-359, 1982.
96. PARK, K.J. Introdução a Reologia. Série Revisão. EMBRAPA/CTAA, Rio de Janeiro, 1974.
97. PICTET, G. & VANTAZ, L. Etude de Techniques d'infusion. In: Eighth International Scientific Colloquium on Coffee, Abdjan, ASIC, Paris, p. 261-70, 1977.
98. RAO, M.A. Rheology liquid foods - a review. J. Texture Studies, Westport, 8 (2): 135-168, 1977.
99. RAO, M.A. Rheological properties of fluid foods. In: RAO, M.A. & RIZVI, S.S.H. Engineering Properties of Food. Marcel Dekker, Inc. N.Y., p. 1-47, 1986.
100. RAO, M.A.; BOURNE, M.C. & COOLEY, H.J. Flow properties of tomato concentrates. J. Texture Studies, Westport, 12 (4): 521-38, 1981.
101. REED, G. Enzymes in Food Processing Academic Press, New York, 1975.

102. ROTENBERG, B. & IACHAN, A. Método químico automático para diferenciação de "café-bebida". Rev. Bras. Tecnol. 2: 67-70, 1972.
103. SABBAGH, N.K.; YOKOMIZO, Y. e FARIA, J.B. Influência da torração nos conteúdos de monossacarídeos de cafés arábica, robusta e do híbrido Icatu. Coletânea do ITAL, 8: p. 101-130, 1977.
104. SARAVACOS, G.C. Effect of temperatures on viscosity of fruit juices and purees. J. Food Sci., Chicago, 35 (2): 122-5, 1970.
105. SARAVACOS, G.C. & MDYER, J.C. Tube viscometry of tomato juice and concentrates. Geneva, N.Y. New York State Agricultural Experiment Station. Cornell University Department of Food Science and Technology, 1967.
106. SHERMAN, P. Industrial reology. Academic Press, London, 433 p, 1970.
107. SHI-YING XU; SHOEMAKER, C.F. & LUH, B.S. Effect of break temperature on reological properties and microstructure of tomato juices and pastes. J. Food Sci. 51 (2): 399-407, 1986.
108. SIMPSON, S.G. & WILLIAMS, M.C. An Analysis of high temperature/short time sterilization during laminar flow. J. Food Sci., Chicago, 39 (5): 1047-54, 1974.
109. SIVETZ, M.M.S. Coffee Processing. Technology. The AVI Publishing Co. Inc. Connecticut, 1963.
110. SKELAND, A.H.P. Non Newtonian flow and heat transfer. John Wiley e Sons, New York, 1967.
111. SOUTHGATE, D.A.T. Determination of food carbohydrates. Applied Science Publisher, London, 1976.
112. STIRLING, H. Storage research on Kenya arabica coffee. In: Ninth International Scientific Colloquium on Coffee, London, ASIC, Paris, p. 189-200, 1980.
113. STONE, H. & SIDEL, J. Sensory evaluation practices. Academic Press, New York, 1985.
114. STONE, H.; SIDEL, J.; OLIVER, S.; WOOLSEY, A. & SINGLETON, R.C. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. Food Technol. 28 (11): 24-34, 1974.
115. SUGIMOTO, H. e VAN-BUREN, J.P. Renoval of oligosaccharides from soy milk by an enzyme from Aspergillus saitoi. J. Food Sci., 35 (5): 655-60, 1970.

116. THALER, H. The chemistry of coffee extraction in relation to polysaccharides. *F. Chem.*, 4, 1979.
117. THALER, H. & ARNETH, W. Monosaccharides on roasting arabica coffee. 3th International Scientific Colloquium on Coffee, ASIC, Paris, p. 127-35, 1967.
118. THISSEN, M. Concentration processes for liquid foods containing volatile flavor and aroma. *Food Technol. in Australia*, 1975.
119. TORRES, L.L. Comparação de Consumo de Energia e Custos na Industrialização de Café Solúvel. Relatório apresentado à Faculdade de Engenharia de Alimentos - UNICAMP referente à disciplina TA 031 - Planejamento e Projeto II. 1987.
120. TORREST, R.S. Rheological properties of aqueous solutions of the polymer Natrosol 250 HHR. *J. of Rheology*, 26 (2): 143-151, 1982.
121. TRESSL, R.; HOLZER, M. & KAMPERSCHNRDER, H. Sucrose content of green and roasted coffees. In: 10th International Colloquium on Coffee, Salvador, ASIC, Paris, p. 279-92, 1982.
122. TRUGO, L.C. & MACRAE, R. Sucrose Content of green and roasted coffees and percentage losses during roasting. In: 10th International Colloquium on Coffee, Salvador, ASIC, Paris, p. 187-92, 1982.
123. TRUGO, L.C. & MACRAE, R. The determination of carbohydrates in coffee products using high performance liquid chromatography. In: 10th International Colloquium on Coffee, Salvador, ASIC, Paris, p. 187-92, 1982.
124. VAN DER STEGAN, G. H.D. & VAN DUIJIN, JH. Analysis of Chlorogenic acides in coffee. 9th International Scientific Colloquium on Coffee, London, ASIC, Paris, p. 107-112, 1980.
125. VAN VEEN, T. & UREESWIJK, J.K. Sive Analysis of Finely Ground Coffee. In: 4^{eme} Colloque International Sur la Chimie des Cafés, ASIC, Amsterdam, 1969.
126. VAN WAZER, R.J.; LYONS, J.W. KIM, K.I. & COLWELL, R.E. Viscosity and flow measurement: a laboratory handbook of rheology. Interscience Publishers, New York, 1963.
127. VARSHNEY, N.N. & KUMBHAR, B.K. Effect of concentration and temperature on rheological properties of pineapple and orange juices. *J. Food Sci. Technol. Mysore, India*, 15: 53-5, 1978.

128. VITALI, A.A. Comportamento reológico de purê de goiaba (Psidium guajava C.) em função da concentração e temperatura. Tese apresentada à Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia. São Paulo, USP. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Química, 151 p., 1981.
129. VITALI, A.A. Comportamento Reológico de Suco de Laranja Concentrado Congelado a Baixas Temperaturas. Tese apresentada à Escola Politécnica da USP para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Química. 1982.
130. VITALI, A.A. & RAD, M.A. Flow behaviour of guava puree as a function of temperature and concentration. *J. Texture Studies*, Westport, 13 (3): 275-89, 1982.
131. VITALI, A.A.; RDIG, S.M. & RAD, M.A. Viscosity behaviour of concentrated passion fruit juice. *Confructa*, Vienna, 19 (5): 201-206, 1974.
132. VILELA, E.P. Secagem de Café em Terreiro e Silo com Energia Solar. Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos, 1975.
133. VOILLEY, A.; SAUVAGEOT, F. e DURAND, D. Influence, sur l'amerture d'un café boisson, de quelques paramètres d'extraction. In: 8th International Scientific Colloquium on Coffee, ASIC, Paris, p. 251-60, 1977.
134. VOILLEY, A.; SAUVAGEOT, F.; SIMATOS, D. & WOJCKI, G. Influence of some processing conditions on the quality of coffee brew. *J. Food Proc. Pres.* 5(3): 135-43. In: CLIFFORD, (1985). Chemical and Physical Aspects of Green Coffee and Coffee Products. In: Coffee, Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage. CLIFFORD, M.N. and WILSSON, K.C. eds. Croomhelm, London, pp 305-359, 1981.
135. XU, S.Y. Applications of enzymes in coffee processing. Jap. Patent JA 4.848.668 (Derwent 59 098 U).
136. YASU, F. Café. *Globo Rural Economia*, p. 4-6, julho 1990.
137. WALLENFELS, K.G. & MALHOTRA, D.P. Galactosidades. In: TIPSON, R.S. e HORTON, D. (Ed.) *Advances in Carbohydrate Chemistry*, 16: 239-98, 1961.
138. WALTERS, K. Rheometry. London, Chapman and Hall, 1975.
139. WILLIAMS, S. (Ed.). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistr.* A.O.A.C. Arlington, USA. 14th ed., 141 p., 1984.

