

**ISOLAMENTO, CARACTERIZAÇÃO E MODIFICAÇÕES
DE AMIDO DE CHUCHU
(*Sechium edule*, Swartz)**

Por
Renato Cruz
Engº Agrônomo, UFV, 1968

*Tese apresentada à Faculdade de
Engenharia de Alimentos e Agrícola para
obtenção do título de Doutor.*

Prof. Dr. Ahmed A. El-Dash
ORIENTADOR

1982
CAMPINAS, SP, BRASIL

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

À minha Esposa

A meus Filhos

A meus Pais

ÍNDICE

	Página
Índice de Tabelas	i
Índice de Figuras	xv
Agradecimento	xxiii
Resumo	xxiv
Summary	xxvii
 I. - Introdução	 1
 II. - Revisão Bibliográfica	 3
A. Aspectos gerais sobre o chuchu	3
B. Aspectos gerais sobre amido	4
C. Isolamento e caracterização de amido	6
1. Extração e rendimento	6
2. Análises químicas	6
3. Caracterização de amido	7
a. Características físicas	7
i. Forma, tamanho e densidade abso- luta	 7
ii. Viscosidade Intrínseca	8
b. Absorção de água e solubilização ..	8
i. Amido em água fria	9

ii. Amido em água quente	9
c. Fracionamento de amido	10
i. Separação das frações	10
ii. Teor de amilose amilopectina ...	11
iii. Oxidação de amilopectina com me- taperiodato	12
d. Características de gelatinização e retrogradação	12
i. Birrefringência	13
ii. Viscosidade	14
iii. Transmitância ótica do gel	15
iv. Retrogradação	16
e. Susceptibilidade enzimática	17
f. Efeito da concentração hidrogeniônica	18
D. Efeito de alguns ingredientes	19
1. Efeito de emulsificante e óleo comestí- vel	20
2. Efeito de cloreto de sódio	24
3. Efeito de açúcares	25
E. Modificações de amido	27
1. Modificação por ácido	27
2. Modificação por intercruzamento	29

3. Modificação por fosfatação	31
4. Oxidação de amido por hipoclorito de sódio	36
III. - Materiais e Métodos	40
A. Materiais	40
1. Matéria prima	40
2. Reagentes e ingredientes	40
3. Equipamentos	41
B. Métodos Tecnológicos	42
1. Efeito de enzimas	43
2. Efeito de concentração hidrogeniônica .	44
3. Efeito de emulsificante	44
4. Efeito de óleo comestível	44
5. Efeito de glucose	44
6. Efeito de sacarose	44
7. Efeito de cloreto de sódio	45
8. Efeito da modificação ácida (HCl) ...	45
9. Efeito da modificação por intercruza- mento	45
10. Efeito da modificação por fosfatos ..	46
a. Baixo grau de fosfatação	46
b. Alto grau de fosfatação	47
11. Efeito da modificação com hipoclorito de sódio	47

C. Métodos Analíticos	48
1. Dimensões da matéria-prima	48
2. Composição química	48
a. Umidade	48
b. Proteína	48
c. Matéria graxa	48
d. Cinzas	49
e. Fibras	49
f. Amido	49
3. Extração do amido	49
4. Amido danificado	50
5. Densidade absoluta	50
6. Viscosidade intrínseca	50
7. Susceptibilidade enzimática	50
8. Capacidade de absorção de água e solu- bilização	51
9. Poder de inchamento e índice de solubi- lização	51
10. Temperatura de gelatinização	51
11. Determinação de amilose	51
12. Fracionamento do amido	52
13. Oxidação de amilopectina com metaperio- dato	52
14. Propriedades de pasta do amido	52
15. Transmitância ótica do gel	53

a. Determinação na suspensão de amido de chuchu	53
b. Efeito da temperatura de armazenamento na claridade da suspensão gelatinizada	53
16. Efeito do tempo de congelamento no gel de amido	54
17. Efeito de ciclos de congelamento-descongelamento no gel de amido	54
18. Exame microscópico	54
a. Microscopia ótica	54
b. Microscopia eletrônica de varredura	55
IV. - Resultados e Discussão	56
A. Isolamento e caracterização	56
1. Caracterização da matéria-prima	56
2. Isolamento do amido	57
a. Rendimento	57
b. Amido danificado	57
c. Análises químicas	59
3. Caracterização do amido	59
a. Características físicas	59
i. Forma, tamanho e densidade absoluta	59
ii. Viscosidade intrínseca	63
b. Capacidade de absorção de água e índice de solubilização	63

ii. Em água quente	63
c. Frações do amido	69
i. Determinação das frações	69
ii. Oxidação da amilopectina com me- taperiodato de sódio	73
iii. Viscosidade intrínseca	73
d. Características de gelatinização e retrogradação	73
i. Temperatura de gelatinização ..	76
ii. Efeito da concentração	76
iii. Comparação com outros amidos ..	79
iv. Claridade e envelhecimento do gel	96
e. Susceptibilidade enzimática	101
f. Efeito de concentração hidrogêni- ca (pH)	121
B. Efeito de alguns ingredientes usados em alimentos, sobre o amido de chuchu	125
1. Efeito de óleo comestível e emulsifi- cantes	125
2. Efeito de cloreto de sódio	171
3. Efeito de di e monossacarídeo	176
C. Modificações do amido	189
1. Modificação por ácido	189

2.	Amido modificado por intercruzamento .	208
3.	Amido modificado por fosfatos inorgânicos	229
4.	Amido modificado por hipoclorito de sódio	231
V.	- Conclusões	249
VI.	- Bibliografia	253

ÍNDICE DAS TABELAS

I.	- Composição Química do Chuchu	56
II.	- Análise Química do Amido de Chuchu	60
III.	- Diâmetro Médio dos Grânulos de Amido de Chuchu	64
IV.	- Parâmetros para Cálculo de Viscosidade Intrínseca de Amido de Chuchu	65
V.	- Viscosidade Intrínseca do Amido de Chuchu.	66
VI.	- Poder de Inchamento e Índice de Solubilização de Amido de Chuchu	67
VII.	- Relação entre Iodo Livre e Iodo Ligado em uma Suspensão de Amido de Chuchu	71
VIII.	- Oxidação de Amilopectina de Amido de Chuchu com Metaperiodato de Sódio	75
IX.	- Características de Viscosidade de Amido de Chuchu, Determinadas em Várias Concentrações	78
X.	- Correlação Linear entre Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade do Amido de Chuchu em Diversas Concentrações .	80

XI.	- Características de Viscosidade de Amidos de Diferentes Origens em uma Mesma Concentração	83
XII.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade de Amidos de Diferentes Origens, em uma Mesma Concentração	84
XIII.	- Correlação Linear entre Concentrações e Viscosidade Máxima de Amidos de Diferentes Origens	85
XIV.	- Correlação Linear entre Concentrações e Viscosidade após 20 Minutos a 95°C, de Amidos de Diferentes Origens	87
XV.	- Correlação Linear entre Concentrações e Viscosidade a 50°C, no Ciclo de Resfriamento de Amidos de Diferentes Origens	90
XVI.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade do Amido de Mandioca em Diversas Concentrações	92
XVII.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade do Amido de Sorgo em Diversas Concentrações	93

XVIII.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade do Amido de Milho em Diversas Concentrações	94
XIX.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade do Amido de Trigo em Diversas Concentrações	95
XX.	- Transmitância Ótica de uma Suspensão do Amido de Chuchu	97
XXI.	- Transmitância Ótica de Suspensões em Amidos de Diferentes Origens	100
XXII.	- Teor de Água Exudada de um Gel de Amido de Chuchu, Armazenado a -2°C	103
XXIII.	- Teor de Água Exudada Durante Ciclos de Congelamento-Descongelação de um Gel de Amido de Chuchu, Armazenado a -2°C	106
XXIV.	- Susceptibilidade Enzimática: Efeito de Alfa-Amilase Bacteriana (4000 SKB) sobre Amido Granular de Chuchu	108
XXV.	- Características de Viscosidade de Amido de Chuchu Tratado com Alfa-Amilase Bacteriana em Diferentes Concentrações	111

XXVI.	- Características de Viscosidade de Amido de Chuchu Tratado com Alfa-Amilase Fúngica em Diferentes Concentrações	113
XXVII.	- Correlação Linear entre Concentração de Alfa-Amilase Bacteriana e Características de Viscosidade de Pasta de Amido de Chuchu ..	117
XXVIII.	- Correlação Linear entre Concentração de Alfa-Amilase Fúngica e Característica de Viscosidade de Pasta de Amido de Chuchu	118
XXIX.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade de Amido de Chuchu Tratado por Alfa-Amilase Bacteriana	119
XXX.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade de Amido de Chuchu Tratado por Alfa-Amilase Fúngica	120
XXXI.	- Características de Viscosidade de Amido de Chuchu em Diferentes pHs Controlados por um Tampão de Fosfato Bibásico de Sódio-Ácido Cítrico	123
XXXII.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade de Amido de Chuchu em Diferentes pHs Controlados por Tampão de Fosfato Bibásico de Sódio-Ácido Cítrico	124

XXXIII.	- Características de Viscosidade de Amido de Chuchu em Diferentes pHs Controlados por Ácido ou Alkali (HCl 1 N ou NaOH 1 N)	127
XXXIV.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade de Amido de Chuchu em Diferentes pHs Controlados por HCl 1 N ou NaOH 1 N	128
XXXV.	- Características de Viscosidade de Amido de Chuchu em Presença de Óleo Comestível	132
XXXVI.	- Taxas de Mudanças nas Características de Viscosidade de Amido de Chuchu, Provocadas por Óleo Comestível	133
XXXVII.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade de Amido de Chuchu Tratado com Óleo Comestível	134
XXXVIII.	- Características de Viscosidade de Amido de Chuchu em Presença de Emulsificante (DIMODAN PM)	137
XXXIX	- Taxas de Mudanças nas Características de Viscosidade de Amido de Chuchu Provocadas por Emulsificante (DIMODAN PM)	138
XLI.	- Características de Viscosidade de Amido de Chuchu em Presença de Emulsificante (EMUL-DAN HSB 40)	142

XLII.	- Taxas de Mudanças nas Características de Viscosidade de Amido de Chuchu, Provocadas por Emulsificante (EMULDAN HSB 40)	143
XLIII.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade de Amido de Chuchu em Presença de Emulsificante (EMULDAN HSB 40)	144
XLIV.	- Características de Viscosidade de Amido de Chuchu em Presença de Emulsificante (ACIDAN N 12)	146
XLV.	- Taxas de Mudanças nas Características de Viscosidade de Amido de Chuchu, Provocadas por Emulsificante (ACIDAN N 12)	147
XLVI.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade do Amido de Chuchu em Presença de Emulsificante (ACIDAN N 12)	149
XLVII.	- Características de Viscosidade de Amido de Chuchu em Presença de Emulsificante (PANODAN 178)	151
XLVIII.	- Taxas de Mudanças nas Características de Viscosidade de Amido de Chuchu, Provocadas por Emulsificante (PANODAN 178)	152

XLIX.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade do Amido de Chuchu em Presença de Emulsificante (PANODAN 178)	153
L.	- Características de Viscosidade de Amido de Chuchu em Presença de Emulsificante (GATODAN 505)	155
LI.	- Taxas de Mudanças nas Características de Viscosidade de Amido de Chuchu, Provocadas por Emulsificante (GATODAN 505)	156
LII.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade de Amido de Chuchu em Presença de Emulsificante (GATODAN 505)	158
LIII.	- Características de Viscosidade de Amido de Chuchu em Presença de Emulsificante (PROMODAN SP)	160
LIV.	- Taxas de Mudanças nas Características de Viscosidade de Amido de Chuchu, Provocadas por Emulsificante (PROMODAN SP)	161
LV.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade de Amido de Chuchu em Presença de Emulsificante (PROMODAN SP)	162

LVI.	- Características de Viscosidade de Amido de Chuchu em Presença de Emulsificante (CSL - ESTERLAC)	164
LVII.	- Taxas de Mudanças nas Características de Viscosidade de Amido de Chuchu, Provocadas por Emulsificante (CSL - ESTERLAC)	165
LVIII.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade de Amido de Chuchu em Presença de Emulsificante (CSL - ESTERLAC)	166
LIX.	- Características de Viscosidade de Amido de Chuchu em Presença de Cloreto de Sódio (NaCl)	173
LX.	- Taxas de Mudanças nas Características de Viscosidade de Amido de Chuchu, Provocadas por Cloreto de Sódio (NaCl)	174
LXI.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade de Amido de Chuchu na Presença de Cloreto de Sódio (NaCl)	177
LXII.	- Características de Viscosidade de Amido de Chuchu em Presença de Sacarose	179
LXIII.	- Taxas de Mudanças nas Características de Viscosidade de Amido de Chuchu, Provocadas por Sacarose	180

LXIV.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade de Amido de Chuchu em Presença de Sacarose	183
LXV.	- Características de Viscosidade de Amido de Chuchu em Presença de Glucose	185
LXVI.	- Taxas de Mudanças nas Características de Viscosidade de Amido de Chuchu, Provocadas por Glucose	187
LXVII.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade de Amido de Chuchu em Presença de Glucose	188
LXVIII.	- Características de Viscosidade de Amido de Chuchu Modificado por HCl 0,075 N, em Diferentes Tempos	192
LXIX.	- Características de Viscosidade de Amido de Chuchu Modificado por HCl 0,3 N, em Diferentes Tempos	194
LXX.	- Correlação Linear entre Viscosidade de Amido de Chuchu Modificado por HCl 0,075 N e Tempo de Tratamento	195
LXXI.	- Correlação Linear entre Viscosidade de Amido de Chuchu Modificado por HCl 0,3 N e Tempo de Tratamento	196

LXXII	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade de Amido de Chuchu Modificado por HCl 0,075 N, em Diferentes Tempos	197
LXXIII.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade de Amido de Chuchu Modificado por HCl 0,3 N, em Diferentes Tempos	199
LXXIV.	- Características de Viscosidade de Amido de Milho Modificado por HCl 0,075 N, em Diferentes Tempos	202
LXXV.	- Características de Viscosidade de Amido de Milho Modificado por HCl 0,3 N, em Diferentes Tempos	203
LXXVI.	- Correlação Linear entre Viscosidade de Amido de Milho Modificado por HCl 0,075 N e Tempo de Tratamento	204
LXXVII.	- Correlação Linear entre Viscosidade de Amido de Milho Modificado por HCl 0,3 N e Tempo de Tratamento	205
LXXVIII.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade de Amido de Milho Modificado por HCl 0,075 N, em Diferentes Tempos	206

LXXIX.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade de Amido de Milho Modificado por HCl 0,3 N em Diferentes Tempos	207
LXXX.	- Características de Viscosidade de Amido de Chuchu Modificado por Oxidloreto de Fósforo, em Presença de Cloreto de Sódio (0,10%)	209
LXXXI.	- Características de Viscosidade de Amido de Chuchu Modificado por Oxidloreto de Fósforo, em presença de Cloreto de Sódio (0,25%)	212
LXXXII.	- Taxas de Mudanças nas Características de Viscosidade de Amido de Chuchu, Provocadas por Oxidloreto de Fósforo, em Presença de Cloreto de Sódio (0,10%)	214
LXXXIII.	- Taxas de Mudanças nas Características de Viscosidade de Amido de Chuchu, Provocadas por Oxidloreto de Fósforo, em Presença de Cloreto de Sódio (0,25%)	215
LXXXIV.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade de Amido de Chuchu Modificado por Oxidloreto de Fósforo em Presença de Cloreto de Sódio (0,10%)	216
LXXXV.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade de Amido de Chuchu Modificado por Oxidloreto de Fósforo em Presença de Cloreto de Sódio (0,25%)	217

LXXXVI.	- Características de Viscosidade de Amido de Milho Modificado por Oxícloreto de Fósforo em Presença de Cloreto de Sódio (0,10%) ..	220
LXXXVII.	- Características de Viscosidade de Amido de Milho Modificado por Oxícloreto de Fósforo, em Presença de Cloreto de Sódio (0,25%) ..	221
LXXXVIII.	- Taxas de Mudanças nas Características de Viscosidade de Amido de Milho, Provocadas por Oxícloreto de Fósforo, em Presença de Cloreto de Sódio (0,10%)	222
LXXXIX.	- Taxas de Mudanças nas Características de Viscosidade de Amido de Milho, Provocadas por Oxícloreto de Fósforo, em Presença de Cloreto de Sódio (0,25%)	223
XC.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade de Amido de Milho Modificado por Oxícloreto de Fósforo em Presença de Cloreto de Sódio (0,10%)	224
XCI.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade de Amido de Milho Modificado por Oxícloreto de Fósforo em Presença de Cloreto de Sódio (0,25%)	225

XCII.	- Características de Viscosidade de Amido de Chuchu Modificado por Alta e Baixa Fosfatação	233
XCIII.	- Características de Viscosidade de Amido de Milho Modificado por Alta e Baixa Fosfatação	234
XCIV.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade de Amido de Chuchu Modificado por Alta e Baixa Fosfatação	235
XCV.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade de Amido de Milho Modificado por Alta e Baixa Fosfatação	236
XCVI.	- Características de Viscosidade de Amido de Chuchu Modificado por Hipoclorito de Sódio	238
XCVII.	- Taxas de Mudanças nas Características de Viscosidade de Amido de Chuchu, Provocadas por Hipoclorito de Sódio	240
XCVIII.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade de Amido de Chuchu Modificado por Hipoclorito de Sódio	241

XCIX.	- Características de Viscosidade de Amido de Milho Modificado por Hipoclorito de Sódio.	243
C.	- Taxas de Mudanças nas Características de Viscosidade de Amido de Milho, Provocadas por Hipoclorito de Sódio	244
CI.	- Correlação Linear entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade de Amido de Milho, Modificado por Hipoclorito de Sódio	245

ÍNDICE DE FIGURAS

1. - Amido de chuchu observado em microscópio ótico, com aumento de 500 x (A) e 2100 x (B)	61
2. - Amido de Chuchu observado em microscópio eletrônico de varredura, com aumento de 950 x (A) e 2050 x (B)	62
3. - Efeito de temperatura sobre o poder de inchamento e índice de solubilização de amido de chuchu	68
4. - Relação entre o poder de inchamento e índice de solubilização de amido de chuchu	70
5. - Relação entre iodo livre e iodo ligado em uma suspensão de amido de chuchu	72
6. - Efeito de metaperiodato de sódio na oxidação de amilopectina extraída de amido de chuchu ..	74
7. - Efeito da concentração nas características de viscosidade de uma suspensão de amido de chuchu	77
8. - Características de viscosidade de amidos de diferentes origens a uma mesma concentração (6,5%, p/v)	81

9. - Correlação entre concentrações e viscosidade máxima de amidos de diferentes origens	86
10. - Correlação entre concentrações e viscosidade após 20 minutos a 95°C de amidos de diferentes origens,	88
11. - Correlação entre concentrações e viscosidade final a 50°C de amidos de diferentes origens .	91
12. - Efeito da temperatura na transmitância ótica de amido de chuchu, em diferentes condições de leitura e concentração	98
13. - Efeito da temperatura na claridade de suspensão de amidos de diferentes origens	99
14. - Efeito da temperatura na claridade de uma suspensão (0,10%) gelatinizada de amido de chuchu, armazenada por 24 h	102
15. - Efeito do tempo de armazenamento (-2°C) na exudação de água de gel de amido de chuchu (6,5% p/v)	104
16. - Efeito de ciclos de congelamento-descongelamento na exudação de água do gel de amido de chuchu (6,5% p/v)	105
17. - Efeito de alfa-amilase bacteriana sobre o amido granular de chuchu	109

18. - Efeito de alfa-amilase bacteriana sobre as características de viscosidade de amido de chuchu (6,5% p/v)	110
19. - Efeito de alfa-amilase fúngica sobre as características de viscosidade de amido de chuchu (6,5% p/v)	112
20. - Efeito de alfa-amilase de diferentes origens sobre o amido de chuchu (6,5% p/v - Enzima 5,8 SKB)	115
21. - Efeito de alfa-amilase de diferentes origens sobre o amido de chuchu (6,5% p/v - Enzima 11,7 SKB)	116
22. - Efeito de pH controlado por tampão de fosfato bibásico de sódio-ácido cítrico sobre amido de chuchu	122
23. - Efeito de pH controlado por ácido ou alcali sobre o amido de chuchu	126
24. - Efeito de pH controlado por tampão de fosfato bibásico de sódio-ácido cítrico e por ácido ou alcali sobre a viscosidade máxima e final a 50°C	129
25. - Efeito de óleo comestível (soja) sobre as características de viscosidade do amido de chuchu	131

26.	- Efeito de emulsificante (DIMODAN PM) sobre as características de viscosidade do amido de chu <u>chu</u>	135
27.	- Efeito de emulsificante (EMULDAN HSB 40) sobre as características de viscosidade do amido de chuchu	140
28.	- Efeito de emulsificante (ACIDAN N 12) sobre as características de viscosidade do amido de chu <u>chu</u>	145
29.	- Efeito de emulsificante (PANODAN 178) sobre as características de viscosidade do amido de chu <u>chu</u>	150
30.	- Efeito de emulsificante (GATODAN 505) sobre as características de viscosidade do amido de chu <u>chu</u>	154
31.	- Efeito de emulsificante (PROMODAN SP) sobre as características de viscosidade do amido de chu <u>chu</u>	159
32.	- Efeito de emulsificante (ESTERLAC) sobre sobre as características de viscosidade do amido de chuchu	163
33.	- Efeito de emulsificantes sobre a viscosidade máx <u>ima</u> de amido de chuchu	168

34. - Efeito de emulsificantes sobre a viscosidade após 20 minutos a 95°C, do amido de chuchu ...	169
35. - Efeito de emulsificantes sobre a viscosidade final a 50°C do amido de chuchu	170
36. - Efeito de cloreto de sódio sobre as características de viscosidade do amido de chuchu	172
37. - Relação entre concentrações de cloreto de sódio e as características de viscosidade de amido de chuchu	175
38. - Efeito de sacarose sobre as características de viscosidade de amido de chuchu	178
39. - Relação entre concentrações de sacarose e as características de viscosidade de amido de chuchu	181
40. - Efeito de glucose sobre as características de viscosidade de amido de chuchu	184
41. - Relação entre concentrações de glucose e as características de viscosidade de amido de chuchu	186
42. - Efeito da modificação ácida (HCl 0,075 N) sobre as características de viscosidade de amido de chuchu	190

43. - Efeito da modificação ácida (HCl 0,3 N) sobre as características de viscosidade de amido de chuchu	193
44. - Efeito da modificação ácida (HCl 0,075 N) sobre as características de viscosidade de amido de milho	200
45. - Efeito da modificação ácida (HCl 0,3 N) sobre as características de viscosidade de amido de milho	201
46. - Efeito do intercruzamento com oxícloreto de fósforo, em presença de cloreto de sódio (0,10%), sobre as características de viscosidade de amido de chuchu	210
47. - Efeito do intercruzamento com oxícloreto de fósforo, em presença de cloreto de sódio (0,25%), sobre as características de viscosidade de amido de chuchu	211
48. - Efeito do intercruzamento com oxícloreto de fósforo, em presença de cloreto de sódio (0,10%), sobre as características de viscosidade de amido de milho	218
49. - Efeito do intercruzamento com oxícloreto de fósforo, em presença de cloreto de sódio (0,25%), sobre as características de viscosidade de amido de milho	219

50. - Efeito de oxicleto de fósforo em presença de cloreto de sódio (0,10% e 0,25%) sobre a viscosidade máxima de amido de chuchu e milho 226
51. - Efeito de oxicleto de fósforo em presença de cloreto de sódio (0,10% e 0,25%) sobre viscosidade após 20 min, a 95°C de amido de chuchu e milho 227
52. - Efeito de oxicleto de fósforo em presença de cloreto de sódio (0,10% e 0,25%) sobre viscosidade final a 50°C, de amido de milho e chuchu. 228
53. - Efeito de baixa fosfatação sobre as características de viscosidade de amido de chuchu e milho 230
54. - Efeito de alta fosfatação sobre as características de viscosidade de amido de chuchu e milho 232
55. - Efeito da oxidação com hipoclorito de sódio sobre características de viscosidade de amido de chuchu 237
56. - Efeito da oxidação com hipoclorito de sódio sobre características de viscosidade de amido de milho 247

57. - Efeito de hipoclorito de sódio sobre a viscosi
dade máxima de amido de chuchu e milho 246
58. - Efeito de hipoclorito de sódio sobre a viscosi
dade após 20 min. a 95°C de amido de chuchu e
milho 247
59. - Efeito de hipoclorito de sódio sobre a viscosi
dade final a 50°C de amido de chuchu e milho . 248

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Ahmed A. El-Dash, pela orientação segura, efetivo estímulo técnico, amizade e conhecimentos transmitidos, que permitiram a execução deste trabalho.

À Universidade Federal de Viçosa e à Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, da UNICAMP, por tornarem possível a realização do curso.

Ao Programa de Ensino Agrícola Superior (PEAS), pela colaboração financeira.

Aos Professores da FEAA, por seus ensinamentos.

À Evódio Vilela, Norma Mancilha, Celina Camargo, Yoon Chang, Manoel Artigas e demais colegas pelo apoio, conselhos e incentivos.

À Vilma, Natalina, Marlene, Luis Carlos e demais funcionários, pela paciência e dedicação durante o período que convivemos.

RESUMO

Os objetivos do presente trabalho visaram isolar, caracterizar, modificar e observar o amido de chuchu quando em presença de alguns componentes naturais adicionados em alimentos. A escolha do chuchu como fonte de amido se prendeu ao fato de que, apesar do baixo teor de amido (2,8%), o chuchuzeiro apresenta um alto rendimento por área (superior a 150 Ton/ha/ano), facilidade de cultura, cultivo e colheita, em todo o Brasil. O teor de amido representou 37% da matéria seca e o rendimento foi de 46,4%. Os grânulos são pequenos, medindo em média 7,4 μ m de diâmetro, esféricos, com deformações leves. A densidade absoluta encontrada foi de 1,4475. O poder de inchamento a frio foi de 1,29 enquanto que a 95°C foi de 55,95. O índice de solubilização, nestas mesmas condições foi de 0,12% e 30,7% respectivamente. As temperaturas de gelatinização foram de 68°C - 77°C - 85°C, para 5%, 50% e 95% de perda de birrefringência. Os amilogramas mostram a presença de forças homogêneas na estabilização da estrutura do grânulo e alta resistência a ação mecânica durante a fase de temperatura constante (95°C). A viscosidade máxima foi maior que a de cereais na mesma concentração, e menor que de raízes (mandioca). A pasta é mais clara que de milho e mais opaca que de mandioca. Apresentou sineresis, proporcional ao tempo de armazenamento e resistiu a 6 ciclos de congelamento-descongelamento. O teor de amilose foi 33,5% e o de amilopectina foi 64,4%. O número de resíduos das ramificações na amilopectina é de 31. As viscosidades intrínsecas encontradas foram 1,786 ml/g para o amido, 2,150 ml/g para amilose e 1,978 ml/g para amilopectina. Durante a gelatinização o amido se mostrou mais susceptível à ação de alfa-amilase bacteriana do que de fúngica. O efeito de pH observado mostrou que em pHs diferentes do neutro ocorre uma redução na viscosidade nas diferentes etapas sendo que o efei

to dos íons que formam o tampão foi maior do que quando controlado por HCl ou NaOH. O efeito de emulsificantes foi o normal como em outros amidos. O cloreto de sódio restringiu o grânulo, enquanto os açúcares testados (sacarose e glucose) aumentam a viscosidade com o aumento da concentração do açúcar, até certo limite, provocando uma restrição a partir deste limite.

O amido de chuchu foi submetido a quatro tipos de modificações e comparado com o amido de milho. A modificação ácida, foi feita em dois níveis de concentração de HCl, por diferentes tempos. O amido de milho foi mais susceptível que o de chuchu, chegando a ser hidrolizado totalmente em condições onde o amido de chuchu ainda apresentava viscosidade. A modificação por intercruzamento com POCl_3 em diferentes concentrações, (0,15%; 0,30% e 0,45%) na presença de NaCl nas concentrações de 0,1% e 0,25%, mostra que o amido de chuchu é mais susceptível ao intercruzamento, a sua capacidade de inchamento, e consequentemente a viscosidade, são aumentados em maior proporção que no amido de milho. Em alto interligamento, a resistência ao inchamento é também maior, tanto na concentração de 0,1% quanto na 0,25% de NaCl, embora nesta última concentração as diferenças entre os dois amidos não sejam tão marcantes. A modificação por fosfatação também foi efetuada em dois níveis - alta e baixa fosfatação. Em baixa fosfatação o amido de chuchu mostrou ser mais interessante que o milho. Mostrou ter menos resistência à ação mecânica que o do milho, mas apresentou também menor retrogradação. Em alta fosfatação, houve formação de pasta em água fria, sendo a maior viscosidade em amido de milho. A partir deste ponto houve uma queda constante na viscosidade até o fim do processo. A modificação por hipolorito em baixa concentração mostrou que há um aumento de viscosidade, sendo que o amido de milho sofre maior influência que o amido de chuchu. A partir de 0,41% de cloro ativo, inicia-se uma redução na viscosidade, embora na concentração

de 0,6% de cloro ativo a viscosidade ainda seja maior que o não tratado, mas com acentuada tendência a diminuir. Por sua alta viscosidade, alta resistência a ação mecânica, resistência pHs ligeiramente ácidos, o amido de chuchu poderá ser usado em indústrias de alimentos, onde estas características são importantes e outros amidos não se comportariam bem.

SUMARY

The objectives of the present work were to isolate, characterise, modify and observe the chayotte starch separately or in association with other natural food elements or additives. The choice of the chayotte as a starch source, inspite of its low starch content (2.8%) was based on the fact that this plant has a wide distribution in Brasil and high yield per unit area (morethan 150 tons/ha/year), simple cultural practice and harvesting mechanism. The starch content on dry matter basis was 37% of which only 46,4% was extracted.

The starch granules were small in diameter (7.4 μm). Spherical in shape and with slight surface deformations. The absolute density averaged 1.4475. The mean cold expansion ratio was 1.29 which on heating to 95°C increased to 55.95. The solubility indices at the same conditions were 0.12% and 30.7% respectively. Gelatinization temperatures of 68°C, 77°C and 85°C provoked 5%, 50% and 95% respective losses in birefrigence.

Amylographic avaliation indicated presence of homogeneous forces and stable granule structure. The starch paste manifested high resistance to mechanical damage during the constant temperature heating phase (95°C). The maximum viscosity was higher in chayotte starch paste than that of corn starch at the same concentration.

However, comparison to tuber and root starches demonstrated lower maximum viscosity values.

The nature of the paste was clearer than that of corn but more opaque than that of cassava starch. On cooling produced a rigid gel which resisted 6 freeze-thaw cycles. It manifested sineresis of the extent proportional to the holding time. Analysis of amylose and amylopectina contents showed quantities of 35,5% and 64,4% respectively. The amylopectin branches possessed 31 glucosidic residues. Intrinsic viscosity

values for starch amylose and amylopectin fractions were 1.786 ml/g, 2.150 ml/g and 1.978 ml/a respectively.

The gelatinised starch proved more susceptible to bacterial alfa-amylase liquifaction than to the fungal type. Investigating the effect of the pH showed that values beyond the neutro point reduced the paste viscosity, the effect being higher with buffer solutions than when NaOH or HCl. The effect of emulsifiers on paste behavior was the same as in case of other starches.

Sodium chloride restricted granule expansion while high sugar concentration (sucrose and glucose) increased the viscosity up to a certain extent beyond which restricted the expansion tendency.

The chayotte starch was also submitted to four types of chemical modifications and its behavior compared to that of corn starch. Acid treatment was effected in two concentrations using HCl. The corn starch was more susceptible to acid hydrolysis than the chayotte one. Cross-linking effected by means of POCl_3 at concentrations of 0,15%, 0,30% and 0,45% in presence of NaCl at levels of 0,1% and 0,25% proved the chayotte starch more susceptible. This treatment increased its expansion rate and viscosity more than found in corn starch. At high cross-linking levels, it showed higher resistance to expansion at both sodium choride concentrations, although at 0,25% concentration, the behavior was not very different that of corn starch.

At low levels of Phosphotation the chayotte starch proved less resistant to mechanical shear than corn starch besides showing lower retrogradion tendency. At high levels, it was possible to form a paste in cold water and the viscosity was higher in corn starch in the chayotte one. From this point it exhibited a gradual drop in the viscosity. Treatment of both starches with low concentration of Hypochloride showed increases in viscosity at higher extents

in corn starch paste. Levels of beyond 0,4% of active chloride provoked reduction in viscosity, eventhough at 0,6% chloride level the viscosity was still above that of the controlsample.

Due to its high viscosity, resistance to mechanical shear and slightly acid pHs chayotte starch could be used in food industries where these characteristics are important and which the other possible starchs can't contribute.

I. INTRODUÇÃO

A amplitude de utilização de amido é muito grande e por isto mesmo tem-se procurado, sempre, obter amidos de fontes não convencionais, além dos tradicionais tubérculos, raízes e cereais. Na escolha de uma cultura como provável fonte de amido deve-se observar sobre a mesma, que ela seja adaptável a determinadas regiões, tenha bom rendimento cultural, fácil cultivo e colheita, seja resistente à pragas e doenças, e que tenha um bom teor de amido ou que apresente amido com características especiais.

O chuchuzeiro, apesar do baixo teor de amido que seu fruto apresenta, é uma cultura que reúne as características agronômicas desejadas, além de ser semi-perene, com uma duração média de 5-6 anos, sendo que seus frutos apresentam um período de conservação bastante amplo, facilitando a industrialização.

Não obstante as características importantes apresentadas, esta cultura não tem sido aproveitada, industrialmente, até então.

O objetivo do presente trabalho é desenvolver uma tecnologia que permita o eventual aproveitamento industrial desta planta, através dos seguintes estudos:

- isolamento e caracterização do amido de chuchu. O conhecimento sobre o amido irá definir o seu melhor uso, assim como orientar para a escolha de modificações a que deva ser submetido.
- observação dos efeitos que substâncias irão provocar sobre o amido. Sobre este ponto observa-se os efeitos de substâncias presentes ou incorporadas, principalmente em alimentos, e entre estes, pode-se citar lipídeos, cloreto de sódio, açúcares e emulsificantes, além do

efeito de pH e de enzimas.

- modificações do amido: é importante saber os efeitos que algumas modificações podem causar no amido de chu-chu. As modificações mais importantes e normalmente usadas são tratamento ácido, intercruzamentos, fosfatação e oxidação com hipoclorito.

O atendimento destes objetivos irá fornecer subsídios para um posterior estudo sobre a extração mais eficiente do amido assim como sua melhor e mais objetiva aplicação no ramo industrial.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A. ASPECTOS GERAIS SOBRE O CHUCHU

O chuchuzeiro é um membro da família das Curcubitácea, tendo como classificação botânica a espécie Sechium edule, Swartz. Tem-se referência que o chuchu tenha sido usado como alimento pelos índios pré-colombianos do México e América Central, assim como nas Índias Ocidentais (67). Existem algumas variedades desta cultura e segundo CASTRO (17) elas podem ser resumidas em dois grupos: O primeiro deles se constitui nas variedades de frutos lisos sem espinhos e o segundo, nas variedades rugosas, com espinhos. As cores variam de branca a verde escura. Existem variedades cujos frutos não atingem 100 g enquanto outros pesam mais de 1 kg. A forma, geralmente, é oval ou periforme. A superfície pode apresentar-se lisa ou com ranhuras, em número de cinco. Uma variedade muito consumida é a de cor verde-clara, lisa, cujo peso varia de 400 g a 600 g. A composição química aproximada do chuchu, segundo BOONE (15) está relacionada no quadro a seguir:

Composição	Fruto (%)	Semente (%)
Umidade	90,6	32,8
Proteína	1,1	5,5
Gordura	0,2	0,6
Cinzas	0,6	1,1
Carbohidrato	7,5	60,0

O amadurecimento do chuchu não ocorre como todos os fru

tos. Se robustece à medida que envelhece, conservando-se por mais de 1 mês (67), com suas características naturais. O chuchu se desenvolve bem em clima quente, embora se adapte bem em clima temperado, sem geadas. Não é exigente em termos de fertilidade do solo. Por estas características, a cultura do chuchu tem condições ótimas para seu desenvolvimento em quase todas as regiões do Brasil, praticamente durante todo o ano. A época do plantio é bem espaçada, havendo citações que pode ser plantado de julho a setembro (24, 67) e até de março a maio (17). Os tratos culturais são de fáceis execuções e não são muito caros. A cultura é pouco atacada por pragas e doenças, sendo que o combate a ambas é bastante efetivo (24). A duração média de cultura é de 5 anos, variando de 3 a 7 anos. No primeiro ano, a produção é bastante pequena, não passando de 100 frutos por pé, aumentando-se gradativamente, até que no ano de máxima produção, o que deve ocorrer entre o quarto e quinto ano, consegue-se obter de 1000 a 1500 frutos por pé. Nos últimos anos da cultura, ocorre uma queda da produção. O rendimento da cultura depende do espaçamento de plantio, sendo mais comuns, os de 3m x 3m e 3m x 2m (67). Considerando-se uma média de 500 frutos/pé/ano e um peso médio de 300 g (22) o rendimento pode variar de 165 a 250 ton./ha/ano.

B. ASPECTOS GERAIS SOBRE O AMIDO

O amido é um polímero natural que se constitui na principal fonte de energia dos vegetais. Se apresenta na forma de um grânulo, no interior de organelas, denominadas plastídios.

Quimicamente, o amido é constituído de α - D - glucopiranosose, que se polimeriza através de ligações α - D - 1 - 4 e α - D - 1 - 6. Esta polimerização dá origem a duas frações básicas do amido. A fração amilose, apresenta ligações glico-

sídicas $\alpha - 1 - 4$, sendo linear. O grau de polimerização irá depender da espécie vegetal e de seu estágio de maturação. Estudos feitos com enzimas amilolíticas sugerem que a amilose se constitui em uma mistura de cadeias lineares com cadeias ramificadas de alto peso molecular (8). A fração amilopectina, além de uma cadeia básica de polímero de glicose, com ligações $\alpha - 1 - 4$, possui ramificações devido as ligações $\alpha - D - 1 - 6$ (115).

As ramificações são formadas por 20 a 25 unidades de glucose, contendo de 4 a 6% de ligações $\alpha - 1 - 6$. Em 1952, foi introduzido a terminologia A, B e C para as cadeias de amilopectina (8). A cadeia "A" é aquela que está ligada ao resto de molécula pelo grupo final redutor, a cadeia "B", possui o C_6 de uma ou mais moléculas de glucose, comprometidos com outras unidades. A cadeia "C" é a que contém o grupo final redutor (C_1) livre. Embora alguns estudiosos sugerissem modelos especiais para a formação das ramificações, segundo MEYER as ramificações ocorrem ao acaso (8, 119), o que é confirmado por hidrólises enzimáticas (55). O tamanho da molécula de amilopectina é muito variável e seu peso molecular, muito elevado e por isto mesmo, de difícil determinação. É estimado na ordem de 10^8 (54, 119). As duas frações principais do amido apresentam grandes diferenças entre si. WHISTLER (115) cita algumas destas diferenças e características da amilose e amilopectina. A amilose apresenta alta digestibilidade com β -amilase (quase 100%), baixo peso molecular (algumas centenas) colore-se de azul isopotenciométricamente com iodo, forma complexos com n-butanol, possui alta viscosidade intrínseca e baixa estabilidade em solução. A amilopectina possui menor digestibilidade com β -amilase (cerca de 50%), alto peso molecular (superior a 10.000), colore-se de vermelho púrpura com iodo, não forma complexo com n-butanol, menor viscosidade intrínseca e maior estabilidade em solução. As fontes mais comuns de amido são os cereais (13, 29, 49, 56, 61, 71)

tubérculos e raízes (19, 91). Entretanto, por interesses científicos ou como alternativas econômicas, amidos de outras fontes têm sido estudados (1, 14, 27, 28, 31, 36, 55, 57, 79, 83, 88, 90, 91, 102, 107, 110, 117, 118).

GRANATO (34) cita o chuchu como fonte de amido, principalmente em seus sistema radicular. Dos sólidos existentes no chuchu, os carboidratos se constituem na maior parte e normalmente o amido é o principal componente (80) destes, logo deve-se supor que o mesmo ocorra com o chuchu.

C. ISOLAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE AMIDO

1. Extração e rendimento:

O método de se extrair e purificar o amido depende muito do material em estudo. Em linhas gerais, o material é maceado em água ou em determinada solução, (como de hipossulfito), triturado, passado em peneiras de tecido (49, 57, 65), purificado com lavagens sucessivas, centrifugado, seco à temperaturas inferiores a 50°C (56, 57, 71) e pulverizado.

No processo de maceração em alguns casos torna-se necessário a adição de compostos que facilitam a separação de amido (31, 36, 79, 102) e evitem fermentação e outras ações enzimáticas (1, 90, 110, 111).

O teor de amido é muito variado, dependendo da espécie vegetal e mesmo das variedades, em uma mesma espécie. Existem espécies vegetais com baixo teor de amido, como a soja, com um teor variando de 0,19% a 0,91% (117) e espécies com alto teor como triticales com 74,7% (49). O rendimento da extração tem variado de 40 a 60% em relação ao teor de amido existente (13, 23, 49, 57, 61).

2. Análises químicas:

O fato de que o amido é formado no interior das células vegetais leva a que este amido esteja associado a outros componentes, como materiais gordurosos, proteínas, e minerais, como o fósforo. Estes componentes podem alterar as características do amido, quando em quantidades excessivas. SCHOCH et al (102) afirmam que ácidos graxos podem restringir o inchamento dos grânulos de amido. Segundo D'APPOLONIA (22) emulsificantes diminuem a viscosidade do amido. GRACZA (32) tece comentário sobre os "contaminantes" do amido: A extração de material graxo do amido, permite a formação de poros em sua estrutura. A remoção deste material gorduroso feito com metanol 85%, em ebulição aumenta a transparência do gel de amido de batata, batata doce, trigo e milho. O teor de material graxo presente em amido, comercialmente disponível, é menor que 1% (32). Ainda no mesmo artigo é focalizado o método de extração do amido. Longo tempo de maceração aumenta o teor de fósforo e nitrogênio. A presença de alto teor de SO_2 (0,1 a 0,5%) na maceração, provoca a diminuição da viscosidade do amido e o nitrogênio é aumentado. Um alto teor de fósforo altera as propriedades de pasta de um amido e prejudica a ação enzimática. Entre varios amidos estudados o teor de proteína variou de 0,060% a 0,965%, o de lipídeos de 0,023% a 0,980%, de cinzas 0,029 a 0,450% e fósforo 0,008 a 0,047% (1, 14, 71, 79, 88, 91, 102).

3. Caracterização do amido:

a. Características físicas:

i. Forma, tamanho e densidade absoluta:

O amido apresenta diferenças em sua forma, tamanho,

presença de hilum e estriações que auxiliam em sua caracterização (62, 81, 101). As formas podem ser elípticas, ovais, arredondadas, triangulares ou até em forma de rins (56). Segundo MASTER (62) os tamanhos variam de 1-2 μ m a 200 μ m. A maioria se situa entre 7 a 70 μ m (14, 56, 91, 117). A densidade absoluta se situa na faixa de 1,4209 g/cm³ a 1,5495 g/cm³ (1, 13, 61, 65, 117).

ii) Viscosidade intrínseca:

Segundo LEACH (62) a viscosidade intrínseca é uma medida da fricção interna ou resistência ao deslocamento de moléculas de alto peso molecular em uma solução.

FOSTER (25) conceitua a dimensão da viscosidade como a recíproca de concentração e sua unidade pode ser expressa como ml/g, tendo como aplicação prática a determinação do peso molecular, e como considerações teóricas a conformação de polímero e interação polímero-solvente. LANSKY et al (50) encontraram os valores de amilose e amilopectina, como sendo, respectivamente, em trigo 1,54 e 1,14; em soja 1,13 e 0,82; em bata 1,75 e 1,45; em mandioca 2,25 e 1,27; em milho, nas faixas de 1,13-1,45 e 1,17-1,35. POTTER et al (83), usando um viscosímetro de Ostwald e concentrações de 0,1 a 0,4% encontraram os valores de 0,98 para amilose e 0,95 para amilopectina, do amido de maçã. Em aveia, os valores no amido variaram de 1,42 a 1,59; em amilose de 2,46 a 2,99 e amilopectina de 1,70 a 2,07 (61). Em amido de caroço de manga o valor foi de 1,72 (1). Em centeio e triticales, 1,96 e 2,13, respectivamente (13). Em trigo houve uma variação de 1,49 a 2,33 (65).

b. Absorção de água e solubilização:

A estrutura cristalina, dada por micelas, formados por pontes de hidrogênio permite uma absorção de água, como também a solubilização, diferencialmente, em se tratando de água fria ou de água em aquecimento.

i. Amido em água fria:

Tanto a absorção quanto a solubilização do amido em água fria são limitadas e reversíveis (53). Amido de trigo aumenta de 30% o seu diâmetro enquanto batata aumenta 47% (8). Em amido de aveia (61) observou-se uma absorção variando de 85 a 87%. Em amido de manga observou-se uma solubilização de 2,11% (1). Em trigo a absorção variou de 80,8 a 100% (10, 13, 23, 65). Em legumes, a variação ficou na faixa de 78 a 92,4% (71).

ii. Amido em água quente:

Quando uma suspensão de amido é submetida a ação do calor, a rede micelar é enfraquecida, devido ao rompimento de ligações de pontes de hidrogênio, havendo grande absorção de água e com isto, um dos fenômenos que ocorrem é o inchamento do grânulo e ao mesmo tempo ocorre uma solubilização do amido (127). O grau de inchamento e solubilização depende da origem do amido, sendo que raízes e tubérculos, incham mais que cereais (92). Cereais apresentam dois estágios de inchamento, o que indica a presença de forças de diferentes magnitudes, formando a rede micelar. SCHOCH (102) observou grandes variações no poder de inchamento e índice de solubilização em amidos de legumes, estudados em diferentes temperaturas. A 100°C os amidos apresentaram uma solubilização que variou de 17,5 a 28,6%, enquanto que a 70°C a variação atingiu um máximo de 6,0%. O poder de inchamento também foi muito variado. Um gru-

po apresentou uma variação de 16 a 20, à temperatura de 95°C, enquanto que outro mostrou um inchamento de 33 a 95°C. Em algumas variedades de trigo, a média de poder de inchamento foi de 13,26 a 95°C, enquanto a solubilização variou de 20 a 32% (57, 110).

c. Fracionamento de amido:

i. Separação das frações:

BANKS et al (8) citam os trabalhos de Meyer, em 1940, como demonstração de heterogeneidade do amido, que é constituído de amilose e amilopectina, ligados entre si, ou entre moléculas iguais por pontes de hidrogênio, formando uma rede micelar. Já em 1945, segundo a mesma referência SCHOCH separou quantitativamente as duas frações. Basicamente o fracionamento ou separação das frações que constituem o amido pode ser feito de duas maneiras: O primeiro método envolve a exudação seletiva do interior do grânulo, enquanto o segundo provocado pela completa dispersão do grânulo, colocando em solução as duas frações (8). No primeiro caso uma suspensão de amido é aquecida a uma temperatura inferior a de gelatinização, na qual a amilose é exudada. A suspensão é centrifugada e o resíduo granular é separado. A amilose em suspensão é obtida por complexação com ácoois como o 1-butanol. O segundo método implica na ruptura do grânulo e as frações podem ser separadas por retrogradação seletiva, eletroforese, cromatografia ou precipitação seletiva com algum agente coplexante. Segundo SCHOCH (98), a remoção de material gorduroso é importante no fracionamento. Segundo LEACH (53) a remoção de material graxo favorece o inchamento do grânulo e também a solubilização, e conseqüentemente a separação das frações torna-se mais eficiente. BANKS et al (9) usaram dimetil sulfoxido para pré-trata

mento do amido de cereais e complexou amilose com timol. Mc CREADY et al (64) trataram uma suspensão de amido de batata em temperatura de 60°C, por tempo determinado, e precipitaram a amilose com metanol. MONTGOMERY et al (69) fracionaram amido de milho, trigo e batata, por extração seletiva de amilose em água quente, após pré-tratamento do amido com glicerol, n-butanol, pentasol, celossolve e dioxano. A amilose foi precipitada com butanol e a amilopectina com metanol.

ii. Teor de amilose e amilopectina:

Praticamente, todos os métodos de determinação de amilose, e consequentemente de amilopectina, são baseados na reação isotenciométrica da amilose com iodo, dando um complexo de cor azul (116, 8, 64). BANKS et al (8) citando vários autores, mencionaram que a amilose absorve 20% do seu próprio peso em iodo, e o faz na forma helicoidal contendo seis unidades de glicose por passo em um comprimento de 8A°. Mc CREADY et al (64) determinaram o teor de amilose em amido de batata, comparando o valor encontrado da reação do amido com iodo com uma curva padrão constituída com uma mistura de amilose e amilopectina, em concentrações definidas. SCHOCH (100) utilizou titulação potenciométrica para determinar amilose, determinando-se a força eletromotriz de uma solução contendo quantidades crescentes de iodo, repetindo-se o processo em presença de amido.

BANKS et al (10) compararam o método colorimétrico e a titulação potenciométrica concluindo que o primeiro apresenta menos precisão, apesar de ser mais rápido e não exigir equipamentos especiais. Os teores de amilose e amilopectina dependem do amido, ou de sua origem. Em alguns legumes estudados a afinidade com iodo variou de 5,36 a 7,44%, o que corresponde a aproximadamente à faixa de 26,8 a 37,2% de amilose (13, 65,

87, 102, 110). Em alguns cereais, a variação foi de 21,8% à 27,9% de amilose (56, 61, 79). Outros amidos estudados mostraram um teor de amilose como o amido de semente de jaca, 28% (14), inhame, 23,6% (91), maçã, 25,6% (83), soja 15-20% (117), caroço de manga 39,9% (1).

iii. Oxidação de amilopectina com metaperiodato de sódio:

A amilose apresenta uma relação de grupo redutor (OH do C_1 livre), para grupo não redutor (OH do C_4 livre) praticamente igual a 1, enquanto que na amilopectina, devido às ramificações, existem vários grupos não redutores para um grupo redutor (115). O número de ligações 1-6, na amilopectina se situa em torno de 4 a 5% (8). A oxidação dos grupos finais, sejam redutores ou não redutores, com periodato, produz ácido fórmico, pelo rompimento do anel e saída do carbono C_3 . O metaperiodato de sódio atua em presença de OH vicinares. Na amilose, a glucose que contém o grupo final não redutor fornece uma molécula de $HCOOH$, enquanto a que contém o grupo final redutor, produz duas moléculas de $HCOOH$, envolvendo os carbonos C_1 e C_2 . Na amilopectina, o número de grupos finais não redutores é tão maior que o redutor pode ser considerado negligível e o número de $HCOOH$ formado será a expressão do número de ramificações da amilopectina (82). ANDERSON et al (5) determinaram o número de resíduos de amilopectina de diversos amidos, titulando-se potenciométricamente o $HCOOH$ produzido até pH 6,25. Em amido de maçã, o número de resíduo encontrado foi de 24 por cadeia (83), em manga, 24 resíduos, milho 22 resíduos e arroz, 26 resíduos por moléculas (1).

d. Características de gelatinização e retrogradação:

Quando as pontes de H que mantêm a estrutura micelar dos grânulos de amido são desestabilizadas, quer pelo calor quer por reagentes químicos, os grânulos se hidratam e ocorre um inchamento irreversível, havendo também mudanças, fenômeno denominado gelatinização. Pode-se considerar que a gelatinização ocorre pela afinidade que as moléculas do amido têm, devido ao seu grande número de oxidrilas, com o solvente da suspensão (53). Quando uma suspensão de amido é aquecida, aparentemente nenhuma mudança ocorre até um ponto crítico de temperatura. A partir daí os grânulos começam a inchar e perdem sua cruz de polarização. Estas ações se iniciam a partir do "hilum" e continuam para a periferia. Acredita-se que a gelatinização se inicia nas áreas micelares onde as ligações sejam mais fracas ou nas regiões amorfas (53, 68). A mudança de viscosidade do meio, o aumento da claridade da pasta e alguma solubilização do amido complementam a gelatinização. Com o resfriamento e envelhecimento da pasta, ocorre uma turbidez da pasta, exudação de água (sinéresis) e formação de microcristais, devido ao rearranjo das moléculas do amido notadamente, da amilose. É o fenômeno denominado retrogradação, que é função de vários fatores como concentração, pureza, temperatura, pH e peso molecular das frações (91). Vários métodos são usados na determinação de grau de gelatinização: turbidez, solubilidade, inchamento, viscosidade, reatividade química, difração de raio X, birrefringência, digestibilidade enzimática, espectroscopia de ressonância magnética nuclear e calorimetria diferencial de varredura (103), sendo que os mais comuns são a perda de birrefringência, viscosidade e digestibilidade enzimática.

1. Birrefringência:

O amido, quando exposto a uma fonte de luz polarizada

apresenta birrefringência (devido a orientação das moléculas) que é caracterizada pela presença de uma "cruz maltada" (8). Quando uma suspensão de amido é aquecida, os grânulos vão perdendo esta característica até o seu desaparecimento total, que é considerado o fim da gelatinização. Atribui-se como temperatura inicial de gelatinização, quando cerca de 2% dos grânulos perderam a birrefringência e como temperatura de gelatinização, quando 98% dos grânulos perderam totalmente a birrefringência (30, 62, 101). Alguns legumes estudados mostram uma faixa de gelatinização entre 60 e 78°C (87, 102, 110) enquanto cereais tem início a 50°C e final a 70°C (49, 56, 78).

ii. Viscosidade:

Uma das características da gelatinização é o aumento de viscosidade que pode ser registrado através de instrumentos denominados viscosímetros, sendo que um especialmente desenvolvido para suspensões de amido é o viscoamilógrafo Brabender (7), cujas informações, permitem comparar os diferentes tipos de amido, já que cada fonte irá fornecer um tipo diferente deste carboidrato devendo-se levar em consideração a pureza da amostra assim como a concentração da mesma na suspensão (7, 74).

MAZURS et al (63) estabeleceram pontos característicos com uma curva obtida no viscoamilógrafo Brabender (amilograma), tais como viscosidade inicial de gelatinização, viscosidade máxima, temperatura de viscosidade máxima, viscosidade máxima, viscosidade mínima à temperatura constante e viscosidade final, no ciclo de resfriamento.

SCHOCH (102) comentou que o comportamento do amido no viscoamilógrafo Brabender é determinado pela extensão do entumescimento do grânulo e resistência do grânulo entumescido à dissolução (ou rompimento) pelo calor ou fricção e classificou

os diversos tipos de amido como: Tipo A (batata, mandioca, ce real ceroso) - são aqueles que incham muito e tem pouca resis tência â ação me cânica. Tipo B são aqueles que têm um compor tamento moderado. O tipo C são aqueles que têm um inchamento restrito ou também chamado intercruzado e finalmente o tipo D é aquele que apresenta uma alta restrição ao inchamento e nor malmente são caracterizados pela presença de alto teor de ami lose (55% a 70%).

BOBBIO et al (14) observaram uma alta resistência â ação me cânica ao amido de semente de jaca. HARSE et al (36) observaram em uma suspensão a 3,5% de amido de Annona reticu lada, uma viscosidade de 30 UA a 95°C e após 1 hora a 95°C a viscosidade aumentou para 100 UA. A 50°C, no resfriamento, foi de 150 UA. Em feijão lab-lab (88) foi observado a não existên cia de pico de viscosidade, semelhante ao amido de ervilha, e que as curvas são ascendentes, semelhante aos amidos intercru zados, quimicamente, o que evidencia a grande resistência dos grânulos. Este tipo de curva é comum em legumes (71, 110). To dos apresentam baixa viscosidade durante aquecimento, grande estabilidade durante agitação e alta viscosidade durante o res friamento, que evidencia uma alta retrogradação. SCHOCH et al (102) consideram pouco provável a presença de intercruzamen to em amido não modificado e sugere que a presença de um teor mais elevado de amilose como ocorre nas leguminosas, reforça as estruturas internas dos grânulos, tornando-os mais resis tentes.

iii. Transmitância Ótica do gel

Quando uma suspensão de amido é aquecida, vai perdendo sua característica opaca para formar uma pasta clara e trans lúcida, dependendo da origem do amido. Amidos de tubérculos e raízes apresentam maior claridade de pasta que os cereais, en

quanto legumes possuem uma claridade intermediária (74). Esta transformação pode ser medida através de transmitância ótica (117). A transmitância ótica pode ser um meio de se medir o curso da gelatinização de um determinado amido, embora não se ja sensível para o início de gelatinização (53). Em soluções de baixa concentração, a associação das moléculas exudadas ou lançadas em solução, leva a uma turvação da pasta de gel, provocada pelo envelhecimento, favorecida também por descréscimo da temperatura (21). Esta turvação também pode ser medida por transmitância ótica.

iv. Retrogradação

Em uma suspensão contendo amilose e amilopectina, quer no interior do grânulo, quer dispersar no meio, ocorrem transformações de grande importância. Em baixas concentrações, a suspensão torna-se turva com o tempo ou abaixamento de temperatura (21). Em concentrações elevadas a pasta torna-se firme devido à associação das moléculas, principalmente à amilose, (21, 77) embora a amilopectina também se reassocie, no decorrer do envelhecimento do gel ou da pasta (20, 21). A estas séries de transformações que ocorreram, dá-se o nome de retrogradação. Segundo HOLLOS et al (38) a retrogradação ocorre em três estágios: Distensão da molécula de amilose, pela quebra das pontes de H, dificultando a formação helicoidal, perda de água e reorientação das moléculas e formação de pontes de H entre as moléculas.

Apesar dos dois primeiros estágios serem endotérmicos, o processo todo é exotérmico, graças ao último estágio.