140. WOLFROM, M.L. & ANDERSON, L.E. Polysaccharides from instant coffee powder. *Agr. Food Chem.* 15 (4), pp. 685-7, 1967.
141. WOLFROM, M.L. & PATIN, D.L. Carbohydrates of the coffee bean. IV. An arabinogalactan. *J. Agric. Food Chem.* 30(1), 4060-4063, 1965.
142. WOOD, T.M. Cellulases acting on native and modified cellulose. *Biochem. J.*, 115: 457, 1969.
143. WOOD, T.M. Cellulolytic effect of fungi and their cell-free extracts. *Biochem. J.*, 109, 217, 1968.
144. WOOD, T.M. The Cellulase of *Fusarium solani*. *Biochem. J.* 121, 353-62, 1971.
145. WOSIACKI, G. Enzimas Pectinolíticas de Fusarium oxysporum Schlecht. Ex. Fr. Isolado de Frutos de Café. Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, para obtenção do título de Doutor em Ciência de Alimentos, Campinas, 1977.

A N E X O 1

Valores lidos no viscosímetro e de tensão de cisalhamento (T) calculado, para extrato de café.

20% de Sólidos Solúveis

Posição	40C		100C		150C		200C		250C		300C		350C	
	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	4	726	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	5	977	4	726	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	8	1.564	6	1.173	5	977	-	-	-	-	-	-	-	-
12	11	2.150	9	1.739	7	136	5	977	-	-	-	-	-	-
13	16	3.128	12	2.345	10	1.955	7	1.368	5	977	-	-	-	-
14	22	4.301	18	3.5919	14	2.737	10	1.955	7	1.368	6	1.173	4	-
15	32	6.256	26	5.803	20	3.910	15	2.932	10	1.955	8	1.564	8	-

Continuação do Anexo 1

20% de Sólidos Solúveis

Posição	40°C		45°C		50°C		55°C		60°C		65°C		70°C	
	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	5	977	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Continuação de Anexo 1

25% de Sólidos Solúveis

Posição	40°C		100°C		150°C		200°C		250°C		300°C		350°C	
	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	5	977	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	8	1.564	5	977	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	11	2.150	7	1.368	7	1.368	-	-	-	-	-	-	-	-
12	16	3.128	9	1.759	10	1.955	7	1.368	-	-	-	-	-	-
13	23	4.496	14	2.737	15	2.932	11	2.150	7	1.368	-	-	-	-
14	30	6.451	20	3.910	22	4.301	15	2.932	11	2.150	9	1.759	6	1.173
15	48	9.304	40	7.820	31	6.060	22	4.301	15	2.932	12	2.346	9	1.1709

Continuação do Anexo 1

25% de Sólidos Solúveis

Posição	40°C		45°C		50°C		55°C		60°C		65°C	
	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	4	726	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	8	1.564	5	977	-	-	-	-	-	-	-	-

Continuação do Anexo 1

30,2% de Sólidos Solúveis

Posição	40°C		100°C		150°C		200°C		250°C		300°C		350°C	
	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	9	1.759	6	1.173	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	13	2.241	8	1.564	6	1.173	-	-	-	-	-	-	-	-
10	18	3.519	12	2.346	8	1.564	6	1.173	-	-	-	-	-	-
11	26	5.083	17	3.323	12	2.346	8	1.564	6	1.173	-	-	-	-
12	38	7.429	24	4.692	17	3.323	12	2.346	8	1.564	6	1.173	-	-
13	54	10.557	35	6.842	25	4.887	17	3.323	12	2.346	8	1.564	6	1.173
14	77	15.053	50	9.775	36	7.038	24	4.692	17	3.323	12	2.346	8	1.564
15	111	21.700	72	14.076	51	9.970	34	6.647	24	4.692	17	3.323	12	2.346

Continuação do Anexo I.

30,2% de Sólidos Solúveis

Posição	40°C		45°C		50°C		55°C		60°C		65°C		70°C	
	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	4	726	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	6	1.173	5	977	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	9	1.759	7	1.368	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Continuação do Anexo 1

41,0% de Sólidos Solúveis

Posição	40°C		100°C		150°C		200°C		250°C		300°C		350°C	
	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	19	3.714	12	2.346	10	1.955	-	-	-	-	-	-	-	-
8	27	5.278	18	3.517	14	2.737	9	1.739	-	-	-	-	-	-
9	38	7.429	25	2.887	20	3.910	14	2.737	9	2.737	-	-	-	-
10	55	10.752	36	7.038	28	5.474	20	3.910	14	3.910	9	2.737	-	-
11	70	15.249	52	10.166	41	8.015	28	5.474	19	3.714	14	3.910	11	2.150
12	112	21.896	74	14.467	58	11.339	40	7.820	27	5.278	19	3.714	16	3.128
13	160	31.200	107	20.918	83	16.226	58	11.339	39	7.624	28	5.474	23	4.495
14	229	44.769	153	29.911	119	23.264	82	16.031	56	10.948	40	7.620	32	6.256
15	328	64.124	219	42.814	171	33.430	118	23.069	80	15.640	57	11.143	46	9.993

Continuação do Anexo 1

41,0% de Sólidos Solúveis

Posição	40°C		45°C		50°C		55°C		60°C		65°C		70°C	
	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	7	1.368	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	10	1.955	6	1.173	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	14	2.737	9	2.737	7	1.368	-	-	-	-	-	-	-	-
14	20	3.910	13	2.541	10	1.955	9	2.737	7	1.368	6	1.173	-	-
15	29	5.669	19	3.714	14	2.737	13	2.541	10	1.955	8	1.564	-	-

Continuação do Anexo 1

46,5% de Sólidos Solúveis

Posição	40°C		100°C		150°C		200°C		250°C		300°C		350°C		
	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5	21	4.105	16	3.128	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6	30	5.865	23	4.996	14	2.737	12	2.346	8	1.564	6	1.173	-	-	
7	41	8.015	32	6.256	19	3.714	16	3.128	12	2.346	8	1.564	-	-	
8	57	11.143	44	8.602	26	5.083	23	4.496	16	3.128	11	2.150	-	-	
9	79	15.444	62	12.121	36	7.030	32	6.256	22	4.301	16	3.128	12	2.346	
10	110	21.505	87	17.008	50	9.775	44	8.602	31	6.060	22	4.301	17	3.323	
11	154	30.107	122	23.851	69	13.489	62	12.121	44	8.602	30	5.865	23	4.496	
12	213	41.641	170	33.325	95	18.572	86	16.813	60	11.730	42	8.211	33	6.451	
13	297	58.063	239	46.724	131	25.610	121	23.655	84	16.422	58	11.339	46	8.993	
14	413	80.741	335	65.492	181	35.595	168	32.844	117	22.873	81	15.835	64	12.512	
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	89	17.599

Continuação do Anexo 1

46,5% de Sólidos Solúveis

Posição	40°C		45°C		50°C		55°C		60°C		65°C		70°C	
	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	8	1.564	6	1.173	4	782	-	-	-	-	-	-	-	-
10	11	2.150	8	1.564	6	1.173	-	-	-	-	-	-	-	-
11	16	3.120	12	2.346	8	1.564	6	1.173	5	977	-	-	-	-
12	22	4.301	16	3.120	12	2.346	9	1.759	7	1.368	5	977	5	977
13	31	6.060	23	4.486	16	3.120	12	2.346	9	1.759	8	1.564	6	1.173
14	43	8.400	32	6.256	23	4.486	17	3.329	14	2.730	11	2.150	9	1.759
15	59	11.534	44	8.602	32	6.256	24	4.692	19	3.714	15	2.932	13	2.541

Continuação do Anexo 1

50% de Sólidos Solúveis

Posição	40°C		100°C		150°C		200°C		250°C		300°C		350°C	
	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)
1	23	4.496	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	32	6.256	17	3.323	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	43	8.407	23	4.496	16	3.128	13	2.541	-	-	-	-	-	-
4	60	11.730	31	6.060	22	4.301	17	3.323	-	-	-	-	-	-
5	82	16.031	42	8.211	30	5.865	24	4.692	17	3.323	15	2.932	-	-
6	133	22.091	50	11.339	41	8.015	33	6.451	23	4.496	20	3.910	15	2.932
7	156	30.098	79	15.445	57	11.144	46	8.993	32	6.256	28	5.474	20	3.910
8	214	41.037	108	21.114	79	15.444	64	12.512	44	8.602	39	7.624	28	5.474
9	294	57.477	149	29.129	109	21.309	88	17.204	60	11.730	54	10.557	40	7.920
10	405	79.170	204	39.882	150	29.324	122	23.851	82	16.031	74	14.467	55	10.752
11	558	109.089	222	43.401	207	40.460	169	33.039	112	21.896	102	19.941	77	15.053
12	766	149.753	302	74.681	286	55.913	233	45.551	154	30.107	141	27.565	107	20.910
13	1.056	206.440	525	102.638	396	77.418	324	63.342	212	41.446	195	36.122	149	29.162
14	-	-	720	140.760	546	106.743	442	87.779	290	56.695	269	52.589	207	40.460
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Continuação do Anexo 1