ALBRECHT et al (3) observaram o efeito de armazenamento a baixas temperaturas, (congelamento) sobre geis de amido e suas características após diversos ciclos de congelamento e descongelamento.

e. Susceptibilidade enzimática:

Existem algumas enzimas hidrolíticas que atuam sobre o amido, nas ligações glicosídicas. Uma vez que o amido absorve pouca água em seu estado granular, a ação enzimática é prejudicada (94). À medida que ocorre a gelatinização o ataque enzimático vai aumentando, podendo ser usado como uma maneira de se determinar o grau de gelatinização (108). Segundo BANKS et al (8) as enzimas amilolíticas podem ser classificadas em endoenzimas, exoenzimas e desramificadoras. Como exoenzimas tem-se a beta-amilase. A beta-amilase é uma enzima de origem vegetal (11, 114) que atua nas ligações glicosídicas alfa-1-4, a partir do grupo final não redutor, sendo limitada pela presença de ligações alfa-1-6 em amilopectina, produzindo por isto, além de maltose, na forma anomérica (114), dextrinas de alto peso molecular, denominadas dextrinas limites. A gluco-amilase atua semelhantemente à β -amilase, mas não é limitada pela presença de ligações α -1-6, podendo mesmo em certos casos, atuar também nestas ligações. Como endoenzimas, existe a alfa-amilase que também atua nas ligações alfa-1-4 em qualquer parte da cadeia, não sendo limitada pelas ligações alfa-1-6. A alfa-amilase é originária do malte, além de outras fontes como microrganismos (bactérias, fungos), saliva humana e de órgãos variados de animais. Dependendo da origem, o comportamento da alfa-amilase é diferente. A de origem bacteriana é muito resistente ao calor (80°C), existindo uma enzima comercial - Thermamyl - marca registrada, que resiste temperaturas entre 95 a 110°C , resistente a pHs e íons de cálcio (11).

OSMAN (74) comenta que a α -amilase pode digerir amido granular mas depende do tipo de amido e da fonte de enzima. A digestão no amido gelatinizado é mais rápido desde que seja em temperatura mais baixa do que a da inativação da enzima. Como enzima desramificadora, existe a pululanase, uma enzima

extracelular, produzida por Aerobacter aerogenes, que hidrolisa ligações α -1-6, exigindo como substrato mínimo o 6-maltosil, alfa-maltose (2, 11). LEACH et al (55) observaram o efeito de várias amilases em diferentes amidos, na forma granular. A ordem crescente de resistência à ação enzimática foi: milho ceroso, mandioca, sorgo ceroso, sorgo, milho, trigo, arroz, sagu, araruta, batata e milho com alto teor de amilose. MORO et al (70) estudaram as propriedades de liquefação do amido pela alfa-amilase cristalizada, originadas de fungos, bactérias e pâncreas. Os pHs ótimos para cada um foi de 4,5 (4,0 - 8,0), 6,8 (5,0 - 8,0) e 6,0 (5,0 - 12,0), respectivamente. As temperaturas onde iniciaram a inativação, variaram de 50°C a 60°C.

SANDSTED et al (94) observaram que beta-amilase não atua sobre amido granular, enquanto alfa-amilase atua lentamente. Observou também que a α -amilase do sistema pancreático foi mais efetiva, seguindo-se na ordem por malte, bactéria e fungo, sendo que este último foi 20 vezes menos efetivo que o primeiro. TAKAYA et al (109) estudaram o efeito de α -amilase de origem fúngica sobre amidos de milho e outros amidos. As susceptibilidades diminuíram na ordem milho ceroso, milho normal, batata doce, milho com alto teor de amilose, batata.

f. Efeito da concentração hidrogeniônica:

O amido, quando tratado por ácidos, é hidrolisado, apresentando uma queda na viscosidade, quando aquecido. ANKER et al, citados por RADLEY (83), estudando o efeito de pH, ajustado por tampões (citrato e bimalato), observaram que ambos causaram queda na viscosidade, mas indicando que há diferença entre os anions pois os efeitos foram diferentes. OSMAN (74) faz algumas considerações sobre amido e pH dos alimentos. O

pH da maioria dos alimentos variam na faixa de 4,0 a 7,0, dentro da qual, ligeiras modificações produzem pequenos efeitos na viscosidade, durante o aquecimento do sistema água-amido. Certos alimentos de baixo pH exigem o uso de amidos modificados, como interligados, para evitar o efeito hidrolítico. Em alguns alimentos onde se usa açúcares, o efeito do ácido é contrabalançado pela concentração do açúcar. A adição de ácido cítrico em amido de trigo na concentração de 0,05N e 0,2N causa um aumento na viscosidade máxima, mas provocam a quebra da pasta, muito rapidamente. A adição de açúcar diminui o inchamento mas retarda a hidrólise. Além da gelatinização a frio, quando o teor de álcali excede uma concentração crítica (53), hidróxido de sódio restringe o inchamento do grânulo (83) e a OH pode formar ácidos sacarínicos, diminuindo a viscosidade (96).

D. EFEITO DE ALGUNS INGREDIENTES

O amido, estando presente em todos os vegetais, faz parte dos alimentos ingeridos pelo ser humano, se constituindo, na principal fonte energética para o organismo. Paralelamente a esta característica natural, o amido, presente no alimento ou adicionado a ele, fornece a textura desejada, que é importante tanto ao ponto de vista do consumidor, quanto do fabricante. No sistema alimento existem uma série de outros componentes, ou em produtos manufaturados são adicionados ingredientes que interferem nas características naturais do amido. Em alguns casos, alguns destes ingredientes são adicionados com a finalidade de alterar características do amido. Dentre dos componentes e/ou ingredientes, pode-se citar os emulsificantes e gorduras ou óleos, açúcares e cloreto de sódio. Deve-se lembrar que as vezes são analisados componentes isoladamente, e que no sistema alimento estes componentes agem ao mesmo tempo.

1. Efeito de emulsificante e óleo comestível:

Segundo KROG (46), emulsificantes são ésteres orgânicos, que de acordo com suas estruturas apresentam tanto características hidrofílicas quanto lipofílicas. São formadas por ácidos graxos comestíveis, originados de animais e vegetais, e álcoois, como glicerol, propilenoglicol e sorbitol. Estes ésteres ainda podem ser modificados por uma outra esterificação, com ácidos orgânicos, tais como ácidos acético, tartárico diacetilado, ácido succínico, cítrico ou láctico. Um emulsificante exerce várias funções nos alimentos, sendo que melhora a textura, aumenta a maciez da crosta de pães, e aumenta a vida de prateleira quando adicionados a alimentos contendo amido, pela formação de complexo com este carbohidrato (46). A interação amido-emulsificante ocorre através da complexação da amilose com o emulsificante, da mesma forma que ocorre com iodo, butanol ou ácidos graxos (45, 46, 48). Na forma helicoidal da amilose, ocorre a formação de um canal lipofílico, provocado pelos grupos C - H e o oxigênio glicosídico (46). Os grupos polares OH se situam no exterior da cadeia. A hélice é estabilizada pelas longas cadeias de hidrocarbonetos do emulsificante, que se introduz no canal hidrofóbico, formando um complexo insolúvel em água, em um processo irreversível. KROG (45) estudou o efeito de emulsificante como agente complexador de amilose, medindo-se a afinidade de amilose pelo iodo, por dois processos: o primeiro deles, medindo-se a redução da afinidade da amilose pelo iodo, na presença de emulsificante, por titulação potenciométrica. O outro método usado foi o amperométrico, determinando-se a amilose remanescente em solução após a extração do complexo amilose-emulsificante. Entre os melhores emulsificantes de caráter não iônico, os monoglicerídeos destilados (contendo pelo menos 90% de monoéster) apresentaram melhor complexação. Entre os iônicos, os estearoil-lactatos e seus sais foram os que melhor se apresentaram.

KROG et al (48) estudaram o efeito de monoglicerídeos saturados em diferentes estados físicos, sobre amilose e firmeza do pão. Os resultados mostraram ser necessários uma hidratação dos monoglicerídeos, antes de seu uso. Os mesmos testes foram usados com amilopectina, mas não foram observados nenhuma precipitação nem houve alteração na cor do complexo iodo-amilopectina, podendo-se concluir não haver nenhuma alteração entre emulsificante e amilopectina. KROG (47) estudou a influência de vários emulsificantes como: monoglicerídeos destilados (DGMS), estearoil-2 - lactilatos (CSL e SSL) e ésteres de ácido tartárico diacetilado como monoglicerídeo (DATE) nas características de pasta de amidos de trigo, milho, mandioca e batata. A temperatura de pasta foi aumentada em trigo e mandioca, sendo que o efeito maior foi provocado por DGMS, seguido por SSL, CSL e DATE. Houve pouca influência em mandioca e batata. A influência do pH também foi estudada, sendo que o DATE foi o que maior influência teve. Observou-se que a influência do DATE se deve aos grupos polares, já que a presença de monoglicerídeos insaturados ou saturados não modificaram o efeito.

LONKHUYSEN et al (60) estudaram o comportamento de monoglicerídeos com amido em diferentes temperaturas, que variaram de 30 a 90°C. Foi observado que o teor de monoglicerídeo ligado, aumentou, à medida que a temperatura foi aumentada de 30 até 90°C. Provavelmente os monoglicerídeos penetraram no interior do grânulo, formando um complexo insolúvel com amilose. Os comportamentos dos diferentes amidos estudados foram semelhantes, mas quantitativamente diferentes. Amido de trigo se ligou mais aos monoglicerídeos a 30°C do que amido de mandioca. Mas a 90°C essa expectativa foi revertida. Em um outro trabalho, LONKHUYSEN et al (59) observam o efeito de monoglicerídeos na gelatinização do amido de trigo e mandioca, assim como o ataque enzimático de α -amilase sobre os amidos tratados. Concluíram que os monoglicerídeos causam floculação de amido em temperatura ambiente, os grânulos são mais resistentes.

tes ao ataque de α -amilase, incham menos e permanecem intactos durante a liofilização. Se o monoglicerídeo for adicionado após a gelatinização, o grânulo de amido resiste a liofilização e a resistência enzimática é maior ainda. O complexo amilose-monoglicerídeo não é atacado por α -amilase.

VOLZ et al (112) estudaram o efeito de emulsificantes na susceptibilidade enzimática do amido e firmeza durante o envelhecimento do pão. Dois emulsificantes, polioxietileno monoestearato e monoglicerídeos, foram usados, ao nível de 0,5% em relação ao peso da farinha. Observaram que os emulsificantes diminuíram a firmeza ou endurecimento do pão, sendo que o tratamento com polioxietileno monoestearato foi mais efetivo. Praticamente não houve efeito quanto ao ataque enzimático, o que indica que os emulsificantes agiam como lubrificante evitando um endurecimento excessivo no pão. OSMAN et al (76) estudaram o efeito de vários emulsificantes, ácidos graxos e seus ésteres com uma, duas ou mais cadeias de hidrocarboneto e observaram que eles formam complexo com amilose. Todos eles, com exceção de diglicerídeos de óleo de soja, reduzem grandemente a afinidade de iodo com amilose, mas nenhum chegando a zero. Foi também demonstrado que a formação do complexo está ligado diretamente ao teor de hidrocarboneto na molécula do emulsificante. ORTHOEFER (73) estudou o comportamento de diferentes óleos (coco, amendoim e soja) em pastas de amido de milho ceroso, em presença de monoestearato. Quando o monoestearato foi usado sem os outros óleos, houve um aumento na viscosidade máxima e um pico a 56°C, no resfriamento. Quando se usou os diferentes tipos de óleo na ausência de monoestearato, praticamente nenhuma alteração foi verificada. O uso de óleos na presença de monoestearato, apresentou um ligeiro aumento na viscosidade máxima, mas ocorreu um aumento da viscosidade no resfriamento, quando se atingiu a temperatura, de 56°C e o valor de viscosidade dependeu do tipo de óleo.

LARSON (51) mostrou que lipídeos podem impedir parcial

mente a gelatinização do amido. Usando-se glicerilmonolaurato em amido de batata observou que não houve alteração nas características dos grânulos a 68°C, apresentando inclusive a birrefringência. Amido não tratado nesta mesma temperatura se apresentou completamente gelatinizado. As temperaturas analisadas foram aquelas onde a amilose começa a deixar o grânulo. OHASHI et al (72) estudaram o efeito de lipídeos ligados na gelatinização do amido de arroz. MEDCALF et al (66) estudando o efeito de lipídeos polares e não polares nas pastas de amido de trigo, observaram que ao se reimpregnar os grânulos de amido desengordurado com lipídeos polares, houve uma redução nas duas fases da curva de viscosidade, medidas pelo viscosímetro Brabender. Quando se reimpregnou com lipídeos apolares, praticamente não houve alteração no primeiro pico, mas houve um grande aumento no último pico. LONGLEY et al (58) estudando efeito de monoglicerídeos na gelatinização de amido de trigo, observaram, que quanto maior a cadeia do ácido graxo mais é afetada a gelatinização, possivelmente devido a complexação que ocorre dentro do grânulo inchado ou pela redução da absorção de água. Observaram também que quanto maior for o tratamento térmico antes da adição dos monoglicerídeos menor será o efeito. OSMAN et al (75) observaram o efeito de óleos e gordura nas pastas de amido de milho, na presença de vários emulsificantes. Praticamente nenhuma alteração na viscosidade foi observada quando se usou óleo e gordura sem a presença de emulsificante. Entretanto, quando se usou óleo ou gordura em presença de emulsificantes à temperatura de gelatinização foi aumentada e a forma do amilograma também foi alterada. Acredita-se que é influenciado pelo comprimento da cadeia, assim como pelo número das cadeias dos hidrocarbonetos no emulsificante. STRANDINE (106) estudou o efeito de monoglicerídeos em amido, farinha e pão e observou que os monoglicerídeos inibem o inchamento ou hidratação dos grânulos de amido e impedem a saída dos componentes polares do amido, além de tornar

menos firme a casca do pão e mais macio o miolo. KIM et al (108) estudaram a conformação da amilose na presença de emulsificantes. A viscosidade intrínseca foi diminuída, indicando que o emulsificante entrou na cavidade da hélice, o que foi confirmado pela redução da absorção e diminuição do ataque de α -amilase sobre a amilose. D'APPOLONIA (22) observando o efeito de gordura em amido, testou concentrações variando de 2 a 16%. A temperatura variou de 83,5°C a 86,5°C.

2. Efeito de cloreto de sódio:

O efeito de sais sobre o amido depende dos íons que formam o sal e do tipo de amido (74). Em amido de milho, o cloreto de sódio aumentou a temperatura inicial de gelatinização e a temperatura de viscosidade máxima. A viscosidade máxima foi ligeiramente aumentada, enquanto o grânulo se tornou mais resistente à ação mecânica. Amido de batata é mais sensível à presença de eletrólitos, devido à esterificação de grupos fosfatos, que amido de cereais. Apesar de pequenas concentrações de cloreto de sódio diminuiu a viscosidade do amido de batata, a forma sódica do amido obtido em coluna de troca íons com cloreto de sódio, produz uma viscosidade máxima muito maior e uma baixa resistência à ação mecânica. Com cloreto de cálcio, o fato foi inverso. Um outro experimento com amido de batata e cloreto de sódio (84) mostrou que uma concentração de 0,00001N, provocou um decréscimo na viscosidade durante o aquecimento. A 0,001N, a viscosidade foi menor devido ao pouco inchamento dos grânulos. A viscosidade do amido de milho foi pouco afetada com NaCl 0,1N, mas a 1N, tanto a temperatura inicial, quanto a viscosidade máxima tinha aumentado. Com amido de trigo o cloreto de sódio 2N aumentou a temperatura de gelatinização, mas a 5N foi diminuído. D'APPOLONIA (22) estudou o efeito de NaCl, nas concentrações entre 1 e 4%. A temperatura

de viscosidade máxima aumentou. A viscosidade máxima aumentou até 3,5%. A 4% não houve pico. A temperatura de viscosidade máxima não foi alterada. GANZ (26) observou que com 2,5% de cloreto de sódio a viscosidade máxima é aumentada e a integridade do grânulo é mantida. A adição de sal na temperatura de 70°C não provoca aumento na viscosidade máxima mas demora-se mais tempo para atingi-la. A adição em uma temperatura de 60°C, a viscosidade máxima é aumentada e maior tempo ainda é requerido para atingi-la. Isto permitiu concluir que o cloreto de sódio primeiro atua nas áreas mais fracas, logo, de 60-70°C ocorre um rompimento das forças mais fracas e rápido inchamento, enquanto de 80-95°C, ocorre o rompimento das forças mais fortes.

3. Efeito de Açúcares:

O efeito de açúcares (quer mono, quer dissacarídeos) depende muito da concentração dos mesmos, e menos do seu tipo. BEAN et al (12) usaram sacarose, maltose, lactose, açúcar invertido, dextrose, frutose, xarope de milho em 3 graus de conversão, além de sorbitol em amido de milho. Com todos os açúcares, houve um ligeiro aumento da viscosidade em concentrações de até 20% decrescendo em concentrações maiores. Em altas concentrações, os dissacarídeos foram mais efetivos na inibição que os monossacarídeos. Concentrações maiores que 20% de açúcar e xaropes diminuíam a força do gel nas suspensões do amido. Segundo CAMPBELL et al (16) dois pontos são importantes na formação de um gel: suficiente quantidade de grânulos inchados intactos, para formar blocos e bastante amilose em solução para promover, juntamente com alguma amilopectina, a ligação entre grânulo de amido. A amilose em solução é aumentada pelo aumento da concentração de ácido cítrico e diminui com o aumento de sacarose. Assim sendo, o efeito da

sacarose na formação de um gel de boa consistência irá depender do teor de ácido cítrico. D'APPOLONIA (22) observando o efeito de sacarose sobre o amido de trigo, constatou que até 30% houve o aumento da viscosidade máxima. A partir daí começou a diminuir até não formar pico, com 40% de sacarose. A temperatura inicial de gelatinização, a partir de 16% começou a aumentar. A viscosidade medida após 15 minutos a 95°C, aumentou até a concentração de 35%, caindo após a valores inferiores ao do amido sem sacarose. A temperatura de gelatinização (perda de birrefringência) também aumentou. HESTER et al (37) observaram o efeito de concentrações de sacarose sobre amido de milho, milho ceroso, milho ceroso modificado por oxiclreto de fósforo, farinha de trigo duro e mole e amidos extraídos destas farinhas. Na presença de sacarose, ocorreram mudanças como, viscosidade máxima menor ou não sendo atingida até 95°C, menor desintegração dos grânulos, menor inchamento, menor quantidade de solúveis presentes, decréscimo na rigidez do gel e em altas concentrações não houve formação de geis. Nas pastas de farinha de trigo aquecidas em presença de sacarose, houve um aumento na viscosidade máxima e viscosidade final e os geis foram firmes, indicando que o efeito sobre o amido não estava sendo feito apenas pela sacarose mas também por outros componentes da farinha. SAVAGE et al (93) observaram o efeito de maltose, sacarose, lactose, glucose, frutose, galactose, sorbitol e manitol no inchamento do grânulo de amido de milho. O aumento de concentração de açúcares provocou o aumento no tempo de início do desenvolvimento da viscosidade. A viscosidade máxima foi diminuída em concentrações mais elevadas. Níveis de 5 a 20% mostraram pouca diferença no poder de inchamento. Este é diminuído em concentrações mais altas. Os dissacarídeos mostram maior restrição ao inchamento do que os monossacarídeos. OSMAN (74) considera que a sacarose impede o inchamento dos grânulos em água quente, devido à sua capacidade de absorção de água. Observações microscópicas mos-

tram que o aumento da concentração de açúcar aumenta a inibição e em altas concentrações, aumenta a temperatura na qual o grânulo perde a birrefringência. Em pasta de amido de milho a 5%, a viscosidade até cerca de 20% de sacarose na suspensão diminuindo-se em concentrações maiores. Em altas concentrações (50%) a viscosidade máxima foi reduzida e mais acentuadamente em relação a taxa em que ela foi obtida. O efeito de outros açúcares (frutose, glucose, maltose, lactose) em amido de milho foram semelhante, mas com valores diferentes. A presença de sacarose em geis de amido de batata, diminui a força do gel, proporcionalmente à concentração da sacarose. RADLEY (84) considera que a sacarose inibe o inchamento do grânulo, devido à pressão osmótica.

E. MODIFICAÇÕES DO AMIDO

O amido pode sofrer modificações para melhor atender as aplicações nas indústrias têxteis, de papel, siderúrgica, alimentícias, etc. As modificações trazem mudanças químicas, físicas e tecnológicas. Dentre as modificações que um amido pode sofrer, cita-se como de grande importância, amidos modificados por ácidos, amidos fosfatados, amidos interligados e amidos oxidados, principalmente por hipocloritos.

1. Modificação por ácidos:

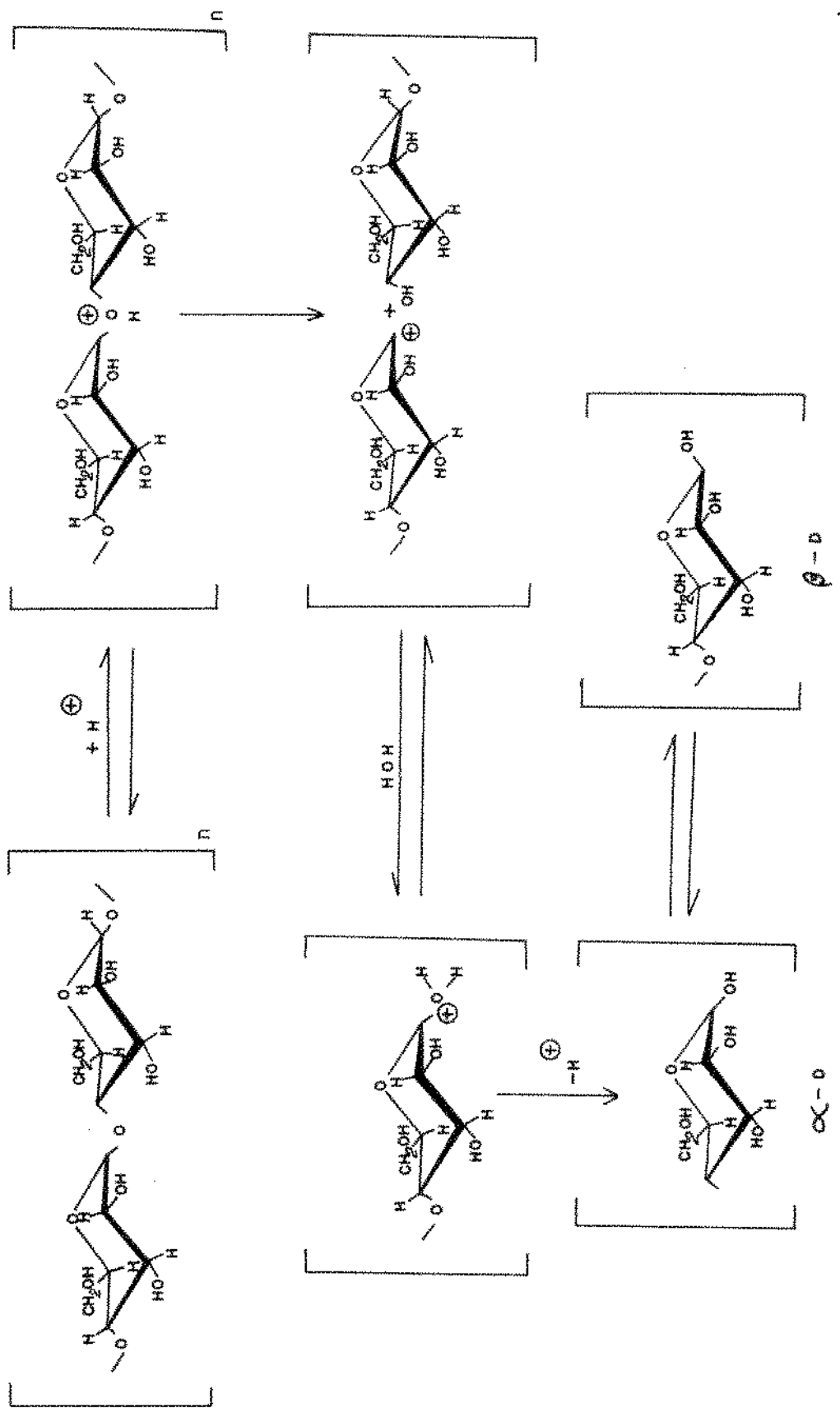
Segundo SHILDNECK (104), amidos tratados por ácidos são aqueles submetidos à ação de ácidos, geralmente ácido clorídrico ou sulfúrico, em baixas concentrações, a uma temperatura abaixo da gelatinização. Difere do amido granular pela menor viscosidade da pasta a frio e a quente e outras propriedades, entretanto tem a mesma forma física, insolubilidade em

água fria e birrefringência similar. Provalvemente, há o rompimento de regiões amorfas e enfraquecimento da estrutura do grânulo, o que permite o seu rompimento com pequeno inchamento além da hidrólise das ligações glicosídicas. LANSKY (50) tratou uma suspensão de amido a 40%, em uma temperatura de 50°C. As concentrações de HCl usadas foram de 0,075N e 0,30N e os tempos variados. Basicamente estas condições são as mais usadas. Observou-se o controle de temperatura e pH conduzem à obtenção de um amido modificado desejado. Várias características são obtidas (85). Aumentando-se o tratamento ácido, diminui-se a viscosidade da pasta e menor será a rigidez e força de quebra. Ocorre queda na viscosidade da pasta a quente mais rápido que a retrogradação e as taxas de viscosidade da pasta quente em relação à rigidez e força de quebra são maiores no amido modificado que no não tratado e são progressiva e marcadamente aumentadas com o grau de tratamento. Assim sendo, aumentando-se o tempo de tratamento e diminuindo-se a concentração do ácido, ou vice-versa, aumenta-se o poder de gelificação. O amido modificado, portanto, fragmenta-se mais e incha menos. As características do amido modificado por ácidos são avaliadas através da viscosidade, onde o viscosímetro Brabender é o principal equipamento de medição, além da fluidez, (103) e mais recentemente, HUNT et al (42) apresentaram um sistema de medida que utiliza métodos de sedimentação para caracterizar o amido, assim como amilose e amilopectina. O uso de amido modificado por ácido na indústria textil é a principal aplicação deste tipo de amido (104). É utilizado durante a tecitura dos tecidos, por engomagem (sizing) das linhas para que se aumente a eficiência da tecelagem, aumentando-se a resistência à tensão e abrasão, além de permitir um bom acabamento dos tecidos e também em acabamentos em estamparias. A maior parte é usada para algodão ou misturas de algodão sintéticos. O restante para rayon, misturas com acetatos e lã. Outras aplicações incluem a fabricação de papel onde aumenta a

resistência ao atrito e a capacidade de impressão. Em lavanderias comerciais e uso doméstico, este tipo de amido melhora a aparência e facilita o manuseio das roupas. Na indústria de alimentos, este tipo de amido é muito usado em balas e doces de goma (gum candy) (74, 104). Esquematicamente a modificação está apresentada no esquema 1, segundo WHISTLER (115).

2. Modificação por intercruzamento:

O interligamento é um mecanismo pelo qual uma ampla variedade de compostos polifuncionais modificaram o amido (41). Na indústria o uso irá depender de viscosidade, força do gel, claridade da pasta e estabilidade reológica. Os amidos de cereais cerosos e de algumas raízes, como a mandioca, apesar de possuírem uma boa claridade de pasta, alta capacidade de absorção de água e baixa retrogradação, também apresentam uma alta viscosidade e baixa resistência a fricção, tornando-se indesejáveis a alguns tipos de alimentos (41, 74). O interligamento restringe este inchamento intenso e mantém a resistência à ação mecânica. Este inchamento é dependente da taxa molar da água e amido, sendo entretanto difícil determinar o grau de interligamento, a não ser pelas mudanças na viscosidade (85). Um pequeno número de interligamento no amido granular é suficiente para torná-lo mais resistente à ação mecânica. Um interligamento por várias centenas de unidades de glucose elimina a falta de coesividade e estabiliza a viscosidade da pasta quente. Com alto interligamento (41, 74) o amido não incha e pode ser autoclavado em altas temperaturas e pressões. Existem vários compostos que podem promover interligamento, tais como: epicloridrina, trimetafosfatos, dialdeídos, vinil-sulfona, diepóxido hexametileno diisocianato, ácido cítrico (ou adípico) com anidrido acético e principalmente oxicloreto de fósforo (74, 113). WETZSTEIN et al (113) usaram oxicloreto de

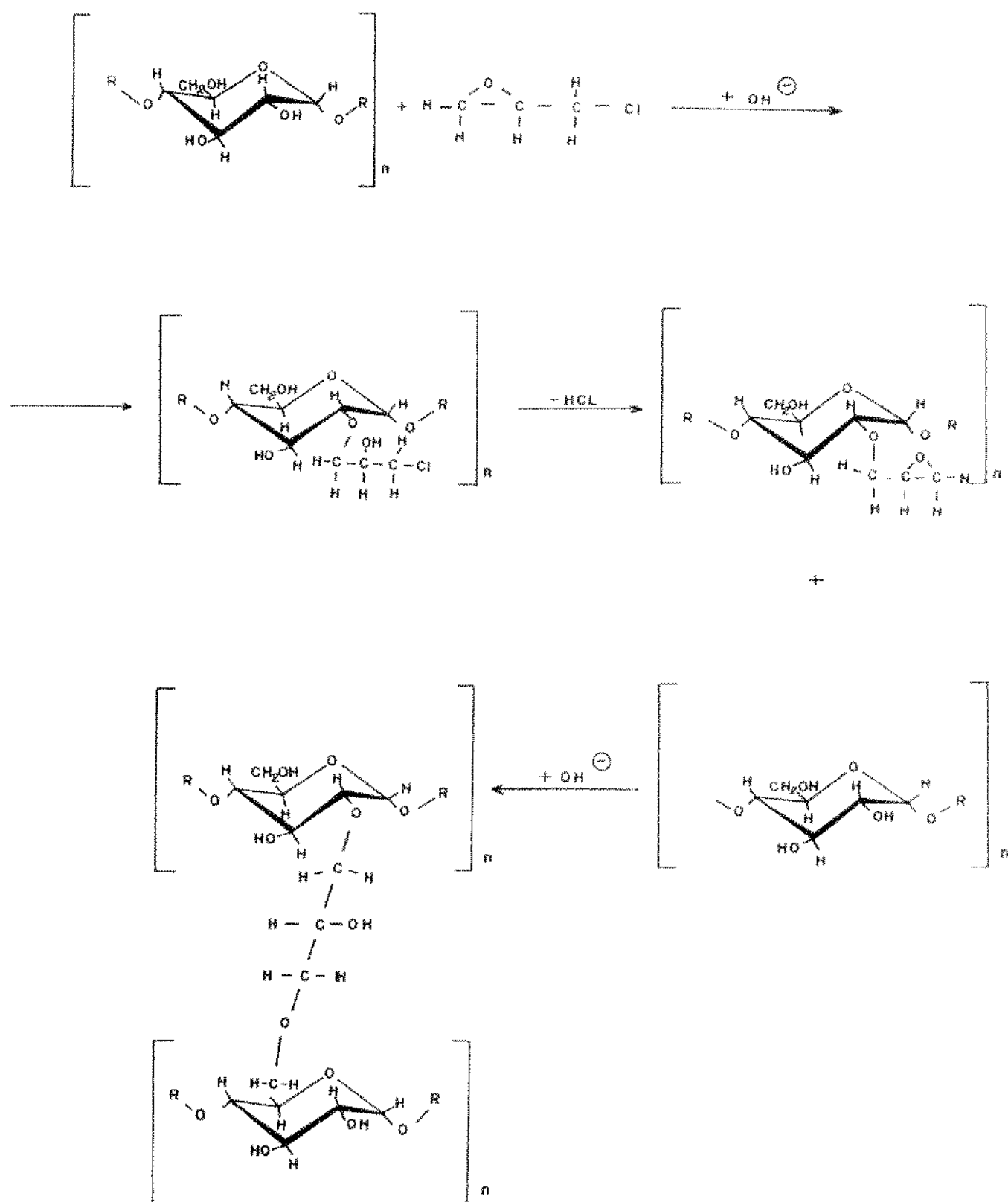


Esquema 1 - Mecanismo de modificação ácida.

fósforo em presença de um catalizador (cloreto de sódio). O amido interligado possui grande aplicação em alimentos. Baixos níveis de interligamento são adequados para cozimento à pressão atmosférica. Em cozimento contínuo, necessita-se de maior interligamento. Seus principais usos estão em recheios de tortas de frutas ou em enlatados frescos ou congelados. Neste caso, o seu efeito não é muito superior ao amido normal, mas a introdução de grupos como acetil ou proprionil previnem a retrogradação e dá estabilidade ao processo de congelamento descongelamento. São também usados em sopas ou molhos, onde ocorre esterilização (74, 8), em alimentos infantis e molhos para espagueti. Em molhos para salada, usa-se maior interligamento, pois o pH é muito baixo e provoca quebra durante o processamento em amido não tratado. Além de alimentos, o amido interligado é usado em tinturas de tecido, onde contribui com alta viscosidade. Também em pinturas de cerâmica, meio para baterias secas como eletrólitos, veículos para inseticidas e herbicidas, e com oxiclreto de fósforo, pode-se obter uma resina troca-câtion (41). Esquemáticamente, tem-se a reação, no esquema 2, segundo WHISTLER (115).

3. Modificação por fosfatos

O amido em presença de fosfatos, sofre uma esterificação. A esterificação pode ocorrer em qualquer oxidrila. GRAMER (33) estudando a distribuição e estrutura do amido-fosfato, oxidou um amido fosfatado, contendo 16 fosfatos por 1000 unidades de glucose, com periodato para o derivativo dialdeído e foi subsequentemente hidrogenado com borohidreto de sódio e hidrolisado. Dois componentes foram identificados como D-eritrol-4- PO_4 e 2-O-(alfa-D-glucopiranosil) d-Eritrol. Outro componente, isolado como traço é sugerido ser glucose - 3- PO_4 . Do total dos componentes fosforilados isolados, a % de distribui



Esquema 2 - Mecanismo de modificação por intercruzamento.

ção do grupo PO_4 esterificado em C_2 , C_3 , C_6 foi calculado com 28%, 9% e 63%, respectivamente. O éster PO_4 quimicamente ligado está na forma dibásica. Existem vários métodos para provocar a esterificação do amido com fosfato. ROSENTHAL (89), usou clorometilfosfodícloreto. Dois anions cloreto, estão ligados ao fosfato e dão com álcool e amina, o éster e a amida correspondentes. O outro, ligado ao metileno é praticamente inativo e só reage em altas temperaturas.

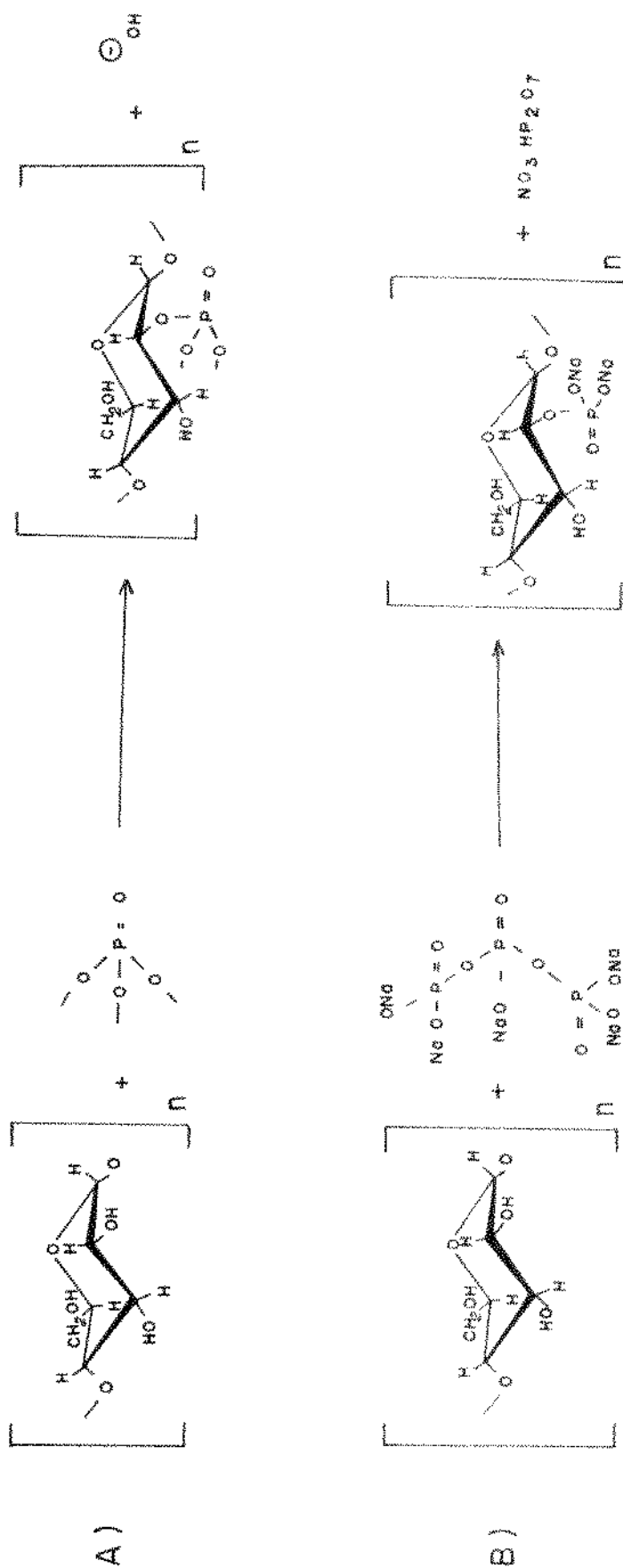
SCHIERBAUN (97) fez algumas observações sobre as características de amilose-fosfato-monoéster (AFM) e diamilosefosfato (ADF). De acordo com a intensidade e tempo de tratamento pelo calor, estas frações podem inchar em fluidos frios ou necessita de uma pequena elevação de temperatura para iniciar o inchamento. A solução aquosa é altamente viscosa e mais clara que o amido normal mas o seu caráter de polieletrólito produz termoinstabilidade. O composto ADF, no qual o polissacarídeo é inter cruzado com pontes de fosfato é mais estável. Nenhum deles produzem material estranho ao metabolismo. Seus usos são como incorporantes de alimentos e bebidas, estabilizantes de sopas e molhos e preparações congeladas. A ADF é especialmente usado para alimentos devido a sua alta estabilidade em altas temperaturas quando tais alimentos necessitam ser esterilizados. A incorporação de fosfato no amido também previne uma característica indesejável que o amido normal possui, que é a retrogradação, pois evita um contato maior entre as moléculas de amilose que se solubilizam durante o aquecimento e saem do interior do grânulo, impedindo a formação de microcristais. O fenômeno ocorre com a amilopectina mas em muito menor grau.

HAMILTON (35) descreveu importantes aspectos do amido modificado por fosfato. Existem dois tipos de fosfato de amido. O primeiro é o amido-monoéster-fosfato (AMEF), onde somente um H, (ou sódio, também muito usado) de ácido fosfórico é substituído. Soluções de sal de ortofosfato como mono e di-

fosfato de sódio podem ser misturadas com os grânulos de amido para tornar uma massa fluída e pulverizada sobre uma quantidade de amido seco ou mesmo no amido úmido recém extraído.

O amido fosfato monoéster é também formado pelo aquecimento de misturas secas do amido com tripolifosfato de sódio. Devido a natureza iônica do grupo fosfato, o produto tem uma maior viscosidade que o amido normal. Estas reações são apresentadas no esquema 3 (35).

O segundo é o amido-diéster-fosfato (ADEF) ou até triéster, onde 2 ou 3 hidrogênios de fosfato inorgânico são substituídos. Quando ocorre a formação de um di ou triéster, diz-se que existe um amido intercruzado ou interligado, formando uma rede. Esta interligação restringe o inchamento de grânulo ou impede o seu rompimento, quando uma solução de amido é aquecida. HAMILTON (35), RADLEY (83) e OSMAN (74) citam alguns uso dos amidos fosfatados, tanto na indústria alimentícia, quanto em outros ramos. Os grânulos de amido fosfatado podem ser solúveis ou insolúveis em água dependendo do grau de fosfatação do amido. Quando 8-10% de sal ortofosfato é usado obtém-se um produto solúvel em água fria. Alguns destes produtos são usados para substituir gomas vegetais, como locusta e goma arábica, em vários tipos de alimentos. Eles não requerem aquecimento, mas podem ser processados com calor, se desejado. Amido ortofosfato a 5% tem mais característica de engrossantes que o amido que lhe deu origem. A pasta amido modificado por fosfatos possui maior viscosidade, é mais clara além de ser mais resistente a retrogradação. Pastas de amido-fosfato-monoéster são compatíveis com gelatinas, gomas vegetais e coloides similares, produzindo filmes claros e flexíveis. Podem ser preparados com excelentes estabilidades no congelamento e descongelamento e não apresentam sineresis com longo tempo de estocagem. Devido a sua característica polar, o amido fosfato é viável na formulação de agentes emulsificantes. Nos alimentos além de seu efeito como carboidrato, ele

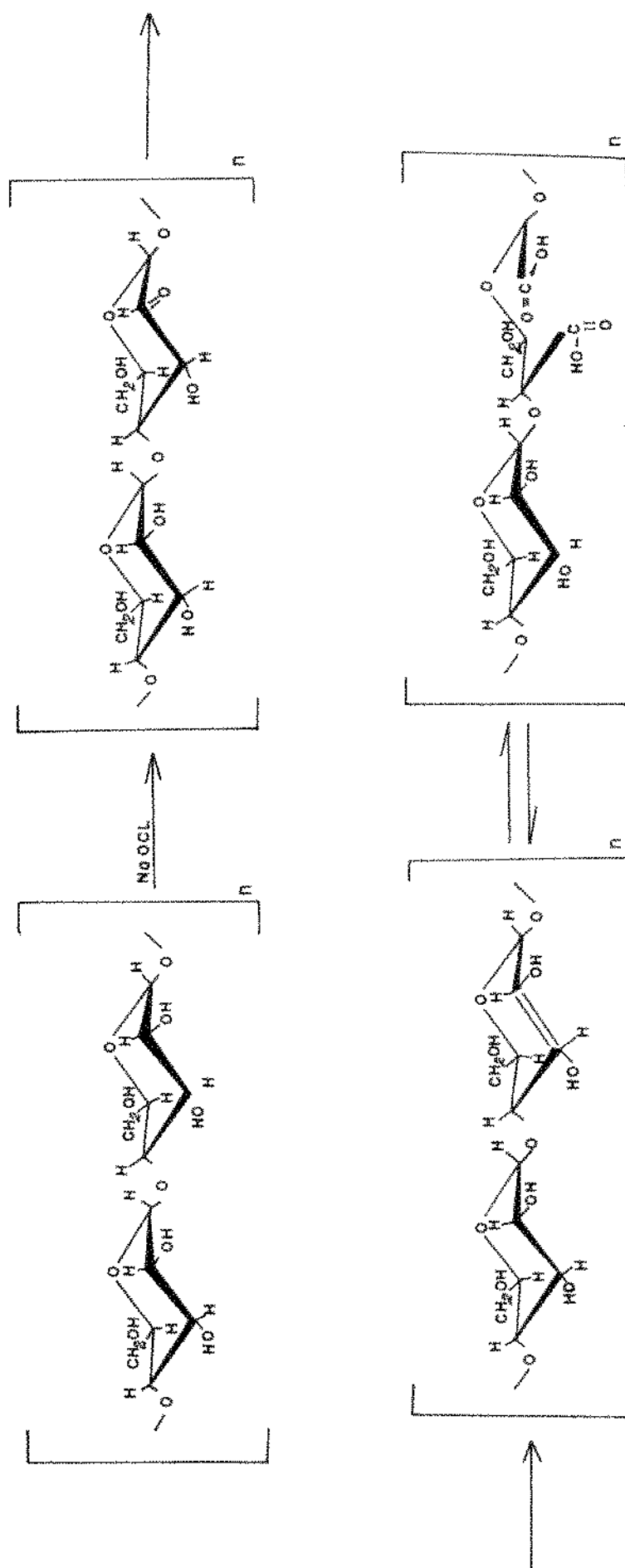


exerce funções mais importantes como a estética, aparência do produto, estabiliza os ingredientes, dá melhor textura e é um excelente fixador de aroma. É usado como encorpante em uma série de alimentos, como molho de carne, cremes, molhos, alimentos orientais, molho de salada, recheios de torta e alimentos infantis. Além disto, apresenta alta estabilidade em baixas temperaturas, sendo usados em produtos que devem ser conservados em geladeiras. Além do uso em alimentos, o uso de amidofosfato em outros setores é de muita importância. Em fundições, este tipo de amido modificado é muito usado em formação de moldes com areia onde os metais como ferro, aço, etc., são fundidos. Na indústria de papel, é aplicado onde se deseja alguma resistência à umidade como no caso de toalhas de papel. É aceito que o uso de amidofosfato como aditivo para resistência do papel molhado, apresenta outras vantagens, como: maior quantidade de amido na presença das fibras, aumento do teor de inchamento e uma maior eficiência na absorção de pigmentos, como o dióxido de titânico. Na indústria têxtil é usado para evitar a contração de fibras quando estas são molhadas (sizing). Em mineração facilita a extração de alumínio em bauxita. O amido coagula e retira óxidos de ferro e outras impurezas. É usado em formulações de detergentes.

4. Oxidação do amido por hipoclorito de sódio:

O hipoclorito de sódio (NaOCl) é o mais comum e mais importante dos oxidantes, usados na oxidação do amido. Há mais de um século é usado como agente branqueador e oxidante do amido (85, 96). Como oxidante, pode provocar a formação de grupos carboxílicos, carbonílicos e também causar despolimerização. É comum encontrar-se denominação "clorado" para o amido tratado por hipocloritos, mas é uma denominação errada, já que não se observa a presença de cloro na molécula do amido

modificado. A denominação vem do fato de que o hipoclorito usado é obtido pelo borbulhamento de cloro em uma solução de álcali. O amido tratado por hipoclorito se apresenta intacto, com algumas fissuras radiais, colore-se de azul com iodo, e a birrefringência e a refração com raio X não são afetadas (105, 96). Pequenas modificações causam efeitos, mas o ataque não é específico, podendo formar carboxilas, carbonilas e rompimento do anel glucosídico entre os carbonos $C_2 - C_3$ (105). O esquema 4, sumariza as prováveis reações, segundo SMITH (105). Alguns fatores são importantes no grau de oxidação e entre eles a concentração do NaOCl, o tempo de reação, pH e temperatura, que deve se situar entre 32°C e 52°C (96, 105). A taxa de oxidação pode ser aumentada por Co^{++} , Br^- e sulfato de níquel (86). O pH deve ser controlado durante a reação. O ataque do oxidante deve ocorrer nas regiões amorfas, uma vez que a birrefringência não é alterada assim como a refração com raio X. Uma outra razão é o fato de que a oxidação é melhor conduzida se o grânulo for rompido por cozimento (105). Muitas vezes o amido tratado por hipoclorito é referido como "thing boiling" (amido de baixa viscosidade a quente) sendo uma terminologia não apropriada, já que o termo se refere ao amido tratado por ácido, embora os efeitos sejam semelhantes. As pastas obtidas por este método são mais claras, mas a força do gel é bem reduzida. São usados onde se deseja um gel bem macio e claro (74, 115). A pasta apresenta menor tendência a retrogradação, pela presença dos grupos funcionais da molécula. Dependendo da concentração de hipocloritos pode-se obter amidos de alta viscosidade na pasta quente. Este aumento é provocado pela presença de grupos hidrofílicos, como os dicarboxílicos formados durante a oxidação, que permitiriam uma maior hidratação (85) e também pela mínima despolimerização. Isto é observado quando se tem uma concentração de cloro ativo menor que 1% (105). Normalmente, entretanto, a oxidação diminui a viscosidade à semelhança do tratamento ácido. O uso



Esquema 4 - Mecanismo de modificação por hipoclorito.

de amido oxidado por hipoclorito é amplo, tendo como principais a indústria de papel em colagem, cobertura, aumento da resistência pela maior interação com celulose através do grupo carboxílico, papel de parede e revestimento acústico. Em alimentos, quando se deseja um gel macio e claro e baixa retrogradação (74, 105). Os amidos de baixa viscosidade são usados em balas gelificadas, pastilhas, etc. Os de alta viscosidade são usados em sopas, molhos, recheio de tortas, mistura para panificação, pudins (105).

III. MATERIAIS E MÉTODOS

A. MATERIAIS

1. Matéria prima:

Usou-se uma variedade comercial de chuchu, periforme, cor verde-clara, sem espinhos, polpa branca, translúcida, que ao ser cortada apresentou uma exudação gomosa. Os frutos estavam em um estágio de maturação denominado "planta semente", antes do início de germinação. Seu peso foi em média de 460 g e seu comprimento de 15 cm.

2. Reagentes e ingredientes:

Alfa-amilase de origem bacteriana, com atividade de 4000 SKB. Amostra comercial fornecida pela indústria OKOCHI - SP.

Alfa-amilase de origem fúngica, com atividade de 4000 SKB. Amostra comercial fornecida pela indústria OKOCHI - SP.

Amiloglucosidade, originada de A. niger, com atividade de 50 U/mg procedente do laboratório SERVA, FEINBIOCHEMICA HEIDELBERG - Alemanha.

Fosfatos monobásico e bibásico de sódio.

Hipoclorito de sódio com 6% de cloro ativo.

Oxicloreto de fósforo.

Tripolifosfato de sódio.

Demais reagentes de laboratório de grau de pureza exigida para análise.

Cloreto de sódio comercial.

Glucose anidra, comercial.

Sacarose comercial.

Óleo de soja comercial.

ESTERLAC - Estearoil-lactil-lactato de cálcio, fornecido pela firma Lactibras Lactilatos do Brasil Comércio e Importação Ltda.

DIMODAN PM - Emulsificante formado por monoglicerídeos destilados, fornecido pela firma Grinsted do Brasil, Indústria e Comércio Ltda.

EMULDAN HSB 40 - Monoglicerídeo de óleo vegetal comestível, hidrogenado, contendo no mínimo 40% de monoéster tendo como principais ácidos graxos, o palmítico e esteárico. Fornecido pela Grinsted do Brasil, Indústria e Comércio Ltda.

ACIDAN N 12 - Éster de ácido cítrico neutralizado e monoglicerídeo de gordura comestível refinado, contendo 12% de ácido cítrico, possuindo como principais ácidos graxos, o palmítico e esteárico. Fornecido pela Grinsted do Brasil, Indústria e Comércio Ltda.

PANODAN 178 - Monoglicerídeo esterificado com ácido tartárico diacetilado, contendo ortofosfato de cálcio na proporção de 85% de éster de ácido tartárico diacetilado e 15% de ortofosfato de cálcio. Fornecido pela Grinsted do Brasil, Indústria e Comércio Ltda.

GATODAN 505 - São ésteres de ácidos graxos comestíveis, com glicerol e propilenoglicol. Fornecido pela Grinsted do Brasil, Indústria e Comércio Ltda.

PROMODAN SP - Éster de propileno glicol, contendo 90% de monoéster, tendo como principais ácidos graxos, o ácido palmítico (30-50%) e esteárico (50-70%). Fornecido pela firma Grinsted do Brasil, Indústria e Comércio Ltda.

3. Equipamentos:

Moinho a martelo, com peneira de orifícios de $\mu 2000$ m de diâmetro.

Extratora de rosca sem-fim, com peneiras de orifícios

de 1000 μm de diâmetro.

Tecido de nylon com malhas de 250 μm de abertura.

Tanques de decantação de aço inoxidável.

Centrífugas DAMON/IEC, modelo IEC HN-S.

Estufa FANEN com circulação forçada de ar.

Moinho Brabender Quadrumat Senior.

Viscoamiloógrafo Brabender com cartucho de sensibilidade de 700 cmg.

Viscosímetro de Ostwald.

Banho de água com agitação e controle de temperatura.

Determinador de umidade Brabender, semiautomático.

Picnômetro de 25 ml.

Microscópio Eletrônico de Varredura - Marca Cambridge Modelo Stereoscan S4-10

Microscópio Ótico Bausch-Lomb.

Além destes equipamentos, foram usados outros, comuns de laboratório de análise, como balanças, potenciómetro e vidrarias em geral.

B. MÉTODOS TECNOLÓGICOS

Foram considerados como métodos tecnológicos aqueles onde se provocou mudanças das características de pasta do amido devido a presença de ingredientes, enzimas, faixas de pH (Concentração Hidrogeniônica) e modificações químicas.

Nestas determinações foi usada a metodologia descrita por Mazurs (63).

A viscosidade da pasta foi determinada pelo Viscoamiloógrafo Brabender, com cartucho de sensibilidade de 700 cmg, os resultados expressos em unidades amilográficas (UA), e foram considerados como medidas importantes:

Temperatura inicial de gelatinização: É a temperatura em $^{\circ}\text{C}$ calculada em base do tempo de funcionamento do amilógrafo

(1,5°C/minuto), correspondente ao ponto onde se inicia a formação da curva no amilograma.

Temperatura da viscosidade máxima: É a temperatura em °C calculada com base no tempo de funcionamento do amilógrafo, correspondendo ao ponto mais alto da curva do amilograma.

Viscosidade máxima: É o valor da viscosidade ao ponto máximo da curva em unidade amilográficas (UA).

Viscosidade após 20 minutos à temperatura constante (95°C): É o valor de viscosidade em unidades amilográficas, após 20 minutos à temperatura constante de 95°C.

Viscosidade final a 50°C: É o valor da viscosidade em unidades amilográficas (UA) à temperatura de 50°C, no ciclo de resfriamento.

No preparo das suspensões, a fim de se operar o viscosímetro Brabender, procedeu-se da seguinte forma:

A 450 ml de água destilada, foram adicionados 29,5 g de amido de chuchu, que corresponde à concentrações de 6,5% de um amido com 14% de umidade.

Nesta suspensão base foram determinados os efeitos de alfa-amilase de origem fúngica e bacteriana, concentração hidrogeniônica, emulsificantes, óleo comestível, glucose e sacarose. Para se observar o efeito do cloreto de sódio, com maior clareza, usou-se uma suspensão a 7,5%, também com base de 14% de umidade. No capítulo de modificações químicas, uma vez que se procedeu a comparação com amido de milho, tornou-se mais interessante utilizar-se uma concentração de 9,0%, com base em 14% de umidade, para os dois amidos (de chuchu e milho). Para se verificar a influência dos agentes já citados, estes foram adicionados à suspensão base, com concentração calculada sobre o teor amido, conforme relatado a seguir:

1. Efeito de enzimas:

Alfa-amilase de duas origens foram usadas. A de origem bacteriana, com atividade inicial de 4000 SKB foi adicionada

nas concentrações de 0,001%; 0,005%; 0,01% e 0,5% o que correspondem, respectivamente a 1,17 SKB, 5,85 SKB, 11,70 SKB e 585 SKB. A de origem fúngica foi usada nas concentrações de 0,005%; 0,01%; 0,5%; 1,0% e 1,5%, correspondendo respectivamente a 5,85 SKB, 11,70 SKB, 585 SKB, 1170 SKB e 1755 SKB.

2. Efeito da concentração hidrogeniônica:

As características de viscosidade do amido de chuchu foram observadas na faixa de pH compreendida entre 3,0 e 8,0. Dois métodos foram usados. O primeiro deles consistiu em tamponar água destilada com tampão de ácido cítrico 0,1 N e fosfato bibásico de sódio 0,1 N, obtendo-se os pHs 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0 e 8,0 e esta água tamponada foi usada na suspensão a 6,5% do amido de chuchu. No segundo método, o pH foi ajustado com HCl 1,0 N ou NaOH 1,0 N, obtendo-se os mesmos pHs.

3. Efeito de emulsificantes.

Os seguintes emulsificantes foram usados, nas concentrações de 0,5%; 1,0% e 1,5% sobre o teor amido: ESTERLAC, DIMODAN PM, EMULDAN HSB-40, ACIDAN N 12, PANODAN 178, GATODAN 505 e PROMODAN SP.

4. Efeito de óleo comestível:

Usou-se um óleo de soja comercial, nas concentrações de 4,0%; 8,0% e 12,0%, em relação ao amido presente.

5. Efeito de glucose.

Usou-se glucose anidra nas concentrações de 0,25%; 1,0%, 2,0%; 4,0%; 8,0%; 12,0%; 20% e 30,0%. Estas percentagens correspondem respectivamente as concentrações de 0,0009 N; 0,0036 N; 0,0072 N; 0,0144 N; 0,0288 N; 0,0432 N; 0,0720 N; 0,1080 N.

6. Efeito de sacarose:

Usou-se sacarose comercial nas concentrações de 2,0%, 10,0%; 20%; 30%; 40,0% e 50,0%. Estas percentagens correspondem, respectivamente, as concentrações de 0,038N, 0,019N; 0,038N; 0,0565N; 0,076N e 0,095N.

7. Efeito de cloreto de sódio:

Cloreto de sódio foi usado nas percentagens de 0,016%; 0,25%; 1,0%; 2,0% e 6,0%, o que corresponde respectivamente a 0,0002N; 0,0032N; 0,01128N; 0,0256 e 0,0769N.

8. Efeito da modificação ácida (HCl).

Seguiu-se o método usado por LANSKY et al (50) com modificações. Amido de chuchu e de milho, (usado para comparação), foram tratados com diferentes concentrações de HCl (0,075N e 0,3N) por diferentes tempos. Amido de chuchu foi tratado com HCl 0,3N, nos tempos de 2, 5 8 e 11 horas enquanto amido de milho exposto à mesma concentração de ácido foi tratado durante os tempos de 1, 2, 5 e 8 horas. Amido de chuchu foi tratado com HCl 0,075N, nos tempos de 2, 8 e 14 horas, enquanto o amido de milho foi tratado pelos tempos 1, 2, 8 e 11 horas. 120 g de amido (bs) foram tratadas com 155 ml de HCl, na concentração determinada e agitada pelo tempo proposto, a uma temperatura de 50°C. Após este tempo, o pH foi neutralizado com Na_2CO_3 0,5N até pH 7,0. Filtrou-se a vácuo, ressuspendeu-se a massa por duas vezes em 200 ml de água destilada, filtrando-se após cada ressuspensão. Secou-se o material em estufa a 45°C, com ventilação forçada, por 15 horas. Determinou-se as características de viscosidade no viscoamilógrafo Brabender.