50% de Sólidos Solúveis

Posição	400C		450C		500C		550C		600C		650C		700C	
	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	9	1.759	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	12	2.346	10	1.955	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	16	3.128	13	2.541	9	1.759	-	-	-	-	-	-	-	-
9	22	4.301	18	3.519	15	2.932	11	2.150	-	-	-	-	-	-
10	31	6.060	25	4.887	18	3.519	15	2.932	11	2.150	7	1.368	-	-
11	42	8.211	34	6.647	24	4.692	21	4.105	15	2.932	10	1.955	8	1.564
12	57	11.143	47	9.188	33	6.451	28	5.474	20	3.910	14	2.737	10	1.955
13	70	15.249	65	12.707	45	8.797	39	7.624	28	5.474	19	3.715	14	2.737
14	106	20.723	89	17.399	62	12.121	54	10.557	38	7.429	26	5.083	20	3.910
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Continuação do Anexo 1

56,0% de Sólidos Solúveis

Posição	40°C		10°C		15°C		20°C		25°C		30°C		35°C	
	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)
1	47	9.188	25	4.887	17	3.323	12	2.346	-	-	-	-	-	-
2	64	12.512	34	6.647	23	4.496	16	3.128	12	2.346	-	-	-	-
3	86	16.813	45	8.797	31	6.060	21	4.105	16	3.128	11	2.150	-	-
4	116	22.678	61	11.925	42	8.211	28	5.474	21	4.105	14	2.737	9	1.759
5	156	30.498	82	16.031	57	11.143	38	7.429	28	5.474	19	3.715	12	2.346
6	210	41.055	111	21.700	77	15.053	51	9.970	38	7.429	26	5.085	16	3.128
7	284	55.522	149	29.129	103	20.136	68	13.294	51	9.970	34	6.647	22	4.301
8	382	74.681	201	39.295	140	27.370	92	17.984	68	13.294	45	8.797	29	5.085
9	514	100.487	270	52.785	189	36.949	123	24.046	90	17.530	60	11.730	30	7.429
10	672	135.286	364	71.182	256	49.852	165	32.257	121	23.635	81	15.835	51	9.970
11	933	182.401	491	95.990	345	67.447	221	43.205	162	31.671	107	20.718	68	13.294
12	1254	243.157	660	129.030	466	91.103	296	57.868	216	42.228	143	27.760	90	17.530
13	-	-	-	-	631	123.360	398	77.809	284	56.499	191	37.340	119	23.635
14	-	-	-	-	853	166.761	534	104.397	386	79.463	254	49.657	150	30.498
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Continuação do Anexo 1

56,0% de Sólidos Solúveis

Posição	400C		450C		500C		550C		600C		650C		700C	
	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	9	1.759	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	12	2.346	9	1.759	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	16	3.128	12	2.346	10	1.955	-	-	-	-	-	-	-	-
8	22	4.301	16	3.128	13	2.541	10	1.955	7	1.368	-	-	-	-
9	29	5.669	22	4.301	17	3.128	13	2.541	10	1.955	8	1.564	6	1.173
10	38	7.429	29	5.669	23	4.496	19	3.714	13	2.541	10	1.955	8	1.564
11	51	9.970	39	7.624	31	6.060	25	4.887	17	3.323	13	2.541	10	1.955
12	68	13.294	53	10.361	41	8.015	34	6.647	23	4.496	18	3.519	13	2.541
13	91	17.799	70	13.685	55	10.752	45	8.797	30	5.865	24	4.692	18	3.519
14	121	23.655	94	18.377	74	14.467	61	11.925	41	8.015	32	6.256	24	4.692
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Continuação do Anexo 1

62,0% de Sólidos Solúveis

Posição	40°C		100°C		150°C		200°C		250°C		300°C		350°C	
	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)
1	128	25.024	70	13.685	44	8.692	33	6.451	25	4.887	-	-	-	-
2	170	33.235	94	18.377	59	11.534	44	8.602	34	6.647	18	3.519	15	2.932
3	227	44.370	127	24.828	79	15.444	58	11.339	45	8.797	24	4.692	20	3.910
4	303	59.236	171	33.430	105	20.527	88	15.849	60	11.730	32	6.256	26	5.003
5	403	78.786	230	44.965	132	25.806	104	20.332	80	15.640	43	6.406	35	6.812
6	537	104.983	310	60.605	186	36.363	138	26.979	106	20.723	57	11.143	46	8.993
7	716	139.978	418	81.719	248	48.484	184	35.972	142	27.761	75	14.662	62	12.101
8	953	186.311	563	110.066	330	64.515	245	47.897	189	36.949	100	19.530	82	16.031
9	-	-	758	148.189	440	86.020	327	63.928	251	49.070	133	26.001	110	21.585
10	-	-	1.021	199.605	586	114.563	435	85.042	335	65.492	177	34.603	146	28.543
11	-	-	-	-	781	152.685	580	113.390	446	87.193	234	45.747	195	38.122
12	-	-	-	-	1.039	203.124	772	150.926	594	116.127	311	68.800	259	50.611
13	-	-	-	-	-	-	1.030	201.365	793	155.031	413	80.741	346	67.043
14	-	-	-	-	-	-	-	-	1.025	200.252	549	107.329	401	60.101
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Continuação do Anexo I

62,0% de Sólidos Solúveis

Posição	40°C		45°C		50°C		55°C		60°C		65°C		70°C	
	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	17	3.323	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	23	4.496	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	31	6.060	22	4.301	16	3.128	-	-	-	-	-	-	-	-
7	41	8.015	29	5.669	22	4.301	-	-	-	-	-	-	-	-
8	55	10.752	39	7.624	29	5.669	24	4.692	17	3.323	11	2.150	7	1.368
9	72	14.076	52	10.166	38	7.429	32	6.256	22	4.301	15	2.932	9	1.759
10	96	18.768	68	13.294	50	9.775	43	8.406	29	5.669	19	3.714	12	2.376
11	128	25.024	91	17.790	66	12.993	57	11.543	39	7.624	25	4.887	15	2.932
12	169	33.039	120	23.460	87	17.008	75	14.662	51	9.970	33	6.451	20	3.910
13	225	43.987	160	31.280	114	22.287	99	19.354	68	13.294	44	8.602	26	5.003
14	299	58.454	213	41.641	151	29.520	131	25.610	89	17.399	37	11.143	34	6.667
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45	8.797

A N E X O 2

Viscosidade aparente (a), para extrato de café para cada uma das rotações

Rotação	45,5% de Sólidos Solúveis						
	40°C	100°C	150°C	200°C	250°C	300°C	350°C
	η_a (mPa.s)						
5.15	-	-	-	-	-	-	-
7.37	-	-	-	-	-	-	-
10.54	-	-	-	-	-	-	-
15.05	-	-	-	-	-	-	-
21.60	-	-	-	-	-	-	-
30.90	146,1	108,8	65,8	56,0	-	-	-
44.30	141,9	106,1	63,2	54,4	-	-	-
63.40	137,9	103,5	60,8	52,9	-	-	-
90.70	134,0	100,9	58,5	51,4	-	-	-
129.80	130,2	98,4	56,2	50,0	36,1	25,3	19,5
185.80	126,6	95,9	54,0	48,5	35,1	24,5	19,0
266.00	123,0	93,6	51,9	47,2	34,1	23,7	18,5
381.00	119,5	91,3	49,9	45,8	33,1	23,0	18,1
545.00	116,1	89,0	48,0	44,5	32,2	22,3	17,6
780.00	-	-	-	-	-	-	17,2

Continuação do Anexo 2

Viscosidade aparente (η_a), para extrato de café para cada uma das rotações

Rotação	46,5X de Sólidos Solúveis						
	40°C	45°C	50°C	55°C	60°C	65°C	70°C
	η_a (mPa.s)						
5.15	-	-	-	-	-	-	-
7.37	-	-	-	-	-	-	-
10.54	-	-	-	-	-	-	-
15.05	-	-	-	-	-	-	-
21.60	-	-	-	-	-	-	-
30.90	-	-	-	-	-	-	-
44.30	-	-	-	-	-	-	-
63.40	-	-	-	-	-	-	-
90.70	-	-	-	-	4,5	-	-
129.80	12,9	10,0	6,7	5,2	-	2,9	2,5
185.80	12,6	9,7	6,5	5,0	4,2	2,9	-
266.00	12,3	9,5	5,3	4,9	3,9	2,9	-
381.00	11,9	9,1	6,3	4,8	3,8	2,9	2,5
545.00	11,7	8,9	6,2	4,7	3,8	2,9	2,5
780.00	11,4	8,7	6,1	4,7	3,7	2,9	2,6

Continuação do Anexo 2

Viscosidade aparente (η_a), para extrato de café para cada uma das rotações

Rotação	50,0% de Sólidos Solúveis						
	4°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C
	η_a (mPa.s)						
5.15	-	-	-	-	-	-	-
7.37	-	-	-	-	-	-	-
10.54	-	-	-	-	-	-	-
15.05	-	-	-	-	-	-	-
21.60	572,3	295,9	208,0	168,5	-	-	-
30.90	550,2	281,4	200,7	163,2	-	-	-
44.30	528,8	267,6	193,6	157,9	109,8	96,1	68,8
63.40	508,4	254,5	186,8	152,9	105,2	92,8	67,1
90.70	488,8	242,0	180,2	148,1	100,8	89,5	65,5
129.80	469,9	230,2	173,9	143,4	96,5	86,3	63,8
185.80	451,7	218,9	167,8	138,8	92,4	83,3	62,2
266.00	434,3	208,2	161,9	134,4	88,6	80,4	60,7
381.00	417,4	197,9	156,1	130,1	84,8	77,5	59,2
545.00	-	-	150,6	126,0	81,2	74,8	57,7
780.00	-	-	-	-	-	-	56,3

Continuação do Anexo 2

Viscosidade aparente (η_a), para extrato de café para cada uma das rotações

Rotação	50,0% de Sólidos Solúveis						
	40°C	45°C	50°C	55°C	60°C	65°C	70°C
	η_a (mPa.s)						
5.15	-	-	-	-	-	-	-
7.37	-	-	-	-	-	-	-
10.54	-	-	-	-	-	-	-
15.05	-	-	-	-	-	-	-
21.60	-	-	-	-	-	-	-
30.90	-	-	-	-	-	-	-
44.30	39,7	-	-	-	-	-	-
63.40	37,9	-	-	-	-	-	-
90.70	36,2	29,9	21,9	17,8	-	-	-
129.00	34,5	28,7	20,9	17,0	12,3	8,2	-
185.80	32,9	27,6	19,9	16,3	11,7	8,0	4,7
266.00	31,5	26,5	19,1	15,6	11,2	7,7	4,5
381.00	30,0	25,5	18,2	14,9	10,6	7,5	4,3
545.00	28,7	24,5	17,4	14,3	10,1	7,2	4,1
780.00	-	-	-	-	-	-	-

Continuação do Anexo 2

Viscosidade aparente (η_a), para extrato de café para cada uma das rotações

Rotação	56,0% de Sólidos Solúveis						
	40°C	100°C	150°C	200°C	250°C	300°C	350°C
	η_a (mPa.s)						
5.15	-	-	-	-	-	-	-
7.37	1.300	687	470	322	-	-	-
10.54	1.223	646	444	302	-	-	-
15.05	1.150	608	419	283	-	-	-
21.60	1.132	572	396	265	-	-	-
30.90	1.066	538	374	249	243	125	81
44.30	958	506	353	233	174	116	75
63.40	902	476	333	218	163	113	70
90.70	848	448	314	205	152	101	65
129.80	798	422	297	192	142	94	60
185.80	-	397	280	180	133	87	56
266.00	-	-	-	-	124	81	52
381.00	-	-	-	-	116	76	49
545.00	-	-	-	-	108	70	45
780.00	-	-	-	-	-	-	-

Continuação do Anexo 2

Viscosidade aparente (η_a), para extrato de café para cada uma das rotações

Rotação	56,0% de Sólidos Solúveis						
	40°C	45°C	50°C	55°C	60°C	65°C	70°C
η_a (mPa.s)							
5.15	-	-	-	-	-	-	-
7.37	-	-	-	-	-	-	-
10.54	-	-	-	-	-	-	-
15.05	-	-	-	-	-	-	-
21.60	-	-	-	-	-	-	-
30.90	58	-	-	-	-	-	-
44.30	54	-	-	-	-	-	-
63.40	50	38	30	-	-	-	-
90.70	46	36	28	-	-	-	-
129.80	43	33	26	21	15	11	7
185.80	40	31	24	20	14	10	7
266.00	37	29	23	18	13	10	6
381.00	35	27	21	17	12	9	5
545.00	32	26	20	16	11	9	5
780.00	-	-	-	-	-	8	5

Continuação do Anexo 2

Viscosidade aparente (η_a), para extrato de café para cada uma das rotações

Rotação	62,0% de Sólidos Solúveis						
	4°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C
	η_a (mPa.s)						
5.15	2.889	1.419	989	654	-	-	-
7.37	2.596	1.288	901	592	-	-	-
10.54	2.331	1.170	821	535	-	-	-
15.05	2.093	1.061	748	484	-	-	-
21.60	1.979	963	681	438	326	219	165
30.90	1.688	875	621	396	298	199	151
44.30	1.515	794	565	358	273	180	138
63.40	1.361	721	515	324	249	164	126
90.70	1.319	654	469	293	228	149	115
129.80	1.183	593	427	265	207	135	105
185.80	-	-	418	240	191	122	96
266.00	-	-	355	217	174	111	88
381.00	-	-	-	-	159	101	80
545.00	-	-	-	-	-	91	73
780.00	-	-	-	-	-	-	-

Continuação do Anexo 2

Viscosidade aparente (a), para extrato de café para cada uma das rotações

Rotação	62,0% de Sólidos Solúveis						
	40°C	45°C	50°C	55°C	60°C	65°C	70°C
	η_a (mPa.s)						
5.15	-	-	-	-	-	-	-
7.37	-	-	-	-	-	-	-
10.54	-	-	-	-	-	-	-
15.05	-	-	-	-	-	-	-
21.60	116	-	-	-	-	-	-
30.90	106	-	-	-	-	-	-
44.30	96	-	-	-	-	-	-
63.40	88	62	42	33	23	16	12
90.70	80	56	38	30	21	14	11
129.80	73	52	35	27	19	13	10
185.80	66	47	32	25	17	12	9
266.00	61	43	29	23	16	11	8
381.00	55	39	26	21	14	10	8
545.00	50	36	24	19	13	9	7
780.00	-	-	-	-	-	8	6

ANEXO 3

Valores lidos no viscosímetro e de tensão de cisalhamento (τ) calculado para extrato de café tratado com o complexo enzimático

20X de Sólidos Solúveis

Posição	40C		100C		150C		200C		250C		300C		350C	
	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)	Leitura (%)	T (mPa)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	6	1.173	5	977	4	782	-	-	-	-	-	-	-	-
15	8	1.564	7	1.368	5	977	-	-	-	-	-	-	-	-

Continuação Anexo 3

Valores lidos no viscosímetro e de tensão de cisalhamento (T) calculado para extrato de café tratado com o complexo enzimático

20X de Sólidos Solúveis

Posição	40°C		45°C		50°C		55°C		60°C		65°C		70°C	
	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Continuação Anexo 3

Valores lidos no viscosímetro e de tensão de cisalhamento (τ) calculado para extrato de café tratado com o complexo enzimático

25X de Sólidos Solúveis

Posição	40°C		100°C		150°C		200°C		250°C		300°C		350°C	
	Leitura (%)	τ (mPa)	Leitura (%)	τ (mPa)	Leitura (%)	τ (mPa)	Leitura (%)	τ (mPa)	Leitura (%)	τ (mPa)	Leitura (%)	τ (mPa)	Leitura (%)	τ (mPa)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	5	977	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	7	1.368	6	1.173	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	11	2.150	8	1.564	6	1.173	5	977	4	782	-	-	-	-
15	15	2.932	12	2.346	9	1.759	8	1.564	6	1.175	5	977	-	-