9. Efeito da modificação por intercruzamento:

O tratamento de amido de milho e chuchu, com POCl_3 na produção de amido intercruzado ("cross linked") foi feita se-

gundo o método de WETZSTEIN (113). A 100 g de amido foram adicionados 150 ml de água destilada e o pH foi ajustado para 11,0 com NaOH 2%. Adicionou-se 0,1% de cloreto de sódio em relação ao peso original do amido (uma outra amostra teve a adição de 0,25% de cloreto de sódio). Concentrações desejadas de POCl_3 (0,15%; 0,30% e 0,45% em relação ao peso do amido) foram adicionadas lentamente, enquanto que o pH era mantido em 11,0, sempre com a adição de NaOH 2%. A suspensão foi mantida em agitação por 30 minutos, findo os quais, o pH foi neutralizado para 7,0 com HCl 2% e a suspensão foi filtrada e lavada com 200 ml de água destilada por duas vezes. Foi colocada em estufa com ventilação forçada, por 15 horas. A seguir foram determinadas as características de viscosidade do amido modificado.

10. Efeito das modificações por fosfatos:

Seguiu-se a metodologia de PASCHALL (81), para se obter 2 níveis de fosfatação:

a. Baixo grau de fosfatação:

A 100 g de amido de chuchu e de milho (usado para comparação), foram adicionadas 12,6 g de tripolifosfato de sódio ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) e 167 ml de água destilada. Após completa homogenização dos componentes filtrou-se o material com sucção e secou-se por 15 horas em estufa de ar. Após a secagem, pulverizou-se o material em um moinho Brabender Quadrumat Senior. A amostra foi tratada em estufa por 90 minutos em uma temperatura de 65°C e posteriormente foi colocada a 155°C por 25 minutos. Após este tratamento, foi resfriada e lavada por 3 vezes com água, seguindo-se de filtração, com 200 ml de água por vez. Secou-se durante a noite em estufa com ventilação a 45°C e determinou-se as características de viscosidade do amido assim modificado.

b. Alto grau de fosfatação:

A 100 g de amido de chuchu e de milho (usado como comparação) foram adicionadas 57,7 g de NaH_2PO_4 e 83,7 g de Na_2HPO_4 e 106 ml de água destilada a 35°C e pH 6,1. A suspensão foi agitada por 10 minutos, findo os quais, foi filtrada à vácuo e seca por 15 horas. Após a secagem foi pulverizada, e exposta à temperatura de 65°C durante 90 minutos. Seguiu-se um tratamento de 155°C por 3 horas. Após este tempo foi resfriada a temperatura ambiente. Ressuspendeu-se a amostra em 750 ml de metanol a 50% e agitou-se por 30 minutos. Filtrou-se e lavou-se por 3 vezes com 250 ml de metanol a 50% sem ressuspender a amostra. Novamente a amostra foi ressuspensa em 750 ml de metanol a 50%, filtrada e lavada por 3 vezes com 250 ml de metanol a 50%. Após a última lavagem, a amostra foi desidratada com etanol anidro (500 ml) e completou-se a secagem em estufa a 45°C com ventilação forçada. No amido modificado, foram determinadas as características de viscosidade.

11. Efeito da modificação com hipoclorito de sódio:

Na oxidação do amido de chuchu e de milho (usado como comparação) utilizou-se o método citado por HULLENGER (40) com modificações. Uma suspensão contendo 37% de amido em base seca foi tratada por hipoclorito de sódio (NaOCl) nas concentrações de 3,5%; 7,0% e 10,0%, a uma temperatura de 38°C , durante 4 horas, com constante agitação. Durante todo o tempo, o pH da suspensão foi mantido entre 9,0 e 9,5 por adição de NaOH 2%. Após o tempo de reação o pH foi ajustado para 7,0 com HCl 2%. A suspensão foi ressuspensa por duas vezes em água destilada e filtrada. Após a última filtração, foi colocada em uma estufa de ventilação forçada, a 45°C e após sua secagem, foi analisada as suas características de viscosidade.

C. MÉTODOS ANALÍTICOS:

Considerou-se métodos analíticos aqueles que determinaram as características próprias da matéria prima (chuchu) e do amido:

1. Dimensões da matéria-prima:

Quinhentos frutos foram usados na determinação das dimensões.

O comprimento do chuchu foi determinado fazendo-se um corte longitudinal nos frutos e medindo-se de uma base a outra. Uma vez que o fruto apresenta com um formato periforme dois diâmetros foram considerados e medidos a 1/4 de distância de cada extremidade.

2. Composição química:

a. Umidade:

Usou-se o método 45-18 (4) da AACC, de dois estágios de secagem, para a matéria-prima, rica em unidade. Para o amido, usou-se o método da AACC de número 44-15 (4).

b. Proteína:

Usou-se o método de Kjeldahl (AACC número 46-10) (4). O teor proteico foi calculado, usando-se arbitrariamente o fator 6,25.

c. Matéria graxa:

O teor de matéria graxa foi determinado após extração com éter de petróleo, segundo AACC número 30-20 (4).

d. Cinzas:

O teor de cinzas foi determinado por calcinação em mufla por 4 horas a 600°C , segundo o método da AACC de número 08-03 (4).

e. Fibras:

Utilizou-se o método de VAN DE KAMER (43). A amostra foi tratada com ácido acético, ácido tricloacético e ácido nítrico, refluxada por 30 minutos, filtrada, lavada com água quente, seca em estufa por 3-4 horas a 105°C e pesada.

f. Amido:

Usou-se o método enzimático proposto por CHIANG et al (18). Uma amostra de chuchu foi triturada e liofilizada. Em 20 mg (bs) da amostra foi determinado o teor de amido.

3. Extração do amido:

Os chuchus, depois de lavados, foram triturados em um moinho de martelo com peneiras com aberturas de 2000 μm de diâmetro. A polpa obtida foi passada em uma extratora de rosca sem fim, com peneira de abertura de 1000 μm de diâmetro e posteriormente passada em um tecido de nylon, com malhas de aproximadamente 250 μm . Decantou-se o material por 6 horas, eliminando-se o sobrenadante após este tempo. O material depositado nos tanques de decantação foi seguidamente ressuspense em água e centrifugado. Esta operação foi feita até que se obteve o amido puro, que foi seco a 40°C em estufa com ventilação forçada durante a noite. Após completamente seco, o amido foi triturado em um moinho Brabender Quadrumat Senior na uni-

dade de quebra, sem passar na seção de peneiras.

4. Amido danificado:

Foi usada a metodologia descrita por SANDSTEDT et al (95). Suspensões tamponadas de alfa-amilase foram adicionadas a dois tubos contendo 1 g de amido (bs) cada um e incubados respectivamente por 1 e 2 horas e o teor de maltose determinado nestes tempos. A extrapolação para o tempo zero forneceu o teor de amido danificado.

5. Densidade absoluta:

Usou-se o método descrito por SCHOCH (99), com deslocamento de líquido, com picnômetro de 25 ml e xileno como líquido.

6. Viscosidade intrínseca:

Foi usado o método de LEACH (52), com modificações. Preparou-se inicialmente, suspensões a 1% de amido, amilose e amilopectina. Determinou-se a viscosidade intrínseca usando-se um viscosímetro de Ostwald e concentrações variando de 0,4 a 0,7%, na relação soluto (amido e frações) e solvente (NaOH 1N).

7. Susceptibilidade enzimática:

Foi usado o mesmo método para amido danificado, descrito por SANDSTEDT (95), fazendo-se determinações de 24 em 24 horas e determinado o teor de maltose produzido. O teste foi

dado como terminado quando se atingiu o "plateau" da curva, que relacionou teor de maltose em função do tempo.

8. Capacidade de absorção de água e solubilização:

Usou-se a metodologia descrita por ANDERSON et al (6). Usou-se 2,5 g de amido (bs) em 50 ml de água destilada. Os solúveis foram determinados no sobrenadante após centrifugação.

9. Poder de inchamento e índice de solubilização:

Usou-se a metodologia preconizada por LEACH et al (54). A faixa de temperatura variou de 50 a 95°C, com intervalos de 5°C. Os solúveis foram determinados em uma alíquota de 10 ml e os valores corrigidos, posteriormente para o peso da amostra.

10. Temperatura de gelatinização:

A determinação da temperatura de gelatinização determinada pela perda de birrefringência foi feita segundo a metodologia descrita por SCHOCH (101). Usou-se uma suspensão a 0,2%. A placa foi aquecida na taxa de 2°C/minuto, e as observações foram feitas quando cerca de 5%, 50% e 95% dos grânulos perderam sua birrefringência.

11. Determinação de amilose:

Dois métodos foram usados para determinação de amilose. No primeiro deles seguiu-se a metodologia de SCHOCH (100), de titulação potenciométrica.

O segundo método usado foi o descrito por WILLIAMS (116) com modificações: Foram pesadas 50 mg de amostra de amido (bs), colocadas em um copo e umidecidas com 1 ml de etanol. Adicionou-se 10 ml de NaOH 0,5N e aqueceu-se a suspensão até ebulição marcando-se o tempo de 3 minutos, findo os quais resfriou-se e adicionou-se 10 ml de HCL 0,5N e o volume foi completado para 100 ml. A uma aliquota de 1 ml foram adicionadas 20 ml de bitartarato de potássio 0,4%; 28,5 ml de água destilada e 0,5 ml de solução de iodo - iodeto (0,2 g: 2 g/100 ml) . Leu-se a absorbância a 680 nm. Comparou-se o valor obtido com uma curva padrão de amilose (300 µg/ml).

12. Fracionamento do amido:

Foi usado o método de MONTGOMERY et al (69) com modificações: O amido foi pré-tratado com glicerol 85% e aquecido a 89°C por 1,5 horas. Na separação das frações, usou-se tampão de fosfato (pH 6,0-6,3), com ebulição por 11 minutos. A amilopectina foi precipitada com metanol e desidratada com acetona. A amilose foi complexada com butanol, filtrada e desidratada com acetona.

13. Oxidação da amilopectina com metaperiodato de sódio:

Usou-se a metodologia descrita por POTTER et al (82). A temperatura de reação foi de 16°C. A determinação do HCOOH formado foi efetuada através de titulação até pH 6,25. A cinética da reação foi observada, usando-se intervalos de 24 horas, até se obter o "plateau" da curva, e para determinação dos resíduos, usou-se o tempo de 168 horas de incubação.

14. Propriedades de pasta do amido:

Determinou-se as características de viscosidade do amido de chuchu através do viscoamilógrafo Brabender. Foram observados estas características nas concentrações de 5,0%; 6,0%; 6,5%; 7,0% e 8,0%. Comparou-se o amido de chuchu, com os de milho, sorgo, mandioca e trigo, em uma mesma concentração.

15. Transmitância ótica do gel:

Seguiu-se a metodologia empregada por WILSON (117) com modificações:

a. Determinação na suspensão de amido de chuchu:

Uma suspensão de 0,1% de amido em um volume total de 500 ml foi colocada no viscoamilógrafo, movimentado a 75 rpm e temperatura inicial de 25°C, com aquecimento controlado de 1,5°C/minuto. A partir de 40°C, e de 5 em 5°C foram retiradas amostras de 10 ml e medida a transmitância ótica do gel, imediatamente. Ao mesmo tempo uma outra amostra, igualmente de 10 ml foi retirada e resfriada até temperatura ambiente (24-25°C), por 30 minutos e também medida a transmitância ótica, no mesmo comprimento de ondas, que foi de 625 nm. Plotou-se transmitância ótica contra temperatura. Operação idêntica foi efetuada com 0,2% de amido. Os resultados foram comparados também com os amidos de milho e mandioca.

b. Efeito da temperatura de armazenamento na claridade da suspensão gelatinizada:

Uma suspensão a 0,2% de amido de chuchu foi aquecida no viscoamilógrafo Brabender até a temperatura de 95°C. O gel obtido foi dividido em tubos e mantido por 24 horas nas temperaturas de 4°C, 10°C, 14°C, 16°C e 25°C. Após este tempo foi me

dido a transmitância ótica e correlacionada com a temperatura de armazenamento.

16. Efeito do tempo de congelamento no gel de amido:

Usou-se a metodologia citada por ALBRECHT (3) com modificações: 450 ml de uma suspensão contendo 6,5% de amido de chuchu (base de 14% de umidade), foi colocada no viscoamilógrafo Brabender. A suspensão foi aquecida na taxa de $1,5^{\circ}\text{C}/\text{minuto}$ até 95°C , com agitação de 75 rpm. O gel foi recolhido e colocado em oito tubos que foram colocados em um congelador a -2°C . De 24 em 24 horas um tubo era retirado, descongelado em água em ebulição por 20 minutos, centrifugado a 5000 rpm por 15 minutos e determinada a quantidade de água eliminada, que foi relacionada com o tempo.

17. Efeito de ciclos de congelamento-descongelamento no gel de amido:

Nesta análise procedeu-se da mesma forma que anteriormente, armazenando-se os tubos a -2°C . De 24 em 24 horas todos os tubos eram retirados, descongelados e de um deles determinava-se a água eliminada, voltando-se os demais para o congelador. O teste terminou, quando, praticamente, o gel nos tubos restantes, já não possuía consistência. Relacionou-se a água eliminada com número de ciclos de 24 horas.

18. Exame microscópico:

a. Microscopia ótica:

Foi usada a tecnologia de MAC MASTERS (62). Uma gota

de uma mistura de glicerol-água (1:1) foi colocada em uma lâmina de microscópio. Com auxílio de um estilete adicionou-se amido de chuchu à gota, cobrindo-se a suspensão com uma lamínula. A montagem foi observada em um microscópio ótico, fotografada em duas ampliações e os grânulos medidos através de micrômetro.

b. Microscopia eletrônica de varredura:

Foi usada a tecnologia descrita por HOSENEY et al (39). Uma fita adesiva de duas faces foi colocada em um dispositivo próprio e o amido seco foi pulverizado na outra face. A amostra foi coberta, a vácuo, com uma camada de carbono de aproximadamente 60 Å⁰ e finalmente com uma camada de ouro de 100 Å⁰ e posteriormente fotografada.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O amido apresenta características próprias, comportamentos específicos em presença de outras substâncias e pode sofrer modificações em sua estrutura, que permitem que o mesmo possa ser utilizado no campo alimentício e em outras indústrias. As suas frações são as responsáveis por tudo isto, graças a interação e proporção entre elas, seus pesos moleculares e o grau de ramificação de amilopectina. A seguir serão analisados alguns aspectos sobre o amido de chuchu, seu comportamento e modificações.

A. ISOLAMENTO E CARACTERIZAÇÃO

O isolamento ou extração do amido depende da estrutura e composição da fonte fornecedora. De acordo com o método de isolamento, algumas características podem ser alteradas.

1. Caracterização da matéria-prima:

As características da matéria-prima determinam a melhor maneira de se isolar o amido, com um máximo de rendimento, sem afetar as propriedades do mesmo, logo, torna-se necessário caracterizá-la.

O peso foi de 463 ± 47 g, determinado em 500 frutos, retirando-se 10 frutos por caixa. O coeficiente de variação (cv) foi de 10,25%. O comprimento foi de $14,7 \pm 0,9$ cm com cv de 6,2%, determinado no mesmo número de frutos.

Como o fruto é periforme foram medidos dois diâmetros a 1/4 de distância de cada extremidade. O diâmetro menor foi de $7,6 \pm 0,7$ cm e cv de 8,7%, enquanto que o maior foi de

$10,5 \pm 0,9$ cm com um cv de 8,6%. O diâmetro médio foi de $9,1 \pm 0,8$ cm e cv de 8,7%.

A composição química do chuchu está apresentada na ta bela I. Os resultados obtidos se aproximam dos valores encontrados em literatura (15). Os carboidratos representam cerca de 80,8% da matéria seca, enquanto que o amido representa 46% dos carboidratos.

2. Isolamento do amido:

O chuchu, pelo seu alto teor de umidade (mais de 90%) apresenta facilidade de extração do amido, dispensando-se a maceração ou adição de água na trituração. Adiciona-se água tão somente na polpa para que seja aumentada a taxa de extração.

a. Rendimento:

O rendimento da extração do amido foi de 1,3% em relação à matéria-prima e 46,4% em relação ao amido presente. O método utilizado na extração foi basicamente artesanal, sendo que a purificação foi feita em centrífuga descontínua de baixa capacidade (1 l por vez) e de baixa rotação. Estes fatores concorrem para o baixo rendimento. A otimização do processo e emprego de equipamentos adequados poderão aumentar o teor de amido extraído.

b. Amido danificado:

Uma vez que o processo de extração envolve trituração e como após a secagem deve haver uma pulverização, ocorre rom

TABELA I

Composição Química do Chuchu

Componentes	%
Umidade	92,60
Proteína	0,75
Lipídeos	0,20
Cinzas	0,47
Carboidratos:	5,98
Amido	2,80
Fibras	0,67
Outros (1)	2,51

(1) Por diferença

pimento de grânulos, diminuindo o rendimento, além de mudar algumas características do amido. O teor de amido danificado encontrado no amido de chuchu foi da ordem de 0,75%.

c. Análise Química:

A análise química fornece o grau de "pureza" do amido além de indicar os componentes que estão mais ligados a este amido.

A tabela II mostra a análise química do chuchu. Pode-se observar que enquanto alguns componentes estão dentro dos limites normais, os lipídeos se encontram em maior quantidade, indicando uma maior interação com o amido.

3. Caracterização do amido:

As características do amido permitem identificar suas origens, orientar a sua melhor aplicabilidade e sugerir tipos de modificações, visando uma utilização mais eficiente, nos diferentes tipos industriais e alimentícios.

a. Características físicas:

i. Forma, tamanho e densidade absoluta

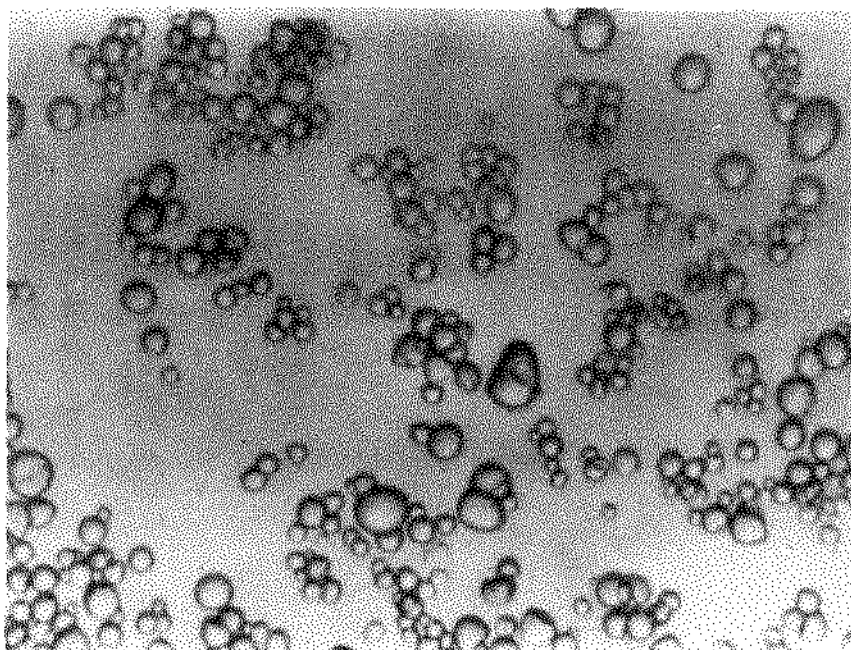
A figura 1 mostra fotografias do amido em microscópio ótico, enquanto a figura 2 mostra fotografias em microscópio eletrônico de varredura.

O amido de chuchu se apresenta de forma arredondada ou esférica, com algumas irregularidades em sua superfície, ou

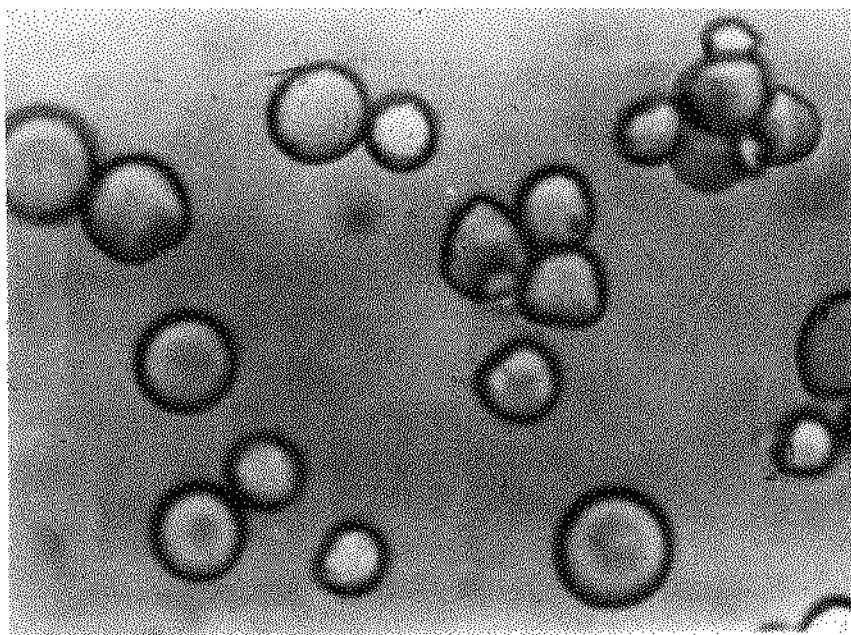
TABELA II

Análise Química do Amido de Chuchu

Componentes	% (BS)
Amido	97,93
Proteína	0,31
Lípídeo	1,08
Cinzas	0,41
Fibras	0,27

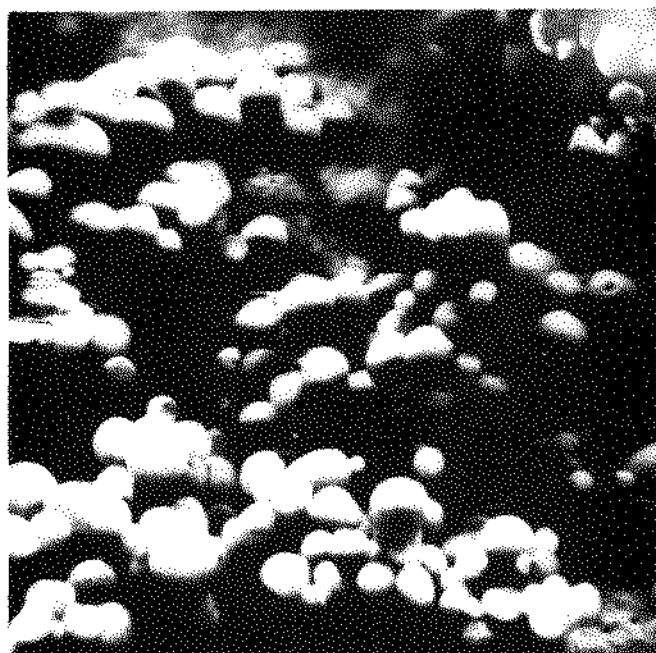


A

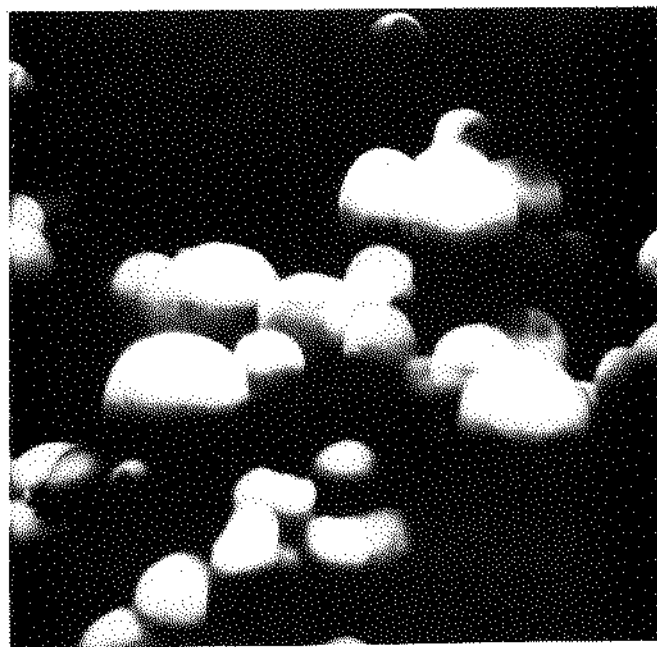


B

Figura 1 - Amido de chuchu observado em microscópio
ótico, com aumento de 500X (A) e 2100X (B)



A



B

Figura 2 - Amido de chuchu observado em microscópio eletrônico de varredura, com aumento de 900X (A) e 2050X (B).

mesmo com regiões achatadas. Possui hilum e estriações cêntricas, mas de difícil visualização. Os grânulos são de diferentes tamanhos, conforme apresentados na tabela III, e podem ser considerados pequenos, tendo um tamanho médio de 7,4 μm . O tamanho máximo encontrado foi de 19,4 μm . A densidade absoluta, obtida por deslocamento de líquido foi de 1,4475 g/ml.

ii. Viscosidade intrínseca:

A tabela IV mostra os dados obtidos e calculados.

A viscosidade intrínseca foi obtida pela média dos valores encontrados nas relações B e C, da tabela V, desprezando-se a relação A, já que o valor encontrado foi discrepante dos demais. Esta viscosidade intrínseca foi de 1,78 ml/g.

b. Capacidade de absorção de água (CAA) e índice de solubilização (ISA):

i. Em água fria:

A CAA do amido de chuchu em água fria foi de 128,8%, valor este que pode ser considerado alto, quando comparado com outros amidos (13, 15, 61, 65), enquanto o ISA foi de 0,12%.

ii. Em água quente:

À medida que a temperatura da suspensão aumenta, o grânulo de amido vai absorvendo maiores quantidades de água, e ao mesmo tempo, aumenta-se a solubilização. A tabela VI e figura 3 mostram o poder de inchamento (PI) e o índice de solubiliza

TABELA III

Diâmetro Médio dos Grânulos de Amido de Chuchu

Diâmetro (μm)	%
< 5,0	4,6
5,0 - 12,0	91,4
> 12,0	4,0

TABELA IV

Parâmetros para Cálculo de Viscosidade
Intrínseca de Amido de Chucho

Concentração C (g/ml)	Fluxo T (a)	Viscosidade		Viscosidade Específica [T/To-1]/C	Viscosidade Reduzida	LT/To C
		Relativa T/To	(b)			
0,4	188	2,51		1,51	3,78	2,30
0,5	278	3,71		2,71	5,42	2,60
0,6	316	4,21		3,21	5,35	2,40
0,7	416	5,55		4,55	6,50	2,45

(a) Fluxo, em segundos da mistura soluto-solvente

(b) Fluxo do solvente

TABELA V

Viscosidade Intrínseca do Amido de Chuchu

	Relação A $\left[\frac{\text{Vesp.}}{C} \right]_{c \rightarrow 0}$	Relação B $\left[\frac{L \text{ Vrel}}{C} \right]_{c \rightarrow 0}$	Relação C $\left[\frac{\text{Vesp.}}{C} \right]_{\text{Vesp} \rightarrow 0}$
Equação	$y = 6,08x + 0,361$	$y = 0,54 + 1,693$	$y = 0,863x + 1,880$
Correlação (r)	0,974	0,783	0,994
Viscosidade Intrínseca	0,361	1,693	1,880

TABELA VI

Poder de Inchamento (PI) e Índice de
Solubilização (IS) de Amido de Chuchu

Temperatura (°C)	PI (g/lg)	IS (%)
50	2,97	0,17
55	2,88	0,30
60	4,04	0,69
65	5,17	1,71
70	13,87	5,48
75	21,36	10,72
80	25,06	11,73
85	31,63	15,16
90	44,03	21,09
95	55,95	30,74

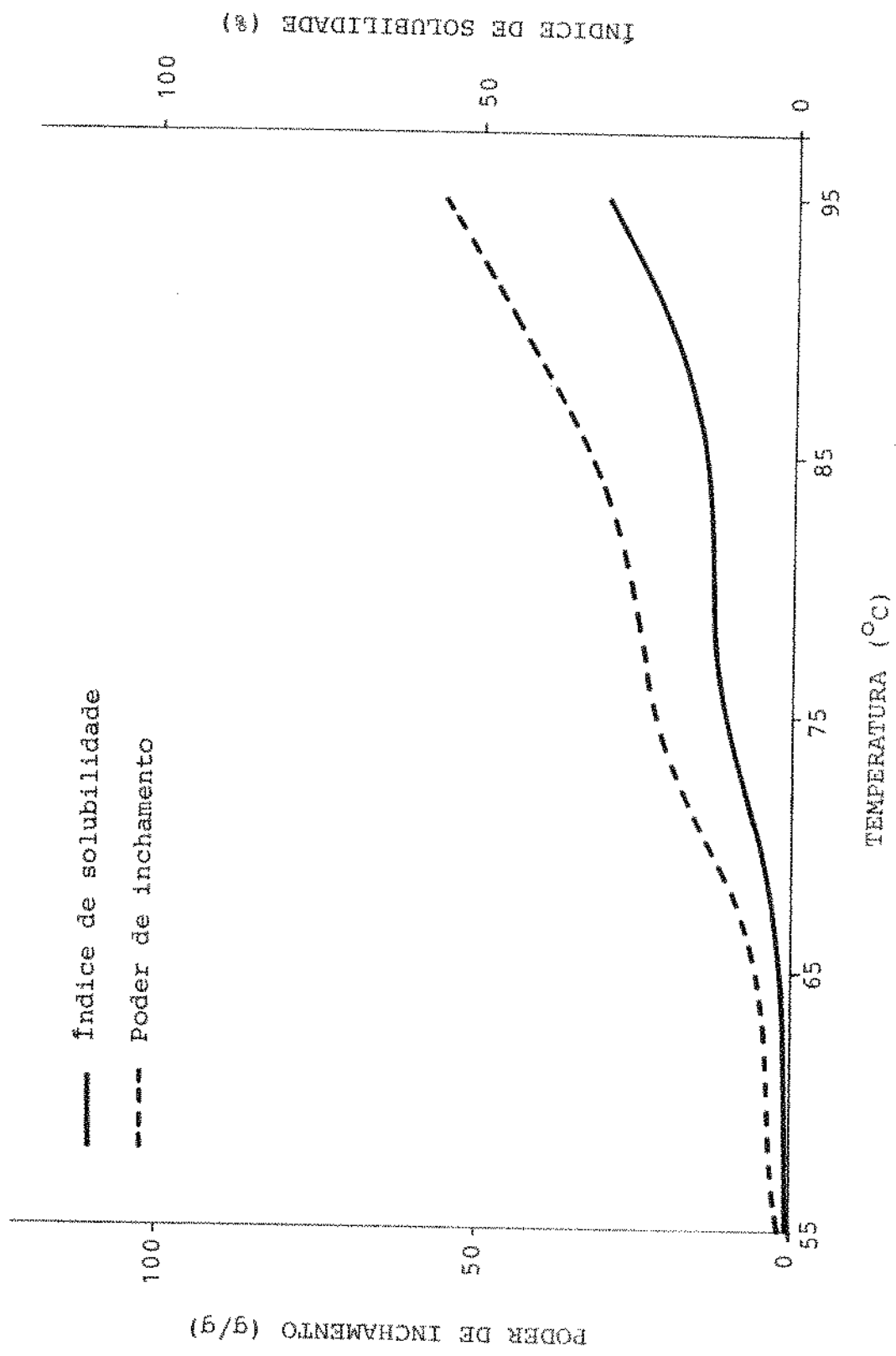


Figura 3 - Efeito de temperatura sobre o poder de inchamento e índice de solubilização de amido de chuchu.

ção, em diversas temperaturas. Pelos valores encontrados, nota-se que os grânulos tem grande capacidade de absorção de água e resistência à ruptura. O formato da curva do PI mostra um simples estágio de desenvolvimento, o que indica a presença de forças homogêneas estruturando os grânulos. A inclinação mais acentuada a partir de 65°C também indica uma temperatura inicial de gelatinização próxima a esta temperatura. A figura 4 mostra o relacionamento entre poder de inchamento e solubilização. O índice de correlação linear entre estes valores foi alto (0,996).

c. Frações do amido:

Da proporção entre as frações do amido, do modo como elas se interligam e do grau de ramificação da amilopectina depende a maioria das propriedades do amido. Desta forma torna-se importante conhecer os teores destas frações.

i. Determinação das frações:

Dois métodos foram usados para determinar o teor de amilose: O método colorimétrico apresentou um valor de 32,9% de amilose. A tabela VII mostra a relação entre iodo livre e iodo ligado ao amido. A figura 5 mostra a fase reta da curva entre iodo livre e iodo ligado, onde se determina a afinidade do amido pelo iodo. A fase reta da curva tem como equação $y = 6,57 x + 2,2$ onde y representa o iodo ligado e o x, o iodo livre. O coeficiente de correlação foi de 0,999. A afinidade foi de 6,69 mg de iodo por 100 mg de amido, o que representa aproximadamente 33,5% de amilose. Os valores foram semelhantes nos dois métodos, indicando que a pureza da amilose, extraída do amido de chuchu usada na construção da curva pa-

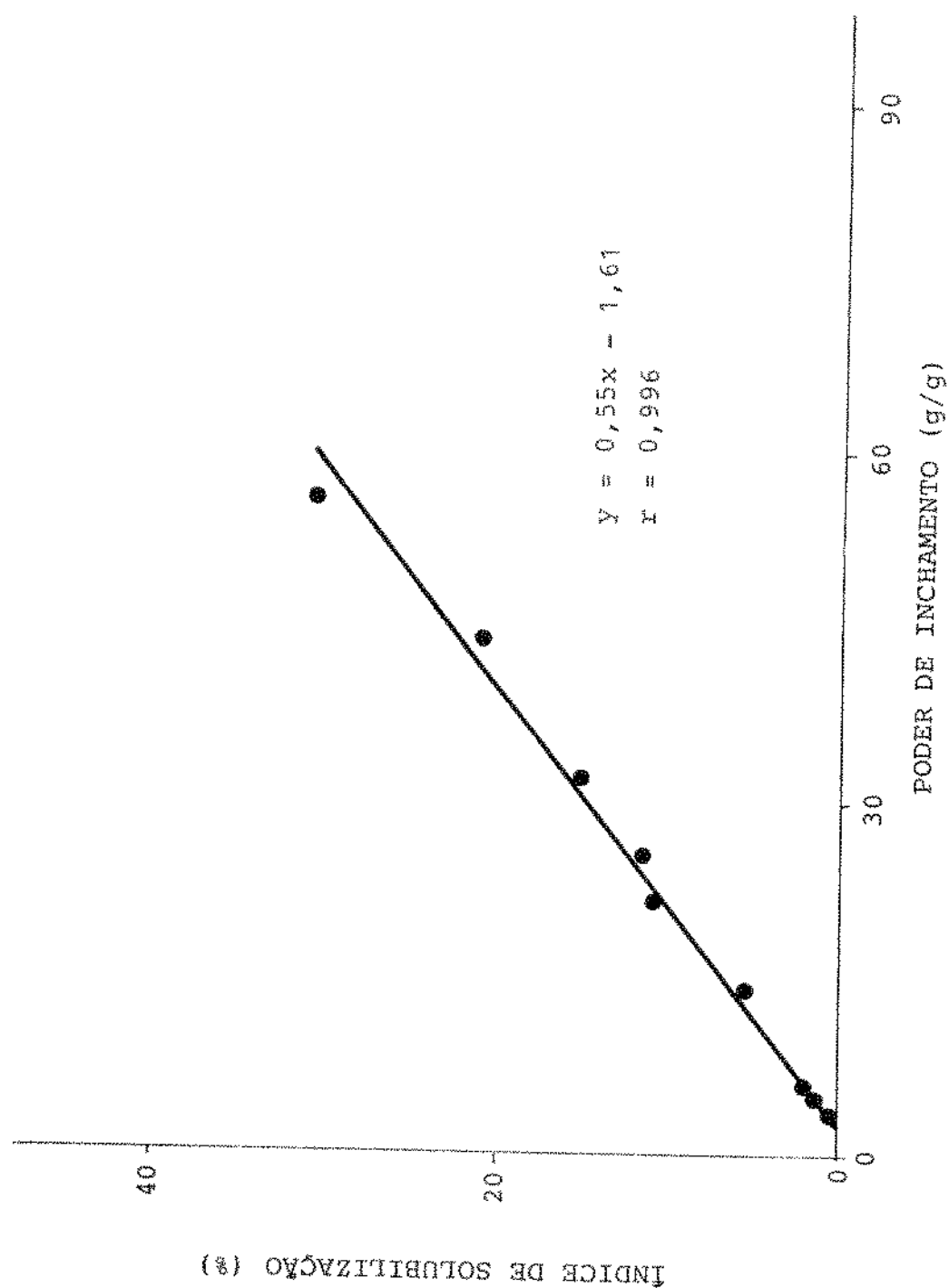


Figura 4 - Relação entre o poder de inchamento e o índice de solubilização de amido de chuchu.

TABELA VII

Relação entre Iodo Livre e Iodo Ligado em uma
Suspensão de Amido de Chuchu

Iodo Livre (mg)	Iodo Ligado (mg)
0,2	3,5
0,4	4,9
0,6	6,1
0,8	7,4
1,0	8,8
1,2	10,1

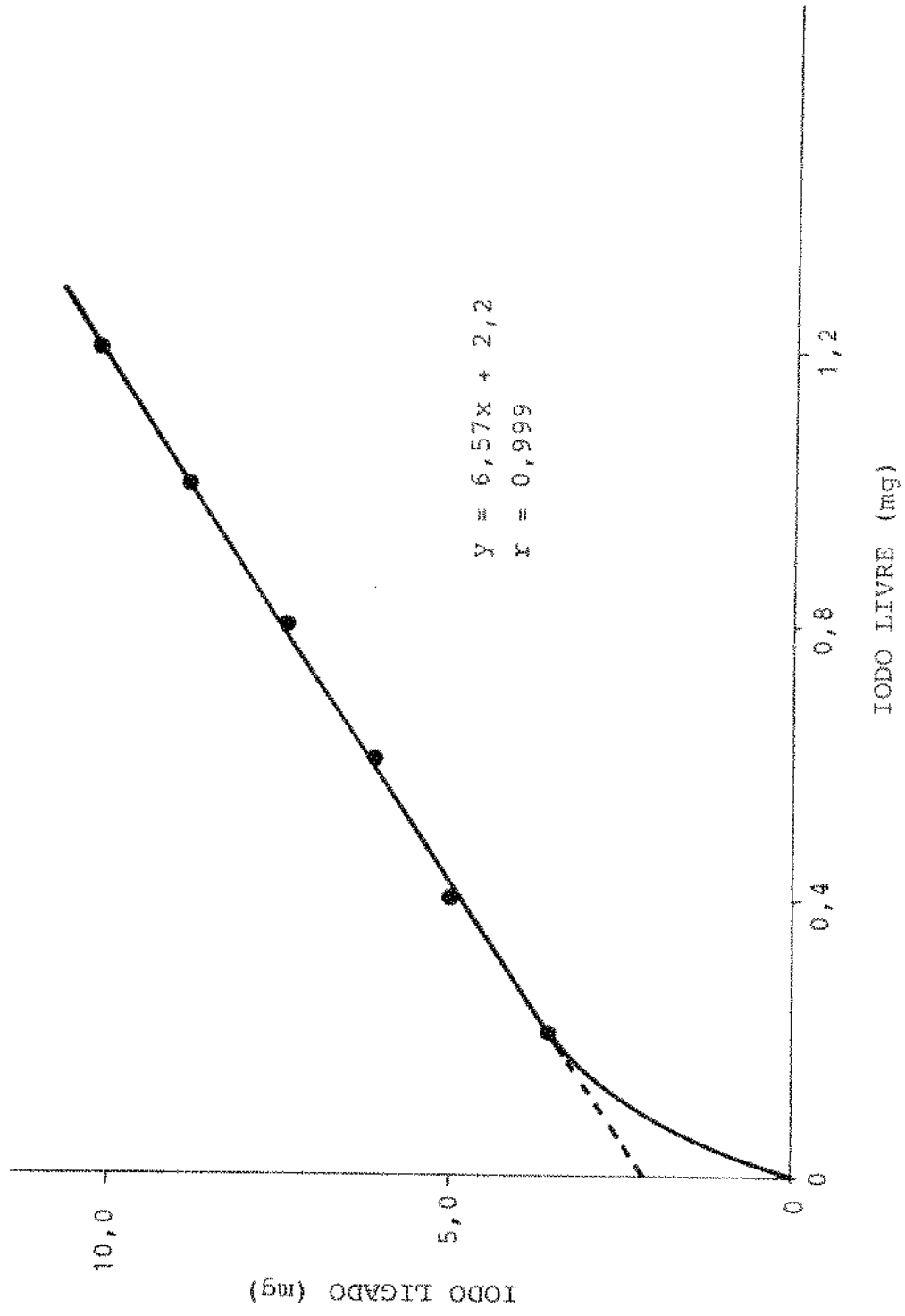


Figura 5 - Relação entre iodo livre e iodo ligado em uma suspensão de amido de chuchu.

drão é alta. O teor de amilopectina, considerando os menores componentes do amido igual a 2,1% (lipídeos, proteínas, cinzas e fibras) foi de 64,4%.

ii. Oxidação da amilopectina com metaperiodato de sódio:

Os grupos finais das moléculas de amilose e amilopectina são susceptíveis de serem oxidados por metaperiodato de sódio produzindo ácido fórmico. A tabela VIII e figura 6 mostram a oxidação da amilopectina em função do tempo. Uma vez atingido o "plateau" de oxidação, escolheu-se o tempo de 170 horas para a determinação dos grupos finais não redutores. O valor encontrado foi de 31 resíduos indicando que a amilopectina em estudo possui ramificações em número superior a de outros amidos (123).

iii. Viscosidade intrínseca:

A viscosidade intrínseca das frações foram determinadas da mesma forma que foi para o amido e os valores encontrados foram de 2,150 ml/g para amilose e 1,978 ml/g para amilopectina.

d. Características de gelatinização e retrogradação:

Gelatinização é um fenômeno com o amido em água quente onde há inchamento do grânulo, perda de birrefringência, exudação de solúveis do interior do grânulo para a suspensão e mudanças na viscosidade. No resfriamento da suspensão ocorre um aumento de viscosidade, turbidez, formações de microcristais

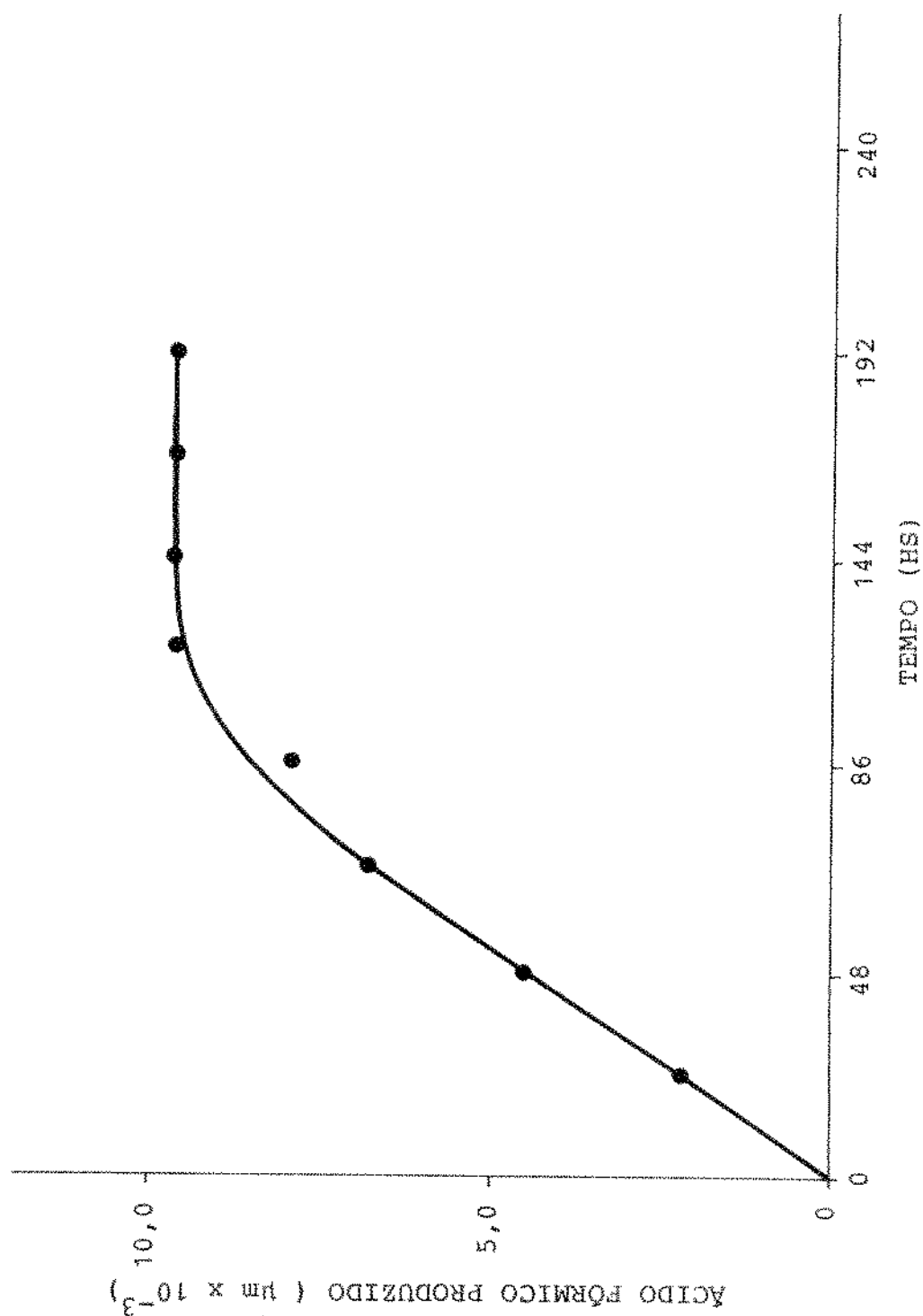


Figura 6 - Efeito de etaperiodato de sódio na oxidação de amilopectina na extraída de amido de chuchu.

TABELA VIII

Oxidação de Amilopectina de Amido de Chuchu
com Metaperiodato de Sódio

Tempo (hs)	HCOOH Produzido (micromoles x 10 ⁻³)
0	-
24	2,27
48	4,53
72	6,80
96	7,93
120	9,63
144	9,63
168	9,63
192	9,63
216	9,63

e com o envelhecimento da pasta ocorre exudação de água (sine resis). A estas ocorrências do resfriamento, dá-se o nome de retrogradação.

i. Temperatura de gelatinização:

Assim como a birrefringência é uma característica do amido, a perda desta birrefringência pode expressar o grau de gelatinização do amido. Para o amido de chuchu, o início da gelatinização foi a 68°C, onde aproximadamente 5% dos grânulos perderam a birrefringência, o ponto médio (50% dos grânulos) foi a 78°C e o ponto final (95% dos grânulos sem birrefringência) a 85°C. Logo as temperaturas de gelatinização do amido podem ser definidas como temperatura inicial de 68°C e final 85°C.

ii. Efeito da concentração:

A viscosidade de uma pasta de amido é afetada pela concentração do amido nesta pasta, pois a viscosidade é uma medida da dificuldade que se tem em movimentar os grânulos. Assim, além do inchamento do grânulo, o número deles é importante na determinação da viscosidade. A figura 7 mostra o efeito da concentração nos amilogramas do amido de chuchu. As características da pasta, afetada pela concentração do amido estão apresentados na tabela IX. As temperaturas de pasta (temperatura inicial de gelatinização) foram superiores aquela encontrada, na perda de birrefringência, o que mostra a sensibilidade do aparelho não é suficiente para detectar o início real da gelatinização. O formato da curva no período de aquecimento mostra um único estágio de desenvolvimento, o que significa, forças homogêneas presentes, ligando as frações. A resistência à

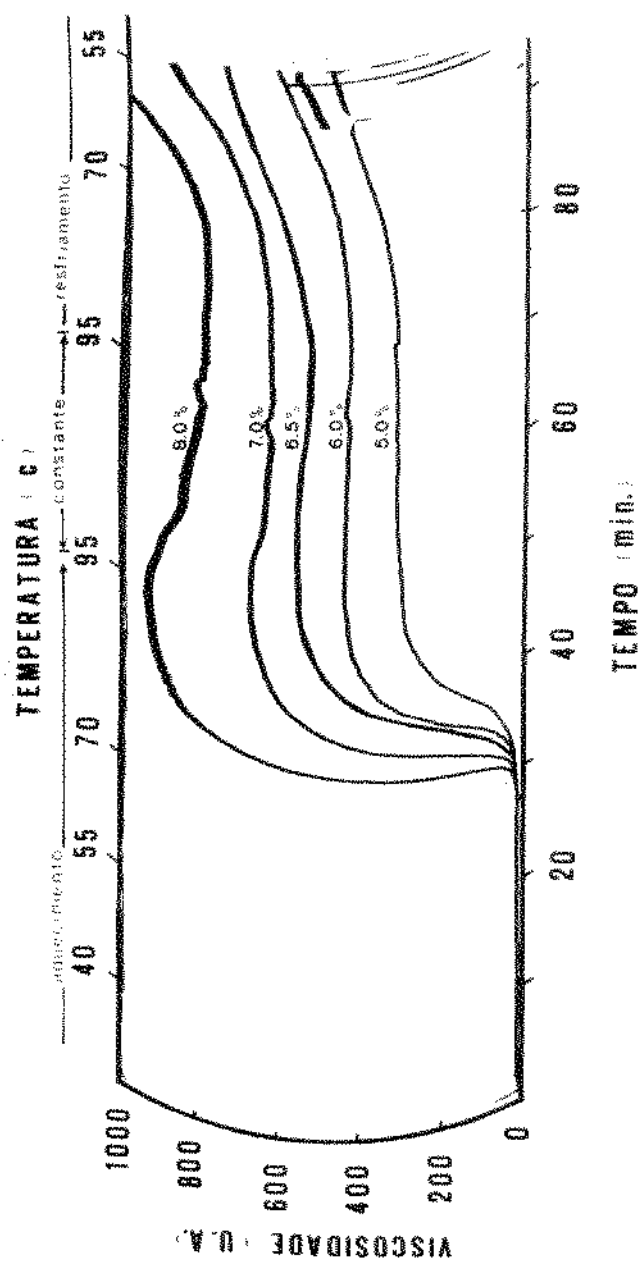


Figura 7 - Efeito da concentração nas características de viscosidade de uma suspensão de amido de chuchu.

TABELA IX

Características de Viscosidade de Amido de Chucho,
Determinadas em Várias Concentrações

Concentração (% - p/v)	Temperatura Inicial de Gelatinização (°C)	Temperatura de Viscosidade Máxima (°C)	Viscosidade Máxima (UA)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (UA)	Viscosidade Final a 50°C (UA)
5,0	73	95	300	300	490
6,0	73	95	440	440	610
6,5	70	95	550	530	740
7,0	70	95	670	620	910
8,0	70	95	940	800	1070

ação mecânica mostrada durante o período de agitação (20 minutos, 75 rpm) à temperatura constante (95°C) indica ter este amido fortes ligações, bastante semelhantes aos amidos "intercruzados" quimicamente com baixo grau de intercruzamento. Esta resistência possivelmente é fornecida pelo teor de amilose (102) que é superior a maioria dos amidos. Durante a fase de resfriamento, até 81°C a curva se mantém constante, passando a aumentar a partir deste ponto. Com finalidade de observar estas mudanças fez-se a regressão linear das curvas na faixa de 81°C a 50°C , cujos valores são mostrados na tabela X. Os coeficientes angulares das retas aumentam à medida que se aumentam as concentrações, indicando uma maior velocidade no aumento da viscosidade.

iii. Comparação com outros amidos:

Os amidos apresentam diferenças em suas estruturas, dependendo de sua origem, provocadas pela proporção entre amilose e amilopectina, interação entre elas, etc. Portanto, gelatinização e retrogradação são afetadas pela origem do amido. A figura 8 mostra amilogramas de amidos de diferentes origens, a uma mesma concentração (6,5% p/v - base de 14% de umidade). A temperatura de gelatinização do amido de mandioca, é menor do que as dos demais analisadas, além de apresentar um rápido aumento de viscosidade, o que indica a presença de forças homogêneas de baixa energia na estrutura do grânulo. Pela mesma razão, também possui baixa resistência à ação mecânica, o que é demonstrado pela queda intensa de viscosidade na fase de temperatura constante. Os amidos de cereais analisados (milho, trigo e sorgo) apresentam um baixo poder de inchamento e consequentemente necessitam de uma maior concentração para atingir a mesma viscosidade do amido de chuchu ou mandioca,

Embora a literatura cite temperaturas de gelatinização

TABELA X

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo
de Resfriamento e Viscosidade do Amido de Chuchu,
em Diversas Concentrações

Concentração (% - p/v)	Retrogradação	
	Equação	Correlação
5,0	$y = -5,69x + 769$	0,992
6,0	$y = -5,97x + 899$	0,978
6,5	$y = -6,64x + 1075$	0,996
7,0	$y = -9,49x + 1359$	0,961
8,0	$y = -10,52x + 1587$	0,963

y = Unidades Amilográficas - x = °C

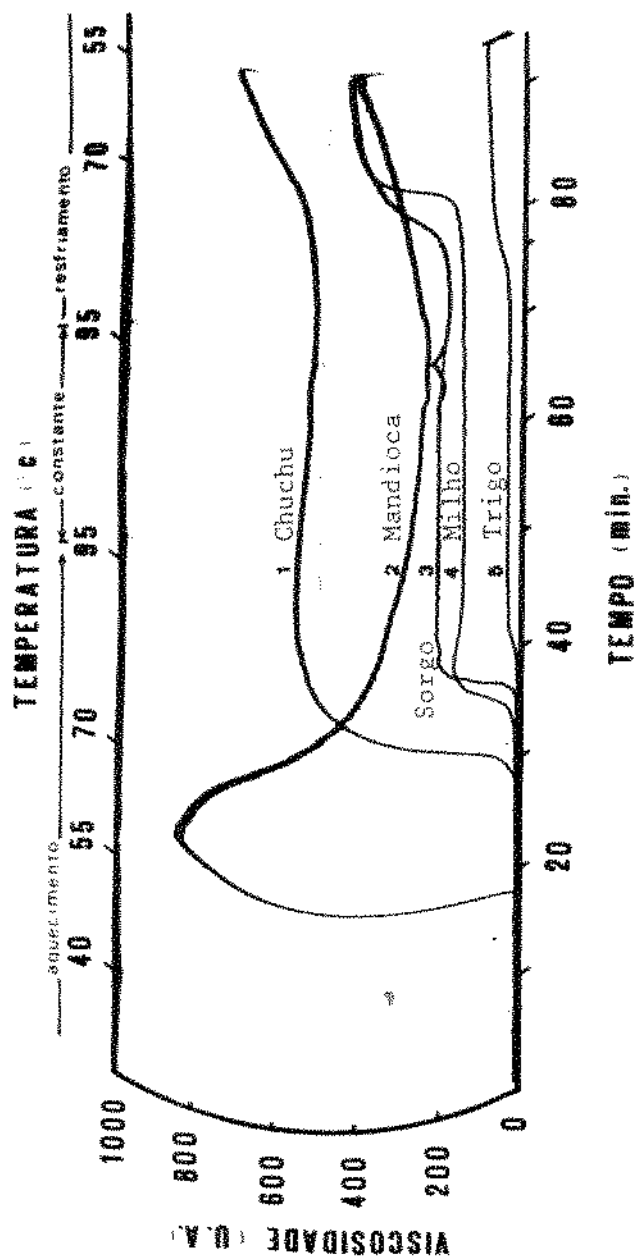


Figura 8 - Características de viscosidade de amidos de diferentes origens a uma mesma concentração (6,5% p/v).

mais baixas para cereais, as concentrações aqui usadas não permitiram que a viscosidade fosse detectada em temperaturas mais baixas, só ocorrendo em superiores a 79°C .

O amido de chuchu se apresentou com uma característica intermediária entre mandioca e cereais, com uma temperatura inicial de gelatinização de 70°C , uma viscosidade máxima maior que os cereais e uma resistência a ação mecânica muito superior à mandioca medidas à mesma concentração. A viscosidade do amido de chuchu durante o resfriamento foi muito superior aos outros amidos analisados. A inflexão mostrada na curva de resfriamento de amido de milho e sorgo indica uma associação heterogênea entre as moléculas das frações, principalmente amilose, o que não é observado em amido de chuchu.

A tabela XI mostra as características de viscosidade dos diferentes amidos e a Tabela XII mostra a correlação linear entre a temperatura de resfriamento e o aumento de viscosidade (93°C a 50°C).

A Tabela XIII mostra a correlação linear entre a viscosidade máxima de diferentes amidos (chuchu, mandioca, milho, sorgo e trigo). Pode-se observar uma alta correlação entre os parâmetros. A Figura 9 é a expressão gráfica da tabela XIII. Pode observar a tendência de se formar dois grupos, sendo que o primeiro é formado pelos cereais, que apresentaram baixa viscosidade máxima evidenciada pelo baixo coeficiente angular. Dentro deste grupo, o trigo foi o que apresentou menor viscosidade máxima, além de ser detectado pelo aparelho em concentrações maiores que 7%. O segundo grupo, formado por chuchu e mandioca, apresentaram maior viscosidade máxima (sendo a mandioca maior que o chuchu), e esta viscosidade começou a ser detectada em concentrações bem mais baixas que as anteriores.

A Tabela XIV, correlaciona as concentrações e viscosidades após 20 minutos de temperatura constante. A Figura 10 mostra as curvas desta relação. Neste caso, o que apresentou maior valor foi o amido de chuchu, indicando que para peque-

TABELA XI

Características de Viscosidade de Amidos de Diferentes
Origens em uma Mesma Concentração (1)

Origem	Temperatura Inicial de Gelatinização (°C)	Temperatura de Viscosidade Máxima (°C)	Viscosidade Máxima (UA)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (UA)	Viscosidade Final a 50°C (UA)
Chuchu	70	95	550	530	740
Trigo	88	85	30	30	100
Milho	79	95	60	140	450
Sorgo	82	95	210	210	410
Mandioca	55	64	840	240	430

(1) Suspensão a 6,5% (peso/volume) - 14% de umidade.

TABELA XII

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade de Amidos de Diferentes Origens (1), em uma Mesma Concentração

Origem	Faixa de Temperatura (°C)	Retrogradação	
		Equação	Correlação
Chuchu	95 - 50	$y = - 6,64x + 1075$	0,996
Trigo	95 - 50	$y = - 1,94x + 208$	0,963
Milho	95 - 68	$y = - 1,37x + 272$	0,798
Sorgo	67 - 50	$y = - 7,05x + 815$	0,918
	95 - 68	$y = - 2,99x + 464$	0,625
Mandioca	67 - 50	$y = - 5,90x + 763$	0,979
	95 - 50	$y = - 4,99x + 678$	0,928

(1) Suspensão a 6,5% (p/v - base de 14% de umidade)

(2) y = Unidades Amilográficas x = °C

TABELA XIII

Correlação Linear Entre Concentrações e Viscosidade
Máxima de Amidos de Diferentes Origens

Origens	Faixa de Concentração (% - p/v)	Equação	Correlação
Chuchu	5,0 - 8,0	$y = 204x - 556$	0,987
Mandioca	4,0 - 7,0	$y = 225x - 750$	0,995
Milho	6,5 - 9,5	$y = 137x - 739$	0,994
Sorgo	7,5 - 10,5	$y = 181x - 1072$	0,998
Trigo	7,5 - 11,5	$y = 109x - 775$	0,989

y = Unidades Amilográficas (UA)

x = Concentração (% p/v)

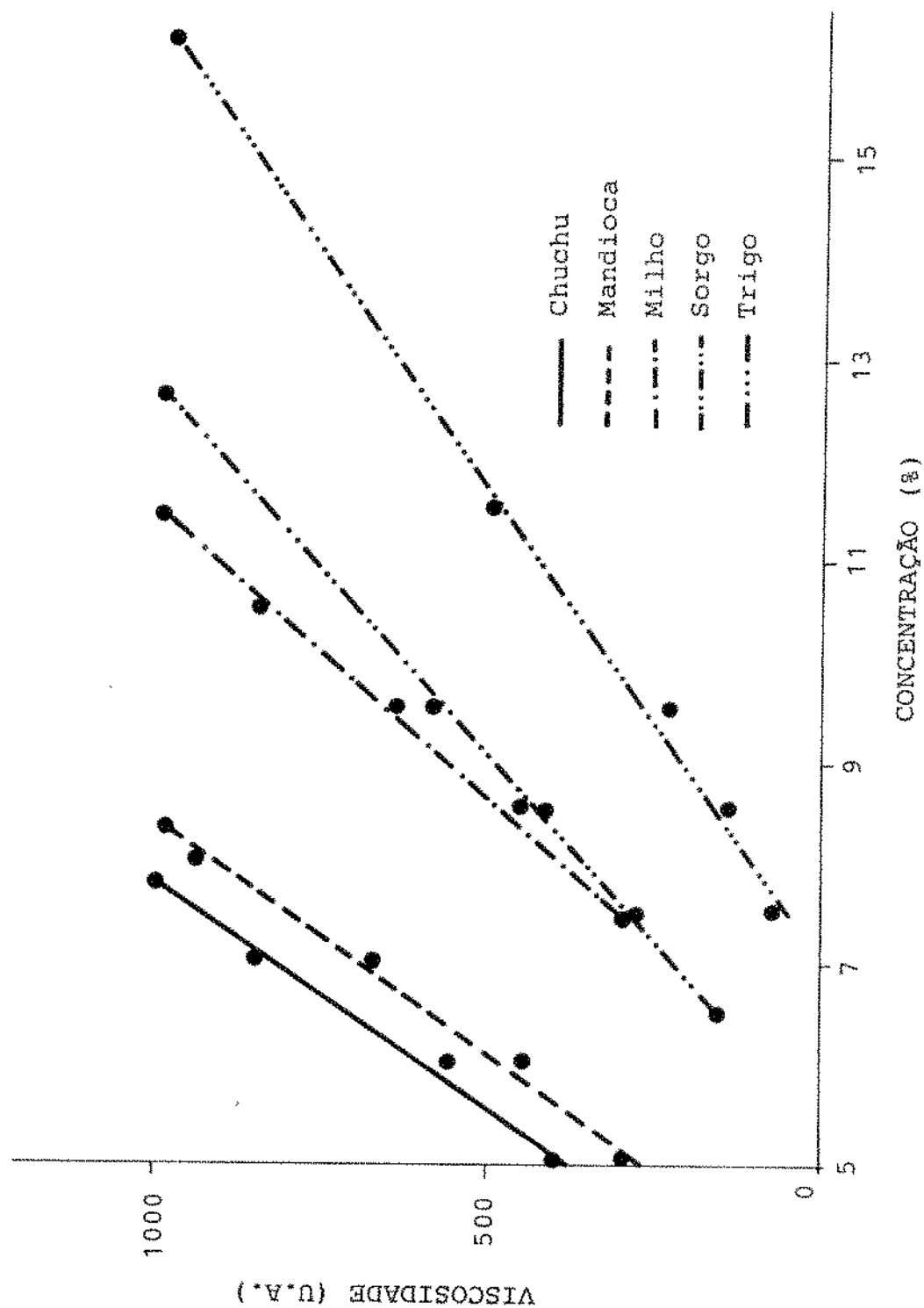


Figura 9 - Correlação entre concentrações e viscosidade máxima de amidos de diferentes origens.

TABELA XIV

Correlação Linear Entre Concentrações e Viscosidade
Após 20 Minutos a 95°C de Amidos
de Diferentes Origens

Origens	Faixa de Concentração (% - p/v)	Equação	Correlação
Chuchu	5,0 - 8,0	$y = 168x - 552$	0,998
Mandioca	4,0 - 7,0	$y = 48x - 114$	0,997
Milho	6,5 - 9,5	$y = 88x - 424$	0,999
Sorgo	7,5 - 10,5	$y = 74x - 271$	0,998
Trigo	7,5 - 11,5	$y = 92x - 629$	0,994

y = Unidades Amilográficas (UA)

x = concentração (% - p/v)

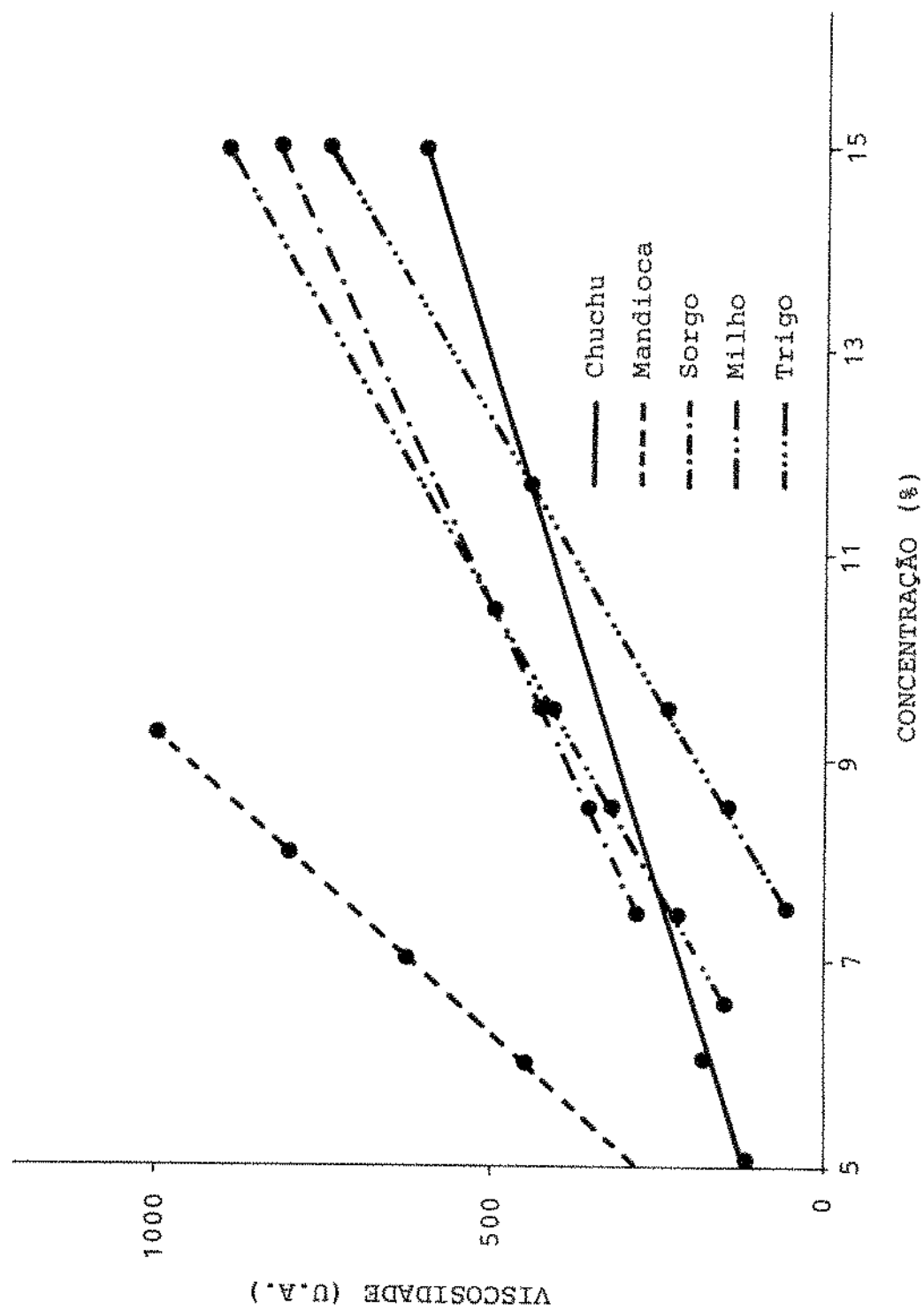


Figura 10 - Correlação entre concentração e viscosidade após 20 minutos a 95°C de amidos de diferentes origens.

nos aumentos de concentrações, obtêm-se aumentos sensíveis na viscosidade e que este amido apresenta uma alta resistência à ação mecânica. O amido de mandioca, neste caso, já se comporta diferentemente, devido principalmente à sua baixa resistência à ação mecânica. A Tabela XV e Figura 11 mostram a correlação entre a viscosidade final a 50°C e concentrações diferentes. O comportamento dos cinco amidos estudados, mantém-se semelhante aos anteriores, observando-se entretanto, que o trigo apresenta uma maior taxa de correlação (coeficiente angular maior), enquanto a mandioca apresenta a menor taxa. A Tabela XVI mostra a correlação linear entre temperatura durante o ciclo de resfriamento e viscosidade de amido de mandioca nas diversas concentrações. Os valores baixos dos coeficientes angulares indicam pequena retrogradação, principalmente, ao se comparar com o alto valor de viscosidade máxima encontrado. As Tabelas XVII e XVIII mostram a mesma relação de temperatura durante o ciclo de resfriamento e a viscosidade, mostrada na Tabela XVI, desta vez se referindo, respectivamente, aos amidos de sorgo e milho. A presença de duas fases de associação molecular, levou-se a calcular a relação nas faixas de temperatura, de 93 a 72°C e 69 e 50°C. No primeiro caso, a associação é rápida, mostrada pelo valor alto do coeficiente angular, em todas as concentrações. Na segunda fase, a associação é lenta (baixo coeficiente angular).

A Tabela XIX, repete as informações anteriores, em relação ao trigo. Não se observou, neste caso, a presença de duas fases de associação molecular, embora isto devesse ser separado, em se tratando de amido de um cereal. Isto, certamente, se deve ao fato da concentração não ser suficientemente alta, para ser acusada pelo aparelho, haja visto que na própria fase de aquecimento não se observou os dois estágios de gelatinização que caracteriza o amido de trigo.

TABELA XV

Correlação Linear Entre Concentrações e Viscosidade
a 50°C, no Ciclo de Resfriamento de
Amidos de Diferentes Origens

Origens	Faixa de Concentração (% - p/v)	Equação	Correlação
Chuchu	5,0 - 8,0	$y = 204x - 556$	0,987
Mandioca	4,0 - 7,0	$y = 82x - 216$	0,996
Milho	6,5 - 9,5	$y = 209x - 950$	0,998
Sorgo	7,5 - 10,5	$y = 179x - 794$	0,995
Trigo	7,5 - 11,5	$y = 199x - 1360$	0,986

y = Unidades Amilográficas (UA)

x = Concentração

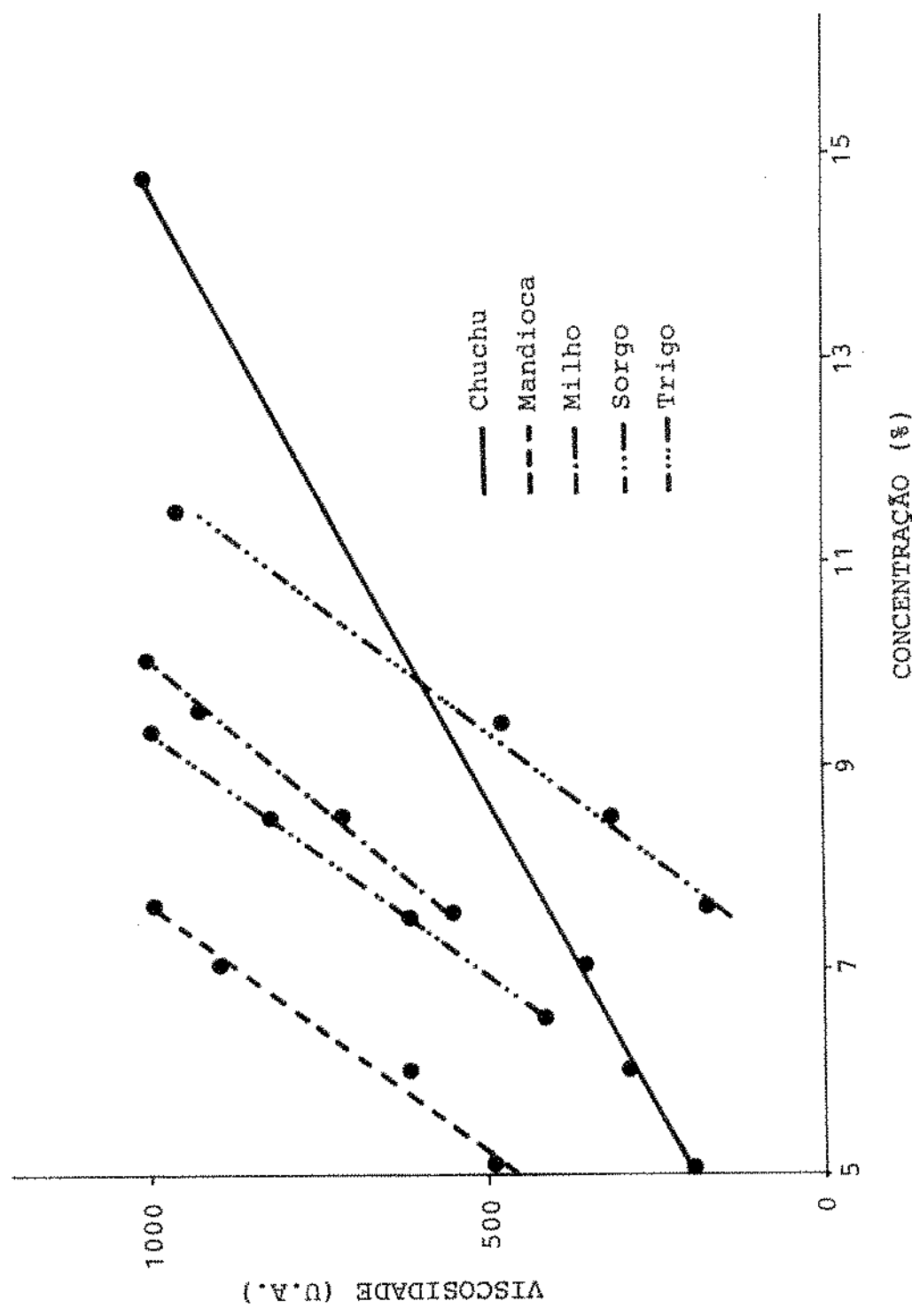


Figura 11 - Correlação entre concentração e viscosidade final a 50°C de amidos de diferentes origens.

TABELA XVI

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo
de Resfriamento e Viscosidade do Amido de
Mandioca, em Diversas Concentrações

Concentração (% - p/v)	Retrogradação	
	Equação	Correlação
4,0	$y = -0,85x + 141$	0,912
5,0	$y = -1,84x + 269$	0,968
6,0	$y = -2,76x + 417$	0,989
7,0	$y = -3,10x + 484$	0,960

y = Unidades Amilográficas - x = °C

TABELA XVII

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo de
Resfriamento e Viscosidade de Amido de
Sorgo, em Diversas Concentrações

Concentração (% - p/v)	Faixa de Temperatura (°C)	Retrogradação	
		Equação	Correlação
7,5	95 - 72	$y = - 5,12x + 704$	0,685
	71 - 50	$y = - 4,70x + 778$	0,985
8,5	95 - 72	$y = -10,71x + 1274$	0,788
	71 - 50	$y = - 2,58x + 844$	0,980
9,5	95 - 72	$y = - 2,54x + 2688$	0,938
	71 - 50	$y = - 4,44x + 1152$	0,958
10,5	95 - 72	$y = -23,37x + 2580$	0,947
	71 - 50	$y = - 4,93x + 1308$	0,963

y = Unidades Amilográficas

x = °C

TABELA XVIII

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo de
Resfriamento e Viscosidade de Amido de
Milho, em Diversas Concentrações

Concentração (% - p/v)	Faixa de Temperatura (°C)	Retrogradação	
		Equação	Correlação
6,5	95 - 72	$y = - 3,25x + 436$	0,770
	71 - 50	$y = - 4,18x + 638$	0,979
7,5	95 - 72	$y = - 6,71x + 817$	0,711
	71 - 50	$y = - 2,49x + 729$	0,946
8,5	95 - 72	$y = - 9,01x + 1099$	0,738
	71 - 50	$y = - 3,97x + 1004$	0,970
9,5	95 - 72	$y = - 26,94x + 2799$	0,894
	71 - 50	$y = - 2,49x + 1159$	0,946

y = Unidades Amilográficas

-

x = °C

TABELA XIX

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo
de Resfriamento e Viscosidade do Amido de Trigo,
em Diversas Concentrações

Concentração (% - p/v)	Retrogradação	
	Equação	Correlação
7,5	$y = -2,63x + 321$	0,963
8,5	$y = -4,16x + 512$	0,973
9,5	$y = -6,31x + 784$	0,985
10,5	$y = -13,23x + 1618$	0,995

y = Unidades Amilográficas - x = °C

iv. Claridade e envelhecimento do gel:

A claridade da pasta de amido foi determinada pela transmitância ótica desta pasta em diversas temperaturas, durante a fase de aquecimento. Não houve nenhuma alteração, quando se comparou a leitura feita imediatamente à retirada da amostra ou após o resfriamento à temperatura ambiente, entretanto, a concentração da suspensão afeta a transmitância, que diminui à medida que a concentração aumenta. A Tabela XX mostra o efeito da leitura da transmitância ótica da suspensão de amido, em diversas temperaturas de aquecimento. Estas leituras foram feitas, imediatamente após atingir a temperatura, ou uma hora após o resfriamento da amostra. A Figura 12 mostra o efeito destas leituras, como também o efeito da concentração na transmitância ótica.

Observa-se que a partir de 60°C , o gel começa a perder sua opacidade, de uma maneira bem rápida até 70°C , para continuar a se clarear mais lentamente a partir de 70°C . A correlação linear existente entre temperatura e transmitância ótica foi de 0,965 entre 60 e 70°C e de 0,969 entre 70°C e 95°C . O coeficiente angular mostra uma maior velocidade de 60°C a 70°C ($a = 3,4$), enquanto esta velocidade diminui a partir deste ponto ($a = 1,03$). Provavelmente, entre 60°C e 70°C , as forças que ligam as frações são rompidas muito mais rápido, enquanto que a partir deste ponto o rompimento ocorre mais lentamente. A claridade da pasta depende também da fonte de amido, sendo que amido de cereais são mais opacos enquanto que os de tubérculos são mais claros (74). A Figura 13 e Tabela XXI mostram que o fenômeno realmente ocorre, onde se observa que o amido de milho apresenta uma transmitância menor que o de mandioca. O amido de chuchu apresenta valores intermediários. Observa-se também um simples estágio de transmitância ótica em amido de mandioca e chuchu e dois estágios em amido de milho. Ocorre também exudação de solúveis do interior do

TABELA XX

Transmitância Ótica de uma Suspensão de
Amido de Chuchu (1)

Temperatura de Tratamento (°C)	Transmitância (%)	
	Sem Resfriamento	Com Resfriamento
55	34	33
60	34	33
65	43	42
70	68	67
75	75	73
80	81	80
85	86	85
90	91	90
95	92	92

(1) 0,1% (p/v base de 14% de umidade)

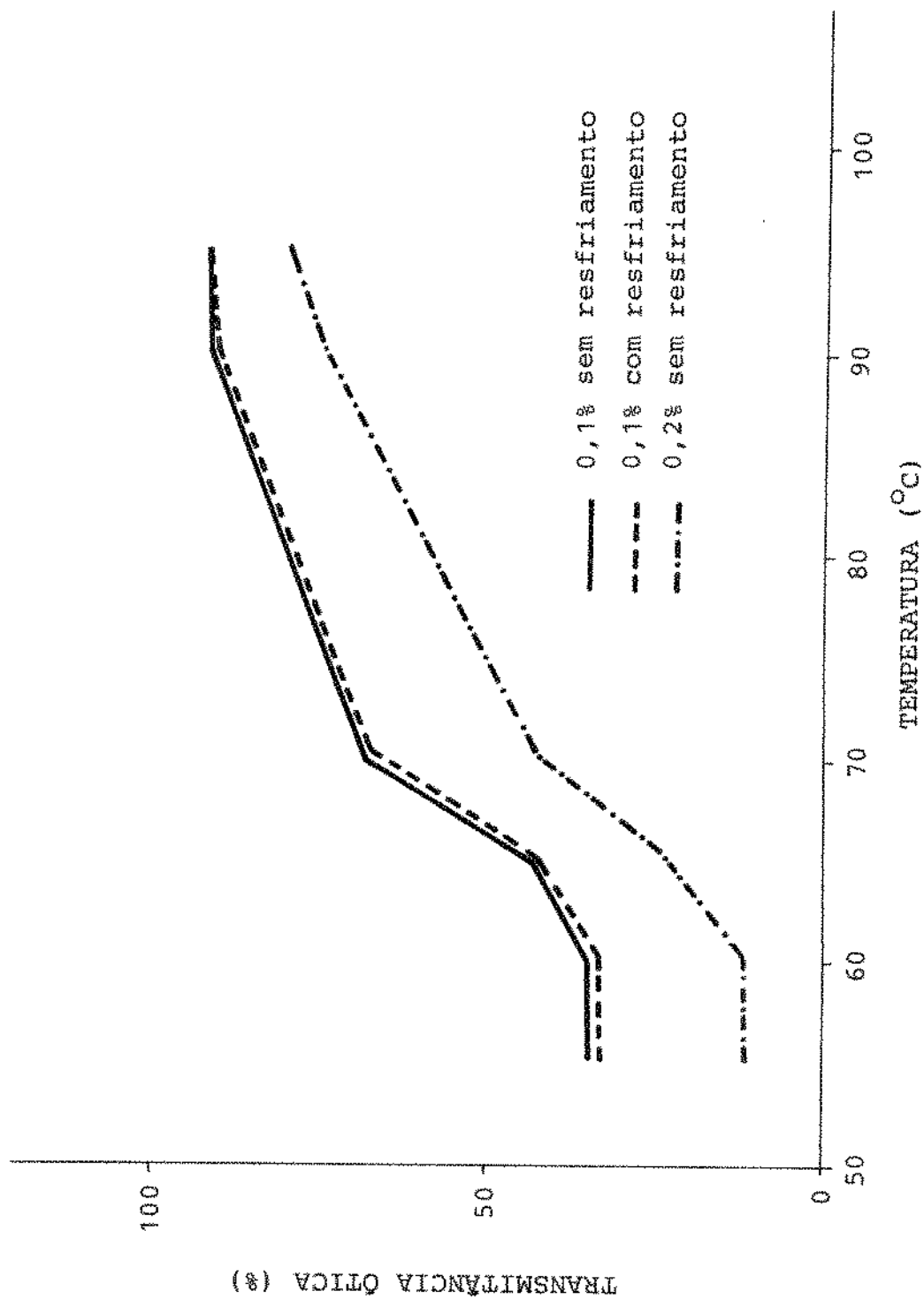


Figura 12 - Efeito da temperatura na transmitância ótica de amido de chuchu, em diferentes condições de leitura e concentração.

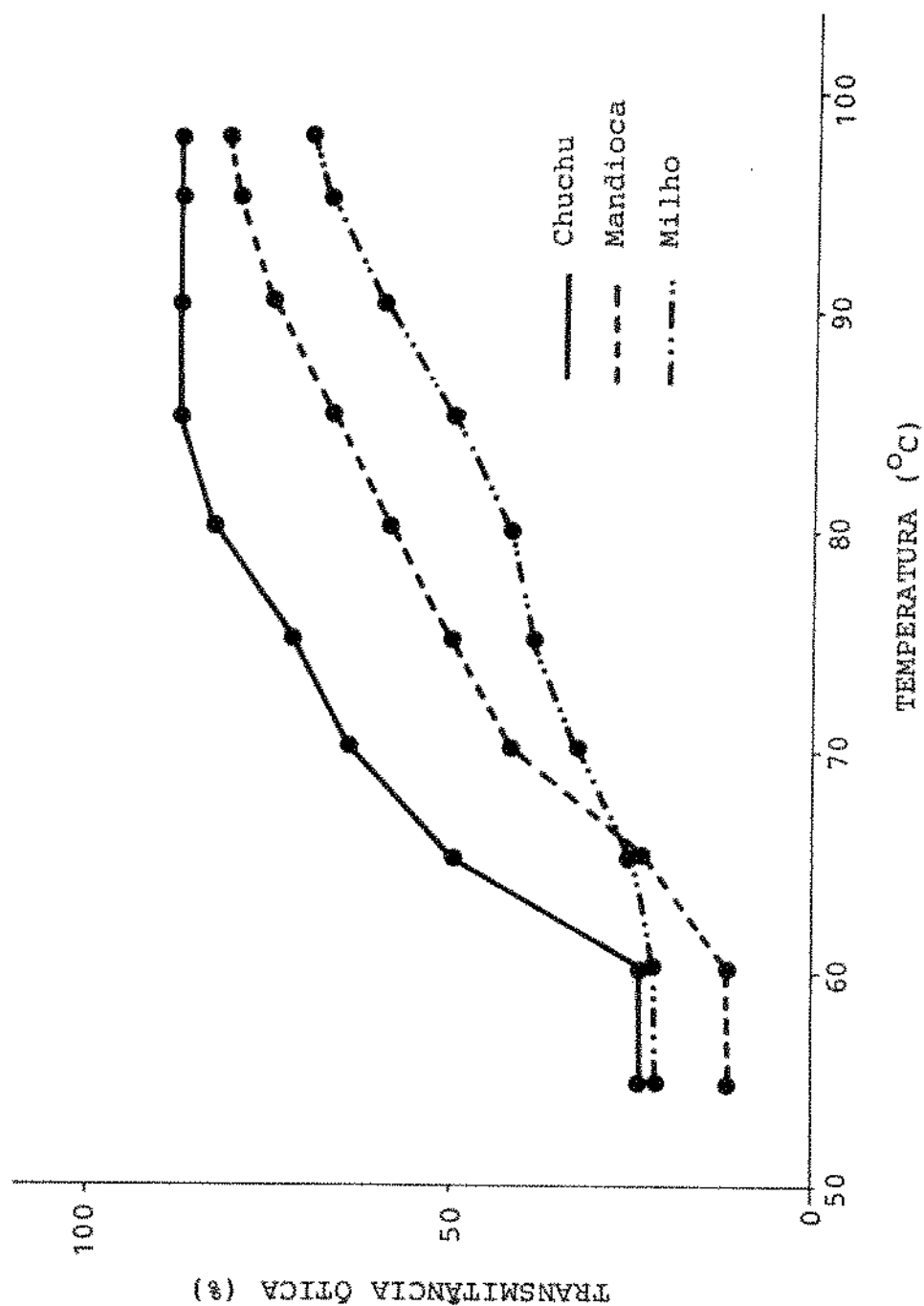


Figura 13 - Efeito da temperatura na claridade de suspensões de amidos de diferentes origens.

TABELA XXI

Transmitância Ótica de Suspensões (1) em
Amidos de Diferentes Origens

Temperatura de Tratamento (°C)	Transmitância (%)		
	Chuchu	Milho	Mandioca
55	12	22	23
60	12	22	23
65	21	25	50
70	42	33	64
75	50	39	72
80	58	42	83
85	68	50	88
90	75	60	88
95	80	68	88
97,5	81	70	88

(1) 0,2% (p/v - base de 14% de umidade)

grânulo, até o rompimento deste, e lançamento no meio as frações. Estes componentes, notadamente a amilose, provocam turbidez da suspensão, devido a formação de microcristais, promovidos por pontes de hidrogênio, quase como uma volta ao estágio anterior de formação do amido, daí o nome de retrogradação. Esta turbidez é aumentada com o abaixamento de temperatura. A Figura 14 apresenta o efeito de temperatura de armazenamento de uma pasta de amido. Observa-se uma queda sensível na transmitância ótica ou seja, maior opacidade da pasta quando a mesma foi mantida a 4°C por 24 horas. Como foi visto, em temperaturas baixas, a retrogradação manifestada pela turvação da pasta de amido é maior. Um outro fenômeno da retrogradação é a "Sinéresis", que se constitui na exudação de água do gel. Esta exudação é aumentada com o tempo. Várias amostras, contendo geis de amido (6,5% p/v) foram armazenadas a -2°C e diariamente uma amostra foi descongelada, centrifugada e o teor de água determinado. A Tabela XXII e a Figura 15 mostram o teor de água exudada em função do tempo de armazenamento do gel. Observa-se que à medida que o tempo aumenta, a curva também se torna mais ascendente, indicando uma maior retrogradação. Um outro teste feito diz respeito à resistência que o gel possui ao processo de congelamento e descongelamento. A Figura 16 e a Tabela XXIII mostram o efeito deste processo. Um gel foi submetido a um processo de congelamento e descongelamento em período de 24 horas, onde se determinou a sinéresis. O gel de amido de chuchu suportou até 6 períodos de congelamento e descongelamento.

e. Susceptibilidade enzimática:

Dentre as enzimas hidrolíticas importantes que atuam no amido, a alfa-amilase é a que merece maior atenção. Através dos compostos redutores produzidos, pode-se determinar o efei

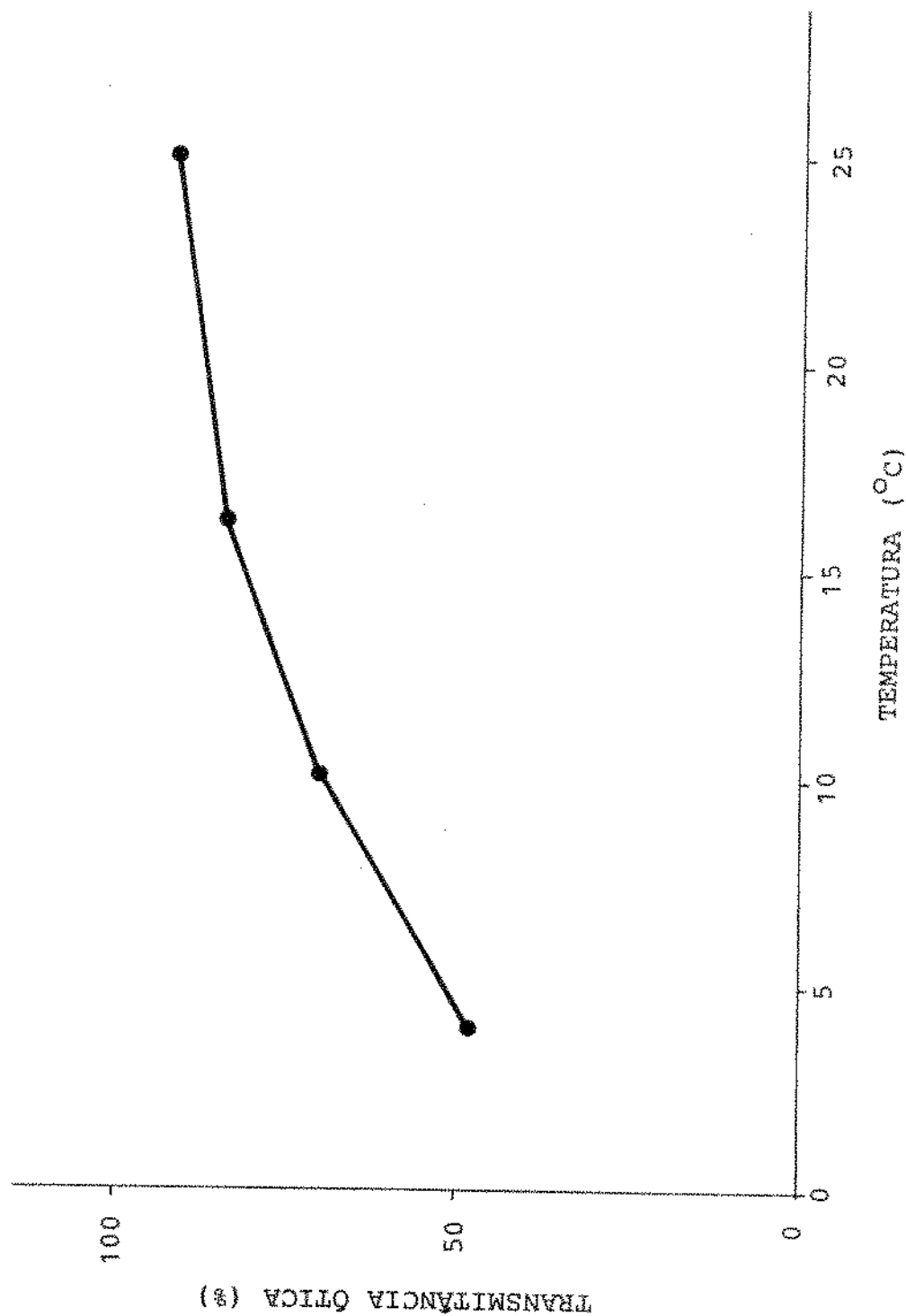


Figura 14 - Efeito da temperatura na claridade de uma suspensão (0,1%) gelatinizada de amido de chuchu, armazenada por 24 hs.

TABELA XXII

Teor de Água Exudada de um Gel (1) de Amido
de Chuchu Armazenado a -2°C

Tempo de Armazenamento (hs)	Água Exudada	
	(%)	(log %)
24	31	1,49
48	34	1,53
72	38	1,58
96	41	1,61
120	43	1,63
144	49	1,69
168	54	1,73
192	66	1,82
216	80	1,90

(1) 6,5% (p/v - base de 14% de umidade)

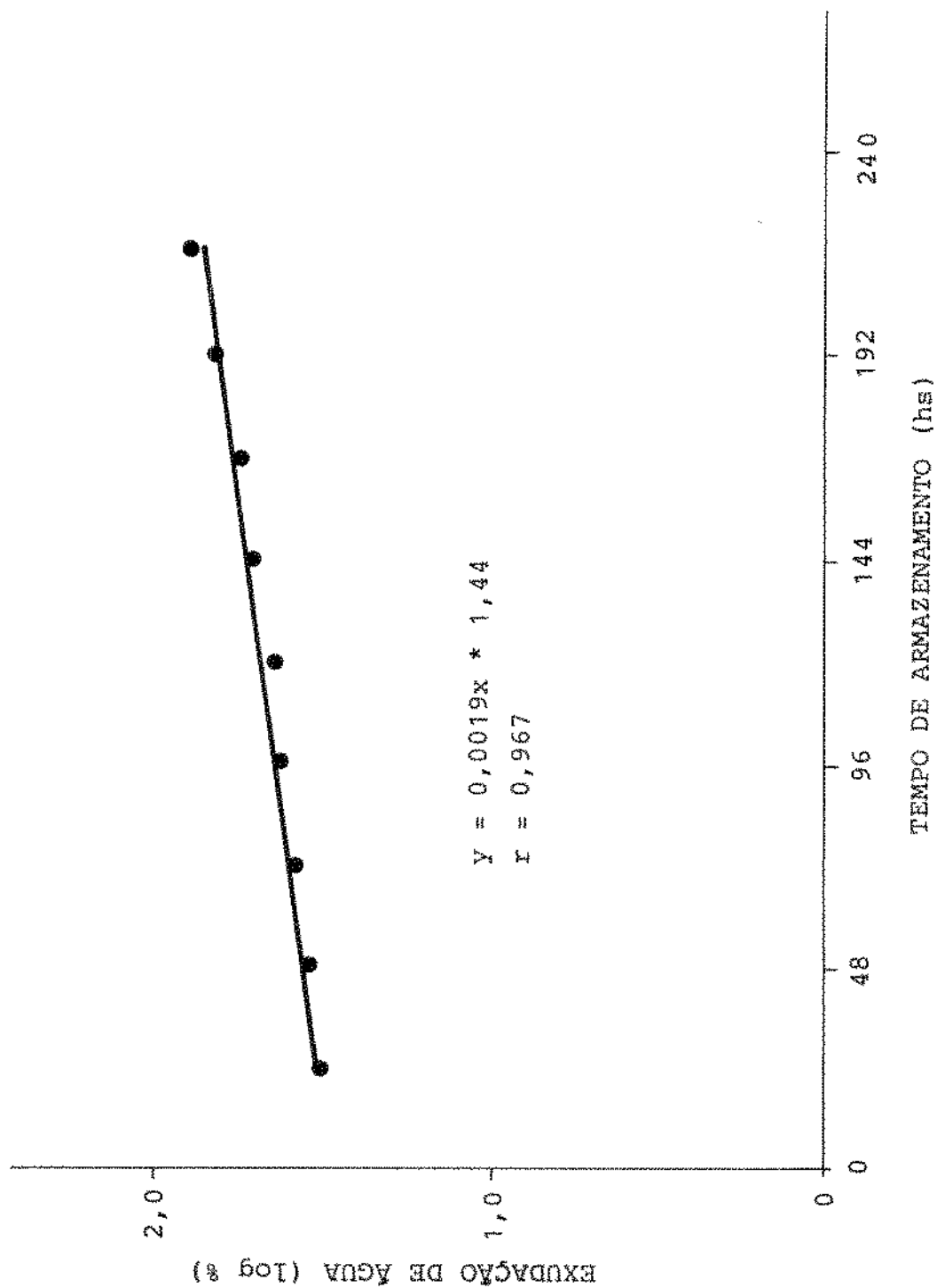


Figura 15 - Efeito do tempo de armazenamento (-2°C) na exudação de água de gel de amido de chuchu (6,5% p/v).

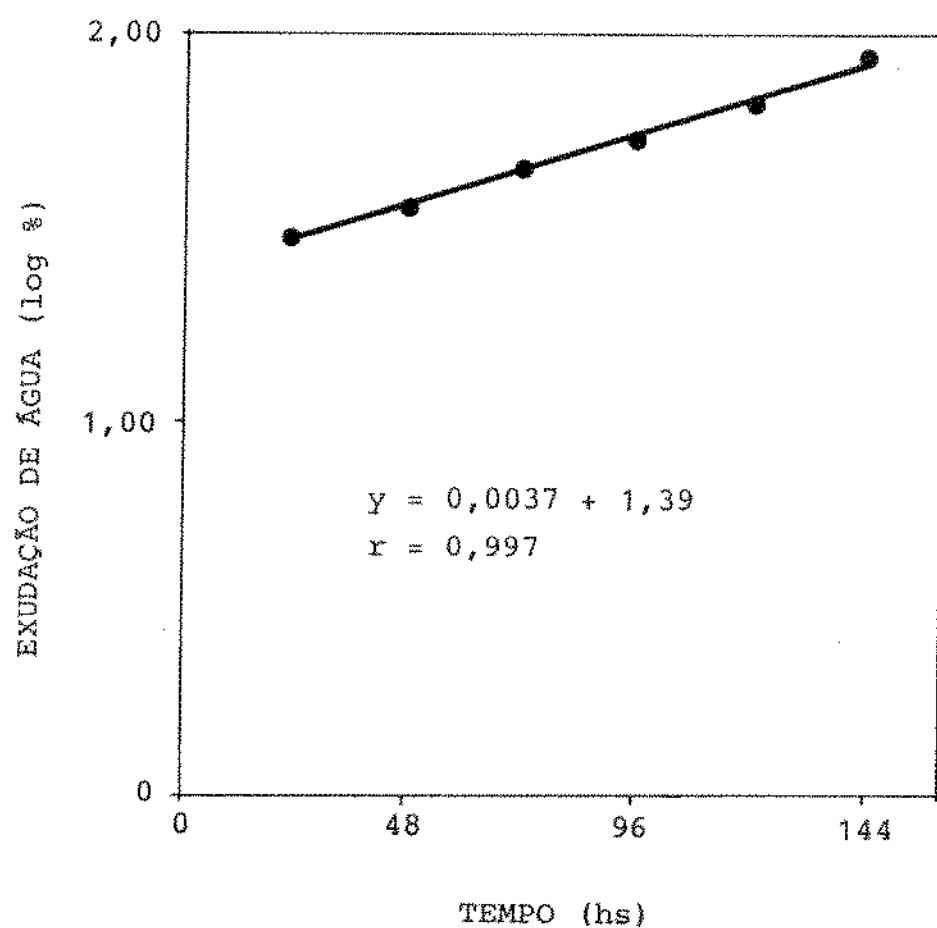


Figura 16 - Efeito de ciclos de congelamento-descongelamento na exu dação de água do gel de amido de chuchu (6,5% p/v).

TABELA XXIII

Teor de Água Exudada Durante Ciclos de Congelamento -
Descongelamento, de um Gel (1) de Amido do
Chuchu Armazenado a - 2°C

Tempo de Armaze- namento (hs)	Número de Ciclos	Água Exudada	
		(%)	(log %)
00	0	00	-
24	1	31	1,49
48	2	36	1,56
72	3	45	1,65
96	4	54	1,73
120	5	67	1,83
144	6	87	1,94

(1) 6,5% (p/v - base de 14% de unidade)

to desta enzima sobre o amido. Cada amido possui uma susceptibilidade enzimática, ou seja, é mais ou menos difícil de ser hidrolisado pelas enzimas. A Tabela XXIV e Figura 17 mostram a produção de maltose provocada pela ação enzimática da alfa-amilase. No início da hidrólise existem grânulos de amido que estão danificados, possivelmente por processos mecânicos, que são susceptíveis ao ataque enzimático e por isto a velocidade de ataque da enzima é bastante alta. A partir de determinado tempo, onde provavelmente os amidos danificados foram hidrolisados, o ataque enzimático começa a ser bem mais lento, até atingir uma reação de ordem zero, em relação ao tempo. Foi determinado o teor de maltose no tempo zero, o que significa a presença de maltose como impureza do amido os demais valores em função do valor no tempo zero. A semelhança da absorção de água, onde o aumento de temperatura provoca uma desestabilização das forças que mantêm a estrutura do grânulo, e com isto ocorre o inchamento, se nesta suspensão houver enzimas, haverá condições desta ter acesso ao interior do grânulo, causando a hidrólise das frações do amido, a níveis bastante baixos, chegando mesmo a uma liquefação da pasta de amido. Dependendo da origem das enzimas, os efeitos dão diferentes. Alfa-amilase de origem bacteriana é mais eficiente do que a fúngica, além de suportar temperaturas mais elevadas.

A Figura 18 mostra o efeito da alfa-amilase de origem bacteriana, em diversas concentrações, sobre as características de pasta de uma suspensão a 6,5% de amido. A Tabela XXV mostra as características de viscosidade desta pasta. A Figura 19 e Tabela XXVI mostram características, usando-se alfa-amilase de origem fúngica. As observações indicam que a alfa-amilase de origem bacteriana é mais eficiente que a fúngica, tanto assim que em uma concentração de 0,05% (58,5 SKB) é suficiente para liquefazer um suspensão de amido a 6,5%, enquanto que uma concentração 30 vezes maior (1755 SKB) de uma enzima fúngica não é capaz de produzir o mesmo efeito. Obser-

TABELA XXIV

Susceptibilidade Enzimática: Efeito de α -amilase
Bacteriana (4000 SKB) sobre Amido Granular de Chuchu

Tempo de Tra- tamento (hs)	Maltose Produ- zida (%)
00	-
10	1,00
18	1,75
30	2,38
42	2,88
66	3,00
90	3,20
114	3,25
138	3,25
162	3,25

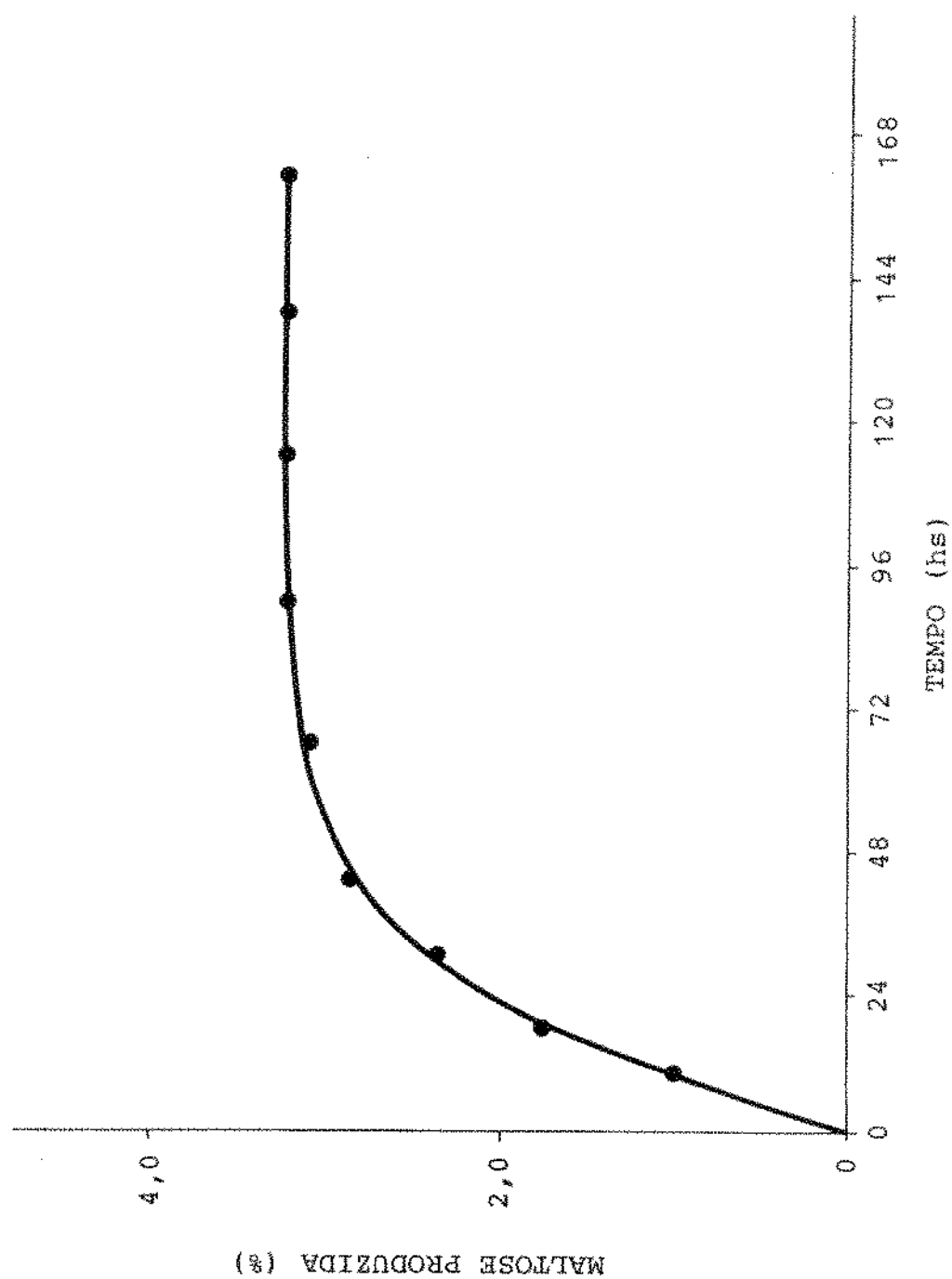


Figura 17 - Efeito de alfa-amilase bacteriana sobre o amido granular de chuchu.

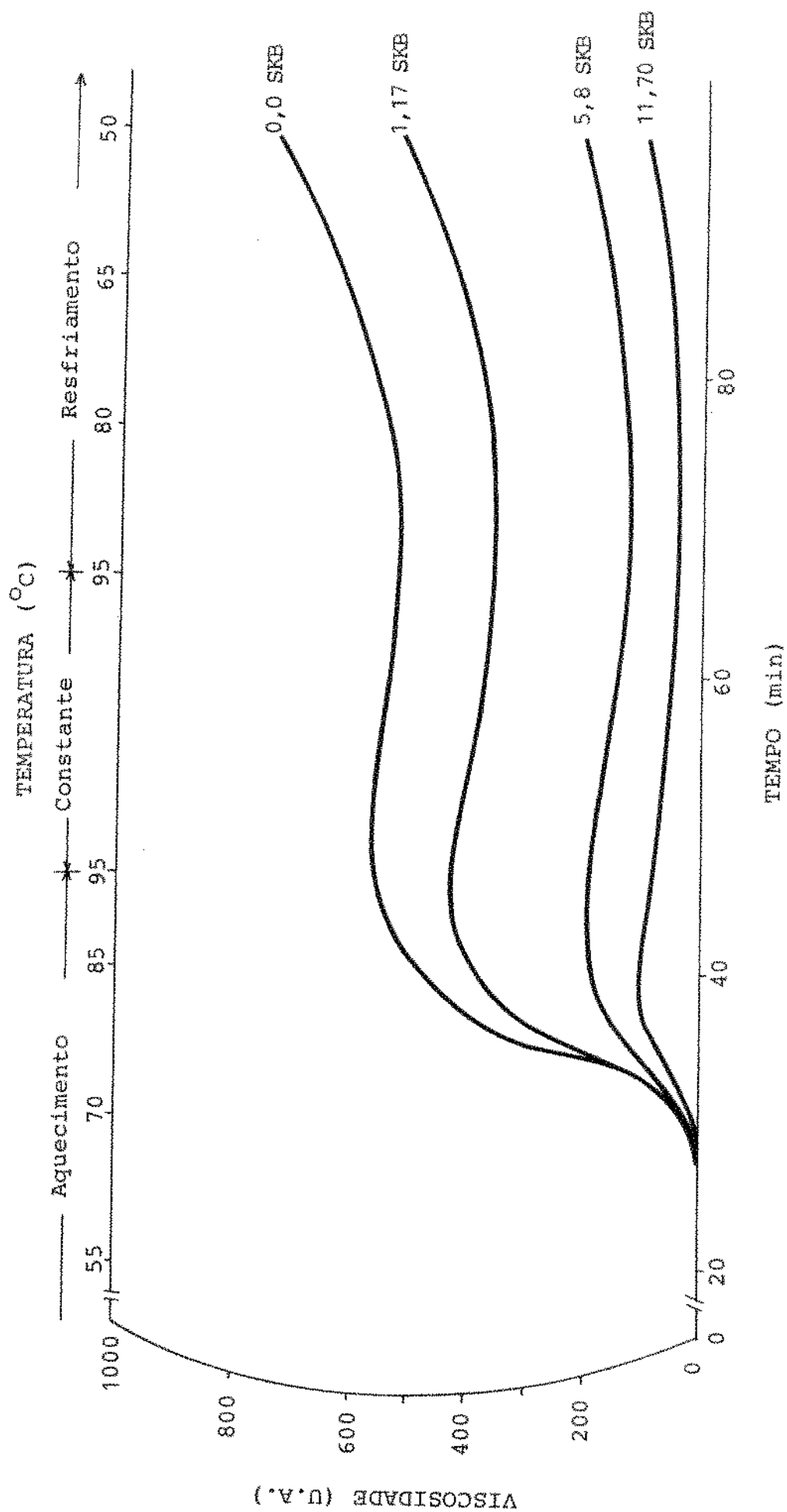


Figura 18 - Efeito de alfa-amilase bacteriana (4000 SKB) sobre as características de viscosidade de amido de chuchu (6,5% p/v).

TABELA XXV

Características de Viscosidade de Amido de Chuchu (1)
Tratado com Alfa-Amilase Bacteriana
em Diferentes Concentrações

Concentração	Temperatura Inicial de Gelatinização (°C)	Temperatura de Viscosidade Máxima (°C)	Viscosidade Máxima (UA)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (UA)	Viscosidade Final a 50°C (UA)
(%)	(SKB)				
0,0	0,0	70	95	560	530
0,001	1,17	73	95	420	380
0,005	5,85	73	95	190	150
0,010	11,70	73	84	110	70
0,050	58,50	-	-	-	-

(1) Suspensão a 6,5% (p/v - Base de 14% de umidade)

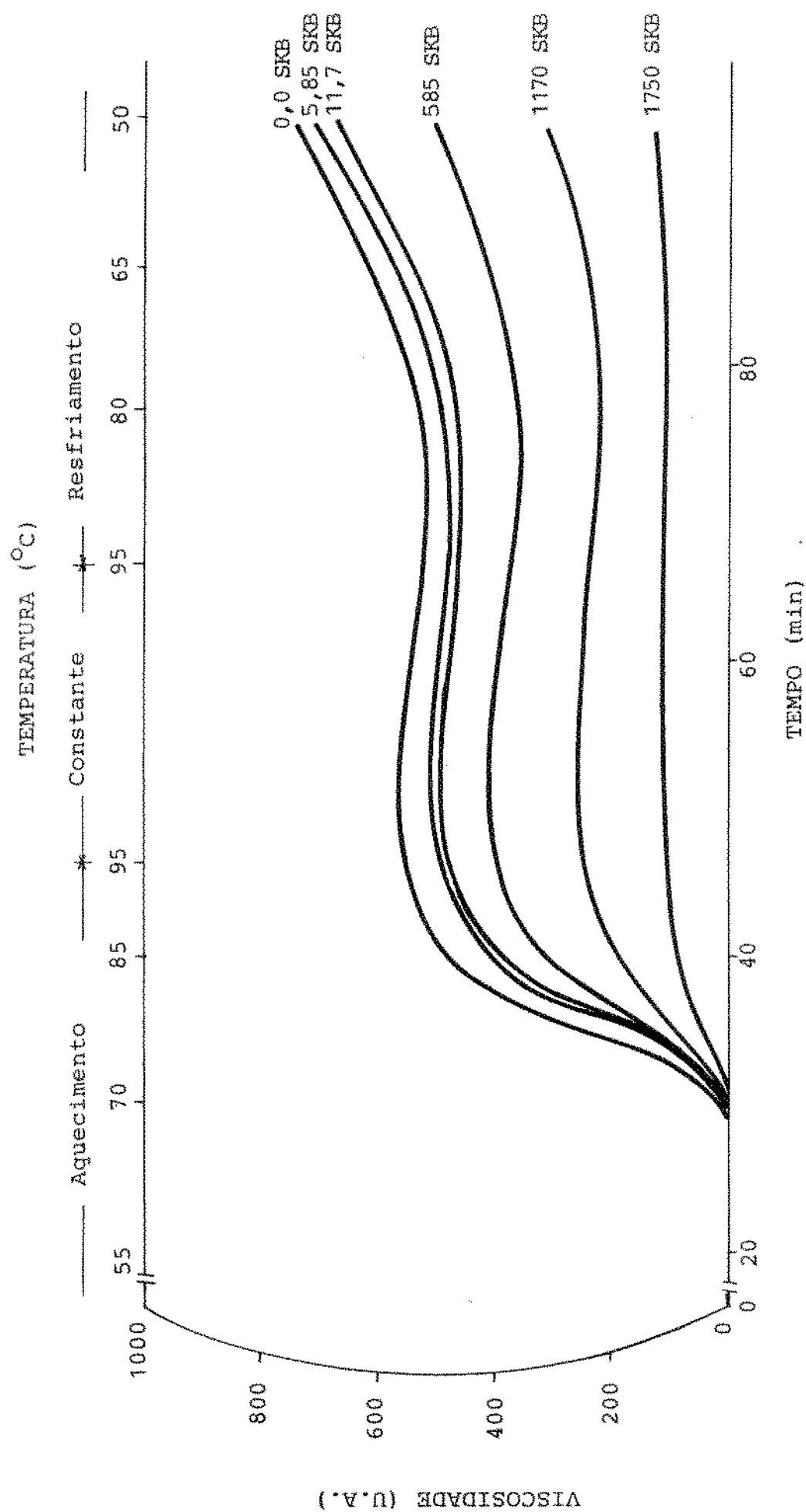


Figura 19 - Efeito de alfa-amilase fúngica (4000 SKB) sobre as características de viscosidade de amido de chuchu (6,5% p/v).