Continuação Anexo 3

Valores lidos no viscosímetro e de tensão de cisalhamento (T) calculado para extrato de café tratado com o complexo enzimático

25X de Sólidos Solúveis

Posição	40°C		45°C		50°C		55°C		60°C		65°C		70°C	
	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Continuação Anexo 3

Valores lidos no viscosímetro e de tensão de cisalhamento (T) calculado para extrato de café tratado com o complexo enzimático

30X de Sólidos Solúveis

Posição	4°C		10°C		15°C		20°C		25°C		30°C		35°C	
	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	6	1.173	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	9	1.759	7	1.368	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	12	2.346	10	1.955	8	1.564	-	-	-	-	-	-	-	-
14	18	3.519	15	2.932	11	2.150	8	1.564	6	1.173	5	977	4	782
15	26	5.083	21	4.105	16	3.128	12	2.346	9	1.759	8	1.564	8	1.564

Continuação Anexo 3

Valores lidos no viscosímetro e de tensão de cisalhamento (T) calculado para extrato de café tratado com o complexo enzimático

Posição	40°C		45°C		50°C		55°C		60°C		65°C		70°C	
	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	5	977	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Continuação Anexo 3

Valores lidos no viscosímetro e de tensão de cisalhamento (τ) calculado para extrato de café tratado com o complexo enzimático

40X de Sólidos Solúveis

Posição	40°C		100°C		150°C		200°C		250°C		300°C		35°C	
	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	18	3.519	13	2.541	10	1.955	7	1.368	-	-	-	-	-	-
9	26	5.083	19	3.714	14	2.737	11	2.150	8	1.564	-	-	-	-
10	37	7.235	20	5.474	21	4.105	15	2.932	12	2.346	8	1.564	-	-
11	53	10.361	40	7.850	29	5.669	22	4.301	17	3.323	12	2.346	10	1.955
12	75	14.662	57	11.143	42	8.211	31	6.060	24	4.632	17	3.323	14	2.737
13	108	21.114	81	15.835	61	11.925	45	8.797	35	6.842	25	4.887	21	4.105
14	155	30.302	116	22.678	87	17.008	65	12.707	50	9.775	36	7.038	29	5.559
15	222	43.401	114	32.453	124	24.242	93	18.181	72	14.076	51	9.970	42	8.211

Continuação Anexo 3

Valores lidos no viscosímetro e de tensão de cisalhamento (T) calculado para extrato de café tratado com o complexo enzimático

40X de Sólidos Solúveis

Posição	40°C		45°C		50°C		55°C		60°C		65°C		70°C	
	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	8	1.564	6	1.173	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	11	2.150	9	1.739	7	1.368	6	1.173	-	-	-	-	-	-
13	16	3.128	13	2.541	10	1.955	8	1.564	4	782	-	-	-	-
14	23	4.496	19	3.714	14	2.737	12	2.346	6	1.173	5	977	-	-
15	33	6.451	27	5.278	21	4.105	17	3.323	9	1.759	7	1.368	5	977

Continuação Anexo 3

Valores lidos no viscosímetro e de tensão de cisalhamento (T) calculado para extrato de café tratado com o complexo enzimático

45X de Sólidos Solúveis

Posição	40°C		100°C		150°C		200°C		250°C		300°C		350°C	
	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	12	2.346	9	1.759	7	1.368	5	977	-	-	-	-	-	-
6	17	3.323	13	2.541	9	1.759	7	1.368	-	-	-	-	-	-
7	24	4.692	18	3.519	13	2.541	10	1.955	-	-	-	-	-	-
8	33	6.451	25	4.887	19	3.714	13	2.541	10	1.955	7	1.368	5	977
9	47	9.188	35	6.842	26	5.083	19	3.714	13	2.541	9	1.759	8	1.568
10	65	12.707	49	9.579	36	7.038	26	5.086	19	3.714	13	2.541	11	2.158
11	90	17.595	68	13.294	51	9.970	37	7.233	26	5.086	18	3.519	15	2.732
12	125	24.437	96	18.768	72	14.076	52	10.166	37	7.233	26	5.086	21	4.105
13	175	34.212	134	26.197	101	19.745	73	14.271	52	10.166	36	7.038	29	5.660
14	243	47.506	186	36.363	141	27.565	102	19.941	73	14.271	50	9.775	41	8.015
15	338	66.079	260	50.830	197	38.513	143	27.956	102	19.941	70	13.685	58	11.330

Continuação Anexo 3

Valores lidos no viscosímetro e de tensão de cisalhamento (T) calculado para extrato de café tratado com o complexo enzimático

45X de Sólidos Solúveis

Posição	40°C		45°C		50°C		55°C		60°C		65°C		70°C	
	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	4	782	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	5	977	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	7	1.368	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	11	2.150	8	1.564	6	1.173	4	782	-	-	-	-	-	-
12	15	2.952	11	2.150	9	1.759	6	1.173	5	977	4	782	3	586
13	21	4.105	16	3.128	12	2.346	8	1.564	7	1.368	5	977	4	782
14	29	5.669	22	4.391	17	3.323	11	2.150	10	1.955	8	1.564	6	1.173
15	41	8.015	31	6.860	24	4.692	16	3.128	13	2.451	10	1.955	8	1.564

Valores lidos no viscosímetro e de tensão de cisalhamento (T) calculado para extrato de café tratado com o complexo enzimático

50% de Sólidos Solúveis

Posição	40°C		100°C		150°C		200°C		250°C		300°C		350°C	
	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	20	3.910	14	2.737	10	1.955	8	1.564	-	-	-	-	-	-
5	28	5.474	19	3.714	14	2.737	11	2.156	-	-	-	-	-	-
6	38	7.429	26	5.083	20	3.910	15	2.932	-	-	-	-	-	-
7	52	10.166	36	7.038	27	5.278	21	4.105	14	2.737	10	1.955	7	1.368
8	71	13.880	49	9.579	38	7.429	28	5.474	19	3.714	13	2.541	10	1.955
9	98	19.159	66	12.903	52	10.166	39	7.624	26	5.083	18	3.519	14	2.737
10	134	26.197	91	17.790	72	14.076	54	10.557	35	6.842	25	4.887	19	3.714
11	184	35.972	124	24.242	99	19.354	75	14.662	48	9.384	34	6.647	26	5.083
12	252	49.266	169	33.039	136	26.588	104	20.332	66	12.903	47	9.188	36	7.038
13	346	67.643	231	45.160	187	36.588	143	27.956	91	17.790	65	12.707	50	9.775
14	474	92.667	316	61.778	257	50.243	198	38.709	125	24.437	88	17.204	68	13.294
15	650	120.075	432	84.456	354	69.207	274	53.567	171	33.430	121	23.655	94	18.377

Continuação Anexo 3

Valores lidos no viscosímetro e de tensão de cisalhamento (T) calculado para extrato de café tratado com o complexo enzimático

50% de Sólidos Solúveis

Posição	40°C		45°C		50°C		55°C		60°C		65°C		70°C	
	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	5	977	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	7	1.368	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	10	1.955	7	1.368	5	977	-	-	-	-	-	-	-	-
10	14	2.737	10	1.955	7	1.368	-	-	-	-	-	-	-	-
11	19	3.714	13	2.541	9	1.759	7	1.368	5	977	-	-	-	-
12	26	5.083	10	3.519	12	2.346	10	1.955	7	1.368	5	977	4	782
13	36	7.038	25	4.887	17	3.323	13	2.541	10	1.955	7	1.368	5	977
14	49	9.579	35	6.842	23	4.476	18	3.519	13	2.541	9	1.759	7	1.368
15	67	13.098	48	9.384	31	6.060	25	4.887	18	3.519	13	2.541	10	1.955

Valores lidos no viscosímetro e de tensão de cisalhamento (τ) calculado para extrato de café tratado com o complexo enzimático