TABELA XXVI

Características de Viscosidade de Amido de Chuchu (1)
Tratado com Alfa-Amilase Fúngica
em Diferentes Concentrações

Concentração		Temperatura Inicial de Gelatinização (°C)	Temperatura de Viscosidade Máxima (°C)	Viscosidade		
(%)	(SKB)			Máxima (UA)	Após 20 Min a 95°C (UA)	Final a 50°C (UA)
0	-	70	95	560	530	750
0,005	5,85	70	95	500	470	720
0,010	11,70	70	95	500	470	700
0,500	585,00	70	95	400	380	500
1,000	1170,00	70	95	250	230	300
1,500	1755,00	70	95	100	90	120

(1) Suspensão a 6,5% (p/v - base de 14% de umidade)

va-se também a temperatura de viscosidade máxima diminui, quando a concentração de enzima bacteriana atingiu 0,01%, mostrando que o grânulo já não tinha condição de absorver mais água, pois sua estrutura já tinha sido alterada pela hidrólise efetuada. A Figura 20 compara a ação de alfa-amilase bacteriana e fúngica, quando adicionadas na concentração de 0,005% (5,85 SKB) enquanto a Figura 21 compara na concentração 0,01% p/p (11,7 SKB). Pode-se observar que a viscosidade máxima foi reduzida apenas em 0,7%, quando se utilizou alfa-amilase fúngica e 66,1%, com alfa-amilase bacteriana, na mesma concentração de 0,005% (5,85 SKB). Dobrando-se a concentração das enzimas (11,7 SKB) o efeito provocado pela enzima fúngica não foi alterado, enquanto a redução provocada pela alfa-amilase bacteriana foi de 80,3%. Efeito semelhante ocorreu com a viscosidade após 20 minutos à 95°C. Enquanto que a redução provocada pela alfa-amilase fúngica manteve-se constante (11,3%), ao se duplicar a concentração, a redução provocada pela alfa-amilase bacteriana aumentou de 71,7% para 86,8%. A redução da viscosidade final a 50°C, passou de 4,0% para 6,7%, quando se aumentou a concentração de enzima fúngica, enquanto que para a bacteriana, a redução mudou de 69,3% para 86,6%. Isto mostra que a alfa-amilase bacteriana é mais eficiente que a fúngica e que pequenas alterações na concentração da mesma traz efeitos nas características de viscosidade. A Tabela XXVII mostra a correlação linear entre as concentrações da alfa-amilase bacteriana e as características de viscosidade da pasta de amido. A correlação linear se situou entre 0,700 e 0,750. Nas mesmas condições, a alfa-amilase de origem fúngica apresentou uma correlação maior que 0,99 conforme indicado na Tabela XXVIII.

As Tabelas XXIX e XXX mostram a correlação linear entre as temperaturas de resfriamento e a viscosidade produzida por diferentes concentrações de alfa-amilase bacteriana e fúngica respectivamente. Em ambos os casos observa-se uma correlação linear superior a 0,950, excetuando-se, nas concentra

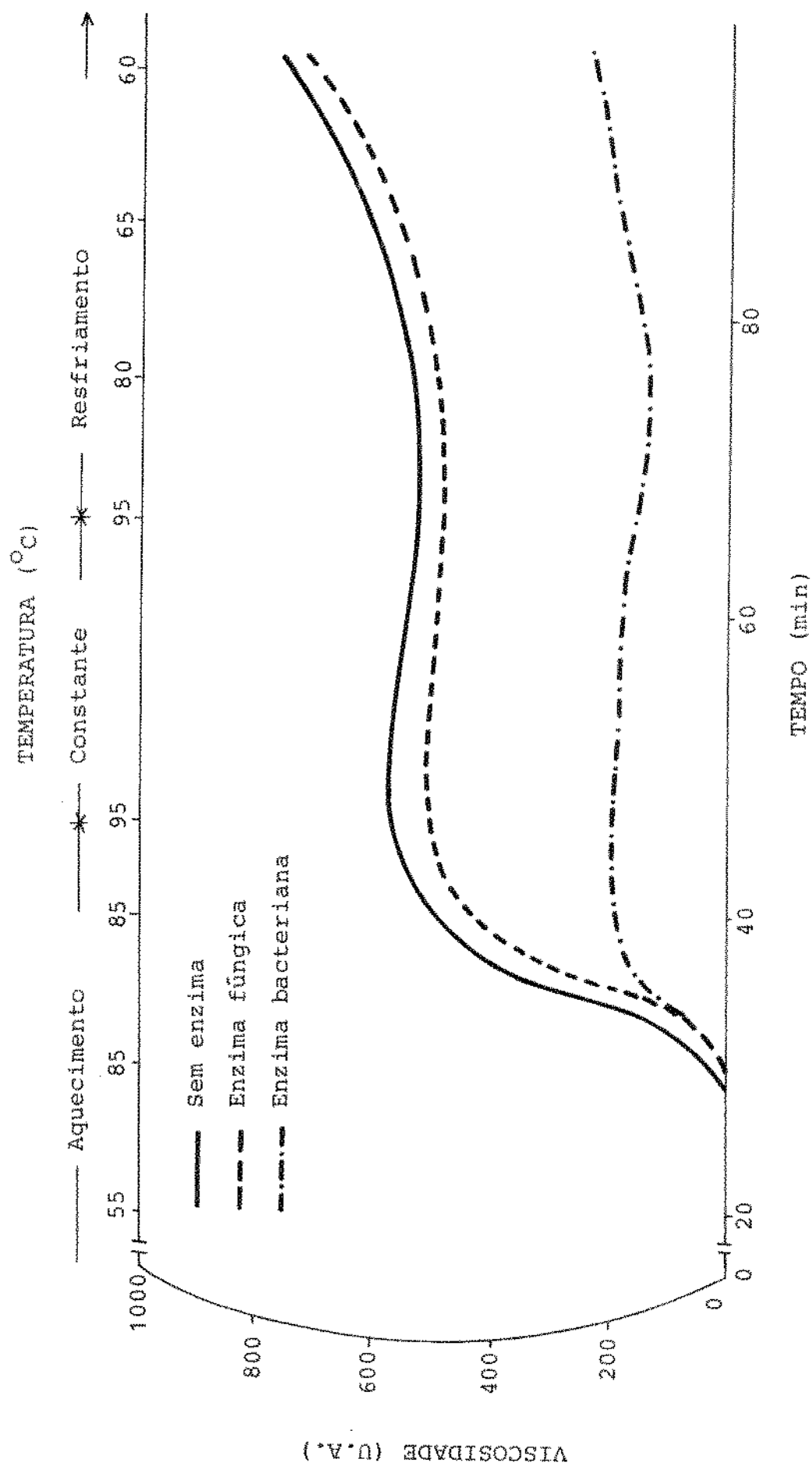


Figura 20 - Efeito de alfa-amilase de diferentes origens sobre o amido de chuchu (suspensão 6,5% p/v - concentração de enzima - 5,8 SKB).

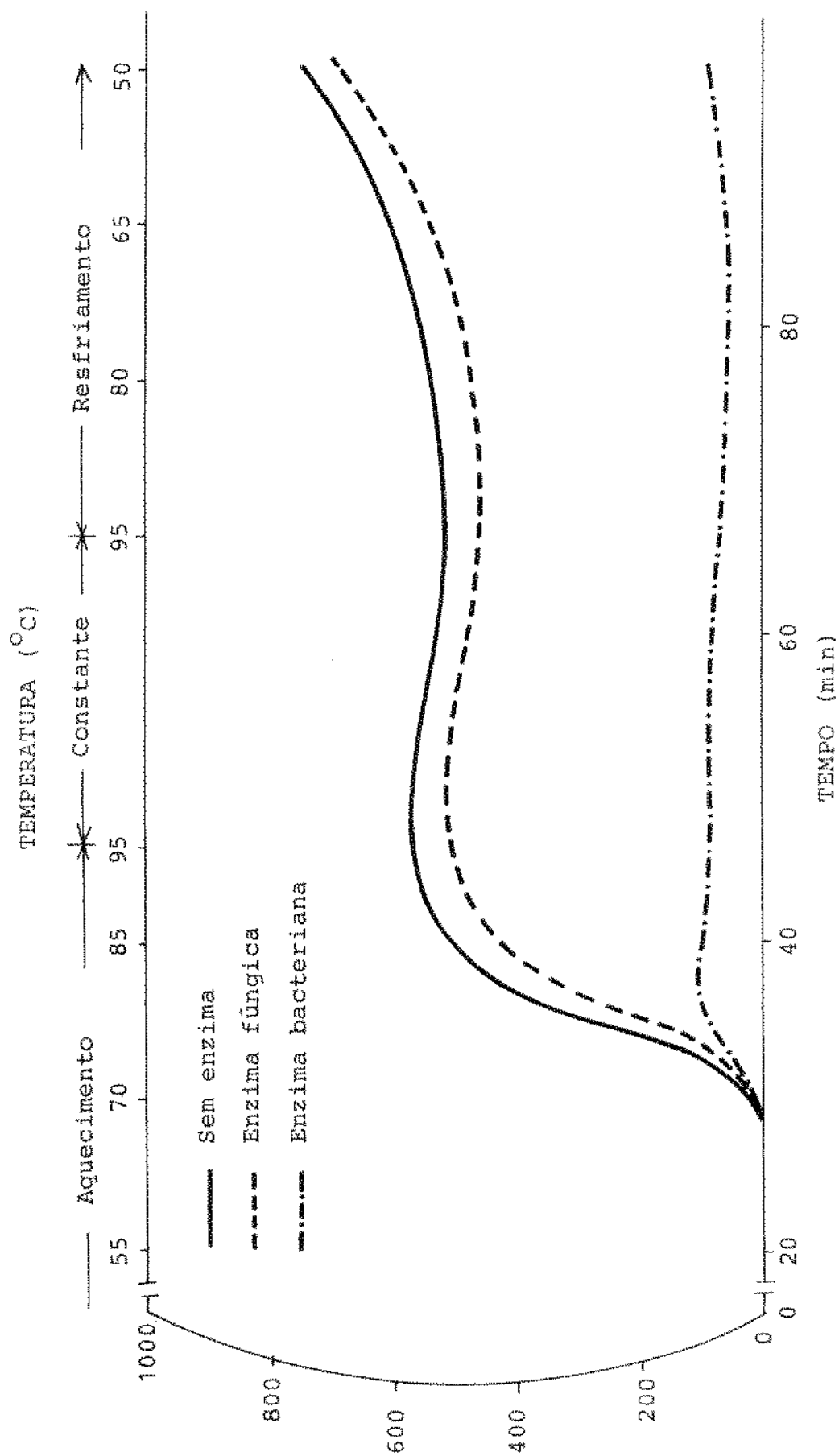


Figura 21 - Efeito de alfa-amilase de diferentes origens sobre o amido de chuchu
(suspensão - 6,5% p/v - concentração de enzima - 11,7 SKB).

TABELA XXVII

Correlação Linear entre Concentração de Alfa-amilase
Bacteriana e Características de Viscosidade da
Pasta de Amido de Chuchu (1)

Característica de Viscosidade	Equação (2)	Correlação
Viscosidade Máxima	$y = -8220,9x + 365$	0,751
Viscosidade após 20 min. a 95°C	$y = -7457,2x + 324$	0,703
Viscosidade Final a 50°C	$y = -10722,6x + 468$	0,713

(1) Suspensão a 6,5% (p/v - base de 14% de umidade)

(2) y = Unidades Amilográficas (UA) - x = concentração% (p/p)

TABELA XXVIII

Correlação Linear entre Concentração de Alfa-amilase
Fúngica e Características de Viscosidade de
Pasta de Amido de Chuchu (1)

Característica de Viscosidade	Equação (2)	Correlação (2)
Viscosidade Máxima	$y = -278,7x + 525$	0,992
Viscosidade após 20 min. a 95°C	$y = -266,2x + 995$	0,992
Viscosidade Final 0 50°C	$y = -409,1x + 720$	0,997

(1) 6,5% (p/v - base de 14% de umidade)

(2) y = Unidades Amilográficas (UA) - x = Concentração % (p/p)

TABELA XXIX

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo de
Resfriamento e Viscosidade de Amido de Chucho
Tratado por Alfa-Amilase Bacteriana

Concentração de Enzima		Retrogradação	
(%)	(SKB)	Equação	Correlação
0,001	1,17	$y = -4,46x + 746$	0,968
0,005	5,85	$y = -2,22x + 328$	0,960
0,010	11,70	$y = -0,77x + 118$	0,874
0,050	58,50	-	-

y = Unidades Amilográficas x = °C

TABELA XXX

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo de
Resfriamento e Viscosidade de Amido de Chucho
Tratado por Alfa-Amilase Fúngica

Concentração de Enzima		Retrogradação	
(%)	(SKB)	Equação	Correlação
0,005	5,85	$y = -5,25x + 934$	0,983
0,010	11,70	$y = -4,98x + 899$	0,972
0,500	585,00	$y = -3,12x + 625$	0,948
1,000	1170,00	$y = -1,93x + 386$	0,952
1,500	1755,00	$y = -1,19x + 199$	0,978
y = Unidades Amilográficas		x = °C	

ções mais elevadas da alfa-amilase bacteriana.

f. Efeito da concentração hidrogeniônica (pH):

De modo geral, a alteração do pH natural do amido, provoca redução na viscosidade do mesmo, com os valores de redução dependendo do pH e do modo como ele é ajustado. Em meio ácido, ocorre hidrólise das frações, diminuindo o tamanho das cadeias, assim como rompendo a estrutura micelar e com isto enfraquecendo a estrutura do grânulo. Em meio alcalino, as hidroxilas desestabilizam as pontes de H inter e intramolecular facilitando a absorção de água, podendo inclusive promover a gelatinização a frio, além de ocorrer rompimento de cadeia, o que também prejudica a integridade do grânulo. A presença de outros ions, como agentes controladores do pH, como os tampões, além dos efeitos anteriormente mencionados, pelo seu grau de hidratação, prejudicam a absorção de água pelos grânulos.

A Figura 22 mostra o efeito de pH (3,0 - 8,0) em amido de chuchu, e a Tabela XXXI relaciona as características de viscosidade do amido nos diferentes pHs. Na circunstância apresentada o pH foi controlado por tampão de ácido cítrico com fosfato bibásico de sódio. Em pH baixo (3,0), a queda de viscosidade intensa foi devida ao ácido cítrico presente, como já esperado. Em pH alcalino houve restrição ao inchamento, o que é mostrado pelo início da gelatinização, que ocorreu em temperatura mais alta que no amido normal. A Tabela XXXII mostra a correlação linear entre as temperaturas durante o ciclo de resfriamento e a viscosidade do amido em pHs controlados por tampão. Em pHs 4,0 e 5,0 observa-se duas fases durante o resfriamento. A primeira delas há uma aceleração na associação molecular observada por um aumento súbito da viscosidade. Provavelmente nesta faixa de temperatura, estes pHs são críticos

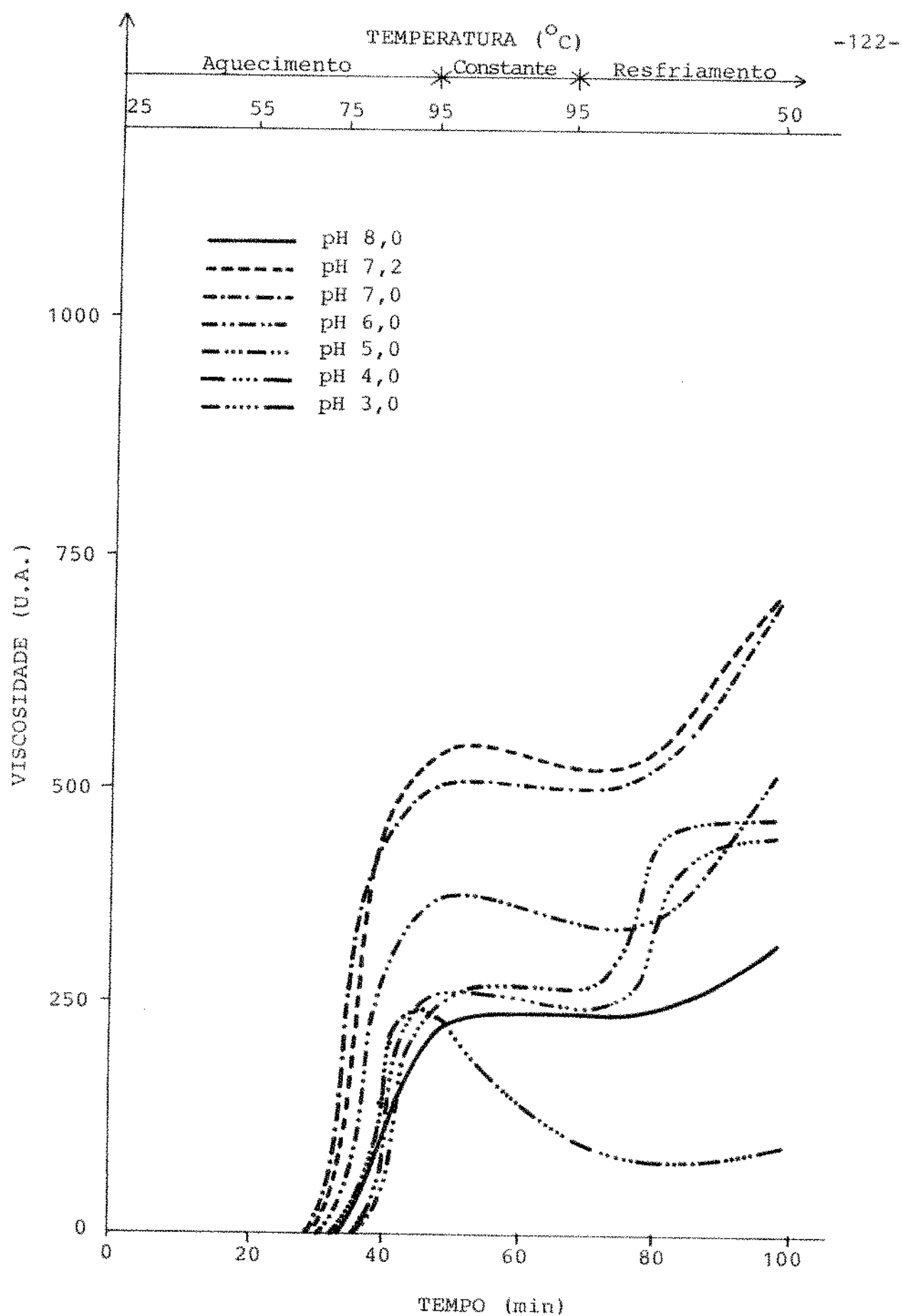


Figura 22 - Efeito de pH controlado por tampão de fosfato bibásico de sódio-ácido cítrico sobre amido de chuchu.

TABELA XXXI

Características de Viscosidade de Amido de Chuchu (1) em
Diferentes pHs Controlados por um Tampão de Fosfato
Bibásico de Sódio - Ácido Cítrico

pH	Temperatura Inicial de Gelatinização (°C)	Temperatura de Viscosidade Máxima (°C)	Viscosidade Máxima (UA)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (UA)	Viscosidade Final a 50°C (UA)
7,2	70	95	560	530	740
8,0	76	94	240	270	340
7,0	70	94	520	510	740
6,0	73	94	390	360	530
5,0	79	94	280	280	510
4,0	79	94	280	270	450
3,0	76	88	260	120	110

(1) Suspensão de 6,5% (p/v - base de 14% de unidade)

TABELA XXXII

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e
Viscosidade de Amido de Chucho em Diferentes pHs, Controlados
por Tampão de Fosfato Bibásico de Sódio - Ácido Cítrico

pH	Faixa de Temperatura (°C)	Retrogradação	
		Equação	Correlação
7,2	95 - 50	$Y = - 6,64x + 1075$	0,996
8,0	95 - 50	$Y = - 1,92x + 416$	0,942
7,0	95 - 50	$Y = - 4,82x + 940$	0,879
6,0	95 - 50	$Y = - 4,60x + 732$	0,958
5,0	95 - 81	$Y = - 6,00x + 824$	0,810
	80 - 50	$Y = - 2,28x + 621$	0,963
4,0	95 - 78	$Y = - 2,48x + 482$	0,830
	77 - 50	$Y = - 1,52x + 523$	0,836
3,0	95 - 50	$Y = + 0,083x + 87$	0,181

Y = Unidades Amilográficas

x = °C

para a associação molecular favorecendo as forças de atração. Na segunda fase, o aumento de viscosidade ocorre lentamente. A Figura 23 mostra amilogramas obtidos em diferentes pHs controlados por HCl 1N ou NaOH 1N. A Tabela XXXIII expressa as características de viscosidade obtidas a partir destes amilogramas. Pode-se observar pelos amilogramas que ocorre a presença de duas fases no resfriamento também no pH 3,0, além das mencionadas nos pHs 4,0 e 5,0. A Tabela XXXIV mostra a correlação linear entre as temperaturas durante o ciclo de resfriamento e as viscosidades, nos diferentes pHs controlados por ácido ou base. A Figura 24 mostra o efeito de pH, controlado por tampões e ácido ou base, sobre a viscosidade máxima e final do amido de chuchu. Torna-se evidente que o efeito do tampão é mais intenso sobre as duas características, sendo este efeito provocado pela presença dos ânions citrato e fosfato.

B. EFEITO DE ALGUNS INGREDIENTES USADOS EM ALIMENTOS, SOBRE O AMIDO DE CHUCHU

Os efeitos dos ingredientes usados em alimentos preparados ou normalmente presente em alimentos naturais, sobre o amido também presente nestes alimentos, são diferentes para cada um isoladamente, resultando em efeito global, no produto acabado. Alguns destes ingredientes foram usados neste trabalho.

1. Efeito de óleo comestível e emulsificantes:

Vários trabalhos foram desenvolvidos nesta área e mostram que óleo comestível possui pouca influência sobre o amido, enquanto os emulsificantes, devido a sua capacidade de se

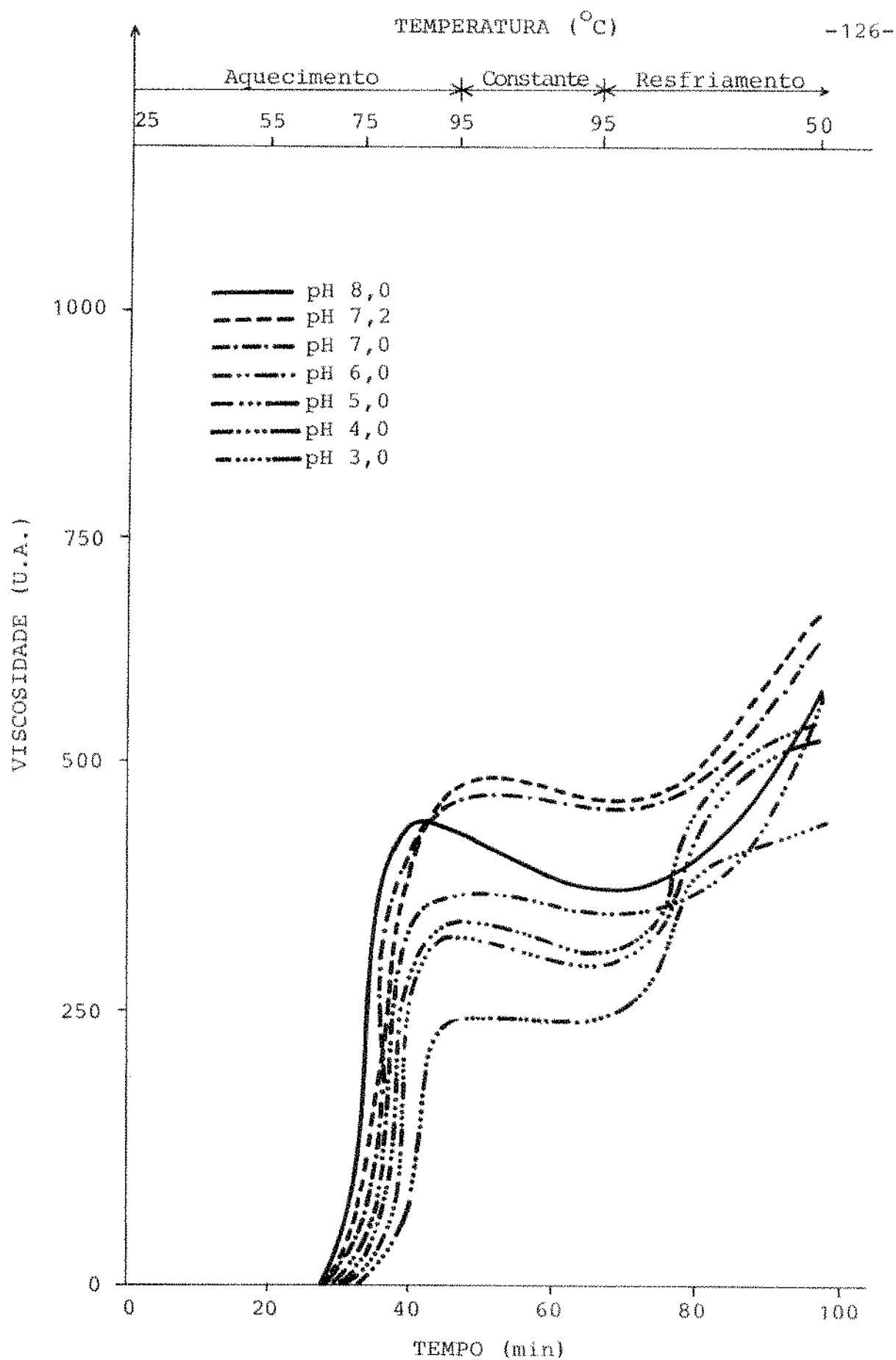


Figura 23 - Efeito de pH controlado por ácido ou álcali sobre o amido de chuchu.

TABELA XXXIII

Características de Viscosidade de Amido de Chuchu (1) em
Diferentes pHs Controlados por Ácido ou Alkali
(HCl 1N ou NaOH 1N)

pH	Temperatura Inicial de Gelatinização (°C)	Temperatura de Viscosidade Máxima (°C)	Viscosidade Máxima (UA)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (UA)	Viscosidade Final a 50°C (UA)
7,2	70	95	560	530	740
8,0	68,5	88	510	430	650
7,0	70	95	540	510	720
6,0	73	91	430	410	660
5,0	73	91	400	370	630
4,0	73	94	390	360	610
3,0	73	94	300	390	510

(1) Suspensão a 6,5% (p/v - base de 14% de umidade)

TABELA XXXIV

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento
e Viscosidade de Amido de Chuchu em Diferentes pHs,
Controlados por HCl 1N ou NaOH 1N

pH	Faixa de Temperatura (°C)	Retrogradação	
		Equação	Correlação
7,2	95 - 50	$y = - 5,64x + 1075$	0,996
8,0	95 - 50	$y = - 5,16x + 881$	0,969
7,0	95 - 50	$y = - 5,70x + 1022$	0,975
6,0	95 - 50	$y = - 5,85x + 903$	0,929
5,0	95 - 75	$y = - 9,17x + 1189$	0,901
	74 - 50	$y = - 3,79x + 817$	0,996
4,0	95 - 75	$y = - 7,86x + 1066$	0,930
	74 - 50	$y = - 4,15x + 818$	0,991
3,0	95 - 75	$y = - 9,64x + 1169$	0,951
	74 - 50	$y = - 2,05x + 610$	0,976
y = Unidades Amilográficas		x = °C	

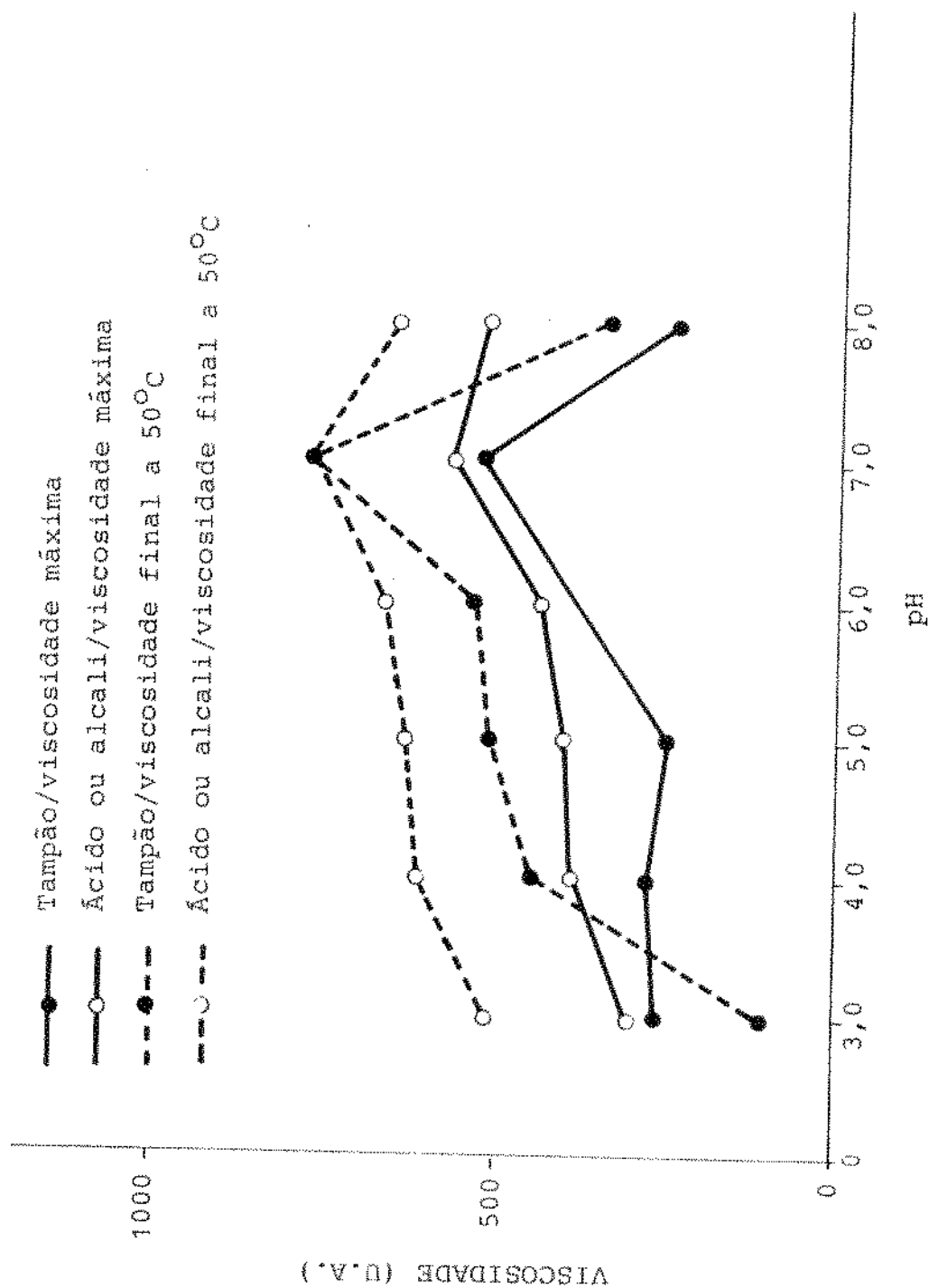


Figura 24 - Efeito de pH controlado por tampão de fosfato de sódio-ácido cítrico e por ácido/alcali sobre a viscosidade máxima e viscosidade final a 50°C.

complexar com amilose, exercem efeitos mais marcantes sobre o amido, com a consequente melhoria das características dos produtos, notadamente no que se refere à retrogradação. A Figura 25 mostra o efeito de óleo de soja comercial, sobre o amido de chuchu. Pode-se notar que praticamente nenhuma alteração foi observada. O aumento provocado na viscosidade máxima pode ser atribuído ao aumento da concentração de sólidos na suspensão, enquanto a manutenção desta viscosidade durante a fase de temperatura constante se deve ao efeito lubrificante do óleo. A viscosidade final a 50°C, praticamente não foi alterada. A Tabela XXXV mostra as características de viscosidade do amido, baseada na Figura 25. A Tabela XXXVI mostra a taxa de mudança em %, do tratamento com óleo comestível. Os dados indicam pouca influência sobre o amido de chuchu. A correlação linear entre a temperatura durante a fase de resfriamento e a viscosidade está apresentada na Tabela XXXVII. Observa-se uma correlação igual a 1,00, para todas as concentrações de óleo estudados. A Figura 26 mostra amilogramas do amido de chuchu tratado por DIMODAN, um emulsificante formado por mono glicerídeo destilado. O aumento da temperatura inicial de gelatinização indicou que este emulsificante restringe o inchamento do grânulo até uma temperatura em torno de 80°C. Não houve diferença entre as três concentrações testadas. A partir desta temperatura a absorção a ser rápida e intensa, o que é mostrado pela quase verticalidade do aumento de viscosidade. A presença do emulsificante no interior do grânulo, torna-o mais elástico, permitindo uma maior absorção de água e consequentemente uma maior viscosidade máxima. Neste ponto, a concentração de 0,5% não alterou a viscosidade máxima, mas a 1,0% e 1,5% a viscosidade foi aumentada, embora o efeito entre as duas não tenha sido diferentes. Os formatos das curvas mostraram uma maior resistência à ação mecânica, durante a fase de temperatura constante a 95°C. Durante a fase de resfriamento, a presença do emulsificante favoreceu a associação mo-

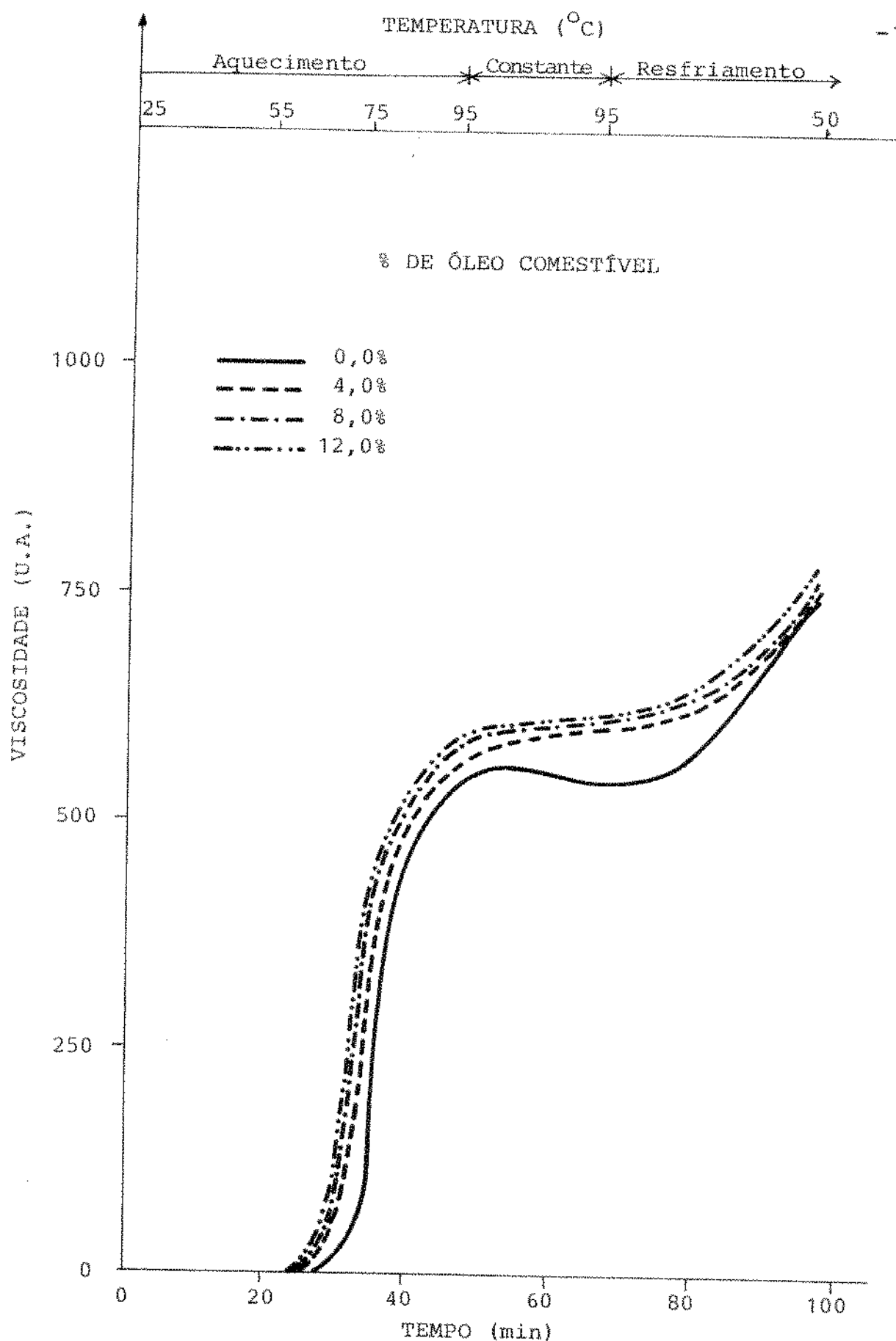


Figura 25 - Efeito de óleo comestível (soja) sobre as características de viscosidade do amido de chuchu.

TABELA XXXV

Características de Viscosidade de Amido de Chuchu (1) em
Presença de Óleo Comestível

Concentração de Óleo (% - p/p)	Temperatura Inicial de Gelatinização (°C)	Temperatura de Viscosidade Máxima (°C)	Viscosidade Máxima (UA)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (UA)	Viscosidade Final a 50°C (UA)
0,0	70	95	540	540	790
4,0	70	95	560	570	700
8,0	70	95	570	570	710
12,0	70	95	580	600	720

(1) Suspensão a 6,5% (p/v - base de 14% de unidade)

TABELA XXXVI

Taxas de Mudanças (1) nas Características de
Viscosidade de Amido de Chuchu
Provocadas por óleo comestível

Concentração de Óleo (% - p/p)	Viscosidade Máxima (%)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (%)	Viscosidade Final a 50°C (%)
4,0	+ 3,7	+ 5,6	0,0
8,0	+ 5,6	+ 5,6	+ 1,4
12,0	+ 7,4	+ 11,1	+ 2,9

(1) TM (%) = Tratado - Não Tratado x 100

Não Tratado

TABELA XXXVII

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo
de Resfriamento e Viscosidade do Amido de Chuchu,
Tratado com Óleo Comestível

Concentração de Óleo (% - p/p)	Retrogradação	
	Equação	Correlação
4	$y = -2,38x + 812$	1,00
8	$Y = -2,62x + 834$	1,00
12	$y = -3,10x + 878$	1,00

y = Unidades Amilográficas - x = °C

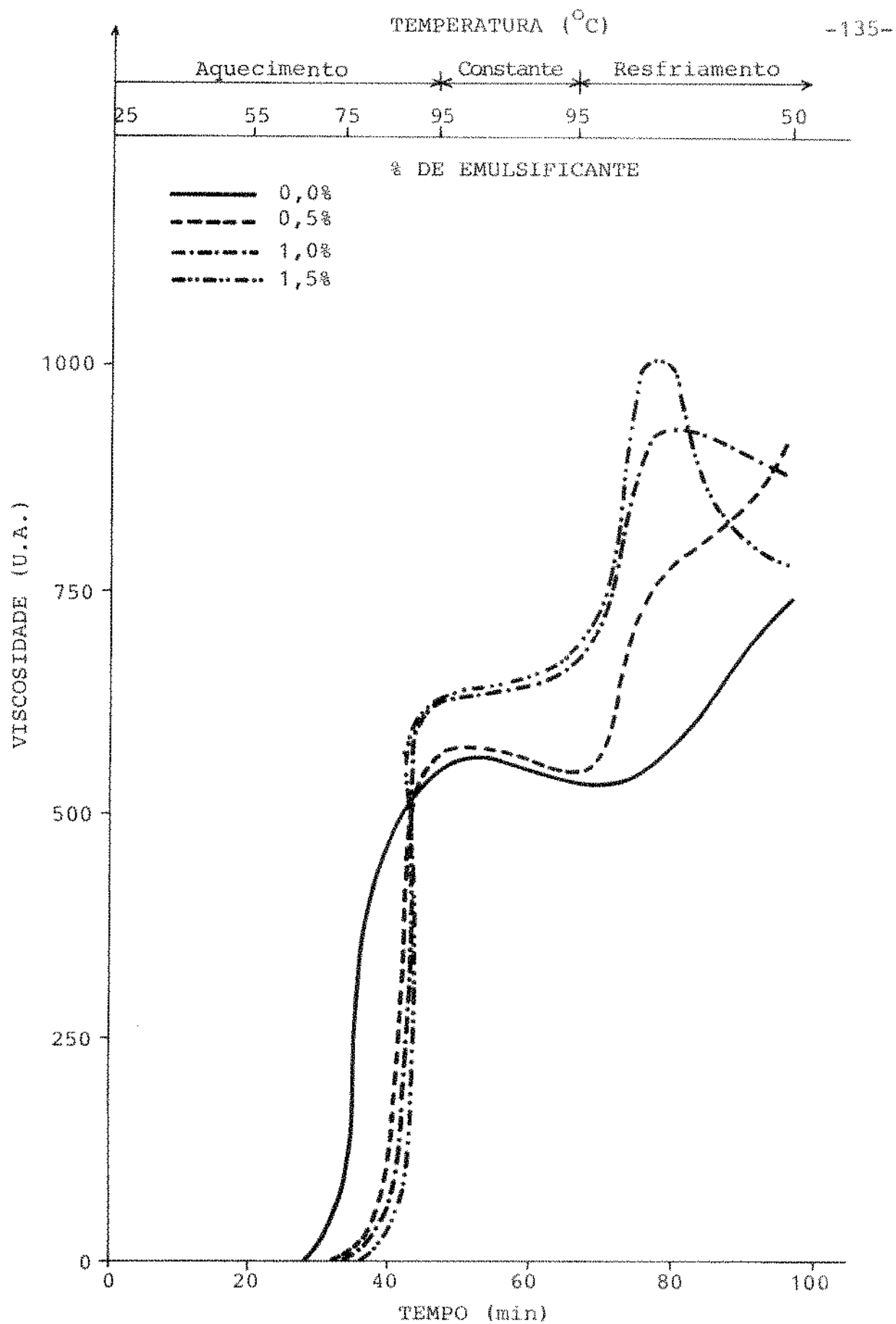


Figura 26 - Efeito de emulsificante (DIMODAN PM) sobre as características de viscosidade do amido de chuchu.

lecular mostrado pelo aumento da viscosidade nesta fase. Dois fenômenos devem estar ocorrendo nesta fase. O primeiro deles se refere à formação de uma rede tridimensional entre os grânulos, pela associação de moléculas saindo do interior do mesmo, já que o emulsificante neste caso favorece integridade do grânulo e o outro fenômeno que deve ser considerado é que a amilose se apresenta parcialmente espiralada e parcialmente distendida. Na presença do emulsificante que se complexará em suas extremidades, a molécula de amilose se torna mais rígida, tendo assim dificultado o seu dobramento e aumentando o raio de giro, com o conseqüente aumento de viscosidade, ao mesmo tempo que se impede a reassociação molecular, ou seja, a retrogradação.

A partir de 78°C começa a haver uma queda na viscosidade, sendo esta queda proporcional à concentração, nas concentrações acima de 1%. O efeito da complexação, diminuindo a retrogradação, só será observada em temperaturas inferiores a 78°C. A Tabela XXXVIII mostra as características de gelatinização do amido de chuchu tratados por DIMODAN em três concentrações. A Tabela XXXIX apresenta as taxas de mudanças (%) provocados por concentrações deste emulsificante, observando-se que até 1% de emulsificante a viscosidade máxima e a viscosidade após 20 minutos a 95°C são aumentados, não alterando a partir daí, com o aumento da concentração. A Tabela XL mostra a correlação linear entre a temperatura durante o ciclo de resfriamento e viscosidade do amido, sob efeito de concentrações diferentes de mono glicerídeos. Na concentração de 0,5%, houve uma correlação inversa, enquanto que nas outras duas, esta correlação foi inversa até 78°C e a partir desta até 50°C a correlação foi direta. A Figura 27 apresenta amilogramas de amido de chuchu tratados por EMULDAN, um emulsificante formado por monoglicerídeo obtidos a partir de óleo comestível vegetal, contendo 40% de monoglicerídeo, no mínimo. Observa-se uma restrição ao inchamento, havendo uma ligeira queda na vis

TABELA XXXVIII

Características de Viscosidade de Amido de Chucho (1) em
Presença de Emulsificante (DIMODAN PM)

Concentração de Emulsificante (% - p/v)	Temperatura Inicial de Gelatinização (°C)	Temperatura de Viscosidade Máxima (°C)	Viscosidade Máxima (UA)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (UA)	Viscosidade Final a 50°C (UA)
0	70	95	540	530	740
0,5	82	95	560	540	920
1,0	82	95	630	640	870
1,5	85	95	630	640	780

(1) Suspensão a 6,5% (p/v - base de 14% de umidade)

TABELA XXXIX

Taxas de Mudanças (1) nas Características de Viscosidade
de Amido de Chucho Provocadas por
Emulsificante (DIMODAN PM)

Concentração de Emulsificante (% - p/p)	Viscosidade Máxima (%)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (%)	Viscosidade Final a 50°C (%)
0,5	+ 3,70	+ 1,89	+ 24,32
1,0	+ 16,67	+ 20,75	+ 17,57
1,5	+ 16,67	+ 20,75	+ 5,41

(1) TM (%) = Tratado - Não Tratado x 100
Não Tratado

TABELA XL

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade de Amido de Chucho em Presença de Emulsificante (DIMODAN PM)

Concentração de Emulsificante (% - p/p)	Faixa de Temperatura (°C)	Equação	Correlação
0,50	95 - 50	$y = - 7,87x + 1331$	0,937
	95 - 78	$y = -19,81x + 2504$	0,974
1,50	77 - 50	$y = + 2,78x + 729$	0,993
	95 - 81	$y = -27,00x + 3149$	0,956
	81 - 50	$y = 5,83x + 475$	0,629

y = Unidades Amilográficas

x = °C

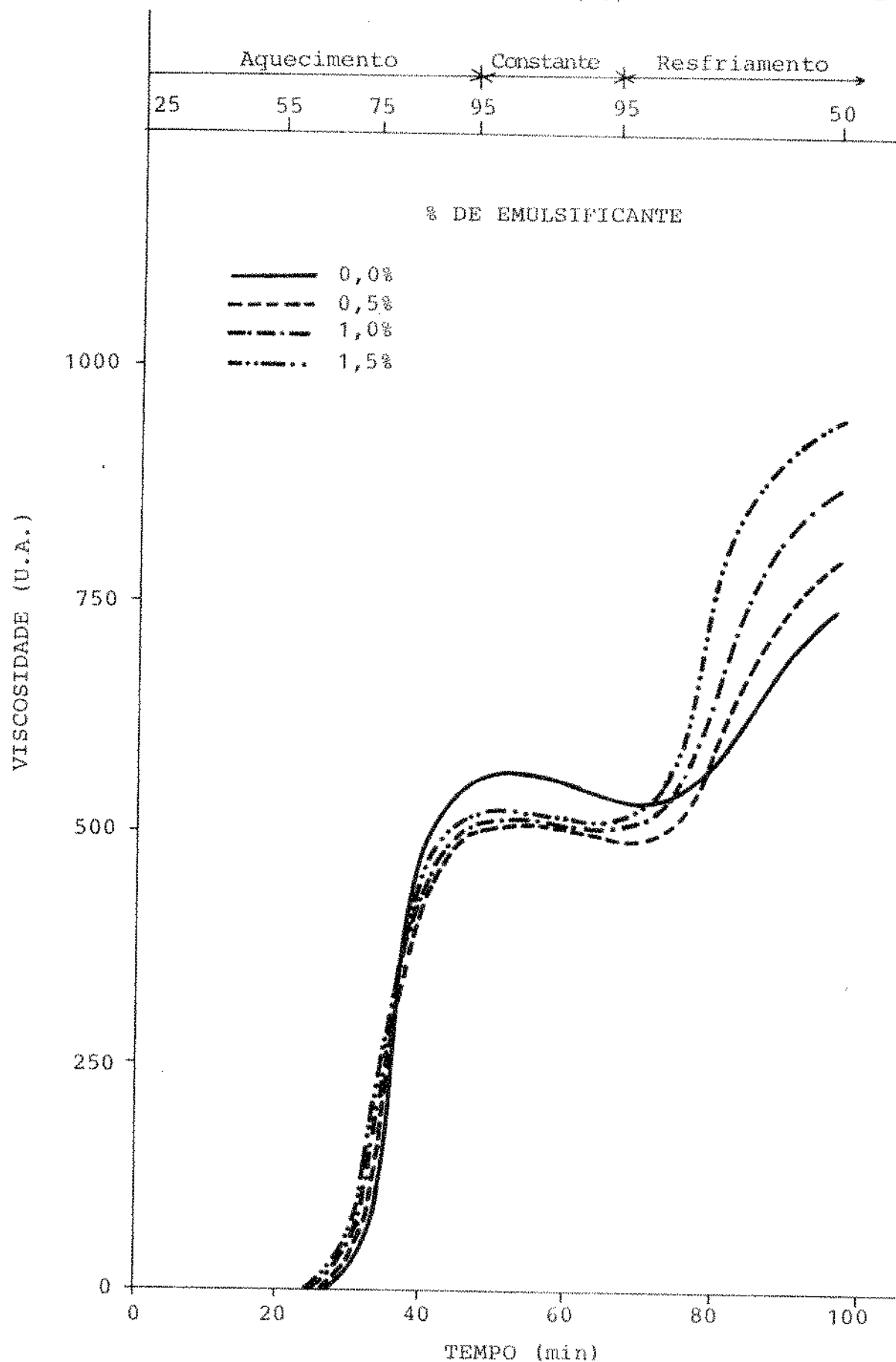


Figura 27 - Efeito de emulsificante (EMULDAN HSB 40) sobre as características de viscosidade do amido de chuchu.

cosidade máxima, conforme pode-se notar na Tabela XLI. Esta queda foi na ordem de 8%, em todas as concentrações analisadas. A viscosidade após 20 minutos a 95°C também foi diminuída da mesma maneira, embora o efeito tenha sido menor. Durante a fase de resfriamento observa-se um aumento da viscosidade, crescente em relação à concentração. Como já foi dito em relação ao emulsificante anterior, também neste caso o emulsificante favoreceu a saída da amilose, em relação ao não tratado, além da formação de interações intergranular. Pelo fato de que o teor de mono glicerídeo neste emulsificante seja considerado baixo (cerca de 40%), só se observa uma ligeira tendência de queda na viscosidade durante o resfriamento, a partir da temperatura de 69°C, na concentração acima de 1,0%. A Tabela XLII mostra o efeito, em termos percentuais, deste emulsificante, assim como a Tabela XLIII mostra a correlação linear entre a temperatura de resfriamento e a viscosidade. Um terceiro emulsificante testado foi ACIDAN, um mono glicerídeo, contendo ácido cítrico neutralizado. A Figura 28 mostra os amilogramas obtidos e a Tabela XLIV expressa os valores extraídos dos amilogramas. Uma vez que o mono glicerídeo destilado apresenta uma restrição ao inchamento, como visto anteriormente, ao se analisar a temperatura inicial de gelatinização de DIMODAN e que mono glicerídeo obtido de óleo comestível não altera esta temperatura, principalmente pelo baixo teor em mono glicerídeo puro existente, deve-se acreditar que no caso de mono glicerídeo em presença de ácido cítrico, a viscosidade máxima seja diminuída em função do efeito do citrato, mas a viscosidade final seja aumentada pela complexação emulsificantes-amilose. A Tabela XLV mostra a taxa de mudança (%) provocada por este emulsificante. Observa-se que o efeito da concentração é notado somente na fase de resfriamento, aliás como já esperado, só que neste caso, o efeito é maior que o anterior, no que diz respeito ao aumento de viscosidade, indicando um menor efeito na retrogradação quando com

TABELA XLI

Características de Viscosidade de Amido de Chuchu (1) em
Presença de Emulsificante (EMULDAN HSB 40)

Concentração de Emulsificante (% - p/p)	Temperatura Iní- cial de Gelati- nização (°C)	Temperatura de Viscosidade Má- xima (°C)	Viscosidade Máxima (UA)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (UA)	Viscosidade Final a 50°C (UA)
0,0	70	95	540	530	740
0,5	70	95	500	490	810
1,0	70	95	500	490	870
1,5	70	95	500	510	950

(1) Suspensão a 6,5% (p/v - base de 14% de umidade)

TABELA XLII

Taxas de Mudanças (1) nas Características de Viscosidade
de Amido de Chucho Provocadas por
Emulsificantes (EMULDAN HSB 40)

Concentração de Emulsificante (% - p/p)	Viscosidade Máxima (%)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (%)	Viscosidade Final a 50°C (%) ²
0,5	- 8,0	- 7,5	+ 9,5
1,0	- 8,0	- 7,5	+ 17,6
1,5	- 8,0	- 3,8	+ 28,4

(1) TM (%) = Tratado - Não Tratado x 100
Não Tratado

TABELA XLIII

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo
de Resfriamento e Viscosidade do Amido de Chuchu,
em Presença de Emulsificante (EMULDAN HSB 40)

Concentração de Emulsificante (% - p/p)	Retrogradação	
	Equação	Correlação
0,5	$y = -8,36x + 1231$	0,986
1,0	$y = -10,19x + 1441$	0,981
1,5	$y = -11,96x + 1608$	0,974

y = Unidades Amilográficas - x = °C

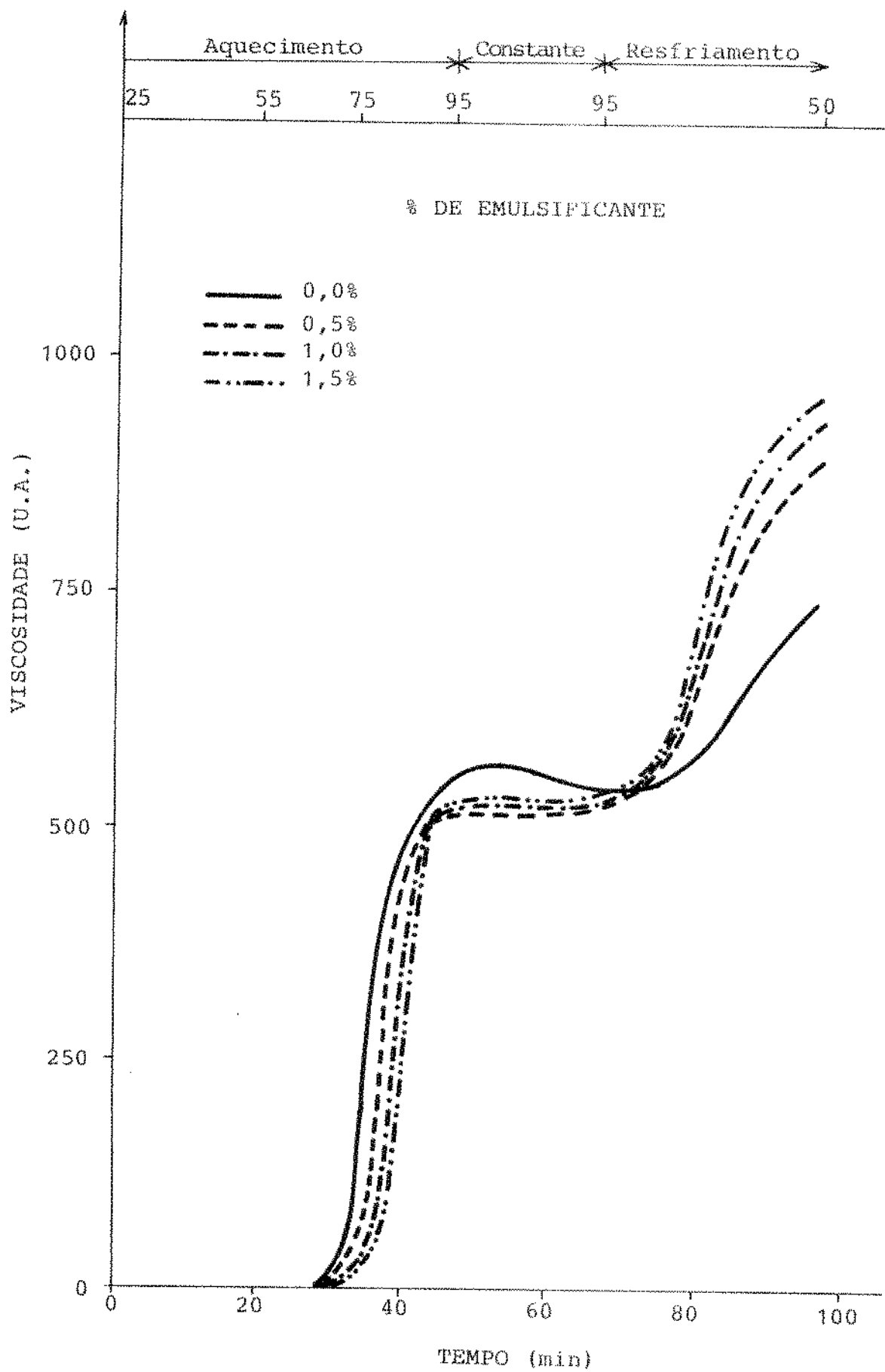


Figura 28 - Efeito de emulsificante (ACIDAN N 12) sobre as características de viscosidade do amido de chuchu.

TABELA XLIV

Características de Viscosidade de Amido de Chuchu (1) em
Presença de Emulsificante (ACIDAN N 12)

Concentração de Emulsificante (% - p/v)	Temperatura Inicial de Gelatinização (°C)	Temperatura de Viscosidade Máxima (°C)	Viscosidade Máxima (UA)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (UA)	Viscosidade Final a 50°C (UA)
0,0	70	95	540	530	740
0,5	72	95	520	520	900
1,0	74	95	520	520	930
1,5	75	95	520	520	960

(1) Suspensão a 6,5% (p/v - base de 14% de umidade)

TABELA XLV

Taxas de Mudanças (1) nas Características de Viscosidade
de Amido de Chucho Provocadas por
Emulsificantes (ACIDAN N12)

Concentração de Emulsificante (%)	Viscosidade Máxima (%)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (%)	Viscosidade Final a 50°C (%)
0,5	- 3,70	-1,89	+ 21,62
1,0	- 3,70	-1,89	+ 25,68
1,5	- 3,70	-1,89	+ 29,73

(1) TM (%) = $\frac{\text{Tratado} - \text{Não Tratado}}{\text{Não Tratado}} \times 100$

parado com os demais. A Tabela XLVI, mostra que houve pouca diferença entre os efeitos das diferentes concentrações (coeficientes angulares das três retas semelhantes). A Figura 29 apresenta amilogramas de PANODAN, um emulsificante constituído de mono glicerídeo mais ácido tartárico diacetilado em presença de ortofosfato de cálcio. Observa-se pouca influência deste emulsificante, como indicam os dados da Tabela XLVII. O efeito mais marcante ocorre na viscosidade máxima que é diminuída com o aumento de concentração do emulsificante, devido à presença de sais como o ortofosfato de cálcio. A Tabela XLVIII mostra a taxa de mudança (%) deste emulsificante. A Tabela XLIX apresenta a correlação entre a temperatura de resfriamento e a viscosidade. Observa-se pouca diferença nos efeitos provocados por este emulsificante.