54,4% de Sólidos Solúveis

Posição	40°C		100°C		150°C		200°C		250°C		300°C		350°C	
	Leitura (X)	τ (mPa)	Leitura (X)	τ (mPa)	Leitura (X)	τ (mPa)	Leitura (X)	τ (mPa)	Leitura (X)	τ (mPa)	Leitura (X)	τ (mPa)	Leitura (X)	τ (mPa)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	25	4.887	18	3.519	13	2.541	9	1.759	-	-	-	-	-	-
3	34	6.647	24	4.692	18	3.519	12	2.346	-	-	-	-	-	-
4	45	8.797	32	6.256	24	4.692	17	3.323	-	-	-	-	-	-
5	61	11.925	43	8.406	32	6.256	22	4.301	16	3.128	12	2.346	9	1.759
6	82	16.031	58	11.339	43	8.406	30	5.865	22	4.301	16	3.128	12	2.346
7	110	21.505	79	15.444	59	11.534	41	8.015	29	5.669	22	4.301	16	3.128
8	149	29.129	106	20.723	79	15.444	55	10.752	39	7.624	29	5.669	22	4.301
9	200	29.100	153	29.911	107	20.918	74	14.467	53	10.361	40	7.820	30	5.865
10	270	52.785	206	40.273	145	28.347	99	19.354	71	13.880	54	10.557	41	8.015
11	364	71.162	277	54.153	196	38.318	133	26.001	96	18.768	72	14.076	55	10.752
12	489	95.599	373	72.921	265	51.897	179	34.994	129	25.219	98	19.159	75	14.662
13	640	129.030	503	98.336	350	69.989	242	47.311	174	34.017	132	25.806	101	19.745
14	888	173.604	677	132.353	484	94.622	326	63.733	233	45.551	179	34.994	137	26.783
15	-	-	-	-	-	-	-	-	315	61.582	242	47.311	186	38.318

Continuação Anexo 3

Valores lidos no viscosímetro e de tensão de cisalhamento (T) calculado para extrato de café tratado com o complexo enzimático

54,4% de Sólidos Solúveis

Posição	40°C		45°C		50°C		55°C		60°C		65°C		70°C	
	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	6	1.173	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	8	1.564	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	11	2.150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	14	2.737	10	1.955	7	1.368	5	977	4	782	-	-	-	-
9	19	3.714	13	2.541	10	1.955	7	1.368	5	977	-	-	-	-
10	26	5.003	18	3.519	13	2.541	9	1.759	7	1.368	-	-	-	-
11	35	6.842	24	4.692	17	3.323	13	2.541	10	1.955	7	1.368	5	977
12	47	9.188	32	6.256	23	4.496	18	3.519	13	2.541	10	1.955	6	1.173
13	64	12.512	44	8.602	31	6.060	24	4.692	17	3.323	13	2.541	9	1.173
14	86	16.813	59	11.534	42	9.211	33	6.451	24	4.692	18	3.519	12	2.346
15	116	22.678	79	15.444	56	10.948	45	8.797	32	6.256	24	4.692	16	3.128

Continuação Anexo 3

Valores lidos no viscosímetro e de tensão de cisalhamento (T) calculado para extrato de café tratado com o complexo enzimático

59,5X de Sólidos Solúveis

Posição	40°C		100°C		150°C		200°C		250°C		300°C		350°C	
	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)
1	47	9.188	31	6.060	22	4.301	14	2.737	-	-	-	-	-	-
2	63	12.316	42	8.211	29	5.669	19	3.714	-	-	-	-	-	-
3	84	16.422	56	10.948	39	7.624	25	4.887	-	-	-	-	-	-
4	112	21.896	74	14.467	52	10.166	33	6.451	-	-	-	-	-	-
5	149	29.129	99	19.354	70	16.685	44	8.602	30	5.865	20	3.910	19	3.714
6	193	38.709	132	25.806	95	18.572	59	11.534	40	7.820	26	5.083	25	4.887
7	264	51.612	176	34.408	127	24.828	78	15.249	54	10.557	35	6.842	24	4.692
8	352	68.816	234	45.747	170	33.325	104	20.332	72	14.076	47	9.188	32	6.256
9	469	91.689	312	60.996	229	44.769	139	27.174	97	18.963	63	12.316	42	8.211
10	625	122.187	415	81.132	307	60.018	184	35.972	129	25.219	83	16.226	56	10.948
11	823	162.656	554	108.307	412	80.546	246	48.093	173	33.821	111	21.700	75	14.662
12	-	-	737	144.083	552	107.916	328	64.124	231	45.160	148	28.934	100	19.550
13	-	-	-	-	742	145.061	438	85.629	310	60.605	197	38.513	133	26.001
14	-	-	-	-	-	-	583	113.976	414	80.937	263	51.416	177	34.603
15	-	-	-	-	-	-	-	-	554	108.307	350	68.452	237	46.333

Continuação Anexo 3

Valores lidos no viscosímetro e de tensão de cisalhamento (T) calculado para extrato de café tratado com o complexo enzimático

59,5X de Sólidos Solúveis

Posição	40°C		45°C		50°C		55°C		60°C		65°C		70°C	
	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)	Leitura (X)	T (mPa)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	15	2.932	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	20	3.910	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	25	4.887	17	3.323	12	2.346	8	1.564	5	977	4	782	3	586
9	33	6.451	22	4.301	16	3.128	11	2.150	7	1.368	5	977	4	782
10	45	8.797	30	5.865	21	4.105	15	2.932	10	1.955	7	1.368	5	977
11	61	11.925	40	7.820	29	5.669	20	3.910	13	2.541	9	1.759	7	1.368
12	82	16.031	54	10.557	39	7.624	28	5.474	17	3.323	12	2.346	9	1.759
13	110	21.505	72	14.076	52	10.166	37	7.833	23	4.496	14	3.128	12	2.346
14	147	29.129	97	18.963	70	13.685	50	9.775	31	6.060	21	4.105	16	3.128
15	200	39.100	131	25.610	93	18.181	67	13.098	41	9.015	28	5.474	22	4.301

A N E X O 4

Viscosidade aparente (η_a), para extrato de café tratado com o complexo enzimático para cada uma das rotações

Rotação	45,0% de Sólidos Solúveis						
	40°C	100°C	150°C	200°C	250°C	300°C	350°C
	η_a (mPa.s)						
5.15	-	-	-	-	-	-	-
7.37	-	-	-	-	-	-	-
10.54	-	-	-	-	-	-	-
15.05	-	-	-	-	-	-	-
21.60	-	-	-	-	-	-	-
30.90	-	-	-	-	-	-	-
44.30	80	60	44	33	-	-	-
63.40	78	59	43	32	-	-	-
90.70	76	57	42	31	22	15	10
129.80	74	56	42	31	21	15	10
185.80	72	55	41	30	21	15	10
266.00	70	53	40	30	21	14	9
381.00	68	52	39	29	20	14	9
545.00	66	51	38	28	20	14	9
780.00	-	-	37	27	19	13	9

Continuação do Anexo 4

Viscosidade aparente (η_a), para extrato de café tratado com o complexo enzimático para cada uma das rotações

Rotação	45,0% de Sólidos Solúveis						
	40°C	45°C	50°C	55°C	60°C	65°C	70°C
	η_a (mPa.s)						
5.15	-	-	-	-	-	-	-
7.37	-	-	-	-	-	-	-
10.54	-	-	-	-	-	-	-
15.05	-	-	-	-	-	-	-
21.60	-	-	-	-	-	-	-
30.90	-	-	-	-	-	-	-
44.30	-	-	-	-	-	-	-
63.40	-	-	-	-	-	-	-
90.70	8	-	-	-	-	-	-
129.80	8	7	5	3	2	2	1
185.80	8	6	4	3	2	2	1
266.00	8	6	4	3	2	2	1
381.00	8	6	4	3	2	2	1
545.00	8	6	4	3	2	2	1
780.00	8	4	3	2	2	1	1

Continuação do Anexo 4

Viscosidade aparente (η_a), para extrato de café tratado com o complexo enzimático para cada uma das rotações

Rotação	50,0% de Sólidos Solúveis						
	40°C	100°C	150°C	200°C	250°C	300°C	350°C
	η_a (mPa.s)						
5.15	-	-	-	-	-	-	-
7.37	-	-	-	-	-	-	-
10.54	-	-	-	-	-	-	-
15.05	-	-	-	-	-	-	-
21.60	-	-	-	-	-	-	-
30.90	184	128	96	73	-	-	-
44.30	176	122	92	70	-	-	-
63.40	169	177	89	67	-	-	-
90.70	162	111	85	65	43	29	23
129.80	155	106	82	63	41	28	22
185.80	149	101	79	61	39	27	21
266.00	142	97	76	59	37	26	21
381.00	136	92	73	56	36	25	20
545.00	130	88	70	54	34	24	19
780.00	-	84	67	52	33	23	18

Continuação do Anexo 4

Viscosidade aparente (η_a), para extrato de café tratado com o complexo enzimático para cada uma das rotações

Rotação	50,0% de Sólidos Solúveis						
	40°C	45°C	50°C	55°C	60°C	65°C	70°C
	η_a (mPa.s)						
5.15	-	-	-	-	-	-	-
7.37	-	-	-	-	-	-	-
10.54	-	-	-	-	-	-	-
15.05	-	-	-	-	-	-	-
21.60	-	-	-	-	-	-	-
30.90	-	-	-	-	-	-	-
44.30	-	-	-	-	-	-	-
63.40	-	-	-	-	-	-	-
90.70	17	117	-	-	-	-	-
129.80	16	168	7	6	4	3	2
185.80	15	241	7	5	4	3	2
266.00	15	345	6	5	3	2	2
381.00	14	494	6	5	3	2	2
545.00	13	708	6	4	3	2	2
780.00	13	1.014	5	4	3	2	1

Continuação do Anexo 4

Viscosidade aparente (η_a), para extrato de café tratado com o complexo enzimático para cada uma das rotações

Rotação	54,4% de Sólidos Solúveis						
	4°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C
η_a (mPa.s)							
5.15	-	-	-	-	-	-	-
7.37	-	-	-	-	-	-	-
10.54	-	-	-	-	-	-	-
15.05	446	312	236	166	-	-	-
21.60	420	297	223	156	-	-	-
30.90	395	282	210	147	-	-	-
44.30	371	269	198	138	98	74	54
63.40	350	255	187	130	92	70	51
90.70	329	243	177	122	87	66	49
129.80	310	231	167	115	82	63	47
185.80	291	220	158	108	77	59	44
266.00	274	209	149	102	72	56	42
381.00	-	199	141	96	68	53	40
545.00	-	-	133	90	64	50	38
780.00	-	-	-	-	60	47	36

Continuação do Anexo 4

Viscosidade aparente (η_a), para extrato de café tratado com o complexo enzimático para cada uma das rotações

Rotação	54,4% de Sólidos Solúveis						
	40°C	45°C	50°C	55°C	60°C	65°C	70°C
	η_a (mPa.s)						
5.15	-	-	-	-	-	-	-
7.37	-	-	-	-	-	-	-
10.54	-	-	-	-	-	-	-
15.05	-	-	-	-	-	-	-
21.60	-	-	-	-	-	-	-
30.90	-	-	-	-	-	-	-
44.30	36	-	-	-	-	-	-
63.40	34	-	-	-	-	-	-
90.70	32	21	16	11	9	-	-
129.80	30	20	15	10	8	6	4
185.80	28	19	14	10	8	-	-
266.00	26	18	13	9	8	-	-
381.00	25	16	12	9	7	-	-
545.00	23	15	12	8	7	-	-
780.00	22	15	11	8	7	-	-

Continuação do Anexo 4

Viscosidade aparente (η_a), para extrato de café tratado com o complexo enzimático para cada uma das rotações

Rotação	59,5% de Sólidos Solúveis						
	4°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C
	η_a (mPa.s)						
5.15	1.372	908	631	412	-	-	-
7.37	1.277	846	591	384	-	-	-
10.54	1.189	787	554	357	-	-	-
15.05	1.106	733	520	333	-	-	-
21.60	1.030	681	487	310	185	136	-
30.90	959	635	457	288	172	127	-
44.30	892	591	428	268	160	118	81
63.40	831	550	401	250	149	110	76
90.70	719	512	376	232	139	102	70
129.80	791	476	353	216	129	95	66
185.80	-	-	-	-	120	89	61
266.00	-	-	-	-	110	83	57
381.00	-	-	-	-	104	77	53
545.00	-	-	-	-	-	71	49
780.00	-	-	-	-	-	66	46

Continuação do Anexo 4

Viscosidade aparente (η_a), para extrato de café tratado com o complexo enzimático para cada uma das rotações

Rotação	59,5% de Sólidos Solúveis						
	40°C	45°C	50°C	55°C	60°C	65°C	70°C
	η_a (mPa.s)						
5.15	-	-	-	-	-	-	-
7.37	-	-	-	-	-	-	-
10.54	-	-	-	-	-	-	-
15.05	-	-	-	-	-	-	-
21.60	-	-	-	-	-	-	-
30.90	-	-	-	-	-	-	-
44.30	60	-	-	-	-	-	-
63.40	57	40	28	16	11	10	7
90.70	53	37	26	15	10	9	7
129.80	50	35	24	14	9	8	6
185.80	47	33	23	13	9	8	6
266.00	44	31	21	12	8	7	5
381.00	42	29	20	11	8	7	5
545.00	39	27	19	10	7	6	5
780.00	37	25	17	10	7	6	4

A N E X O 5

DADOS PARA ANÁLISE SENSORIAL DE CAFÉ SOLÚVEL

OBS.	SÉRIE	PROVADOR	TRAT.	SOL.	OXID.	METAL.	ÁCIDO	AMARGO	DOCE	CORPO	IG
1	1	1	1	82	7	2	26	49	7	55	74
2	1	1	2	82	7	3	28	52	9	58	70
3	1	1	15	81	8	3	26	52	7	63	73
4	1	1	30	82	7	5	29	50	7	49	70
5	1	2	1	70	10	5	26	19	12	51	80
6	1	2	2	70	10	5	25	20	16	51	82
7	1	2	15	72	10	5	28	22	10	46	80
8	1	2	30	73	10	5	24	20	11	47	81
9	1	3	1	75	12	6	11	35	5	52	79
10	1	3	2	73	12	4	14	33	4	48	80
11	1	3	15	73	13	5	13	30	5	56	80
12	1	3	30	75	12	6	12	29	7	49	78
13	1	4	1	60	7	6	22	30	8	57	64
14	1	4	2	60	7	6	23	32	7	61	67
15	1	4	15	61	7	5	20	32	7	54	68
16	1	4	30	60	6	6	20	30	7	59	68
17	1	5	1	67	13	0	21	14	0	24	88
18	1	5	2	66	13	0	18	14	0	19	90
19	1	5	15	66	12	0	20	16	0	22	89
20	1	5	30	65	11	0	17	15	0	19	90
21	1	6	1	77	1	2	30	37	10	58	93
22	1	6	2	76	1	1	32	35	10	61	90
23	1	6	15	75	1	2	31	33	10	58	95
24	1	6	30	77	1	2	30	36	10	62	95
25	1	7	1	59	4	5	22	39	13	31	95
26	1	7	2	57	4	4	22	42	13	27	96
27	1	7	15	58	5	5	22	40	12	30	89
28	1	7	30	58	5	3	19	41	15	29	97
29	1	8	1	66	10	10	47	50	13	53	77
30	1	8	2	65	10	9	45	50	8	54	76
31	1	8	15	66	11	9	47	51	10	52	77
32	1	8	30	67	10	10	43	50	12	49	75
33	1	9	1	72	14	0	43	23	10	28	82
34	1	9	2	70	13	0	44	25	8	32	80
35	1	9	15	70	12	2	46	22	10	30	80
36	1	9	30	74	13	1	44	22	10	29	78
37	1	10	1	82	5	1	44	50	5	60	75
38	1	10	2	82	5	1	46	53	4	62	77
39	1	10	15	82	5	1	45	51	4	60	77
40	1	10	30	82	5	2	43	57	5	64	76
41	1	11	1	60	2	2	44	47	17	50	99
42	1	11	2	61	2	2	44	47	15	50	100
43	1	11	15	60	1	2	43	50	15	50	98
44	1	11	30	61	2	2	44	50	18	50	100
45	2	1	1	81	5	3	25	47	7	64	76

(continuação Anexo 5)