A Figura 30 apresenta os amilogramas obtidos com diferentes concentrações de GATODAN, que é um emulsificante formado por éster de ácidos graxos e álcoois diferentes - glicerol e propileno glicol. A temperatura de gelatinização foi aumentada, à semelhança do que ocorrera com o mono glicerídeo destilado (DIMODAN), mas em menor grau. A viscosidade máxima também foi aumentada, mas em menor proporção, enquanto a viscosidade durante a fase de resfriamento foi aumentada lentamente, durante toda a fase. Quando comparado com DIMODAN, observa-se que este último aumenta com muita rapidez até certa temperatura, caindo em seguida principalmente em concentrações maiores. Estas considerações levam a concluir que não somente o ácido graxo é importante na complexação com amilose, mas também o álcool que forma o éster. A Tabela L mostra as características de viscosidade de amido de chuchu tratado por GATODAN. Observa-se que a partir de 1% o efeito na temperatura de gelatinização não é mais afetada, mas a viscosidade máxima foi aumentada a partir deste ponto. O efeito na viscosidade final a 50°C, foi proporcional a concentração. A Tabela LI mostra os efeitos em termos de porcentagem. A complexação amilose-emul-

TABELA XLVI

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo
de Resfriamento e Viscosidade do Amido de Chucho,
em Presença de Emulsificante (ACIDAN N12)

Concentração de Emulsificante (%)	Retrogradação	
	Equação	Correlação
0,5	$y = -10,35x + 1445$	0,982
1,5	$y = -11,43x + 1536$	0,981
1,5	$y = -12,64x + 1642$	0,976

y = Unidades Amilográficas - x = °C

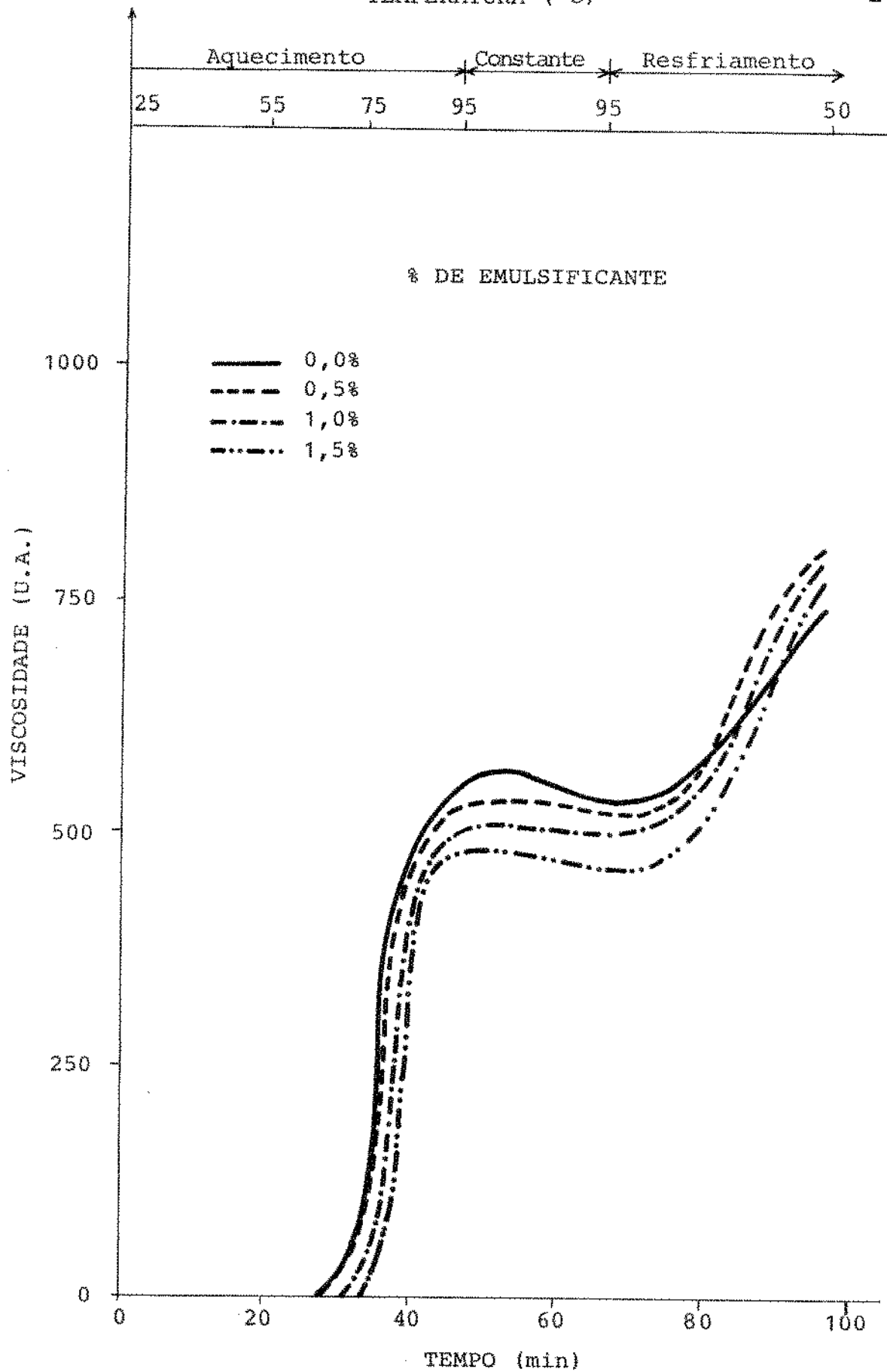


Figura 29 - Efeito de emulsificante (PANODAN 178) sobre as características de viscosidade de amido de chuchu.

TABELA XLVII

Características de Viscosidade de Amido de Chuchu (1) em
Presença de Emulsificante (PANODAN 178)

Concentração de Emulsificante (% - p/v)	Temperatura Inicial de Gelatinização (°C)	Temperatura de Viscosidade Máxima (°C)	Viscosidade Máxima (UA)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (UA)	Viscosidade Final a 50°C (UA)
0,0	70	95	540	530	740
0,5	73	95	520	520	850
1,0	73	95	500	500	840
1,5	73	95	480	450	780

(1) Suspensão a 6,5% (p/v - base de 14% de umidade)

TABELA XLVIII

Taxas de Mudanças (1) nas Características de Viscosidade
de Amido de Chucho Provocadas por
Emulsificantes (PANODAN 178)

Concentração do Emulsificante (% - p/p)	Viscosidade Máxima (%)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (%)	Viscosidade Final a 50°C (%)
0,5	- 3,70	- 1,89	+ 14,86
1,0	- 7,41	- 5,66	+ 13,57
1,5	- 11,11	- 15,09	+ 5,41

(1) TM (%) = Tratado - Não Tratado x 100
Não Tratado

TABELA XLIX

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo
de Resfriamento e Viscosidade do Amido de Chucho,
em Presença de Emulsificante (PANODAN 178)

Concentração de Emulsificante (%)	Retrogradação	
	Equação	Correlação
0,5	$y = -8,33x + 1234$	0,957
1,0	$y = -8,45x + 1226$	0,957
1,5	$y = -7,89x + 1139$	0,967

y = Unidades Amilográficas - x = °C

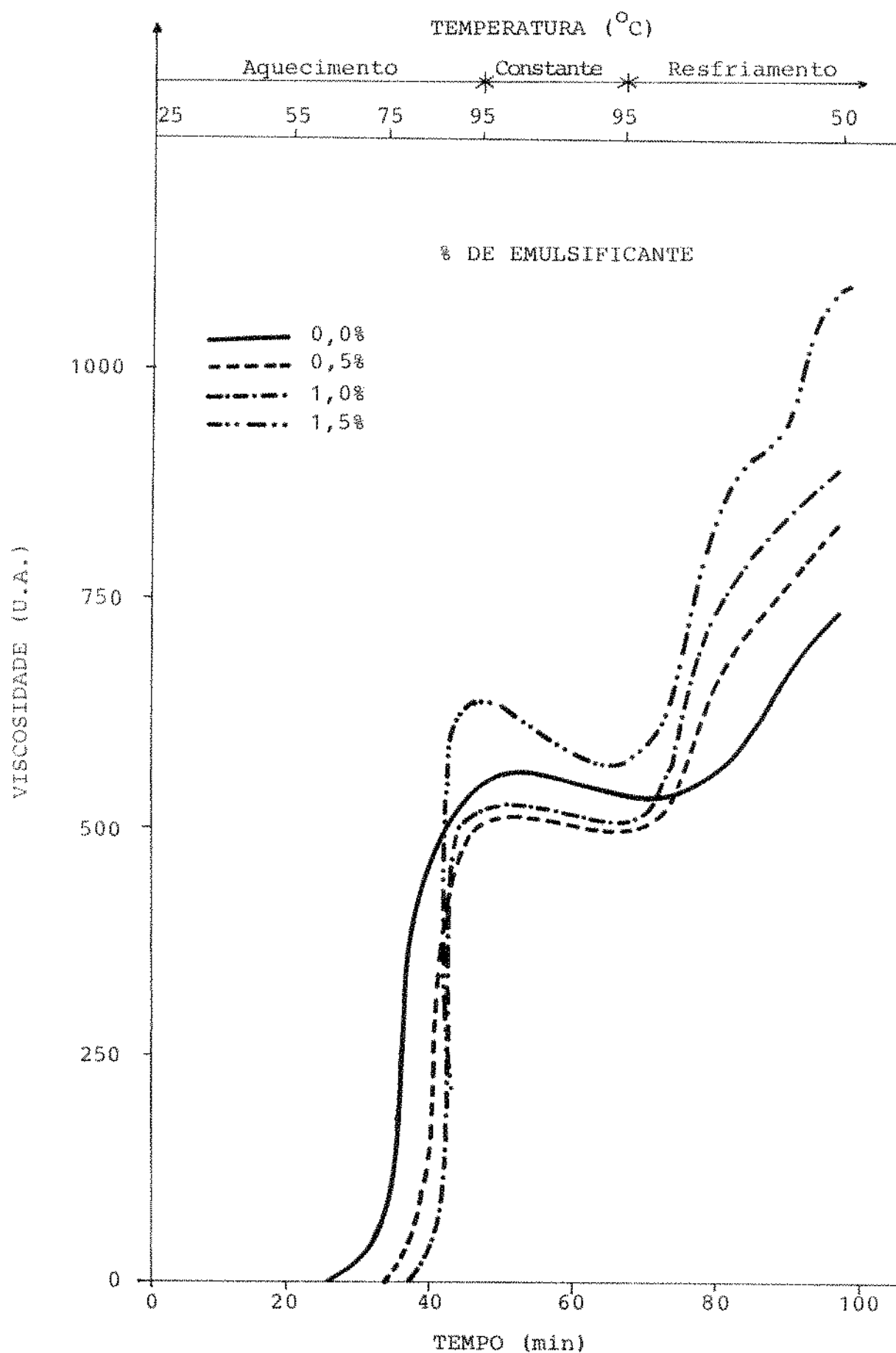


Figura 30 - Efeito de emulsificante (GATODAN 505) sobre as características de viscosidade do amido de chuchu.

TABELA L

Características de Viscosidade de Amido de Chuchu (1) em
Presença de Emulsificante (GATODAN 505)

Concentração de Emulsificante (% - p/p)	Temperatura Inicial de Gelatinização (°C)	Temperatura de Viscosidade Máxima (°C)	Viscosidade Máxima (UA)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (UA)	Viscosidade Final a 50°C (UA)
0	70	95	540	530	740
0,5	79	95	510	500	840
1,0	82	95	520	500	900
1,5	82	95	640	560	1090

(1) Suspensão a 6,5% (p/v - base de 14% de umidade)

TABELA LI

Taxas de Mudanças (1) nas Características de Viscosidade
de Amido de Chucho Provocadas por
Emulsificante (GATODAN 505)

Concentração de Emulsificante (% - p/p)	Viscosidade Máxima (%)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (%)	Viscosidade Final a 50°C (%)
0,5	- 5,56	- 5,66	+ 13,51
1,0	- 3,70	- 5,66	+ 21,62
1,5	+ 18,52	+ 5,66	+ 47,30

(1) TM (%) = Tratado - Não Tratado x 100
Não Tratado

sificante, identificada na fase de resfriamento mostrou ser grande, mas sem apresentar uma tendência a cair em temperaturas menores. O alto grau de correlação apresentado na Tabela LII, mostra uniformidade na curva de resfriamento. A Figura 31 mostra o efeito de diferentes concentrações do emulsificante de PROMODAN, um éster formado por propilenoglicol e ácidos graxos. A Tabela LIII expressa os valores de viscosidade deste emulsificante. Nenhum efeito foi observado na temperatura inicial de gelatinização, mas a viscosidade máxima foi diminuída pela presença do emulsificante, embora pouca diferença tenha sido observada entre as concentrações usadas. O aumento de viscosidade no resfriamento apresentou um desenvolvimento rápido nas três concentrações, embora sem diferença entre elas, até 63°C, passando a partir desta temperatura a se observar os efeitos das diferentes concentrações. Estes efeitos são observados na Tabela LIV, enquanto a Tabela LV mostra a correlação linear entre a temperatura de resfriamento e a viscosidade. Um outro emulsificante analisado foi o ESTERLAC (estearoil-lactil-lactato de cálcio-CSL), que pertence ao grupo de emulsificantes iônicos. A Figura 32 mostra o efeito de três concentrações diferentes do CSL sobre o amido de chuchu. A temperatura inicial de gelatinização foi aumentada, com a presença do emulsificante embora a diferença entre as concentrações de CSL, sendo que a partir de 1%, pouca diferença tenha sido observado. A viscosidade durante o resfriamento foi aumentada indicando a complexação com amilose, mas em um valor não muito alto. A 1,5% de CSL, a partir de 63°C começou a queda da viscosidade. A Tabela LVI mostra as características de viscosidade do amido de chuchu, tratado com diferentes concentrações de CSL, enquanto a Tabela LVII mostra os efeitos em percentagem. A Tabela LVIII mostra a correlação linear entre a temperatura de resfriamento. Na concentração de 1,5% houve um aumento na viscosidade até 63°C, passando a cair após esta temperatura, o que levou a se calcular as equações nas duas fases. Esta

TABELA LII

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo
de Resfriamento e Viscosidade do Amido de Chucho,
em Presença de Emulsificante (GATODAN 505)

Concentração de Emulsificante (% - p/p)	Retrogradação	
	Equação	Correlação
0,5	$y = -8,21x + 1265$	0,984
1,0	$y = -9,70x + 1419$	0,972
1,5	$y = -12,27x + 1724$	0,984

y = Unidades Amilográficas - x = °C

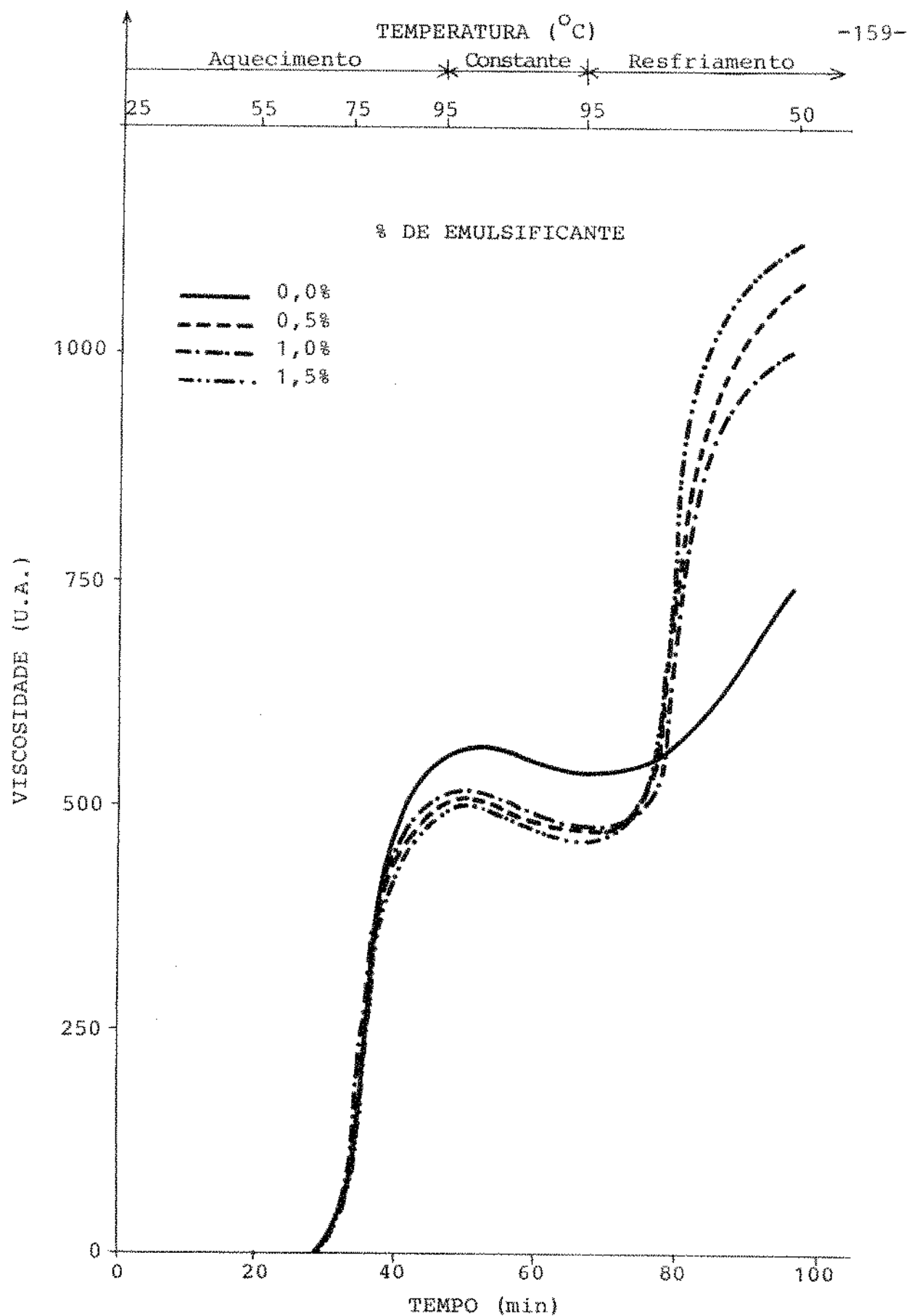


Figura 31 - Efeito de emulsificante (PROMODAN SP) sobre as características de viscosidade de amido de chuchu.

TABELA LIII

Características de Viscosidade de Amido de Chuchu (1) em
Presença de Emulsificante (PROMODAN SP)

Concentração de Emulsificante (% - p/v)	Temperatura Iní- cial de Gelati- nização (°C)	Temperatura de Viscosidade Má- xima (°C)	Viscosidade Máxima (UA)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (UA)	Viscosidade Final a 50°C (UA)
0,0	70	95	540	530	740
0,5	70	95	510	480	1000
1,0	70	95	500	480	1070
1,5	70	95	490	460	1120

(1) Suspensão a 6,5% (p/v - base de 14% de umidade)

TABELA LIV

Taxas de Mudanças (1) nas Características de Viscosidade
de Amido de Chuchu Provocadas por
Emulsificantes (PROMODAN SP)

Concentração de Emulsificante (% - p/p)	Viscosidade Máxima (%)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (%)	Viscosidade Final a 50°C (%)
0,5	- 5,56	- 9,43	+ 35,14
1,0	- 7,41	- 9,43	+ 44,59
1,5	- 9,26	- 13,21	+ 51,35

(1) TM (%) = $\frac{\text{Tratado} - \text{Não Tratado}}{\text{Tratado}} \times 100$
Não Tratado

TABELA LV

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo
de Resfriamento e Viscosidade do Amido de Chuchu,
em Presença de Emulsificante (PROMODAN SP)

Concentração de Emulsificante (% - p/p)	Retrogradação	
	Equação	Correlação
0,5	$y = -15,69x + 1881$	0,949
1,0	$y = -17,82x + 2055$	0,961
1,5	$y = -19,92x + 2214$	0,965

y = Unidades Amilográficas - x = °C

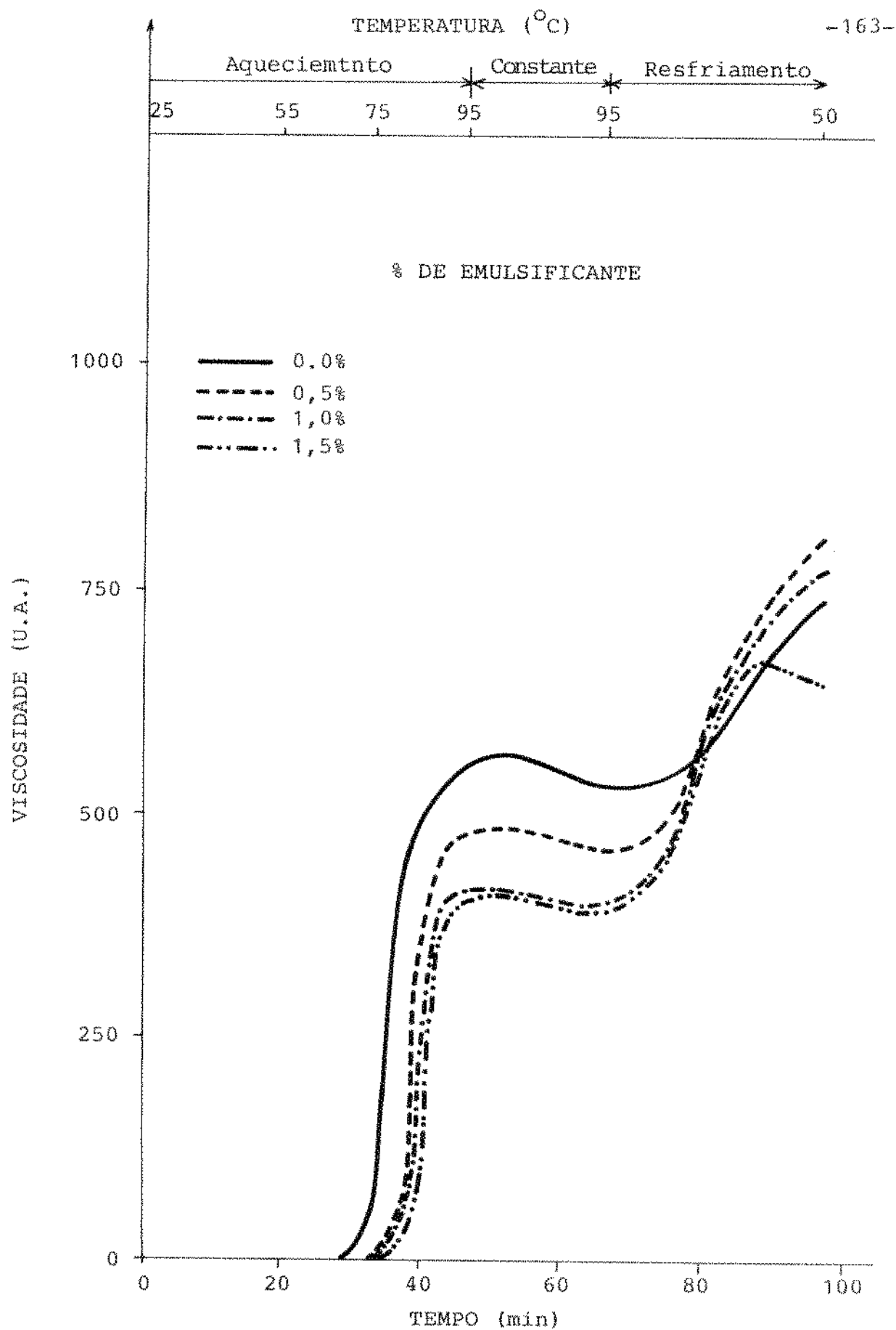


Figura 32 - Efeito de emulsificante (ESTERLAC) sobre as características de viscosidade de amido de chuchu.

TABELA LVI

Características de Viscosidade de Amido de Chuchu (1) em
Presença de Emulsificante (CSL-ESTERLAC)

Concentração de Emulsificante (% - p/p)	Temperatura Inicial de Gelatinização (°C)	Temperatura de Viscosidade Máxima (°C)	Viscosidade Máxima (UA)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (UA)	Viscosidade Final a 50°C (UA)
0,0	70	95	540	530	740
0,5	79	95	470	460	810
1,0	79	95	410	400	760
1,5	82	95	400	400	650

(1) Suspensão a 65% (p/v - base de 14% de umidade)

TABELA LVII

Taxas de Mudanças (1) nas Características de Viscosidade
de Amido de Chuchu Provocadas por
Emulsificante (CSL - ESTERLAC)

Concentração de Emulsificante (% - p/p)	Viscosidade Máxima (%)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (%)	Viscosidade Final a 50°C (%)
0,5	- 13,0	- 13,0	+ 9,5
1,0	- 24,0	- 24,5	+ 2,7
1,5	- 25,9	- 24,5	- 12,0

(1) TM = Tratado - Não Tratado x 100
Não Tratado

TABELA LVIII

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo de Resfriamento e Viscosidade de Amido de Chucho em Presença de Emulsificante (CSL - ESTERLAC)

Concentração de Emulsificante (%)	Faixa de Temperatura (°C)	Retrogradação	
		Equação	Correlação
0,5	95 - 50	$Y = - 9,15x + 1273$	0,988
1,0	95 - 50	$Y = - 9,99x + 1304$	0,983
1,5	95 - 63	$Y = -10,57x + 1350$	0,975
	62 - 50	$Y = + 2,23x + 537$	0,975

Y = Unidades Amilográficas - x = °C

queda é um indicativo de diminuição da retrogradação a partir deste ponto (63°C), embora a complexação não seja tão grande.

A Figura 33 mostra os efeitos dos emulsificantes (Dimodan, Emuldan, Acidan, Panodan, Gatodan, Promodan e CSL), sobre a viscosidade máxima do amido de chuchu, quando submetido a três níveis de concentração (0,5; 1,0 e 1,5%) dos emulsificantes. A 0,5%, todos diminuem a viscosidade máxima, e somente o Dimodan a 1% e 1,5% e o Gatodan a 1,5% aumentam a viscosidade máxima, possivelmente por provocar uma maior plasticidade nos grânulos e com isto permitindo um maior inchamento dos mesmos sem rompimento. A Figura 34 mostra o efeito sobre a viscosidade a 95°C durante 20 minutos, do mesmo modo da figura anterior, somente o Dimodan e Gatodan apresentam um aumento nesta fase, naquelas concentrações já citadas. Os efeitos dos emulsificantes na viscosidade a 50°C , que mostram a complexação de amilose com o emulsificante, aumentando a viscosidade, mas diminuindo a retrogradação, estão representados na Figura 35. Embora o CSL (estearoil-lactil-lactato de cálcio) mostre a menor complexação fornecendo viscosidade apenas um pouco mais alta que o não tratado, nas concentrações de 0,5 e 1%, até mesmo menor, a 1,5%, começa a diminuir a viscosidade a partir de 63°C , quando a 1,5%. Pode-se concluir que todos os emulsificantes se complexaram com a amilose formando corpúsculos que provocaram um aumento de viscosidade, em todas as concentrações, mas o CSL e o Dimodan foram os que se apresentaram mais efetivo na retrogradação, já que a partir de 1,5%, em temperaturas ainda consideradas altas (63°C), já iniciaram a queda na viscosidade. A participação ao efeito que os emulsificantes provoca irá condicionar seu uso. O Esterlac, além de diminuir a viscosidade do amido, também permite um início de gelatinização em temperaturas mais altas, fator importante na panificação, já que nestas temperaturas a α -amilase presente já é inativada e seu efeito não será sentido sobre o amido gelatinizado. O Dimodan, que provoca um aumento na viscosidade a

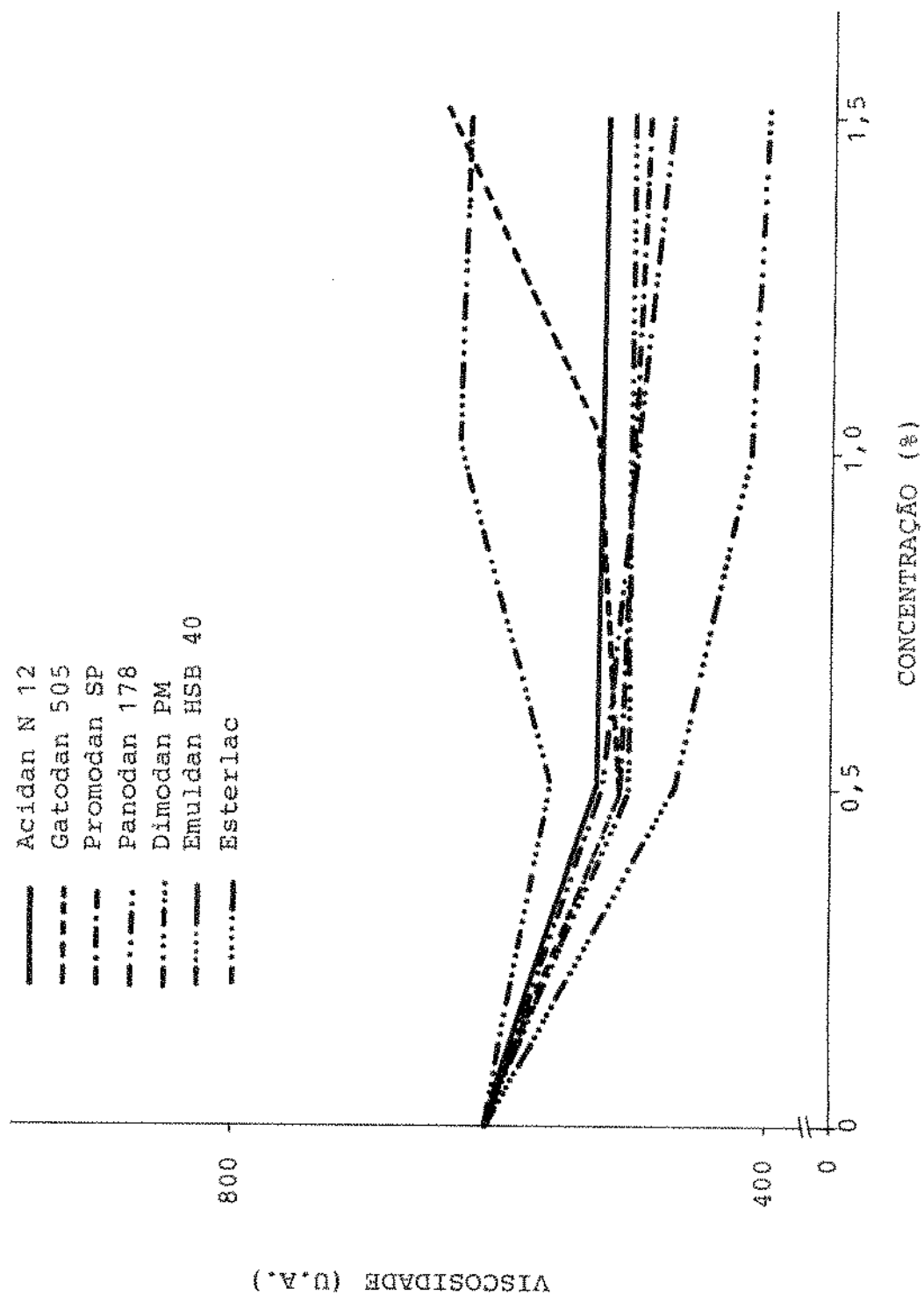


Figura 33 - Efeito de emulsificantes sobre a viscosidade máxima de amido de chuchu.

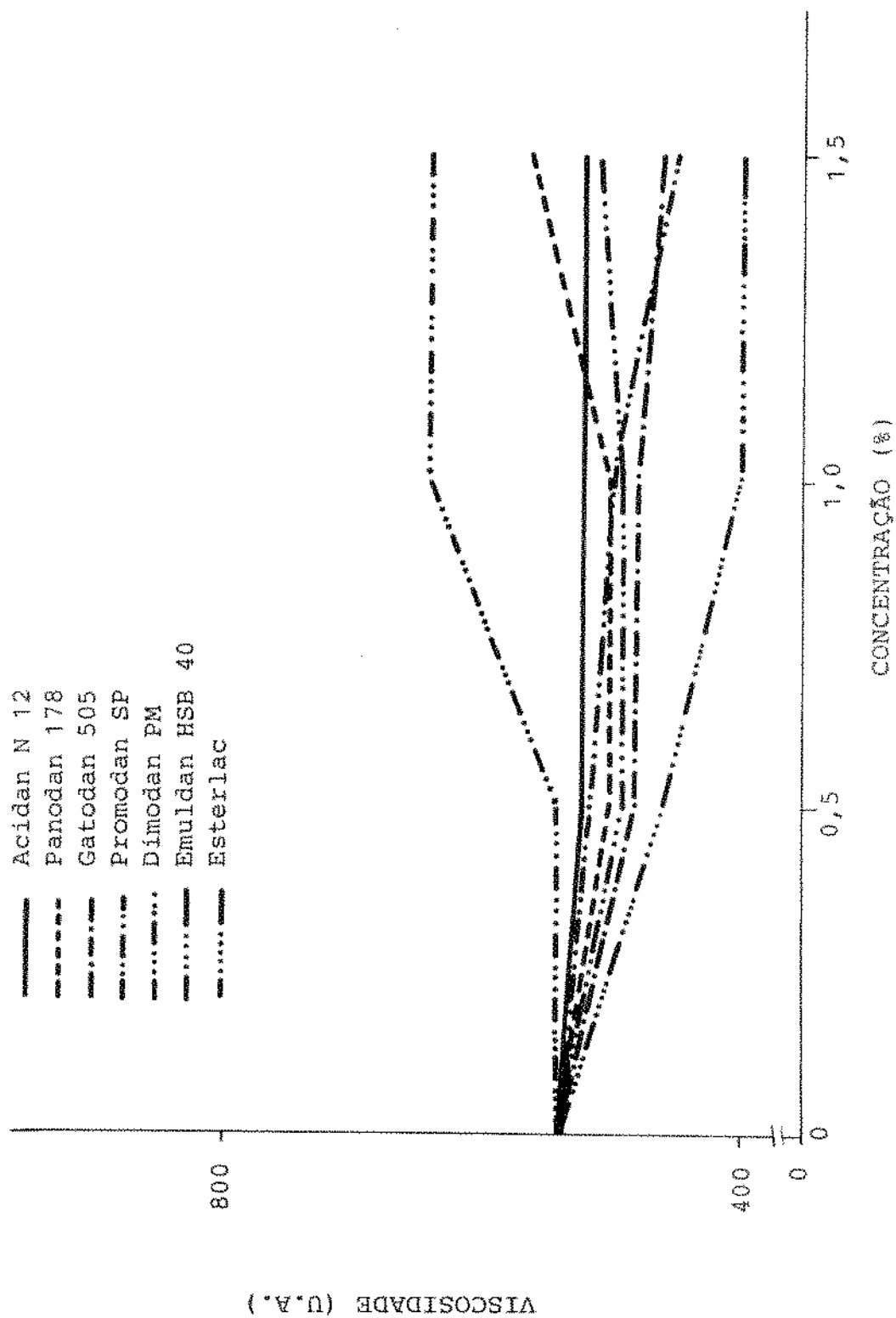


Figura 34 - Efeito de emulsificantes sobre a viscosidade após 20 min a 95°C do amido de chuchu.

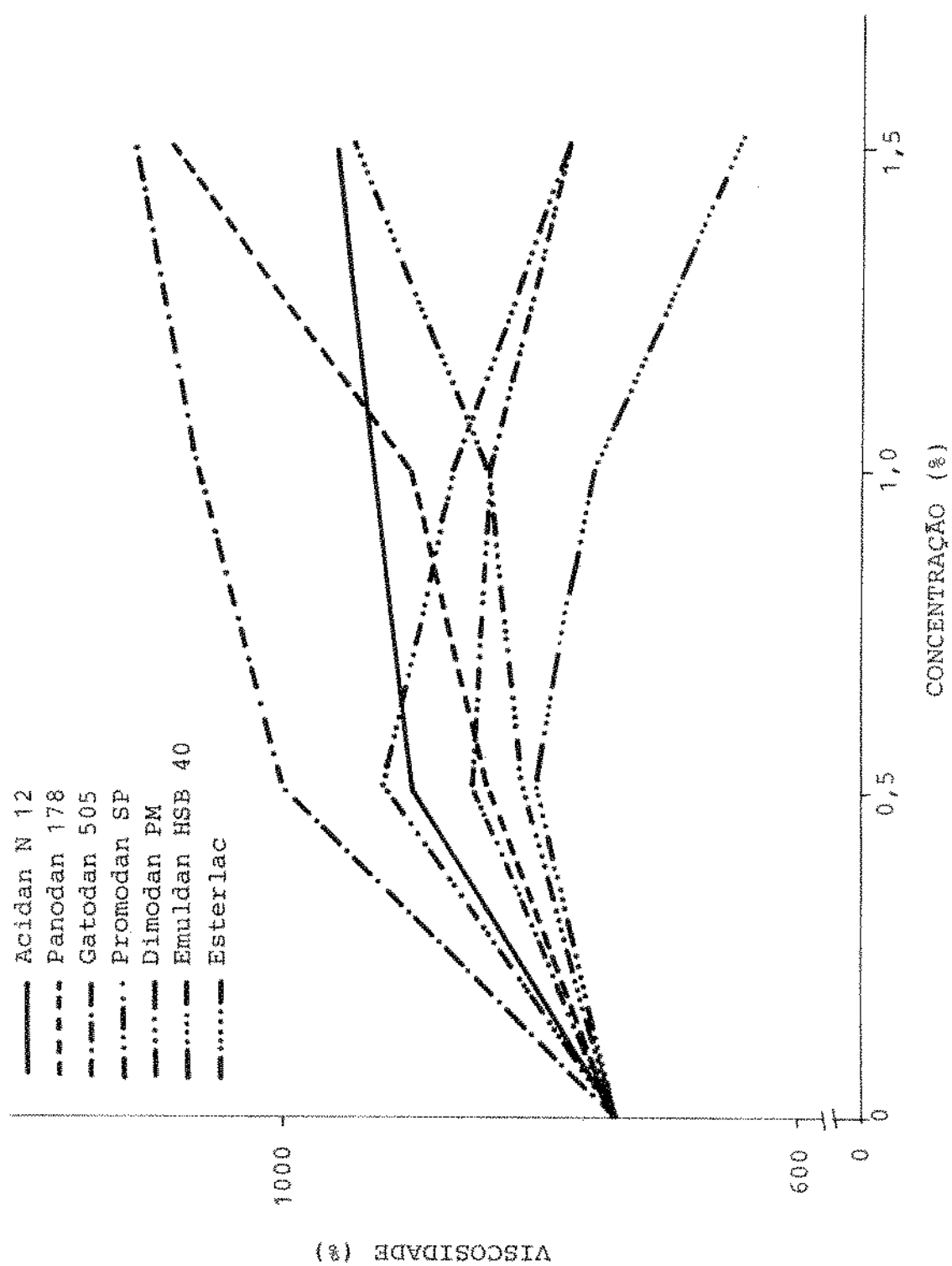


Figura 35 - Efeito de emulsificantes sobre a viscosidade final a 50°C do amido de chuchu.

quente, deve ser usado quando amido for utilizado como engrossante de sopas e onde se necessita de agitação durante o preparo, já que o mesmo aumenta a resistência a ação mecânica. onde se deseja uma baixa retrogradação, o estearoil-lactil-lactato de cálcio deve ser usado, como em panificação. Onde a firmeza do gel a frio é importante, como no caso de pudins, o Promodan apresenta boas características, com alta viscosidade a frio.

2. Efeito de cloreto de sódio:

A figura 36 mostra os amilogramas de amido de chuchu tratado com diferentes concentrações de cloreto de sódio (variando de $2 \cdot 10^{-4}$ N a $7,69 \cdot 10^{-2}$ N) e a Tabela LIX representa os dados extraídos da figura em questão. A presença do cloreto de sódio na suspensão de chuchu faz com que a disponibilidade de água para o inchamento do amido seja menor e com isto todas as características que dependem do inchamento do grânulo são afetadas desde a temperatura inicial de gelatinização até a viscosidade final a 50°C . Além disto, sua condição de eletrólito provoca um fortalecimento nas pontes de H presentes e que mantêm a estrutura do grânulo, mais estável, com menor poder de inchamento e maior resistência à ruptura. A medida que se aumenta a concentração, observa-se o aumento no seu efeito, conforme pode-se atestar pelos resultados mostrados na Tabela LX. Pode-se observar que nas menores concentrações (0,0002 N e 0,0032 N) os efeitos são mais pronunciados que a partir de concentrações maiores, principalmente na viscosidade máxima. A Figura 37 mostra que até 0,0032 N a viscosidade cai intensamente e a partir daí a queda é muito lenta até a concentração de 0,0769 (24 vezes maior). O efeito da concentração na viscosidade após 20 minutos a 95°C , é semelhante ao anterior, com um pequeno aumento, da mesma forma

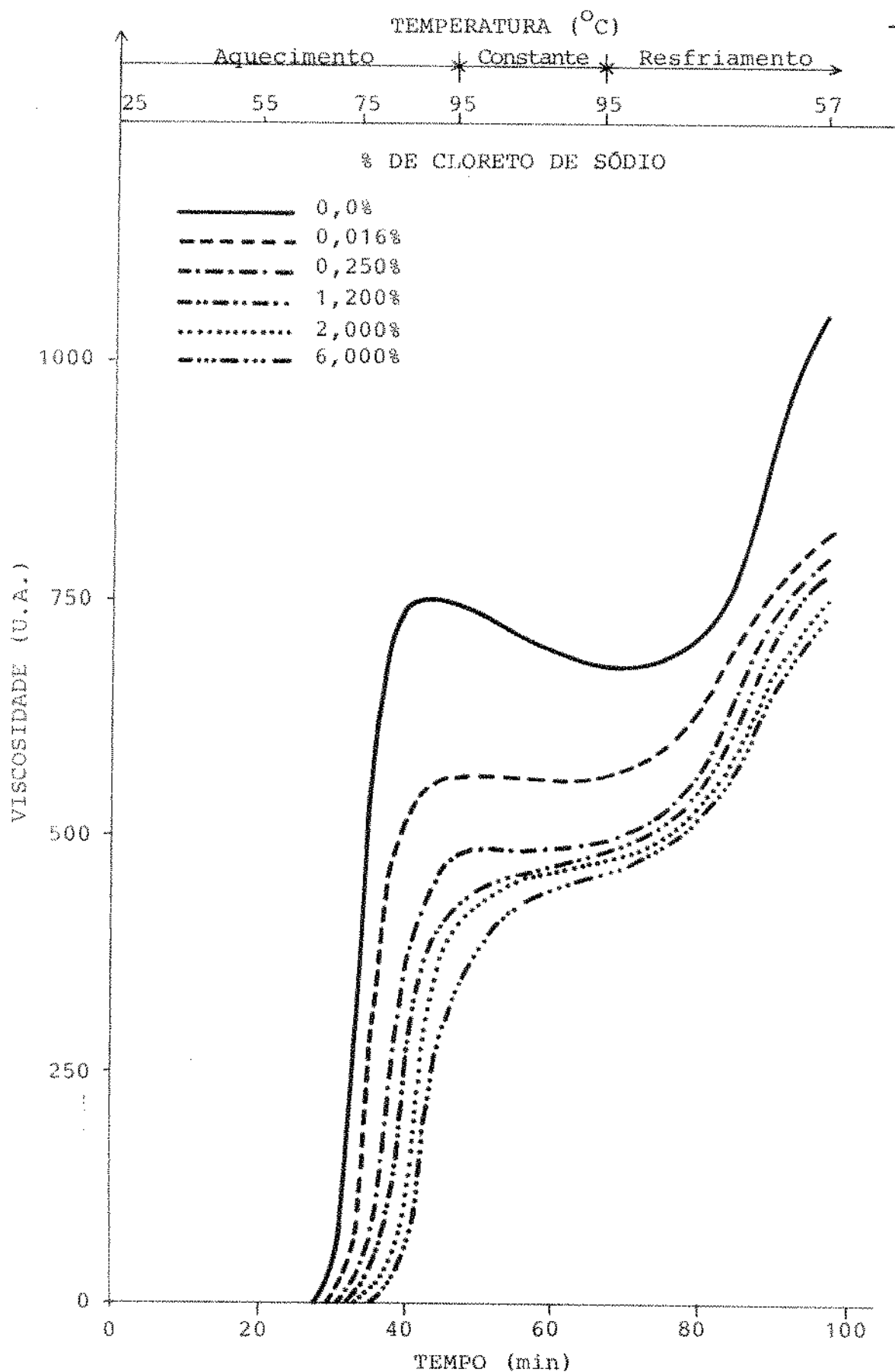


Figura 36 - Efeito de cloreto de sódio (NaCl) sobre amido de chu chu.

TABELA LIX

Características de Viscosidade de Amido de Chuchu (1)
em Presença de Cloreto de Sódio (NaCl)

Concentração de Cloreto de Sódio (% - p/p)	(N)	Temperatura Inicial de Gelatinização (°C)	Temperatura de Viscosidade Máxima (°C)	Viscosidade Máxima (UA)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (UA)	Viscosidade Final a 50°C (UA)
0	0	70	95	750	670	1060
0,016	0,0002	73	95	560	560	820
0,250	0,0032	76	95	480	470	800
1,000	0,0128	79	95	420	440	780
2,000	0,0256	82	95	400	430	750
6,000	0,0769	85	95	320	360	740

(1) Suspensão a 7,5% (p/v - base de 14% de umidade)

TABELA LX

Taxas de Mudanças (1) nas Características de
Viscosidade de Amido de Chucho Provocadas
por Cloreto de Sódio (NaCl)

Concentração de Cloreto de Sódio	(N)	Viscosidade		Viscosidade	
		Máxima	(%)	Após 20 Min a 95°C	Final a 50°C
(% - p/p)	(N)	(%)	(%)	(%)	(%)
0,016	0,0002	- 25,3	- 16,4	- 22,6	- 22,6
0,250	0,0032	- 36,0	- 29,9	- 24,5	- 24,5
1,000	0,0128	- 44,0	- 34,3	- 26,4	- 26,4
2,000	0,0256	- 46,7	- 35,8	- 29,2	- 29,2
6,000	0,0769	- 57,3	- 46,3	- 30,2	- 30,2

(1) TM (%) = $\frac{\text{Tratado} - \text{Não Tratado} \times 100}{\text{Não Tratado}}$

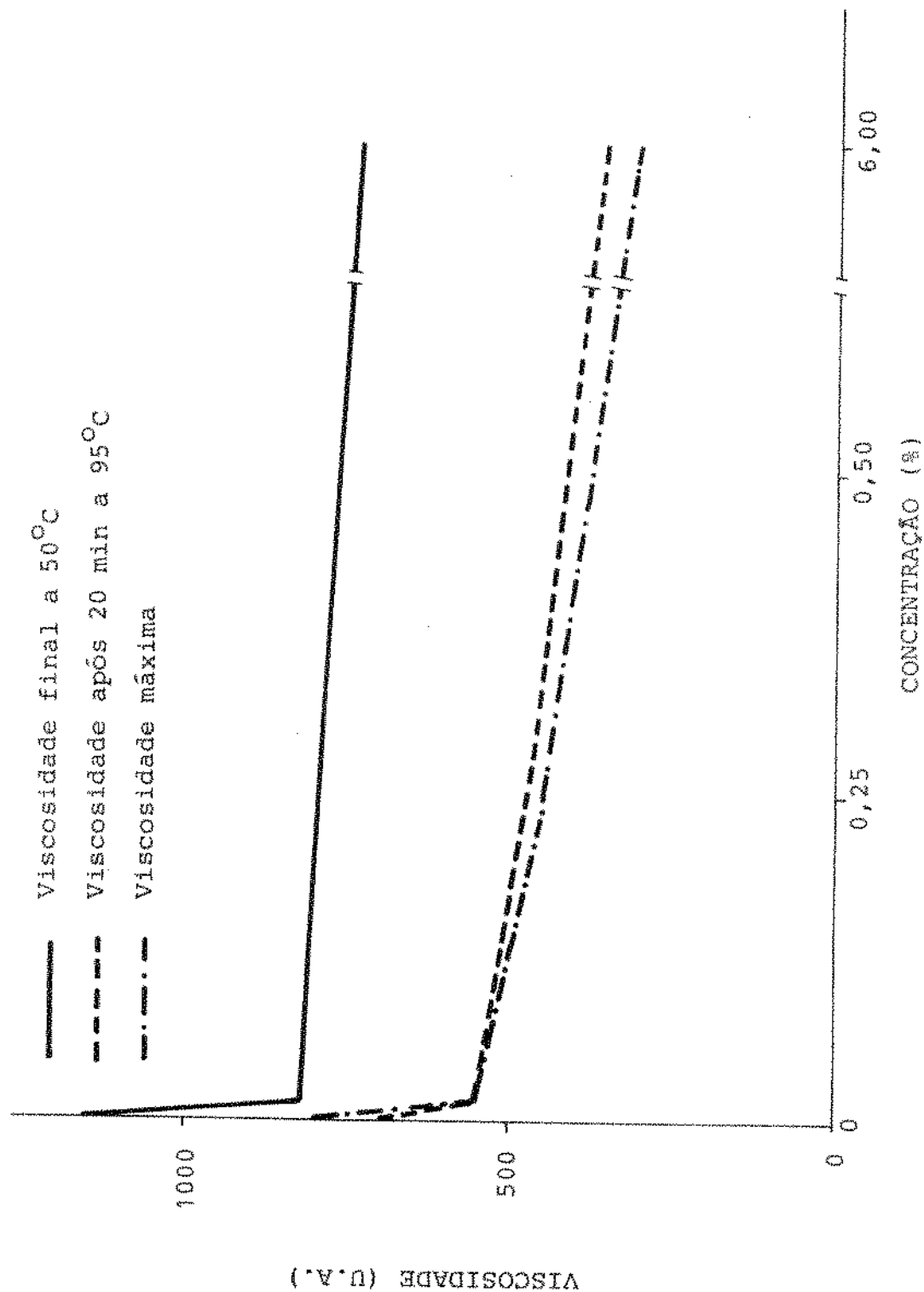


Figura 37 - Relação entre concentrações de cloreto de sódio e as características de viscosidade de amido de chuchu.

que ocorre na viscosidade a 50°C. O cloreto de sódio diminui a viscosidade, lentamente, sem nenhum salto brusco entre uma concentração e outra. A Tabela LXI mostra o relacionamento entre temperatura de resfriamento e viscosidade do amido de chucho na presença de NaCl. A alta correlação indica uma associação molecular uniforme sem fases distintas. Os coeficientes angulares próximos indicam diferenças entre as concentrações.

3. Efeito de di e monossacarídeos:

A sacarose foi usada como exemplo de dissacarídeo.

A Figura 38 mostra amilogramas de amidos de chucho em presença de concentrações variadas de sacarose e a Tabela LXII apresenta os resultados obtidos a partir destes amilogramas. A sacarose restringe o inchamento do grânulo por competir com o mesmo pela água. Isto pode ser observado pelo aumento da temperatura inicial de gelatinização à medida que se aumenta a concentração. Ao mesmo tempo ocorre um fortalecimento do grânulo, que se torna mais resistente ao rompimento, principalmente após a concentração de 10% (0,0190 N), havendo um aumento constante na viscosidade durante todo o desenvolvimento do amilograma. A partir de certas concentrações mais elevadas (40% ou 0,076 N) a restrição ao inchamento vai aumentando, causando um aumento lento na viscosidade, até que não atinja os próprios valores de viscosidade do amido não tratado. Associado à restrição ao inchamento, a sacarose também impede a associação intergranular de moléculas das frações do amido e com isto diminui a viscosidade final. A Tabela LXIII apresenta a taxa de mudança (%) provocada pela sacarose sobre o amido. Os principais efeitos são verificados na viscosidade máxima e após 20 minutos a 95°C, sendo em menor escala na viscosidade final. A Figura 39 apresenta a relação entre viscosidade

TABELA LXI

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo de
Resfriamento e Viscosidade de Amido de Chucho
na Presença de Cloreto de Sódio (NaCl)

Concentração de Cloreto de Sódio		Retrogradação	
(% - p/p)	(N)	Equação	Correlação
0,016	0,0002	$y = -6,52x + 1143$	0,990
0,250	0,0032	$y = -8,02x + 1195$	0,970
1,000	0,0128	$y = -8,52x + 1233$	0,978
2,000	0,0256	$y = -7,74x + 1155$	0,971
6,000	0,0769	$y = -7,24x + 1103$	0,959

Y = Unidades Amilográficas

X = °C

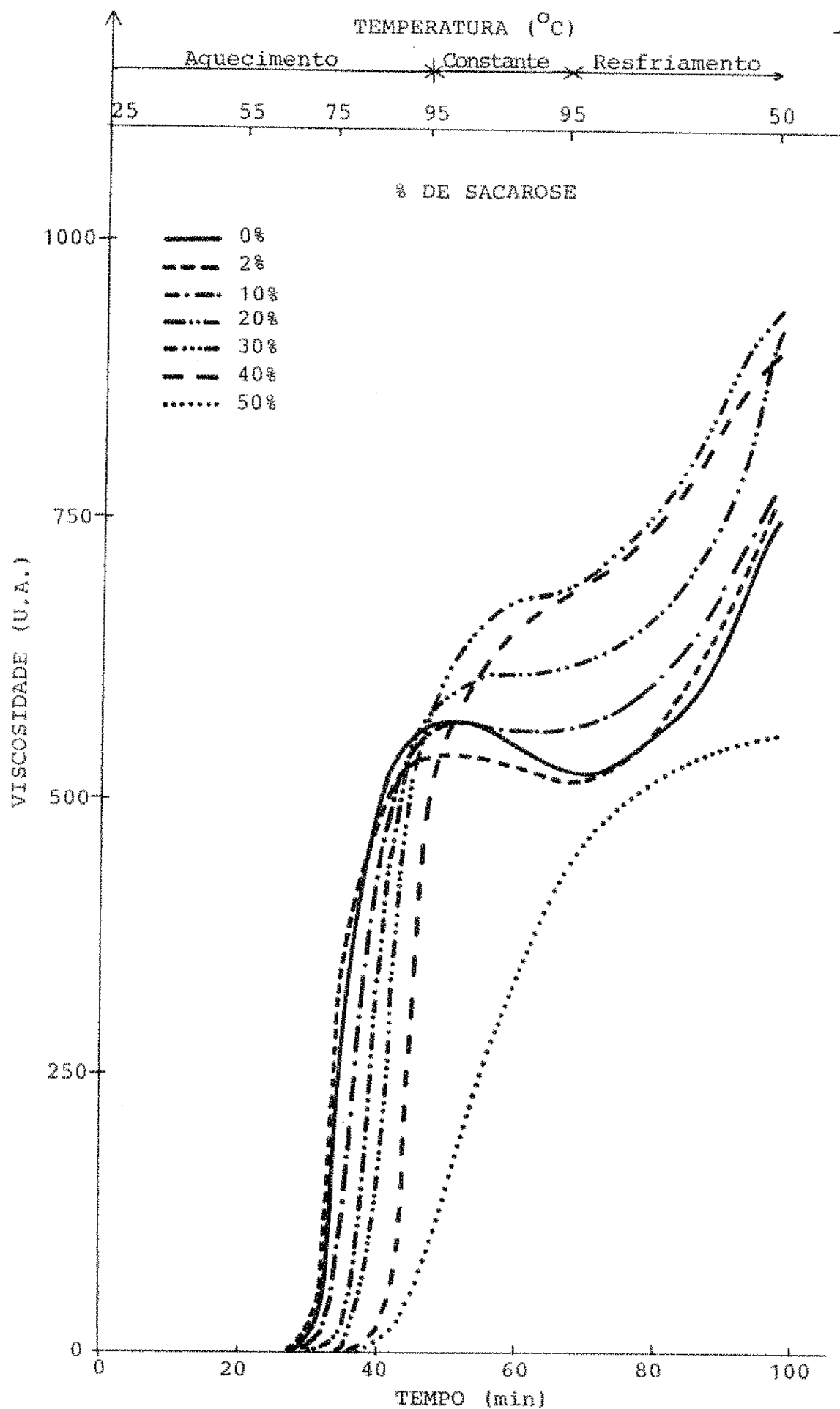


Figura 38 - Efeito de sacarose sobre as características de viscosidade do amido de chuchu.

TABELA LXII

Características de Viscosidade de Amido de Chuchu (1)
em Presença de Sacarose

Concentração de Sacarose	(N)	Temperatura Inicial de Gelatinização (°C)	Temperatura de Viscosidade Máxima (°C)	Viscosidade	
				Máxima (2) (UA)	Após 20 Min a 95°C (UA)
(% - p/v)					Final a 50°C (UA)
0,0	-	70	95	560	530
2,0	0,0038	70	95	530	520
10,0	0,0190	73	95	550	560
20,0	0,0380	76	95	560	580
30,0	0,0565	76	95	530	580
40,0	0,0760	85	95	370	420
50,0	0,0950	85	95	80	110
					560

(1) Suspensão a 6,5% (p/v - base de 14% de umidade)

(2) Medida no início da temperatura constante.

TABELA LXIII

Taxas de Mudanças (1) nas Características de
Viscosidade de Amido de Chucho
Provocadas por Sacarose

Concentração de Sacarose		Viscosidade Máxima	Viscosidade Após 20 Min a 95°C	Viscosidade Final a 50°C
(% - p/p)	(N)	(%)	(%)	(%)
2,0	0,0038	- 5,4	- 1,9	2,7
10,0	0,0190	- 1,8	5,7	5,3
20,0	0,0380	0,0	9,4	22,7
30,0	0,0565	- 5,4	9,4	25,3
40,0	0,0760	- 33,9	- 20,8	21,3
50,0	0,0950	- 85,7	- 79,2	- 25,3

(1) TM (%) = $\frac{\text{Tratado} - \text{Não Tratado}}{\text{Não Tratado}} \times 100$

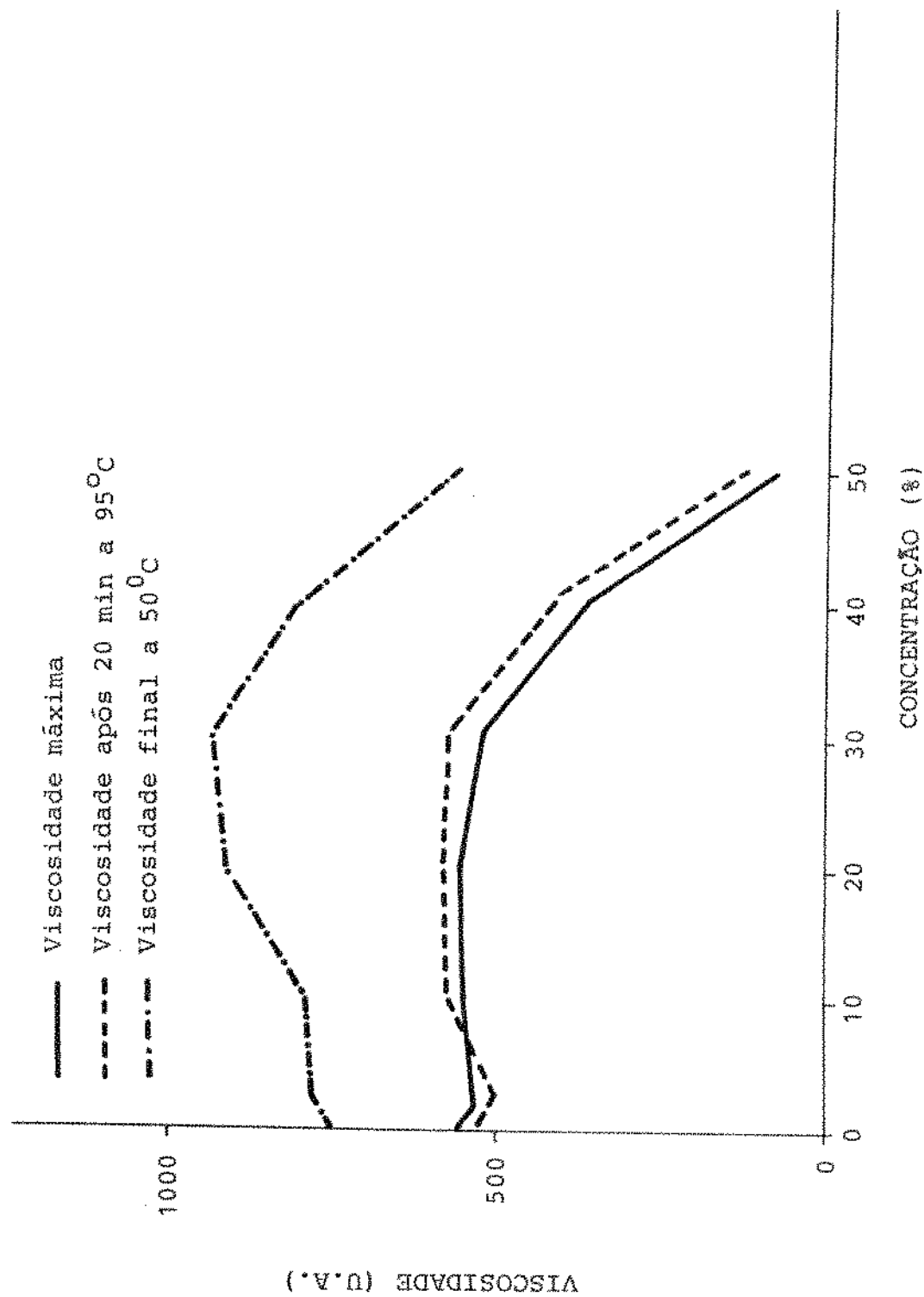


Figura 39 - Relação entre concentrações de sacarose a as características de viscosidade de amido de chuchu.

e concentrações de sacarose, observada na viscosidade máxima, viscosidade a 95°C , durante 20 minutos e viscosidade final a 50°C . A Tabela LXIV indica a correlação linear entre a temperatura durante o ciclo de resfriamento e viscosidade do amido, em presença de sacarose. A Figura 40 mostra os amilogramas onde o amido de chuchu foi tratado por diferentes concentrações de glucose usada como exemplo de monossacarídeo. A Tabela LXV mostra os dados obtidos a partir destes amilogramas. A temperatura inicial foi aumentada em todos os casos, embora com pequenos efeitos, apresentando uma variação de 70 para 76°C . A viscosidade máxima foi aumentada, mas somente a partir de 12% ($0,0432\text{ N}$) é que este aumento se tornou mais sensível, conforme se pode observar a figura na Figura 41 que também mostra o efeito da concentração na viscosidade à temperatura constante a 95°C durante 20 minutos e também na viscosidade final a 50°C . A viscosidade a 95°C - 20 minutos, apresentou efeitos antagônicos. Até a concentração de 4% houve uma queda nesta viscosidade, indicando um enfraquecimento do grânulo possivelmente devido à pressão osmótica que atingiu um nível crítico. A partir deste ponto começa a haver um fortalecimento do grânulo, à semelhança do que já ocorrera com a sacarose e a viscosidade voltou a aumentar, associado ao fato de que a glucose em solução em altas concentrações se torna muito viscosa e afeta as características analisadas.

A Tabela LXVI mostra as taxas de mudança (%) na viscosidade máxima, viscosidade a 95°C , após 20 minutos de agitação e no resfriamento. A Tabela LXVII mostra a correlação linear entre a temperatura de resfriamento e viscosidade. Os coeficientes angulares baixos mostram uma associação lenta das moléculas durante esta fase. Ao se comparar os dois açúcares, em uma mesma concentração, observa-se que (por exemplo $0,0038\text{N}$ ou $0,0760\text{N}$), a sacarose provocou maior redução na viscosidade máxima enquanto que a glucose provocou um ligeiro aumento.

TABELA LXIV

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo de
Resfriamento e Viscosidade de Amido de Chuchu
em Presença de Sacarose

Concentração de Sacarose		Retrogradação	
(% - p/p)	(N)	Equação	Correlação
2,0	0,0038	$y = -5,74x + 1015$	0,965
10,0	0,0190	$y = -4,93x + 990$	0,965
20,0	0,0380	$y = -6,05x + 1140$	0,942
30,0	0,0565	$y = -5,98x + 1222$	0,984
40,0	0,0760	$y = -5,38x + 1164$	0,991
50,0	0,0950	$y = -2,30x + 680$	0,969
y = Unidades Amilográficas		x = °C	

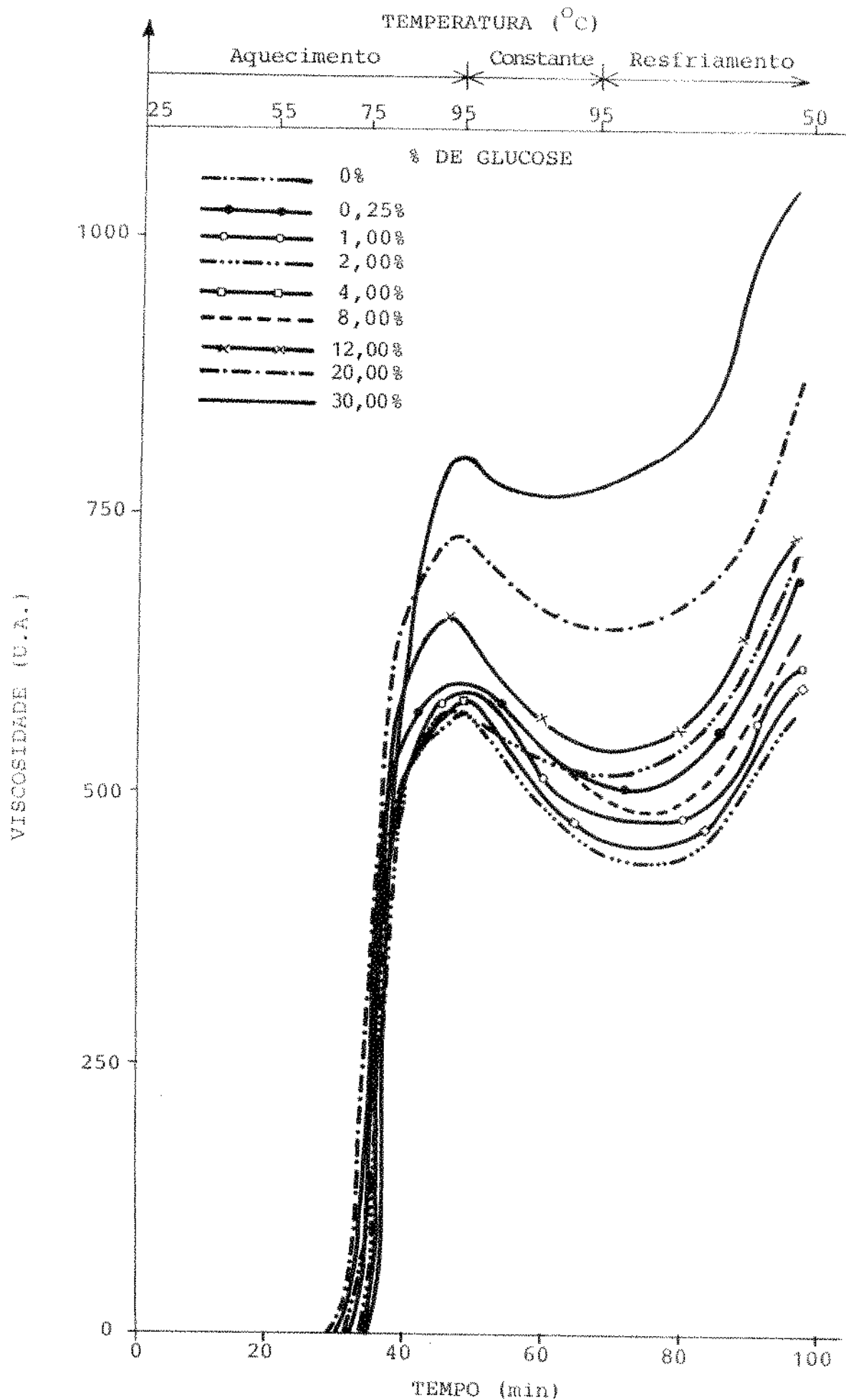


Figura 40 - Efeito de glucose sobre as características de viscosidade de amido de chuchu.

TABELA LXV

Características de Viscosidade de Amido de Chuchu (1)
em Presença de Glucose

Concentração de Glucose		Temperatura Inicial de Gelatinização (°C)	Temperatura de Viscosidade Máxima (°C)	Viscosidade Máxima (UA)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (UA)	Viscosidade Final a 50°C (UA)
(% - p/p)	(N)					
0	-	70	95	570	520	710
0,25	0,0009	70	95	600	520	690
1,00	0,0036	70	95	580	480	610
2,00	0,0072	70	95	580	460	570
4,00	0,0144	70	95	580	460	590
8,00	0,0288	73	95	590	510	640
12,00	0,0432	73	95	660	540	730
20,00	0,0720	76	95	740	650	870
30,00	0,1080	76	95	800	870	1050

(1) Suspensão a 6,5% (p/v - base de 14% de unidade)

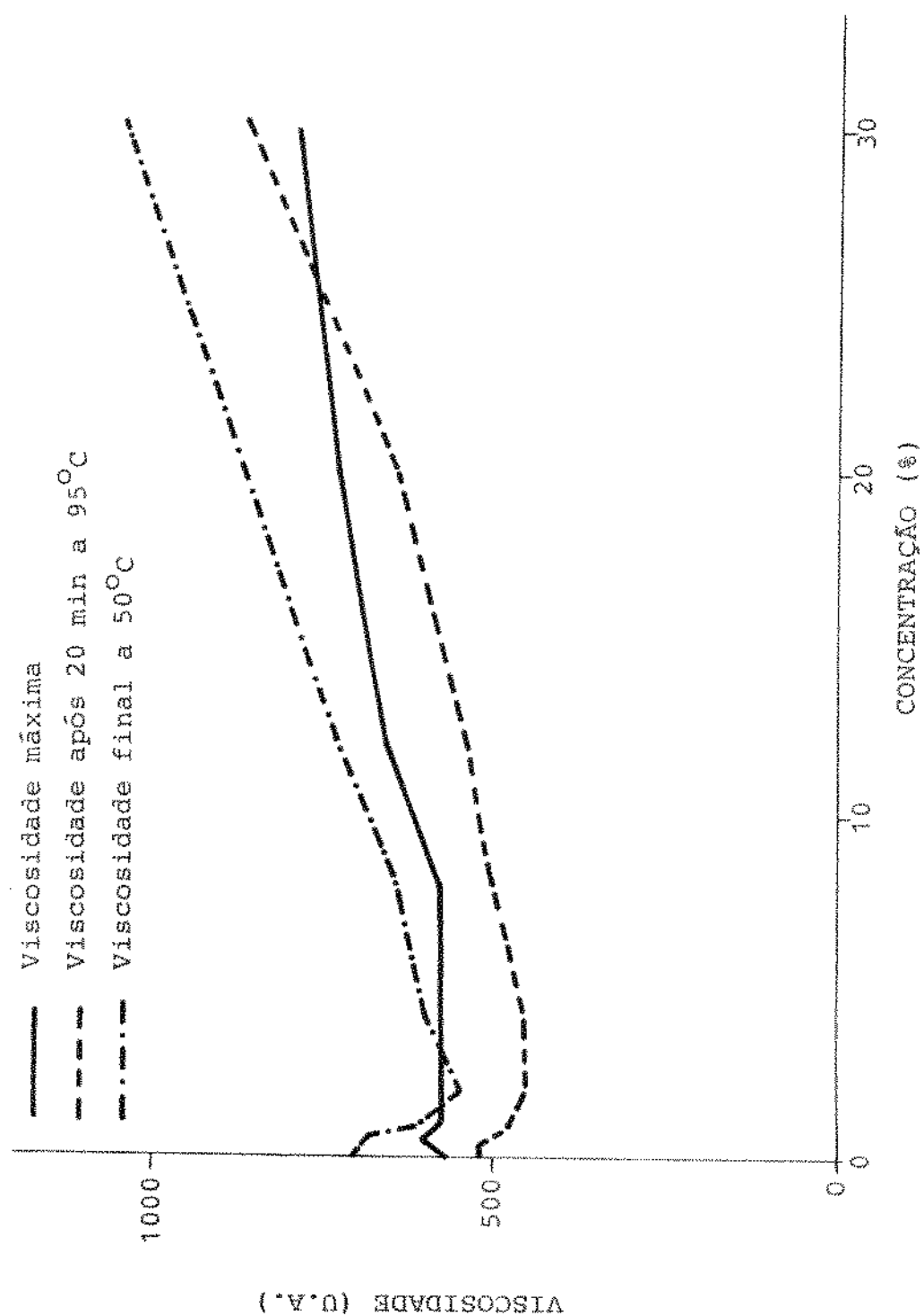


Figura 41 - Relação entre as concentrações de glucose e as características de viscosidade de amido de chuchu.

TABELA LXVI

Taxas de Mudanças (1) nas Características de
Viscosidade de Amido de Chucho
Provocadas por Glucose

Concentração de Glucose	Viscosidade Máxima	Viscosidade Após 20 Min a 95°C	Viscosidade Final a 50°C
(% - p/p)	(N)	(%)	(%)
0,25	0,0009	+ 5,26	- 2,8
1,00	0,0036	+ 1,75	- 14,1
2,00	0,0072	+ 1,75	- 19,7
4,00	0,0144	+ 1,75	- 16,9
8,00	0,0288	+ 3,50	- 9,9
12,00	0,0432	+ 15,80	+ 2,8
20,00	0,0720	+ 29,80	+ 22,5
30,00	0,1080	+ 40,40	+ 47,9

(1) $TM (\%) = \frac{\text{Tratado} - \text{Não Tratado}}{\text{Não Tratado}} \times 100$

TABELA LXVII

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo de
Resfriamento e Viscosidade de Amido de Chuchu
em Presença de Glucose

Concentração de Glucose		Retrogradação	
(% - p/p)	(N)	Equação	Correlação
0,25	0,0009	$y = -4,44x + 897$	0,933
1,00	0,0036	$y = -4,13x + 858$	0,899
2,00	0,0072	$y = -3,18x + 735$	0,858
4,00	0,0144	$y = -3,18x + 715$	0,858
8,00	0,0288	$y = -3,36x + 766$	0,879
12,00	0,0432	$y = -4,51x + 922$	0,938
20,00	0,0720	$y = -4,66x + 1041$	0,895
30,00	0,1080	$y = -6,70x + 1361$	0,940
y = Unidades Amilográficas		x = °C	

C. MODIFICAÇÕES DO AMIDO

Uma das formas do amido em qualquer ramo industrial é sem dúvida o amido modificado. Foram escolhidos no presente trabalho o tratamento ácido, interligamento, fosfatação em alto e baixo nível, e tratamento com hipoclorito em baixa concentração como processo de modificação. Procurou-se observar o amido de chuchu sob estas condições e comparar os resultados com iguais tratamentos sobre o amido de milho, uma vez que um grande número de patentes e trabalhos utilizam este amido como matéria-prima.

1. Modificação por ácido:

Esta modificação é levada a efeito quando se propõe a obter um amido que possa ser utilizado quando se deseja incorporar mais sólidos ao meio sem aumentar a viscosidade ou onde se necessita maior fluidez, facilitando aplicações. Dois fatores são importantes nesta modificação. A concentração do ácido e o tempo de tratamento. O ácido usado foi o HCl nas concentrações de 0,075 N e 0,3 N. A Figura 42 mostra os amilogramas obtidos de uma suspensão a 9% de amido de chuchu tratado por HCl 0,075 N nos tempos de 2, 8 e 14 horas. Pode-se observar que no tempo de 2 horas houve um ligeiro aumento na viscosidade máxima. Este fato pode ser atribuído a um enfraquecimento nas forças de atração das moléculas, tornando os grânulos mais plásticos o que permitiu uma maior absorção de água e consequente inchamento. Este enfraquecimento não foi o suficiente para causar uma hidrólise imediata e consequentemente um decréscimo na viscosidade máxima, entretanto, o grânulo tornou-se mais frágil o que pode ser observado pela queda na viscosidade durante o período de agitação em temperatura constante a 95°C. A medida que o tempo de tratamento foi

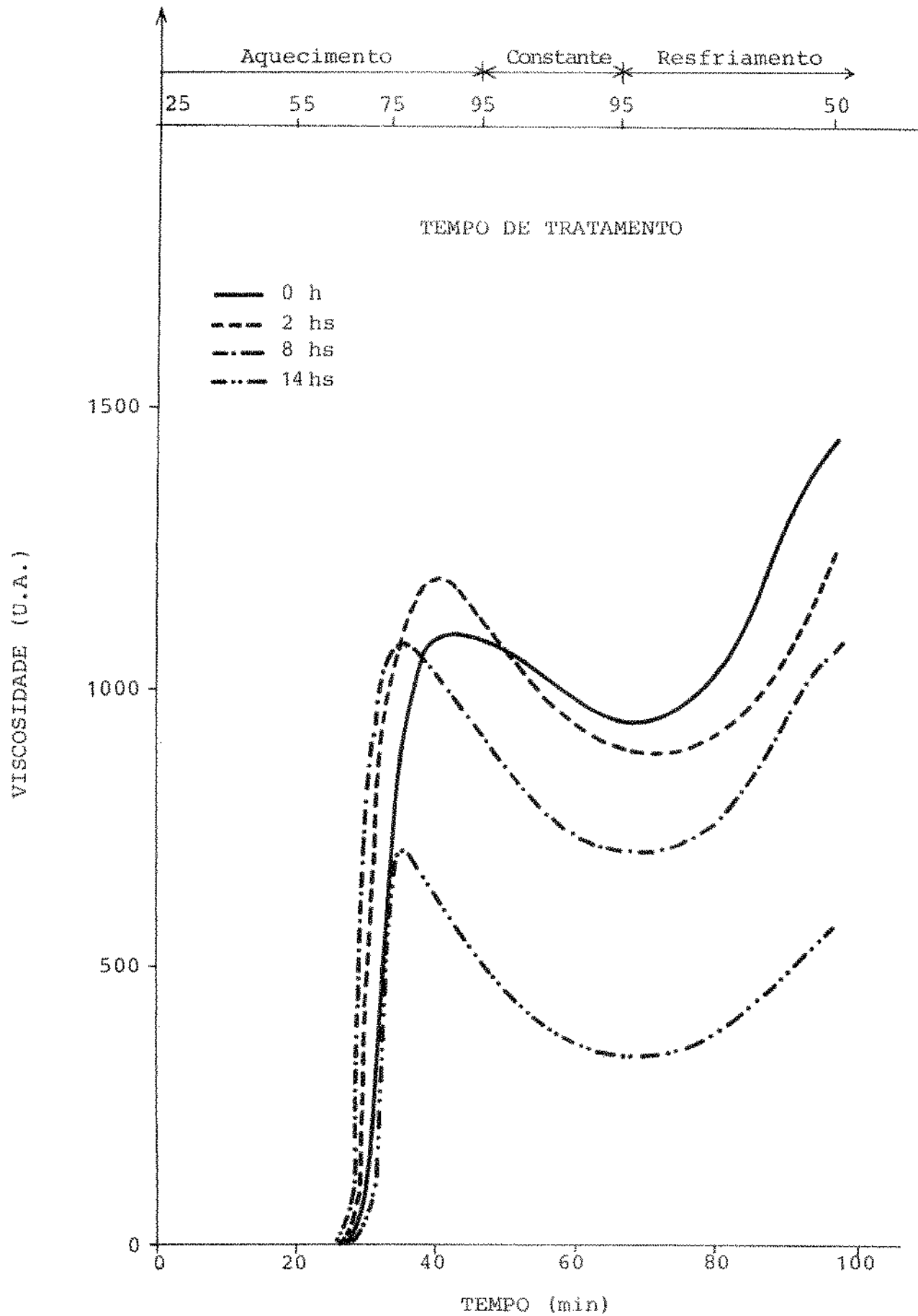


Figura 42 - Efeito da modificação ácida ($\text{HCl } 0,075\text{N}$) sobre as características de viscosidade de amido de chuchu.

aumentando, também a pasta de amido tornava-se mais fluida ou menos viscosa. A Tabela LXVIII mostra as características de viscosidade obtidos a partir da figura. Pode-se observar que não houve diferença na temperatura inicial de gelatinização, mas houve um decréscimo na temperatura de viscosidade máxima, pois a fragilidade dos grânulos tratados permitem o seu rompimento em temperaturas mais baixas. Em todas as fases observou-se o mesmo efeito de queda de viscosidade.

A Figura 43 apresenta os amilogramas de amido de chuchu tratado pro HCl 0,3 N em diferentes tempos. Os efeitos foram semelhantes em sua forma, mas de magnitude mais elevada, quando se compara com o amido tratado com HCl 0,075 N. Observa-se que já em 2 horas, a viscosidade não aumentou, significando que a hidrólise foi maior, do que no mesmo tempo a 0,075 N. Da mesma forma, com 11 horas de tratamento, a viscosidade final foi intensamente reduzida na concentração de ácido maior, o que não foi verificado, na concentração menor (0,075 N) mesmo tendo-se aumentado o tempo para 14 horas. A Tabela LXIX mostra os valores obtidos a partir da Figura 43. As Tabelas LXX e LXXI apresentam, respectivamente, correlação linear entre as características de viscosidade de amido de chuchu e os tempos de tratamento com HCl a 0,075 N e 0,3 N. Pelos coeficientes angulares das características correspondentes nas duas tabelas, observa-se que em todos os casos, a concentração de 0,3 N foi mais efetiva que 0,075, pois os coeficientes foram sempre menores. A análise dos coeficientes em cada tabela permite concluir que o efeito maior ocorre na viscosidade final, seguido da viscosidade após 20 minutos a 95°C e finalmente sobre a viscosidade máxima, embora na concentração de HCl 0,3 N, esta última tenha sido um pouco mais afetada que a viscosidade a temperatura constante. A Tabela LXXII apresenta a correlação linear entre a temperatura durante o ciclo de resfriamento e a viscosidade da pasta de amido tratada por HCl 0,075 N, em diferentes tempos. Observa-se que com

TABELA LXVIII

Características de Viscosidade de Amido de Chuchu (1)
Modificado por HCl 0,075N em Diferentes Tempos

Tempo de Tra- tamento (hs)	Temperatura Iní- cial de Gelati- nização (°C)	Temperatura de Viscosidade Má- xima (°C)	Viscosidade Máxima (UA)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (UA)	Viscosidade Final a 50°C (UA)
0	68	88	1110	950	1440
2	68	85	1200	910	1250
8	68	79	1090	700	1090
14	68	79	720	340	570

(1) Suspensão a 9,0% (p/v - base de 14% de umidade)

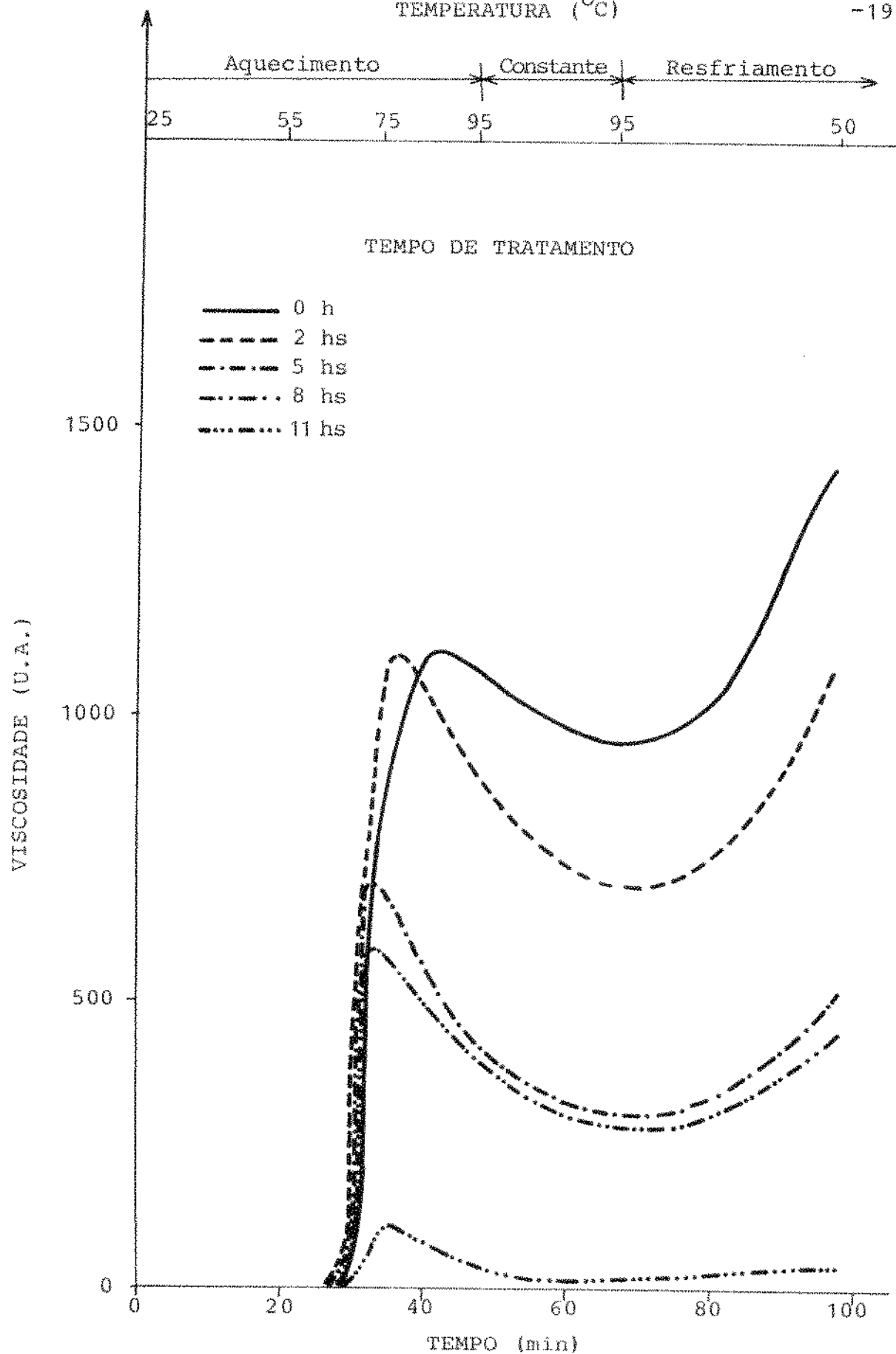


Figura 43 - Efeito da modificação ácida (HCL 0,3N) sobre as características de viscosidade de amido de chuchu.

TABELA LXIX

Características de Viscosidade de Amido de Chucho (1)
Modificado por HCl 0,3N,
em Diferentes Tempos

Tempo de Tra- tamento (hs)	Temperatura Iní- cial de Gelati- nização (°C)	Temperatura de Viscosidade Má- xima (°C)	Viscosidade Máxima (UA)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (UA)	Viscosidade Final a 50°C (UA)
0	68	88	1110	950	1440
2	67	79	1100	720	1080
5	67	76	700	320	500
8	67	76	590	300	450
11	70	76	110	20	30

(1) Suspensão a 9,0% (p/v - base de 14% de unidade)

TABELA LXX

Correlação Linear entre Viscosidade de Amido de
 Chuchu Modificado por HCl 0,075N
 e Tempo de Tratamento

Característica	Equação	Correlação
Viscosidade Máxima	$y = -29,3x + 1206$	0,874
Viscosidade após 20 min. a 95°C	$y = -43,5x + 986$	0,986
Viscosidade Final a 50°C	$y = -57,5x + 1433$	0,974

y = Umidades Amilográficas - x = Tempo (hs)

TABELA LXXI

Correlação Linear entre Viscosidade de Amido de
Chuchu Modificado por HCl 0,3N
e Tempo de Tratamento

Característica	Equação	Correlação
Viscosidade Máxima	$y = -90,6x + 1193$	0,971
Viscosidade após 20 min. a 95°C	$y = -80,6x + 881$	0,968
Viscosidade Final a 50°C	$y = -121,9x + 1334$	0,971

y = Umidades Amilográficas (UA) - x = Tempo (hs)

TABELA LXXII

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo
de Resfriamento e Viscosidade do Amido de Chuchu,
Modificado por HCl 0,075N em Diferentes Tempos

Tempo de Tra- tamento (hs)	Retrogradação	
	Equação	Correlação
2	$y = -7,9x + 1568$	0,918
8	$y = -9,7x + 1531$	0,972
14	$y = -6,0x + 847$	0,973

y = Unidades Amilográficas - x = °C

14 horas de tratamento o coeficiente angular é o menor, indicando uma associação molecular mais lenta, provocada por hidrólise das moléculas. A mesma análise é feita na Tabela LXXIII, onde o coeficiente angular da reta obtida a partir do tratamento por 11 horas, com HCl 0,3, se aproxima de zero, indicando pouca associação e uma quase completa hidrólise. O amido de milho, usado como comparação, foi tratado da mesma forma e as Figuras 44 e 45 apresentam seus amilogramas e as Tabelas LXXIV e LXXV quantificam as características medidas. Da mesma forma ocorrida no amido de chuchu, o amido de milho foi hidrolisado em maior intensidade na medida que se aumentou a concentração do ácido e/ou o tempo. A comparação dos coeficientes angulares obtidos da correlação linear entre características de viscosidade de amido de milho e os tempos de tratamento com HCl 0,075 e 0,3 N (Tabelas LXXVI e LXXVII) e os coeficientes angulares obtidos da mesma forma no amido de chuchu (Tabelas LXX e LXXI) mostra que o efeito sobre o chuchu é mais intenso que no milho, embora em valores absolutos o milho apresente menor viscosidade, devido à própria natureza dos dois amidos que apresentam viscosidades, mesmo sem tratamento. As Tabelas LXXVIII e LXXIX mostra pelos baixos coeficientes angulares que a associação molecular no milho é bastante lenta, chegando quase a não ocorrer, se o tratamento for intenso (11 horas a 0,3 N HCl). Um outro fato que deve ser notado é que o milho sem tratamento, durante a fase de resfriamento apresenta duas fases de associação molecular, sendo que a primeira delas é rápida, tornando-se lenta a seguir, este fato pode ser atribuído às forças heterogêneas e a tamanhos diferentes de grânulos ainda intactos e moléculas grandes, principalmente na primeira fase. A utilização de HCl provoca um maior rompimento dos grânulos e hidrólise das moléculas e com isto a associação se torna mais lenta e homogênea, sendo o efeito mais pronunciado em tratamentos mais severos.

TABELA LXXIII

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo
de Resfriamento e Viscosidade do Amido de Chuchu,
Modificado por HCl 0,3N em diferentes tempos

Tempo de Tra- tamento (hs)	Retrogradação	
	Equação	Correlação
2	$y = -8,70x + 1450$	0,949
5	$y = -4,60x + 704$	0,958
8	$y = -3,97x + 615$	0,945
11	$y = -0,32x + 48$	0,870

y = Unidades Amilográficas - x = °C

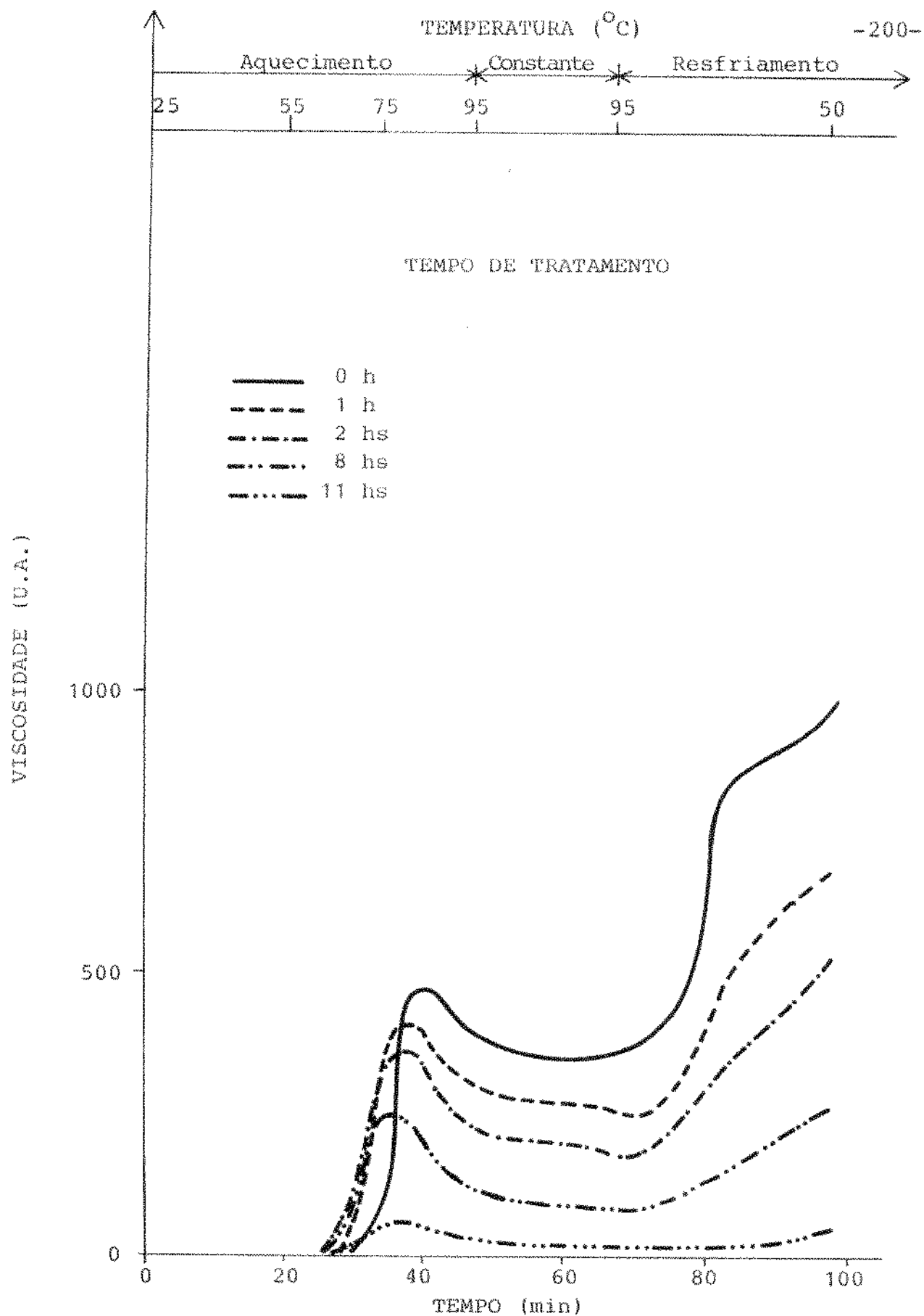


Figura 44 - Efeito da modificação ácida (HCl 0,075N) sobre as características de viscosidade de amido de milho.

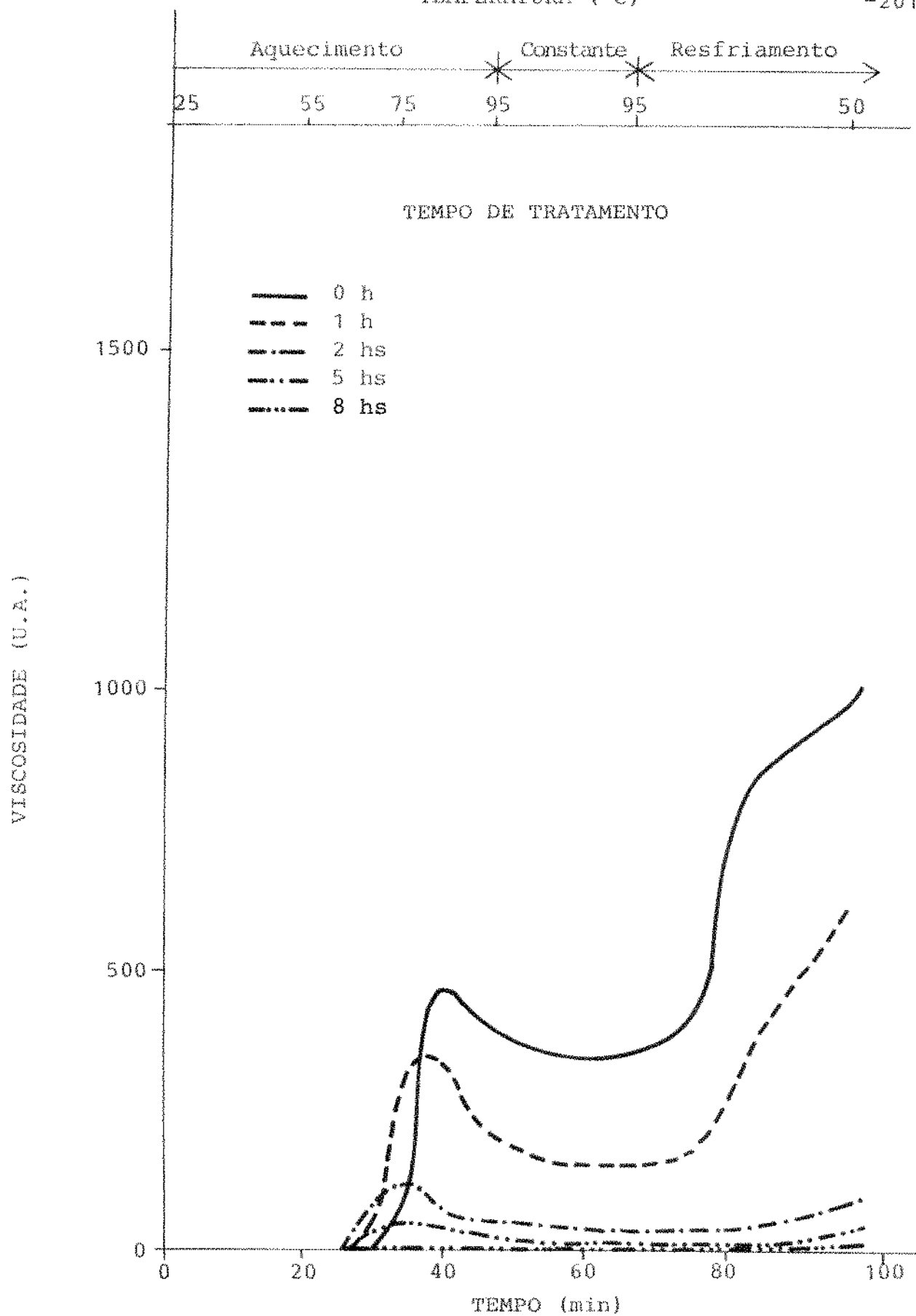


Figura 45 - Efeito da modificação ácida ($\text{HCl } 0,3\text{N}$) sobre as características de viscosidade de amido de milho.

TABELA LXXIV

Características de Viscosidade de Amido de Milho (1)
Modificado por HCl 0,075N,
em Diferentes Tempos

Tempo de Tra- tamento (hs)	Temperatura Ini- cial de Gelati- nização (°C)	Temperatura de Viscosidade Má- xima (°C)	Viscosidade Máxima (UA)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (UA)	Viscosidade Final a 50°C (UA)
0	72	85	480	360	1000
1	70	82	420	270	680
2	70	82	380	190	550
8	70	79	250	80	270
11	70	79	60	20	50

(1) Suspensão a 9,5% (p/v - base de 14% de unidade)

TABELA LXXV

Características de Viscosidade de Amido de Milho (1)
Modificado por HCl 0,3N,
em Diferentes Tempos

Tempo de Tratamento (hs)	Temperatura Inicial de Gelatinização (°C)	Temperatura de Viscosidade Máxima (°C)	Viscosidade Máxima (UA)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (UA)	Viscosidade Final a 50°C (UA)
0	72	65	480	360	1000
1	70	82	350	170	520
2	70	76	130	40	100
5	70	76	60	10	50
8	70	-	10	10	20

(1) Suspensão a 9,5% (p/v - base de 14% de unidade)

TABELA LXXVI

Correlação Linear entre Viscosidade de Amido de
Milho Modificado por HCl 0,075N
e Tempo de Tratamento

Característica	Equação	Correlação
Viscosidade Máxima	$y = -33,9x + 467$	0,978
Viscosidade após 20 min. a 95°C	$y = -27,2x + 304$	0,953
Viscosidade Final a 50°C	$y = -72,2x + 828$	0,949

y = Unidades Amilográficas (UA) - x = Tempo (hs)

TABELA LXXVII

Correlação Linear entre Viscosidade de Amido de
Milho Modificado por HCl 0,3N
e Tempo de Tratamento

Característica	Equação	Correlação
Viscosidade Máxima	$y = -53,9x + 378$	0,878
Viscosidade após 20 min. a 95°C	$y = -35,7x + 260$	0,866
Viscosidade Final a 50°C	$y = -100,0x + 658$	0,775

y = Unidades Amilográficas (UA) - x = Tempo (hs)

TABELA LXXVIII

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo
de Resfriamento e Viscosidade do Amido de Milho,
Modificado por HCl 0,075N em Diferentes Tempos

Tempo de Tra- tamento (hs)	Retrogradação	
	Equação	Correlação
1	$y = -11,3x + 1261$	0,980
2	$y = -9,1x + 983$	0,991
8	$y = -4,6x + 484$	0,985
11	$y = 20$	-

y = Unidades Amilográficas - x = $^{\circ}\text{C}$

TABELA LXXIX

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo
de Resfriamento e Viscosidade do Amido de Milho,
Modificado por HCl 0,3N em Diferentes Tempos

Tempo de Tra- tamento (hs)	Retrogradação	
	Equação	Correlação
1	$y = -8,2x + 878$	0,982
2	$y = -1,3x + 150$	0,925
5	$y = -0,8x + 73$	0,880
8	$y = 20$	-

y = Unidades Amilográficas - x = °C

2. Amido interligado:

O termo interligado, intercruzado ou "cross linked" usado para um tipo de modificação de amido se refere à união das moléculas das frações por compostos polifuncionais. Estas ligações fortalecem o grânulo de amido e dependendo do grau de interligamento, os efeitos são diferentes. Um baixo grau permite um maior inchamento do grânulo sem rompimento do mesmo, o que ocorre para um aumento constante de sua viscosidade. Um alto grau de interligamento, promove uma restrição do inchamento, tornando o amido, praticamente inalterado em seu volume e consequentemente com baixa viscosidade. O interligamento é afetado pela presença de catalizadores, como o NaCl. No presente trabalho, comparou-se o efeito de três níveis do agente interligador - (POCl_3) - (0,15%; 0,30% e 0,45% sobre o peso do amido) na presença de dois de NaCl (0,10% e 0,25%), sobre os amidos de chuchu e de milho. A Figura 46 mostra o efeito do interligamento no amido de chuchu, na presença de 0,1% de NaCl. A Tabela LXXX Mostra as características de viscosidade extraídas da Figura 46. Observa-se que o oxiclureto de fósforo aumenta a resistência a ação mecânica do grânulo e com isto a viscosidade aumenta durante todo o processo não havendo queda na viscosidade durante o processo de agitação em temperatura constante. Em concentrações mais baixas de POCl_3 (0,15%) a interligação mantém a integridade do grânulo, e com isto ocorre um aumento de viscosidade. Aumentando-se a concentração a interligação também é aumentada e com isto o inchamento torna-se difícil, e a viscosidade é diminuída.

A Figura 47 é formada pelos amilogramas de amido de chuchu, tratado com POCl_3 , na presença de NaCl a 0,25% e a Tabela LXXXI é resultante dos dados obtidos a partir da Figura 47. observa-se que neste caso, onde houve um aumento do catalizador, o efeito foi mais intenso, no sentido de resistência ao inchamento, em todos os níveis de tratamento. As Tabelas

TABELA LXXX

Características de Viscosidade de Amido de Chuchu (1)
Modificado por Oxícloreto de Fósforo, em
Presença de Cloreto de Sódio (0,10%)

Concentração de POCl ₃ (% - p/p)	Temperatura Inicial de Gelatinização (°C)	Temperatura de Viscosidade Máxima (°C)	Viscosidade Máxima (2) (UA)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (UA)	Viscosidade Final a 50°C (UA)
0	68	88	1100	950	1440
0,15	70	95	1400	1570	2490
0,30	70	95	1140	1360	2210
0,45	70	95	70	170	440

(1) Suspensão a 9,0% (p/v - base de 14% de umidade)

(2) No início da temperatura constante (95°C)

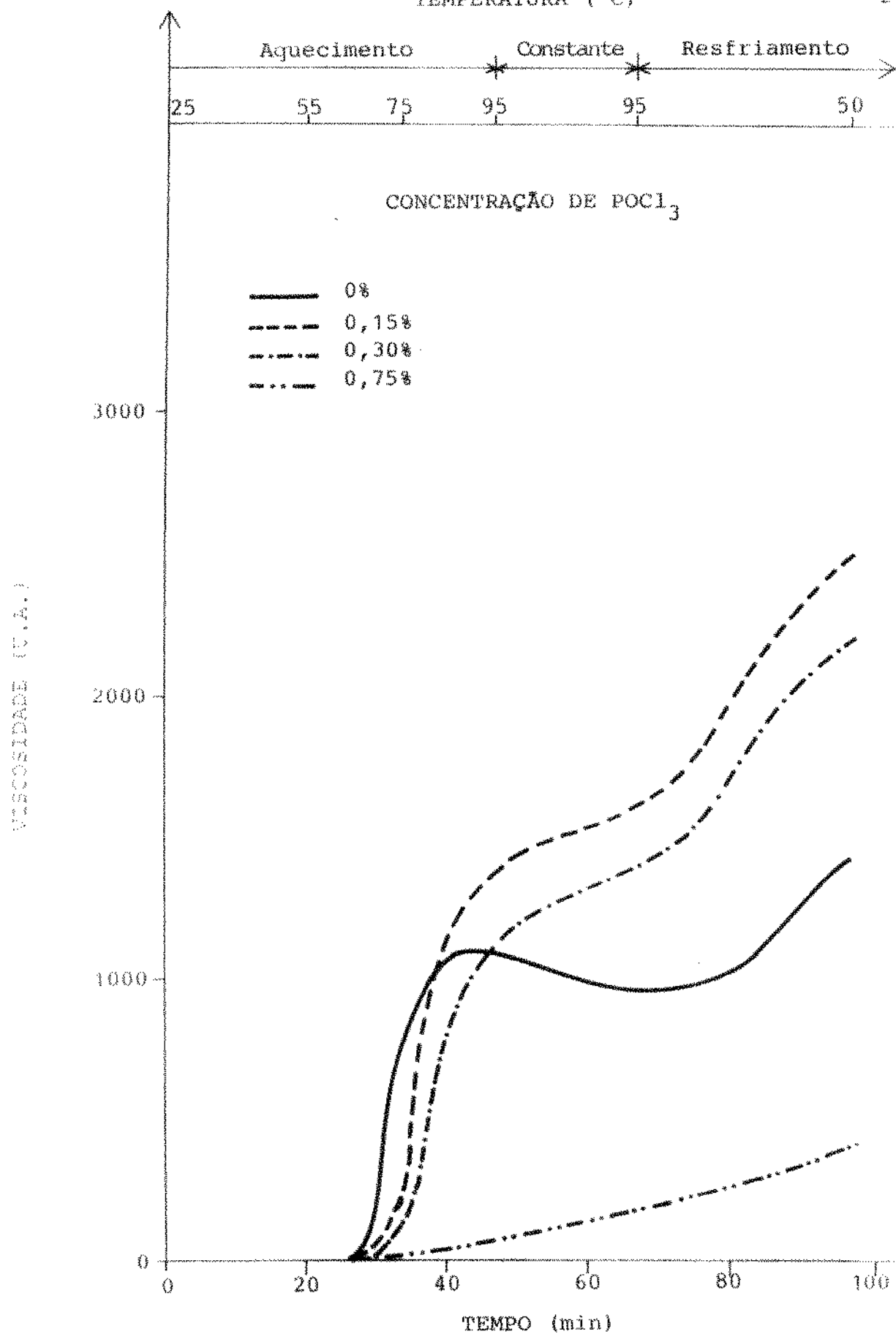


Figura 46 - Efeito do inter cruzamento com oxiclreto de fósforo em presença de cloreto de sódio (0,10%) sobre as características de viscosidade de amido de chuchu.

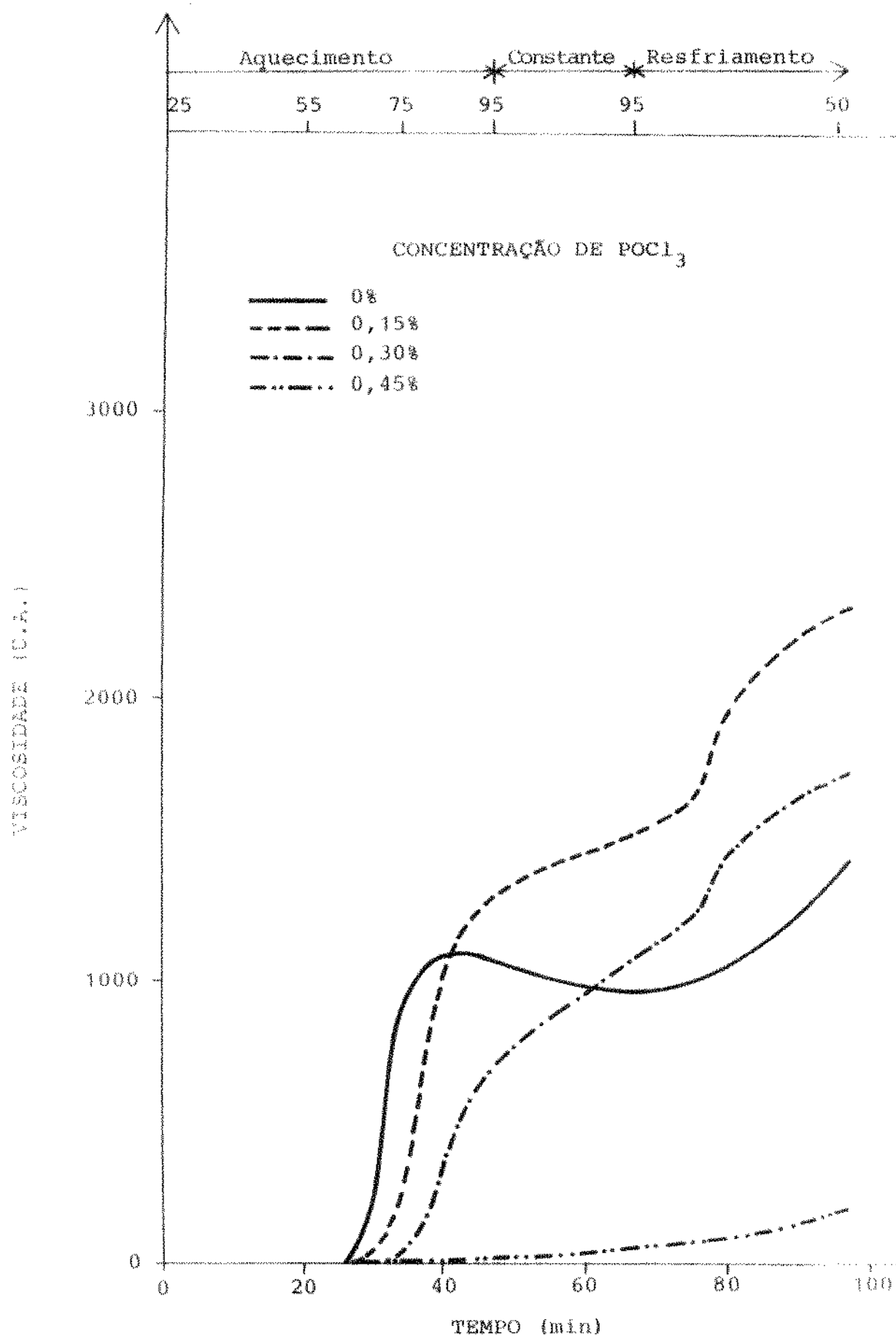


Figura 47 - Efeito do intercruzamento com oxiclureto de fósforo em presença de clureto sódio (0,25%) sobre as características de viscosidade de amido de chuchu.

TABELA LXXXI

Características de Viscosidade de Amido de Chuchu (1)
Modificado por Oxicloreto de Fósforo, em
Presença de Cloreto de Sódio (0,25%)

Concentração de POCl_3 (% - p/p)	Temperatura Inicial de Gelatinização ($^{\circ}\text{C}$)	Temperatura de Viscosidade Máxima ($^{\circ}\text{C}$)	Viscosidade Máxima (2) (UA)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (UA)	Viscosidade Final a 50°C (UA)
0	68	88	1100	950	1440
0,15	70	95	1260	1500	2360
0,30	73	95	600	1080	1780
0,45	73	95	40	100	220

(1) Suspensão a 9,0% (p/v - Base de 14% de umidade)

(2) No início da temperatura constante (95°C).

LXXXII e LXXXIII quantificam os efeitos (em %) e confirmam o que foi dito. As Tabelas LXXXIV e LXXXV que mostram a curva de retrogradação, indicam pequena diferença na associação molecular em baixa concentração de POCl_3 (0,15%), nos dois níveis de NaCl (0,10 e 0,25%) mas a partir de 0,30%, a associação se torna mais lenta, pela dificuldade de interação das moléculas interligadas. Nestes casos o aumento da concentração dificultou ainda mais a associação. Os amilogramas das Figuras 48 e 49 representam amido de milho tratados à semelhança do amido de chuchu e as Tabelas LXXXVI e LXXXVII mostram as características de viscosidade enquanto as Tabelas LXXXVIII e LXXXIX quantificam os efeitos. Maior concentração de NaCl (0,25%) concorreu para um maior efeito na restrição ao inchamento, apesar de em alguns pontos os efeitos serem contraditórios, sem uma explicação aparente, embora as temperaturas iniciais em todos os casos tenham sido aumentadas, indicando uma dificuldade de absorção, notadamente na concentração maior de NaCl (0,25%). As mesmas observações são válidas para as Tabelas XC e XCI, onde se observa que o maior efeito na retrogradação é obtido em concentrações altas de POCl_3 (0,45%) enquanto nas demais os efeitos são semelhantes. A Figura 50 mostra o efeito de POCl_3 , na presença de NaCl 0,1% e 0,25%, na viscosidade no início da temperatura constante de amido de chuchu e milho. Pode-se observar, aumentando-se a concentração de sal há uma maior resistência ao inchamento, indesejável, quando se deseja um máximo de viscosidade e desejável quando o importante é o máximo de resistência ao inchamento. Nesta figura, as mudanças são mais acentuadas no amido de chuchu. A Figura 51 apresenta os mesmos efeitos na viscosidade após 20 minutos de temperatura constante. Neste parâmetro, o amido de chuchu tem o mesmo comportamento apresentado na Figura 50, mas valores diferentes. O amido de milho por sua vez mostra ser pouco sensível à mudança da concentração de sal, e o efeito do interligamento é menor que do chuchu, nesta fase. A Figura 52 obser-

TABELA LXXXII

Taxas de Mudanças (1) nas Características de Viscosidade de Amido de Chuchu Provocadas por Oxícloreto de Fósforo, em Presença de Cloreto de Sódio (0,10%)

Concentração de POCl_3 (% - p/p)	Viscosidade		Viscosidade	
	Máxima (2) (%)		Após 20 Min a 95°C (%)	Final a 50°C (%)
0,15	+ 27,3		+ 65,3	+ 72,9
0,30	+ 3,6		+ 43,2	+ 53,5
0,45	- 93,6		- 82,0	- 69,4

(1) $\text{TM} (\%) = \frac{\text{Tratado} - \text{Não Tratado}}{\text{Não Tratado}} \times 100$

(2) No início da temperatura constante (95°C).