DAIOS PARA ANÁLISE SENSORIAL DE CAFÉ SOLÚVEL

OBS.	SÉRIE	PROVADOR	TRAT.	SOL.	OXID.	METAL.	ÁCIDO	AMARGO	DOCE	CORPO	IG
46	2	1	2	82	5	3	25	45	8	65	81
47	2	1	15	83	6	5	26	47	7	62	80
48	2	1	30	81	5	2	28	50	7	60	80
49	2	2	1	72	10	5	27	20	10	50	92
50	2	2	2	72	11	6	29	20	11	51	89
51	2	2	15	72	10	4	28	24	10	50	91
52	2	2	30	73	10	5	28	21	12	50	90
53	2	3	1	75	12	6	10	31	5	56	78
54	2	3	2	75	12	6	10	30	7	57	80
55	2	3	15	75	12	6	11	33	7	49	76
56	2	3	30	75	11	6	13	34	5	52	73
57	2	4	1	66	6	6	21	37	7	62	71
58	2	4	2	63	5	6	21	34	8	60	68
59	2	4	15	64	5	6	20	36	7	58	68
60	2	4	30	65	5	8	20	35	7	59	70
61	2	5	1	19	11	0	20	13	0	25	91
62	2	5	2	12	10	0	18	13	0	25	89
63	2	5	15	12	10	0	19	10	0	30	90
64	2	5	30	13	10	0	20	14	0	27	90
65	2	6	1	76	1	0	34	33	10	65	90
66	2	6	2	76	1	0	32	36	11	64	95
67	2	6	15	76	1	2	32	34	10	62	98
68	2	6	30	74	1	1	30	34	11	60	99
69	2	7	1	59	6	6	19	36	15	26	97
70	2	7	2	59	6	6	22	37	11	25	98
71	2	7	15	60	6	6	23	39	14	25	98
72	2	7	30	58	6	6	20	38	15	27	99
73	2	8	1	64	10	10	43	52	15	50	76
74	2	8	2	63	10	10	40	50	10	52	75
75	2	8	15	64	10	10	44	51	10	52	77
76	2	8	30	62	11	10	45	54	11	48	78
77	2	9	1	73	13	0	42	21	10	30	82
78	2	9	2	70	13	0	40	20	10	31	84
79	2	9	15	70	11	0	41	20	13	30	85
80	2	9	30	74	10	0	40	20	12	30	83
81	2	10	1	82	5	2	50	5	3	65	78
82	2	10	2	82	5	2	47	54	4	58	77
83	2	10	15	82	4	2	48	57	3	58	77
84	2	10	30	81	5	3	48	50	4	64	78
85	2	11	1	62	2	3	48	48	48	56	100
86	2	11	2	60	1	3	55	47	18	54	100
87	2	11	15	60	2	4	58	47	15	55	99
88	2	11	30	60	2	3	53	43	20	55	100
89	3	1	1	82	5	1	27	51	5	55	70
90	3	1	2	83	6	1	27	49	7	62	71

(continuação Anexo 5)

DADOS PARA ANÁLISE SENSORIAL DE CAFÉ SOLÚVEL

OBS.	SÉRIE	PROVADOR	TRAT.	SOL.	OXID.	METAL.	ÁCIDO	AMARGO	DOCE	CORPO	IG
91	3	1	15	82	6	1	25	53	8	61	71
92	3	1	30	82	5	1	25	54	7	60	70
93	3	2	1	71	11	5	25	21	10	50	93
94	3	2	2	72	11	4	26	20	10	50	92
95	3	2	15	70	10	4	27	22	10	50	94
96	3	2	30	70	10	6	25	24	10	50	92
97	3	3	1	75	10	5	12	30	5	50	84
98	3	3	2	73	10	3	14	30	5	50	83
99	3	3	15	73	11	5	13	32	5	50	85
100	3	3	30	74	11	6	12	30	5	50	85
101	3	3	1	74	5	6	24	38	8	60	73
102	3	4	2	60	5	6	23	41	4	60	71
103	3	4	15	59	5	7	23	37	3	61	72
104	3	4	30	60	5	7	25	40	3	62	70
105	3	5	1	16	10	0	29	11	0	25	89
106	3	5	21	10	10	0	26	12	0	21	90
107	3	5	15	13	11	0	25	10	0	23	91
108	3	5	30	14	11	0	27	10	0	27	90
109	3	6	1	75	1	1	33	31	10	62	99
110	3	6	2	76	1	1	32	31	10	60	98
111	3	6	15	75	1	1	30	35	11	64	97
112	3	6	30	74	1	1	31	33	10	58	99
113	3	7	1	57	6	6	19	33	14	20	99
114	3	7	2	60	5	5	22	37	14	25	97
115	3	7	15	58	5	4	20	36	13	23	98
116	3	7	30	58	6	6	23	35	15	20	98
117	3	8	1	64	10	8	41	51	14	57	72
118	3	8	2	63	8	9	43	53	10	53	78
119	3	8	15	65	9	9	41	52	10	54	76
120	3	8	30	65	11	9	40	48	11	56	74
121	3	9	1	74	10	0	43	20	10	29	88
122	3	9	2	70	12	0	47	20	7	29	88
123	3	9	15	71	10	0	44	23	10	29	89
124	3	9	30	73	10	0	45	20	13	30	87
125	3	10	1	82	3	2	46	50	2	60	80
126	3	10	2	81	4	2	48	55	4	60	78
127	3	10	15	81	5	3	47	54	2	61	75
128	3	10	30	82	5	2	44	53	1	62	78
129	3	11	1	63	3	3	55	50	17	50	100
130	3	11	2	60	3	2	53	49	15	49	100
131	3	11	15	62	1	3	56	51	18	52	100
132	3	11	30	60	1	3	49	53	16	50	100
133	4	1	1	82	7	2	25	51	12	50	75
134	4	1	2	82	6	2	27	54	12	48	76
135	4	1	15	83	6	2	28	50	13	54	78

(continuação Anexo 5)

DADOS PARA ANÁLISE SENSORIAL DE CAFÉ SOLÚVEL

ORS.	SÉRIE	PROVADOR	TRAT.	SOL.	OXID.	METAL.	ÁCIDO	AMARGO	DOCE	CORPO	IG
136	4	1	30	82	6	4	27	52	10	52	75
137	4	2	1	70	10	4	24	24	10	51	90
138	4	2	2	72	10	5	26	22	11	52	90
139	4	2	15	71	10	3	27	23	10	52	89
140	4	2	30	71	10	4	24	20	11	51	92
141	4	3	1	74	12	4	13	30	4	50	88
142	4	3	2	73	11	6	14	30	5	50	86
143	4	3	15	74	12	6	13	31	4	54	87
144	4	3	30	73	11	4	11	31	5	51	85
145	4	4	1	60	5	6	22	35	7	65	72
146	4	4	2	60	5	7	22	33	7	64	71
147	4	4	15	59	5	6	23	36	7	65	70
148	4	4	30	62	5	5	20	37	7	64	71
149	4	5	1	27	13	0	27	13	0	22	92
150	4	5	2	27	10	0	26	13	0	20	91
151	4	5	15	20	12	0	28	10	0	23	93
152	4	5	30	25	10	0	24	12	0	27	90
153	4	6	1	76	1	1	33	30	11	65	99
154	4	6	2	76	1	1	32	31	11	60	98
155	4	6	15	77	1	1	34	31	11	60	97
156	4	6	30	75	1	1	31	33	10	58	99
157	4	7	1	62	6	4	24	37	14	31	99
158	4	7	2	58	4	4	21	34	15	26	97
159	4	7	15	60	4	5	23	38	14	29	98
160	4	7	30	59	4	6	24	36	15	29	97
161	4	8	1	65	10	8	42	52	15	52	75
162	4	8	2	65	10	9	41	51	17	51	73
163	4	8	15	66	12	8	40	50	17	56	73
164	4	8	30	64	12	8	40	50	14	53	74
165	4	9	1	71	10	1	41	25	11	32	87
166	4	9	2	70	10	0	42	22	13	33	87
167	4	9	15	72	9	0	44	20	12	34	89
168	4	9	30	73	9	1	43	20	13	30	88
169	4	10	1	81	3	2	45	53	5	61	78
170	4	10	2	81	4	2	45	53	4	60	78
171	4	10	15	81	2	3	43	50	4	62	79
172	4	10	30	82	4	3	41	50	3	60	79
173	4	11	1	60	2	4	59	47	12	50	98
174	4	11	2	60	2	2	55	54	10	50	100
175	4	11	15	63	3	2	67	50	16	52	99
176	4	11	30	60	1	3	65	52	16	48	100

Trat. 1 e 2 - refere-se a extrato de café não tratado com o complexo enzimático.
Trat. 15 - refere-se a extrato de café tratado com o complexo enzimático por 15 minut
Trat. 30 - refere-se a extrato de café tratado com o complexo enzimático por 30 minut