TABELA LXXXIII

Taxas de Mudanças (1) nas Características de Viscosidade
de Amido de Chucho Provocadas por Oxícloreto de
Fósforo, em Presença de Cloreto de Sódio (0,25%)

Concentração de POCl_3 (% - p/p)	Viscosidade Máxima (2) (%)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (%)	Viscosidade Final a 50°C (%)
0,15	+ 14,55	+ 57,89	+ 63,89
0,30	- 45,45	+ 13,68	+ 23,61
0,45	- 96,36	- 89,47	- 84,72

(1) TM (%) = $\frac{\text{Tratado} - \text{Não Tratado}}{\text{Tratado}} \times 100$

Não Tratado

(2) No início da temperatura constante (95°C).

TABELA LXXXIV

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo
de Resfriamento e viscosidade do Amido de Chuchu,
Modificado por Oxicloreto de Fósforo em
Presença de Cloreto de Sódio (0,10%)

Concentração de POCl_3 (% - p/p)	Retrogradação	
	Equação	Correlação
0,15	$y = -20,29x + 3550$	0,975
0,30	$y = -20,52x + 3275$	0,993
0,45	$y = -6,58x + 791$	0,988

y = Unidades Amilográficas - x = $^{\circ}\text{C}$

TABELA LXXXV

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo
de Resfriamento e Viscosidade do Amido de Chuchu,
Modificado por Oxicloreto de Fósforo em
Presença de Cloreto de Sódio (0,25%)

Concentração de POCl_3 (% - p/p)	Retrogradação	
	Equação	Correlação
0,15	$y = -21,90x + 3529$	0,973
0,30	$y = -17,23x + 2691$	0,983
0,45	$y = -3,46x + 388$	0,985

y = Unidades Amilográficas - $x = ^\circ\text{C}$

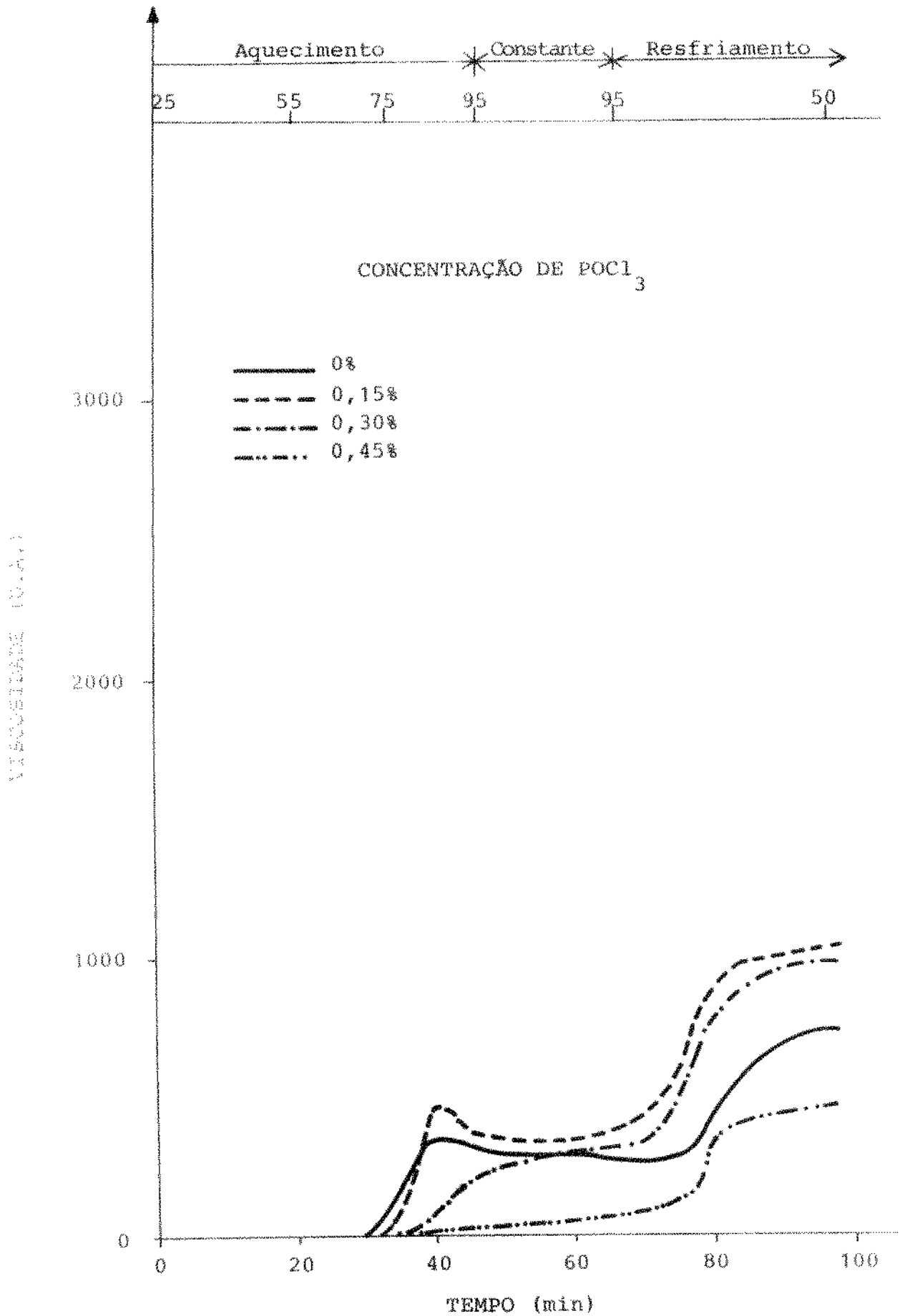


Figura 48 - Efeito do Intercruzamento com oxiclreto de fósforo na presença de cloreto de sódio (0,1%) sobre as características de viscosidade de amido de milho.

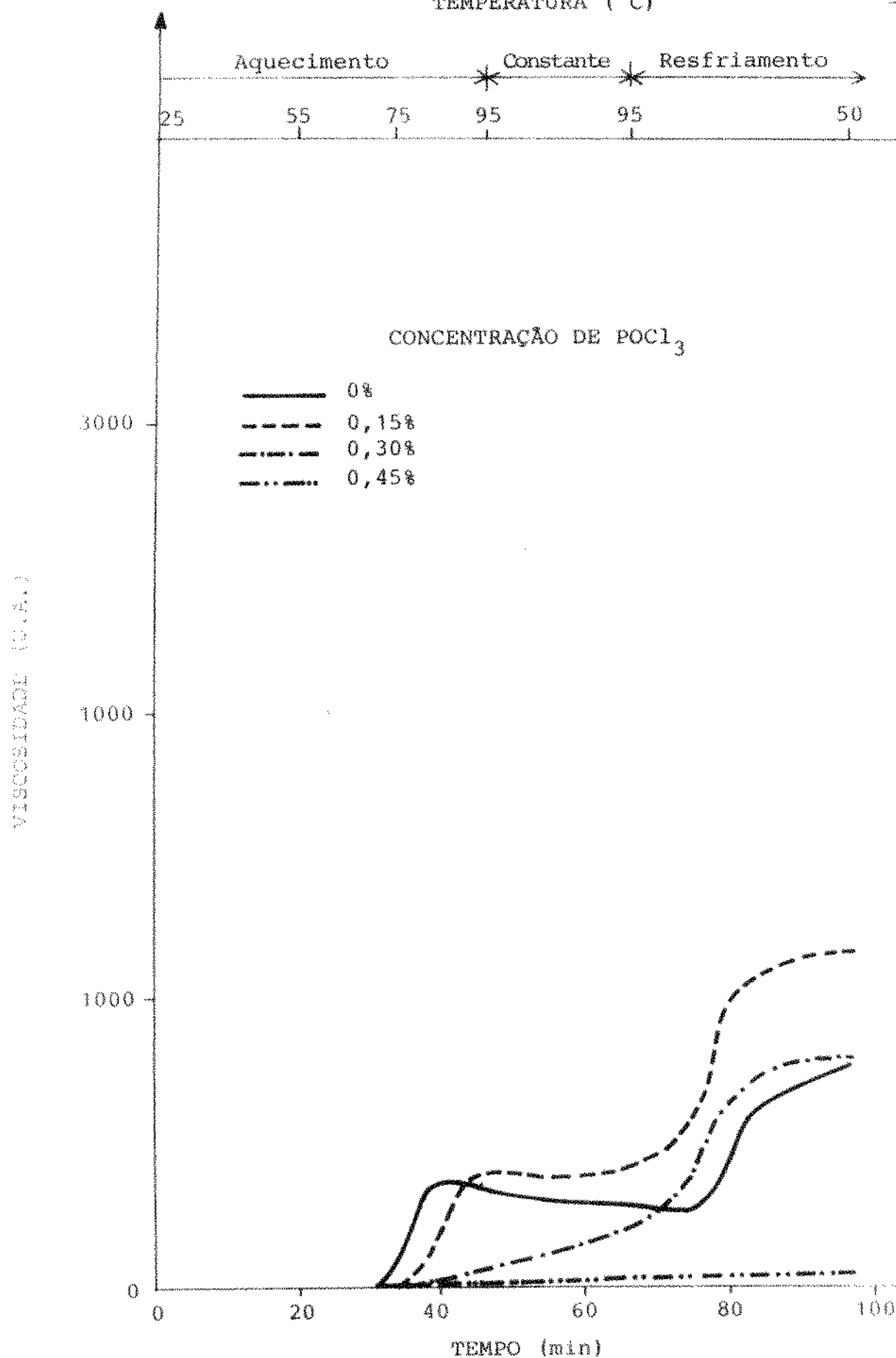


Figura 49 - Efeito do inter cruzamento com oxiclreto de fósforo na presença de cloreto de sódio (0,25%) sobre as características de viscosidade de amido de milho.

TABELA LXXXVI

Características de Viscosidade de Amido de Milho (1)
Modificado por Oxidoreto de Fósforo, em
Presença de Cloreto de Sódio (0,10%)

Concentração de POCl ₃ (% - p/p)	Temperatura Inicial de Gelatinização (°C)	Temperatura de Viscosidade Máxima (°C)	Viscosidade Máxima (2) (UA)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (UA)	Viscosidade Final a 50°C (UA)
0	73	85	300	260	730
0,15	76	85	360	330	1040
0,30	79	95	240	330	970
0,45	85	95	30	80	450

(1) Suspensão a 9,0% (p/v - base de 14% de umidade)

(2) No início da temperatura constante

TABELA LXXXVII

Características de Viscosidade de Amido de Milho (1)
Modificado por Oxicloreto de Fósforo, em
Presença de Cloreto de Sódio (0,25%)

Concentração de POCl ₃ (% - p/p)	Temperatura Inicial- nização (°C)	Temperatura de Viscosidade Máxima (°C)	Viscosidade Máxima (2) (UA)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (UA)	Viscosidade Final a 50°C (UA)
0	73	85	300	260	730
0,15	79	95	360	420	1160
0,30	82	95	100	200	760
0,45	88	95	20	20	20

(1) Suspensão a 9,0% (p/v - base de 14% de unidade)

(2) No início da temperatura constante.

TABELA LXXXVIII

Taxas de Mudanças (1) nas Características de Viscosidade
de Amido de Milho Provocadas por Oxícloreto de
Fósforo, em Presença de Cloreto de Sódio (0,10%)

Concentração de POCl_3 (% - p/p)	Viscosidade Máxima (2) (%)	Viscosidade Após 20 min a 95°C (%)	Viscosidade Final a 50°C (%)
0,15	+ 20,0	+ 26,9	+ 42,5
0,30	- 20,0	+ 26,9	+ 32,9
0,45	- 90,0	- 69,2	- 38,4

(1) $\text{TM} (\%) = \frac{\text{Tratado} - \text{Não Tratado}}{\text{Tratado}} \times 100$

Não Tratado

(2) No início da temperatura constante (95°C)

TABELA LXXXIX

Taxas de Mudanças (1) nas Características de Viscosidade
de Amido de Milho Provocadas por Oxícloreto de
Fósforo, em Presença de Cloreto de Sódio (0,25%)

Concentração de POCl ₃ (% - p/p)	Viscosidade Máxima (2) (%)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (%)	Viscosidade Final a 50°C (%)
0,15	+ 20,0	+ 38,46	+ 58,90
0,30	- 66,67	- 23,08	+ 4,11
0,45	- 93,33	- 92,31	- 97,26

(1) TM (%) = Tratado - Não Tratado x 100
Não Tratado

(2) No início da temperatura constante.

TABELA XC

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo
de Resfriamento e Viscosidade do Amido de Milho,
Modificado por Oxícloreto de Fósforo em
Presença de Cloreto de Sódio (0,10%)

Concentração de POCl_3 (% - p/p)	Retrogradação	
	Equação	Correlação
0,15	$y = -17,60x + 2066$	0,918
0,30	$y = -15,77x + 1916$	0,895
0,45	$y = -11,06x + 1110$	0,894

y = Unidades Amilográficas - x = $^{\circ}\text{C}$

TABELA XCI

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo
de Resfriamento e Viscosidade do Amido de Milho,
Modificado por Oxícloreto de Fósforo em
Presença de Cloreto de Sódio (0,25%)

Concentração de POCl_3 (% - p/p)	Retrogradação	
	Equação	Correlação
0,15	$y = -19,94x + 2314$	0,921
0,30	$y = -15,35x + 1682$	0,911
0,45	$y = 20$	-

y = Unidades Amilográficas - x = $^{\circ}\text{C}$

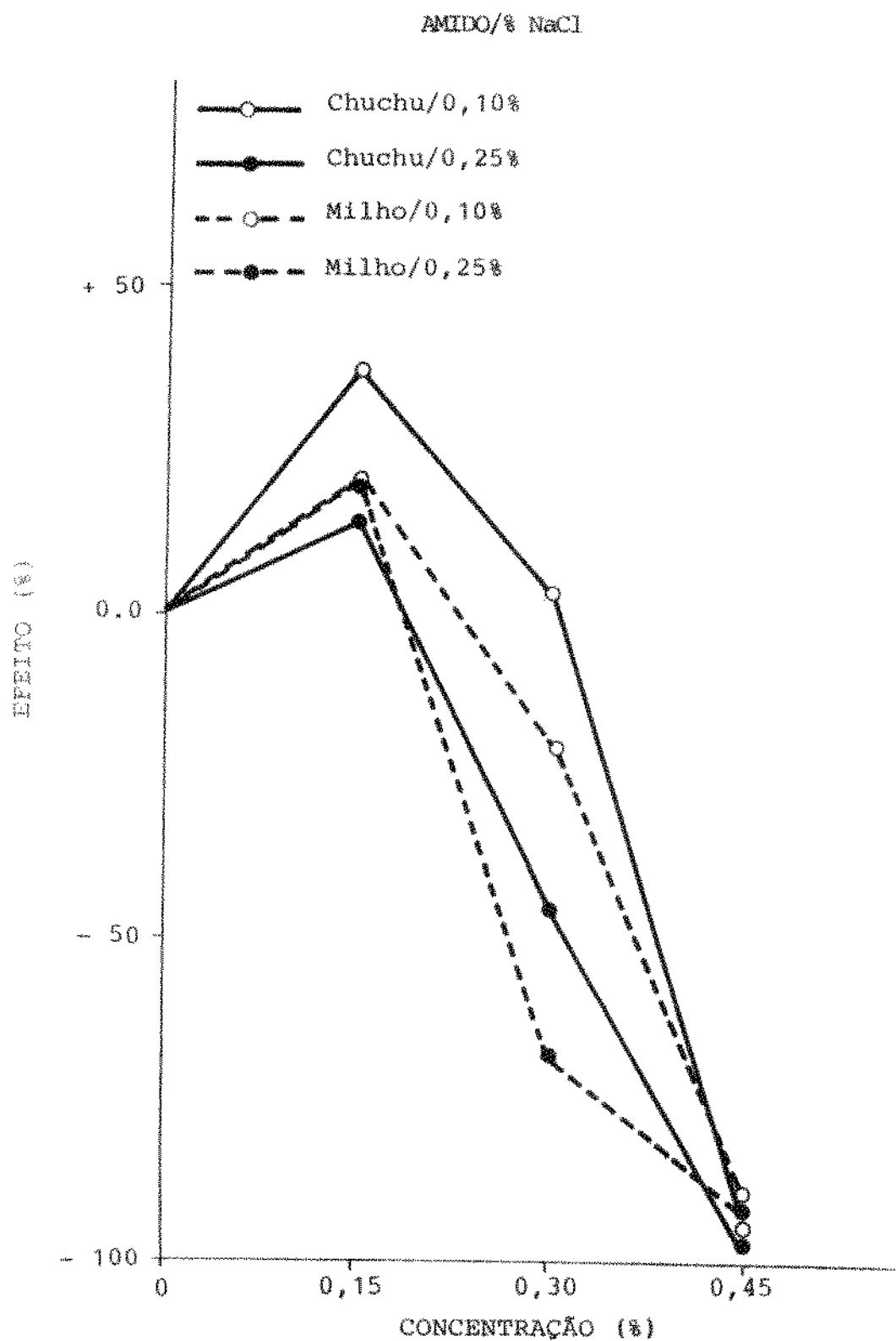


Figura 50 - Efeito de oxiclreto de fósforo na presença de cloreto de sódio (0,1% e 0,25%) sobre a viscosidade máxima de amido de chuchu e milho.

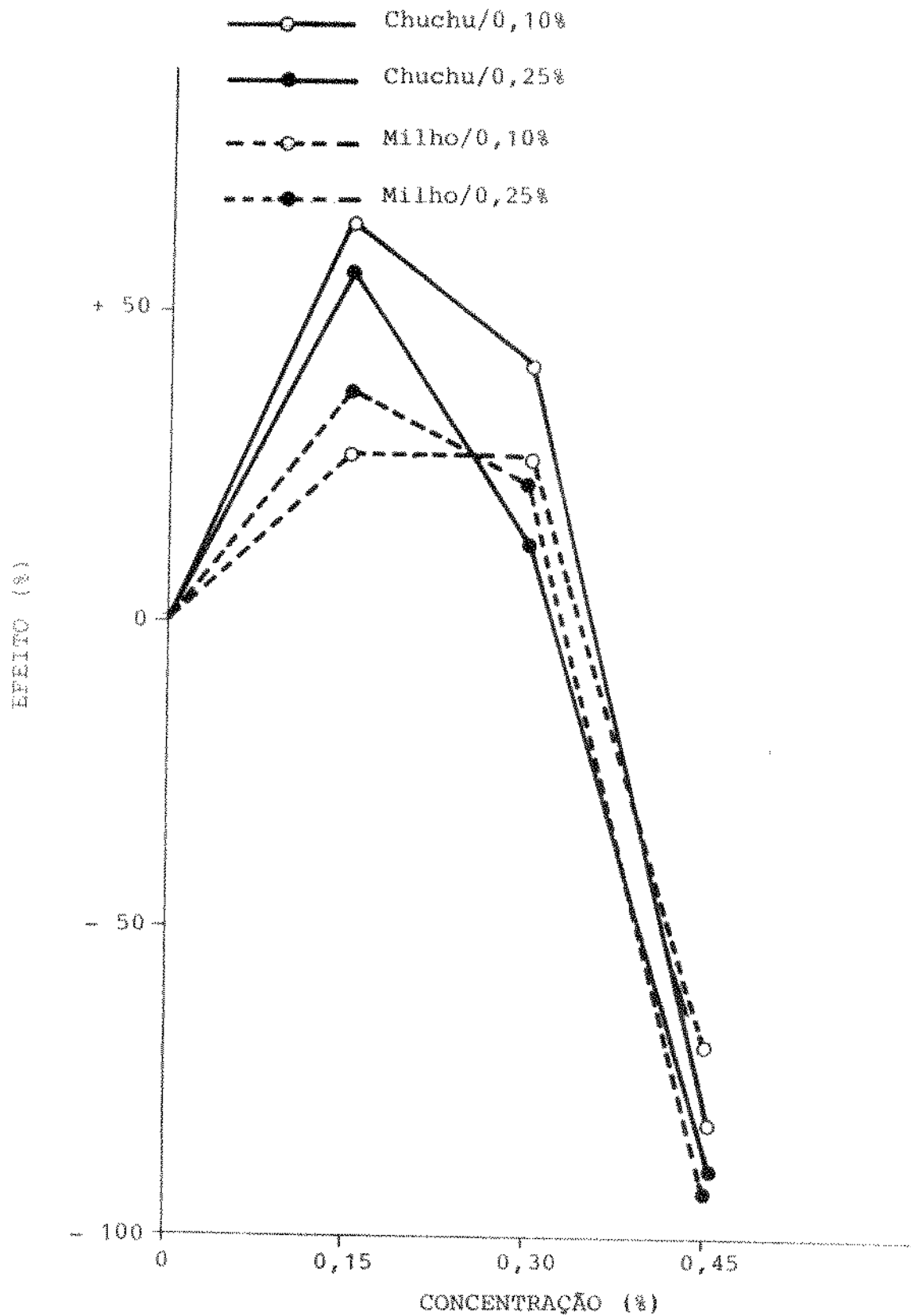


Figura 51 - Efeito de oxiclureto de fósforo na presença de cloreto de sódio (0,1% e 0,25%) sobre a viscosidade após 20 minutos a 95°C de amido de chuchu e milho.

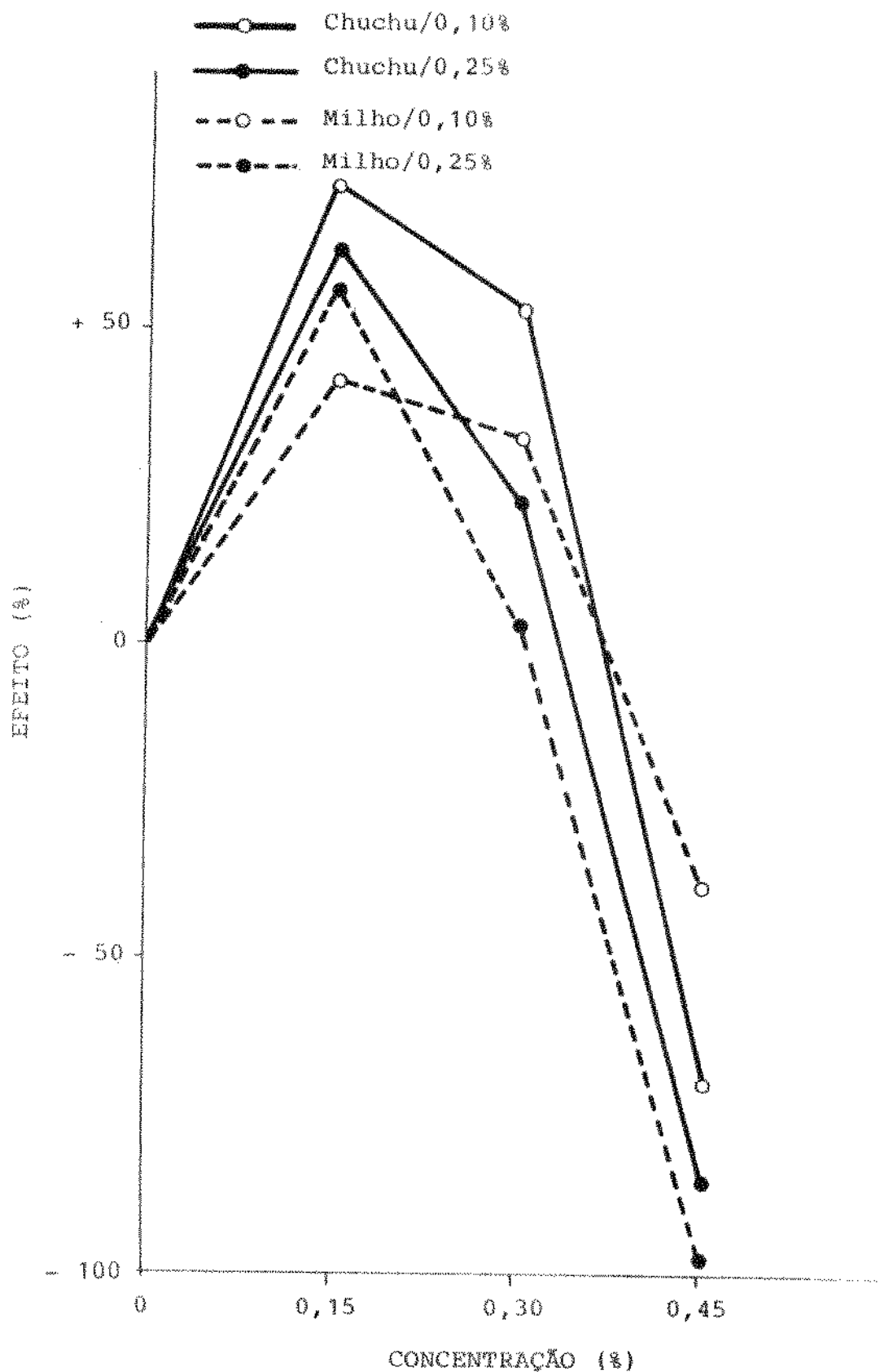


Figura 52 - Efeito de oxicleto de fósforo na presença de cloreto de sódio (0,1% e 0,25%) sobre a viscosidade final a 50°C de amido de chuchu e milho.

va os efeitos das condições já expostas sobre a viscosidade final. O amido de chuchu mantém o seu comportamento, enquanto o amido de milho, embora seja menos susceptível que o chuchu, comporta de maneira diferente em baixa concentração do POCl_3 . Tudo indica que em baixo interligamento o efeito do NaCl como eletrólito, prevalece no amido de milho.

3. Amido modificado por fosfatos inorgânicos:

Duas modalidades de fosfatação foram usadas. A primeira delas é a baixa fosfatação conseguida com tripolifosfato de sódio e a segunda, alta fosfatação, obtida com uma mistura de fosfato mono e bibásico de sódio. Os fosfatos formam ésteres com o amido, e como grupos iônicos que são, provocam repulsão das cargas. Estas desestabilizações da estrutura micelar que constitui o amido permite a absorção intensa de água, provocando o inchamento dos grânulos, que pode apresentar alta viscosidade mesmo em água fria, se a fosfatação for alta. A Figura 53 mostra os amilogramas de amido de chuchu e de milho tratados por baixa fosfatação. Pode-se observar que a incorporação de ânions fosfatos aos amidos, provocou uma repulsão entre moléculas, desestabilizando as estruturas que mantinham a rede micelar, e com isto permitiu uma absorção de água mais rápida e mais intensa, pelo seu alto poder de hidratação. Isto fez com que a temperatura de viscosidade inicial fosse grandemente diminuída, sendo que o efeito sobre o amido de milho foi maior. A temperatura de viscosidade máxima também foi diminuída, mas pouca diferença existiu entre os dois amidos. A viscosidade máxima foi aumentada, mais no amido de milho que no chuchu. O enfraquecimento do grânulo, também ocorreu e neste caso, o efeito foi maior no chuchu que no milho. Pela presença dos ânions nas moléculas, a retrogradação é diminuída, principalmente no amido de chuchu, sendo que no ami-

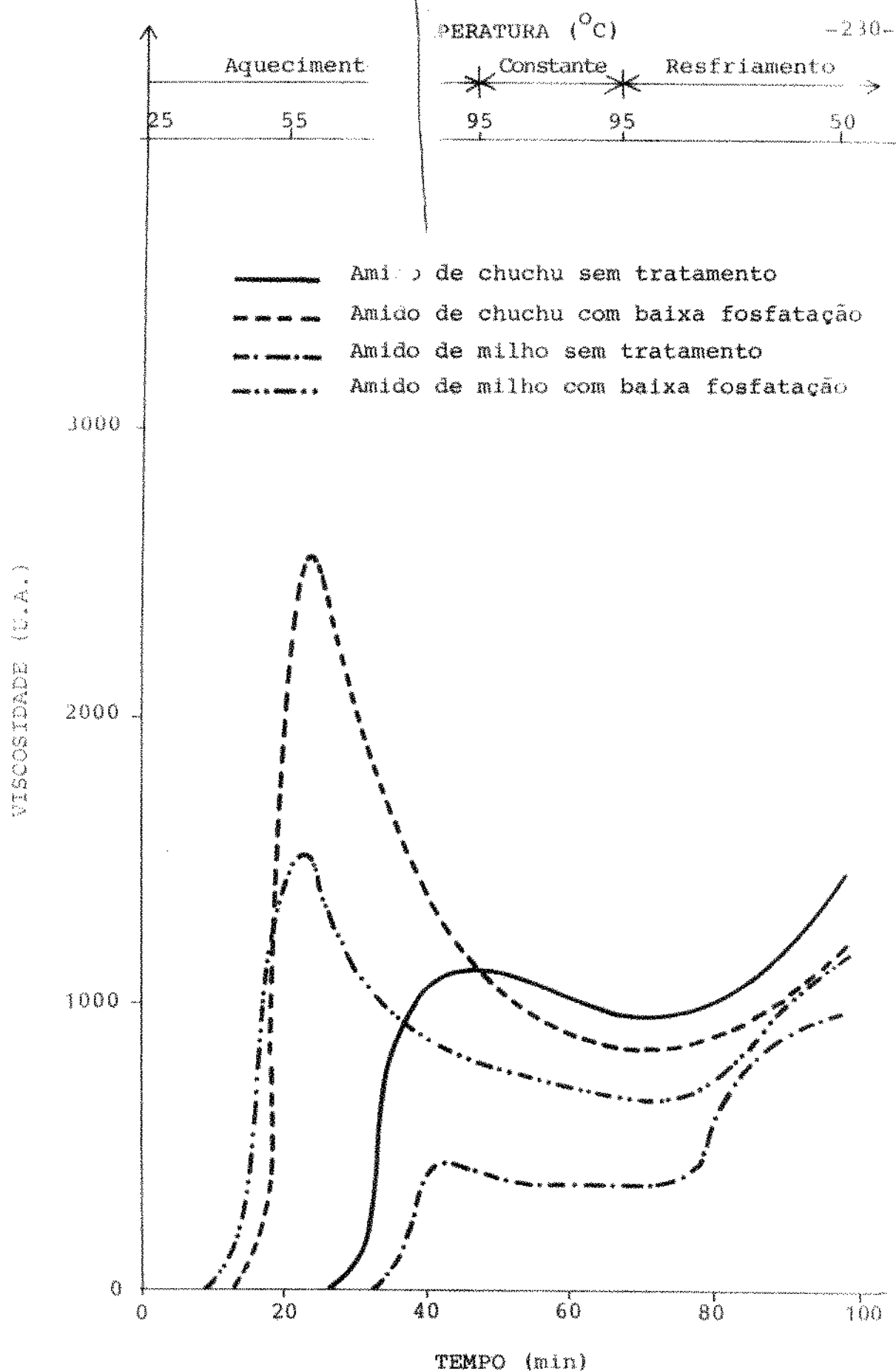


Figura 53 - Efeito de baixa fosfatação sobre as características de viscosidade de amido de chuchu e milho.

do de milho, pouca diferença houve entre o tratado e o não tratado. A Figura 54 mostra o efeito de alta fosfatação nos amidos de chuchu e de milho. Em ambos os casos, houve a formação de pasta em temperaturas ambientes, sendo que a viscosidade no amido de milho foi muito superior à do chuchu, quando comparados com os amidos sem tratamento. A resistência foi diminuída, em ambos, mas com maior intensidade no amido de chuchu, que também apresentou menor retrogradação. A Tabela XCII, mostra as características de viscosidades do amido de chuchu com alta e baixa fosfatação, enquanto que a XCIII mostra o amido de milho, nas mesmas condições. A Tabela XCIV apresenta a correlação linear entre a temperatura de resfriamento e viscosidade do amido de chuchu em alta e baixa fosfatação. A Tabela XCV mostra a mesma correlação, com amido de milho.

4. Amido modificado por hipoclorito de sódio:

O amido oxidado por hipoclorito pode apresentar grupos carbonílicos, carboxílicos e se despolimerizar. Uma baixa oxidação pode provocar um aumento de viscosidade, embora o fato mais normal seja o da queda da viscosidade. A Figura 55 mostra o efeito da oxidação com hipoclorito de sódio em baixa concentração. Pode-se observar que na concentração de 3,5% de hipoclorito (aproximadamente 0,21% de cloro ativo) houve um ligeiro aumento na viscosidade máxima do amido de chuchu, embora a viscosidade após 20 minutos a 95°C não tenha sido alterada e a viscosidade final tenha diminuído ligeiramente (50 UA). Aumentando-se a concentração para 7% (0,42% de cloro ativo) a viscosidade aumentou mais mostrando uma maior ação do hipoclorito. Na concentração de 10% (0,6% de cloro ativo) a viscosidade inicia o seu decréscimo, indicando que a concentração começa afetar mais intensamente a integridade das frações. A Tabela XCVI mostra os dados obtidos a partir dos amilogramas da

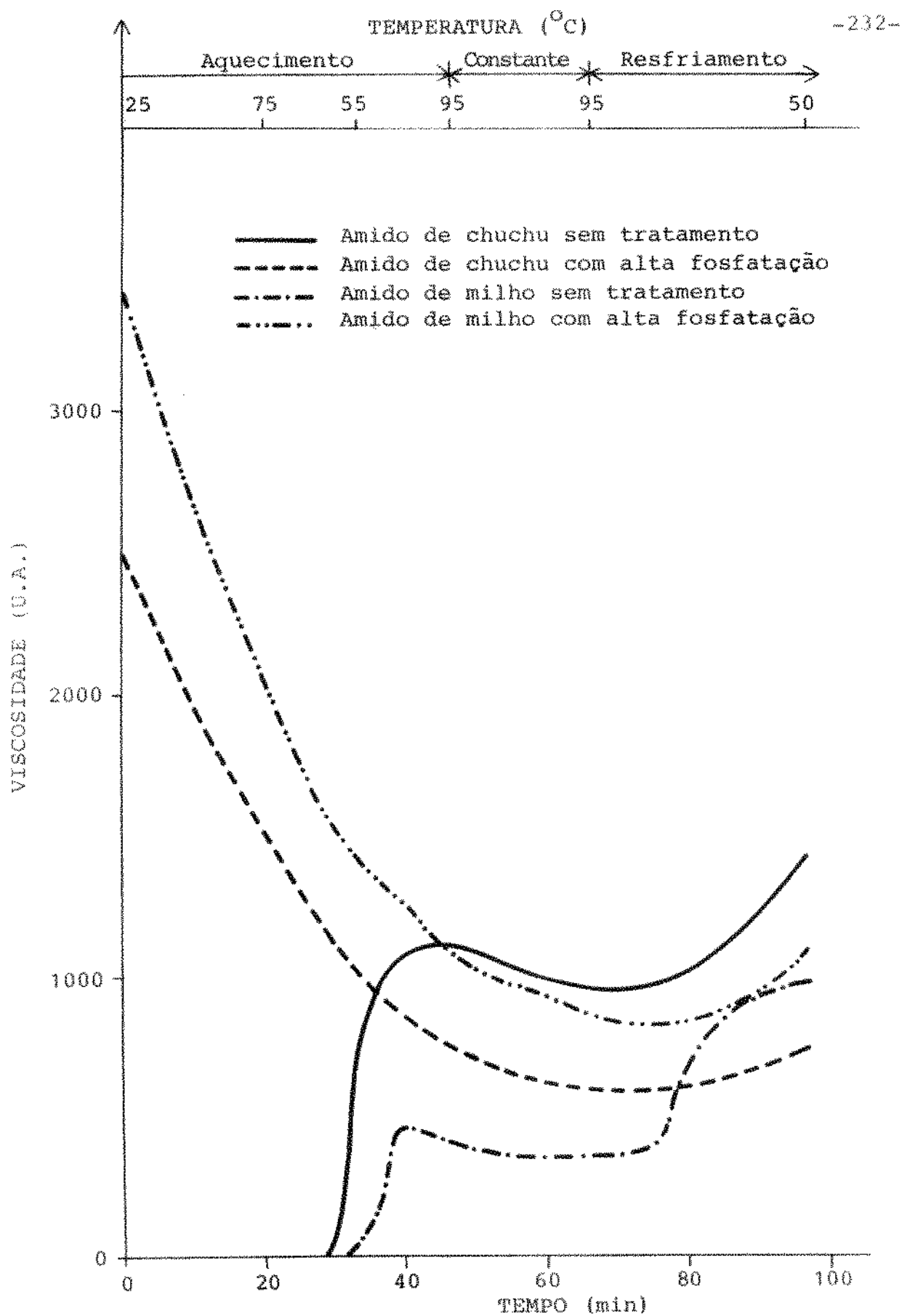


Figura 54 - Efeito de alta fosfatação sobre as características de viscosidade de amido de chuchu e milho.

TABELA XCII

Características de Viscosidade de Amido de Chuchu (1)
Modificado por Alta e Baixa Fosfatação

Grau de Fosfatação	Temperatura Inicial de Gelatinização (°C)	Temperatura de Viscosidade Máxima (°C)	Viscosidade Inicial	Viscosidade Máxima (UA)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (UA)	Viscosidade Final a 50°C (UA)
Sem Fosfatação	68	95	-	1110	880	1440
Alta Fosfatação	25	25	2500	2500	620	810
Baixa Fosfatação	43	61	-	2540	850	1200

(1) Suspensão a 9,0% (p/v - base de 14% de umidade).

TABELA XCIII

Características de Viscosidade de Amido de Milho (1)
Modificado por Alta e Baixa Fosfatação

Grau de Fosfatação	Temperatura Inicial de Gelatinização (°C)	Temperatura de Viscosidade Máxima (°C)	Viscosidade Inicial	Viscosidade Máxima (UA)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (UA)	Viscosidade Final a 50°C (UA)
Sem Fosfatação	70	88	-	440	360	960
Alta Fosfatação	25	25	3400	3400	880	1110
Baixa Fosfatação	40	58	-	1500	680	1170

(1) Suspensão a 9,0% (p/v - base de 14% de umidade)

TABELA XCIV

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo
de Resfriamento e Viscosidade do Amido de Chucho,
Modificado por Alta e Baixa Fosfatação

Grau de Fosfatação	Retrogradação	
	Equação	Correlação
Sem Fosfatação	$y = -11,87x + 1972$	0,954
Alta Fosfatação	$y = -7,6 x + 1492$	0,910
Baixa Fosfatação	$y = -35,0 x + 913$	0,910

y = Unidades Amilográficas - x = °C

TABELA XCV

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo
de Resfriamento e Viscosidade do Amido de Milho,
Modificado por Alta e Baixa Fosfatação

Grau de Fosfatação	Retrogradação	
	Equação	Correlação
Sem Fosfatação	$y = 17,52x + 1954$	0,945
Alta Fosfatação	$y = 13,36x + 1802$	0,959
Baixa Fosfatação	$y = 5,80x + 1327$	0,884

y = Unidades Amilográficas - x = °C

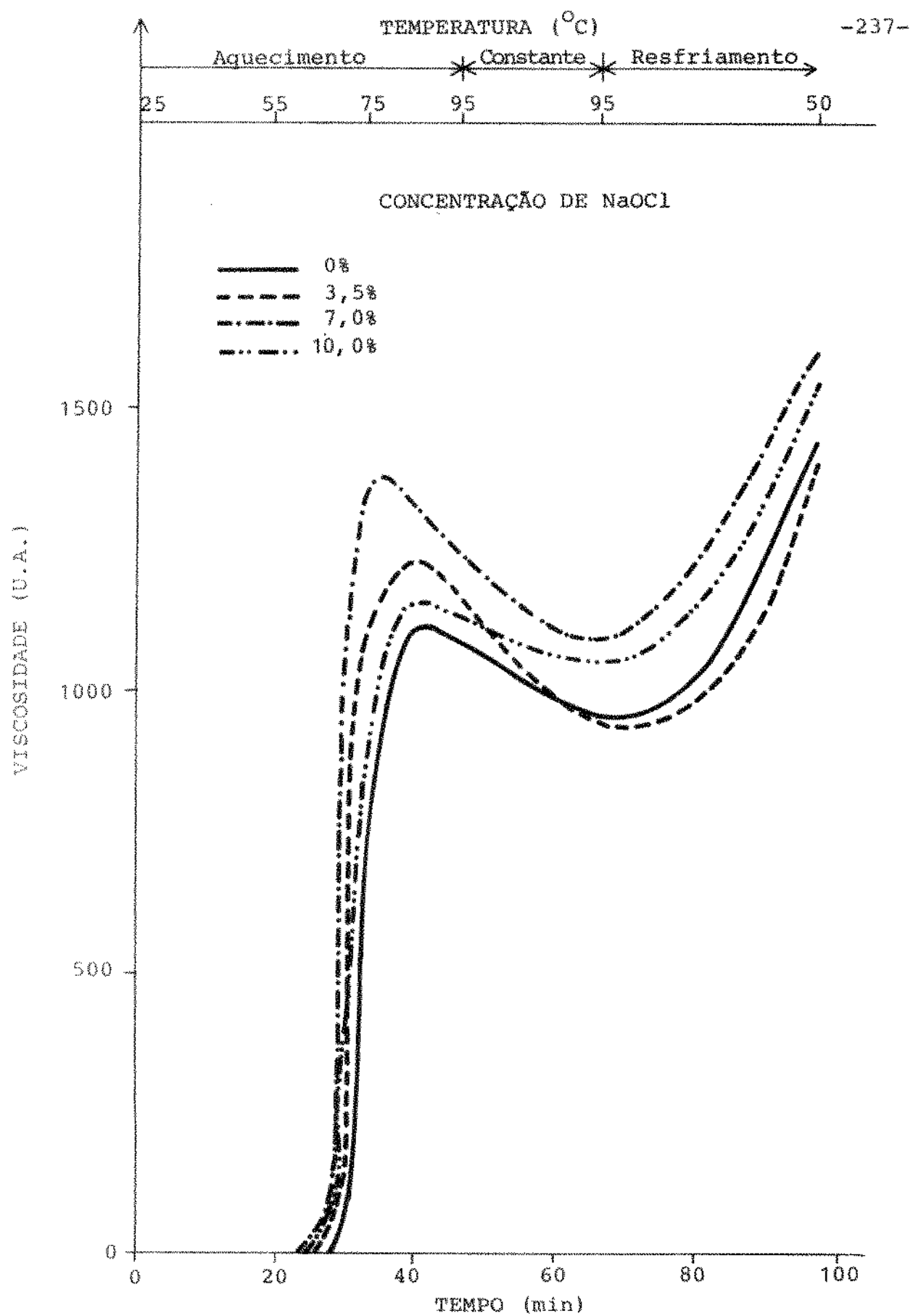


Figura 55 - Efeito da oxidação com hipoclorito de sódio nas características de viscosidade de amido de chuchu.

TABELA XCVI

Características de Viscosidade de Amido de Chucho (1)
Modificado por Hipoclorito de Sódio

Concentração de NaOCl (% - p/p)	Temperatura Inicial de Gelatinização (°C)	Temperatura de Viscosidade Máxima (°C)	Viscosidade Máxima (UA)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (UA)	Viscosidade Final a 50°C (UA)
0,0	68	88	1110	950	1450
3,5	67	85	1220	960	1390
7,0	67	79	1370	1090	1590
10,0	67	85	1160	1060	1520

(1) Suspensão a 9,0% (p/v - base de 14% de umidade)

Figura 55, enquanto a Tabela XCVII mostra os efeitos em termos percentuais, comparados com o amido não tratado. A Tabela XCVIII mostra a correlação linear entre temperatura de resfriamento e viscosidade do amido de chuchu. A Figura 56 apresenta o efeito de hipoclorito de sódio sobre o amido de milho. O efeito é semelhante ao amido de chuchu, com valores diferentes. A Tabela XCIX mostra as características de viscosidade do amido de milho submetido à ação hipoclorito de sódio cujos valores foram extraídos da Figura 56. A Tabela C apresenta os efeitos em termos percentuais. A Tabela CI mostra a correlação linear entre temperatura de resfriamento e viscosidade, no amido de milho. A Figura 57 mostra a comparação de concentração de NaOCl sobre amidos de milho e chuhchu, afetando a viscosidade máxima. A Figura 58 mostra o efeito sobre viscosidade final após 20 minutos a 95°C e a Figura 59 mostra o efeito na viscosidade final a 50°C.

TABELA XCVII

Taxas de Mudanças (1) nas Características de
Viscosidade de Amido de Chucho Provocadas
por Hipoclorito de Sódio

Concentração de NaCl (% - p/p)	Viscosidade Máxima (%)	Viscosidade Após 20 min a 95°C (%)	Viscosidade Final a 50°C (%)
3,5	+ 9,9	+ 1,1	- 4,1
7,0	+ 23,4	+ 14,7	+ 9,7
10,0	+ 4,5	+ 11,6	+ 4,8

(1) TM (%) = Tratado - Não Tratado x 100
Não Tratado

TABELA XCVIII

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo
de Resfriamento e Viscosidade do Amido de Chuchu,
Modificado por Hipoclorito de Sódio

Concentração de NaOCl (% - p/p)	Retrogradação	
	Equação	Correlação
0,0	$y = -12,36x + 2011$	0,960
3,5	$y = -9,49x + 1754$	0,916
7,0	$y = -12,17x + 2170$	0,986
10,0	$y = -11,24x + 2026$	0,974

y = Unidades Amilográficas - x = °C

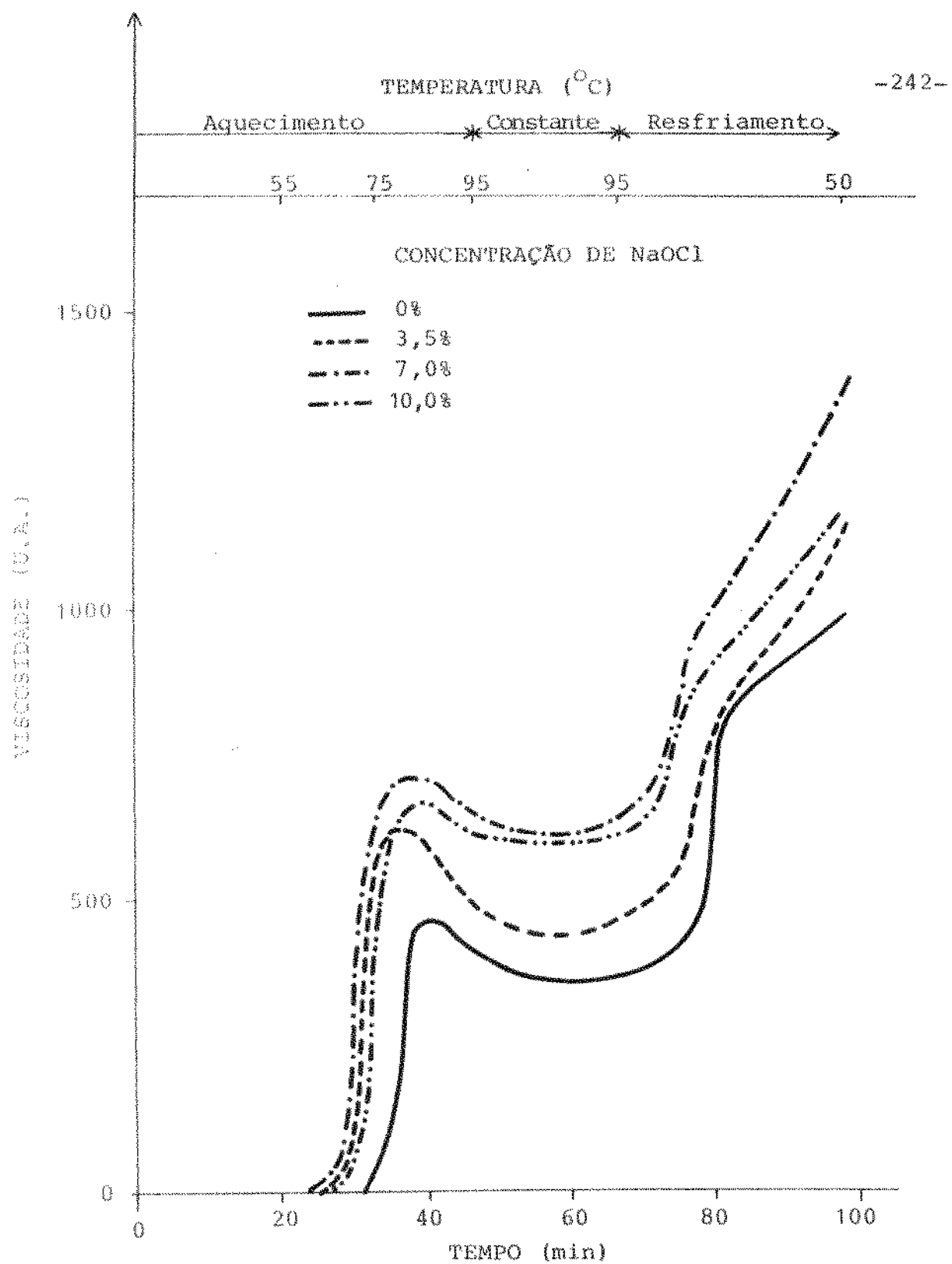


Figura 56 - Efeito da oxidação com hipoclorito de sódio sobre as características de viscosidade de amido de milho.

TABELA XCIX

Características de Viscosidade de Amido de Milho (1)
Modificado por Hipoclorito de Sódio

Concentração de NaOCl (% - p/p)	Temperatura Inicial de Gelatinização (°C)	Temperatura de Viscosidade Máxima (°C)	Viscosidade Máxima (UA)	Viscosidade Após 20 Min a 95°C (UA)	Viscosidade Final a 50°C (UA)
0,0	71,5	85	480	360	1000
3,5	70	79	630	450	1170
7,0	70	82	740	620	1380
10,0	70	85	680	610	1160

(1) Suspensão a 9,0% (p/v - base de 14% de umidade)

TABELA C

Taxas de Mudanças (1) nas Características de
Viscosidade de Amido de Milho Provocadas
por Hipoclorito de Sódio

Concentração de NaOCl (% - p/p)	Viscosidade Máxima (%)	Viscosidade Após 20 min a 95°C (%)	Viscosidade Final a 50°C (%)
3,5	+ 31,3	+ 25,0	+ 17,0
7,0	+ 54,2	+ 72,2	+ 38,0
10,0	+ 41,7	+ 69,4	+ 16,0

(1) TM (%) = $\frac{\text{Tratado} - \text{Não Tratado}}{\text{Não Tratado}} \times 100$

TABELA CI

Correlação Linear Entre a Temperatura Durante o Ciclo
de Resfriamento e Viscosidade do Amido de Milho,
Modificado por Hipoclorito de Sódio

Concentração de NaOCl (% - p/p)	Retrogradação	
	Equação	Correlação
0,0	$y = -16,98x + 1911$	0,948
3,5	$y = -16,50x + 1977$	0,989
7,0	$y = -16,47x + 1058$	0,986
10,0	$y = -12,26x + 1784$	0,987

y = Unidades Amilográficas - x = °C

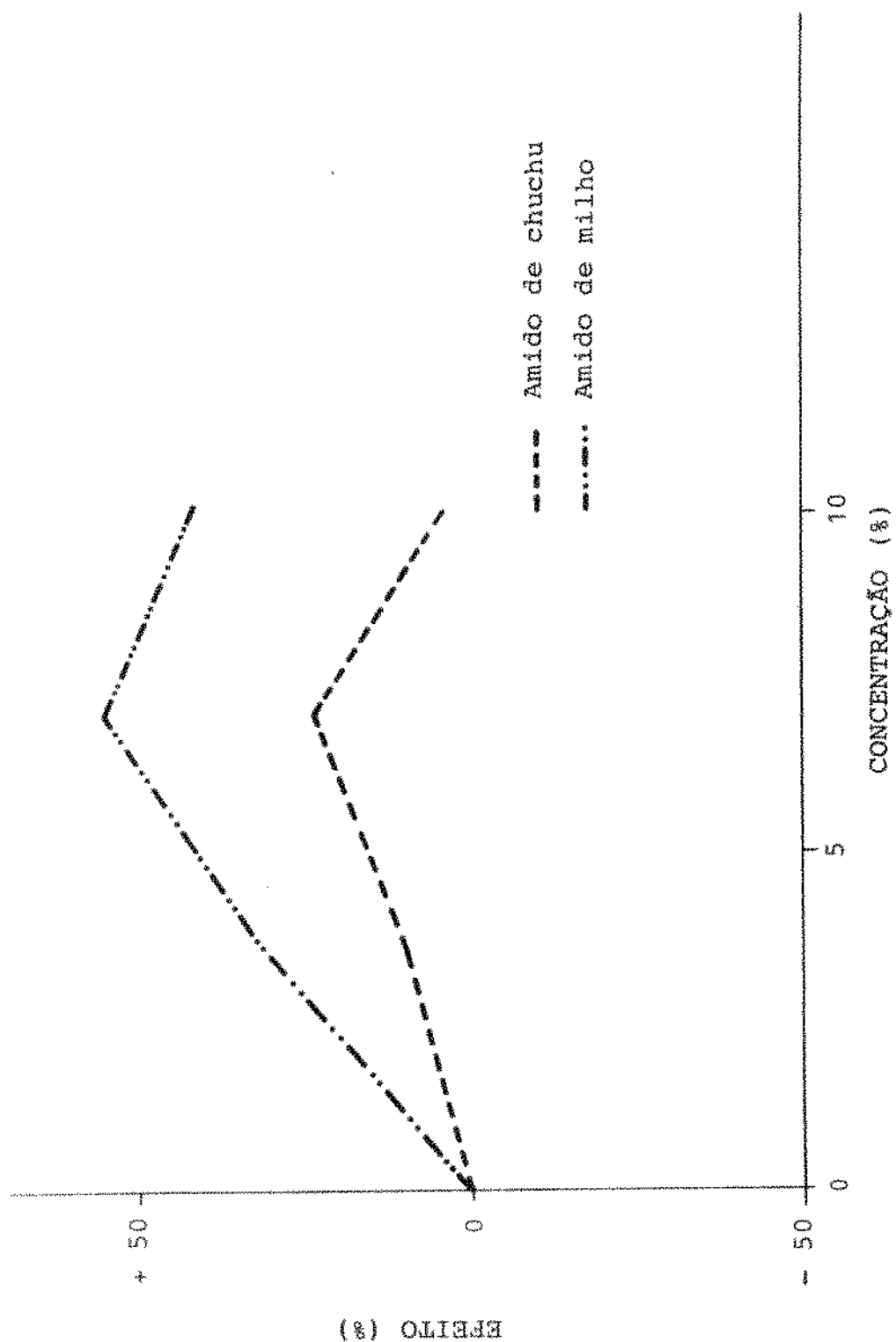


Figura 57 - Efeito de NaOCl sobre a viscosidade máxima de amido de chu
chu e milho.

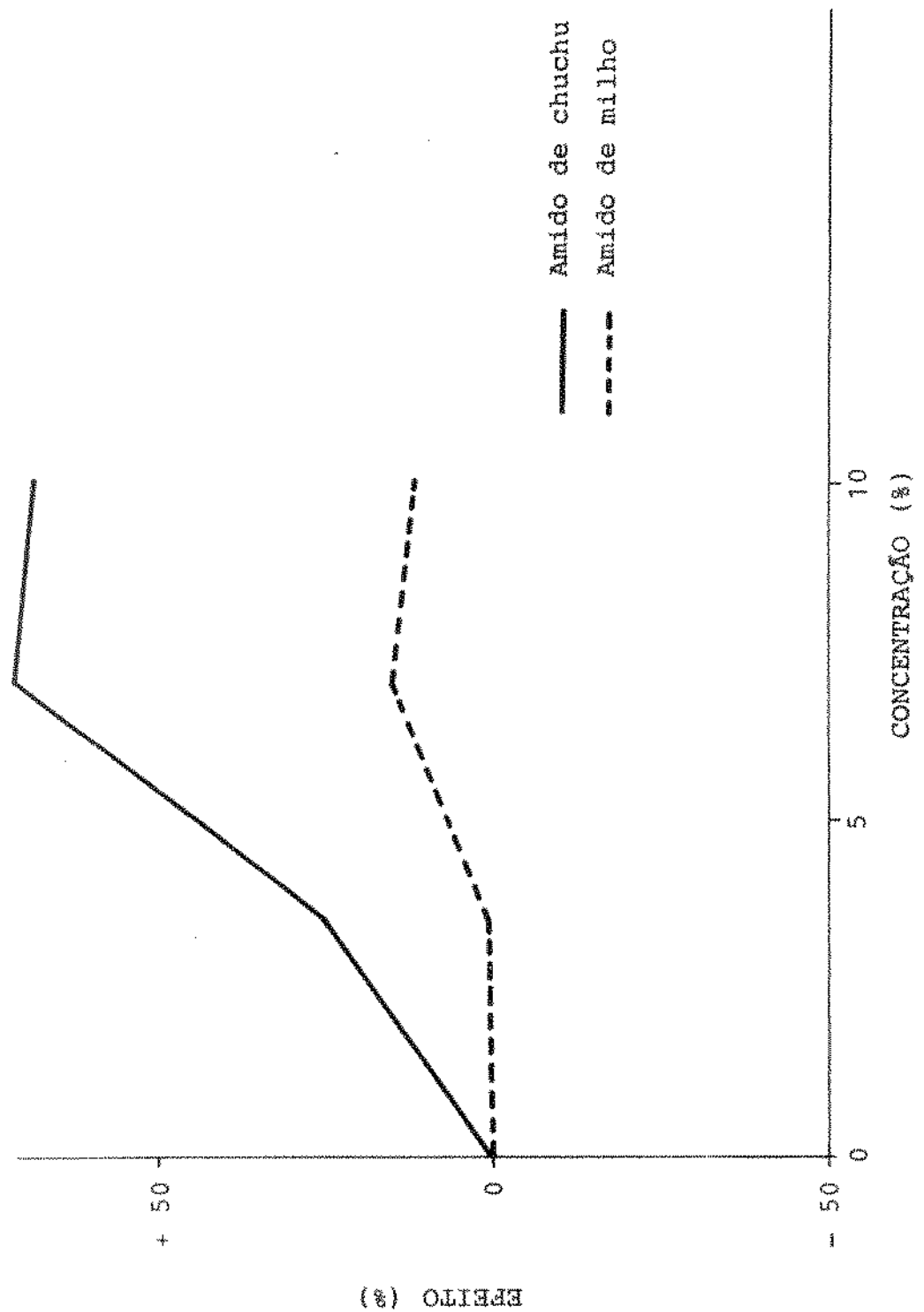


Figura 58 - Efeito de NaOCl sobre a viscosidade após 20 minutos a 95°C de amidos de chuchu e de milho.

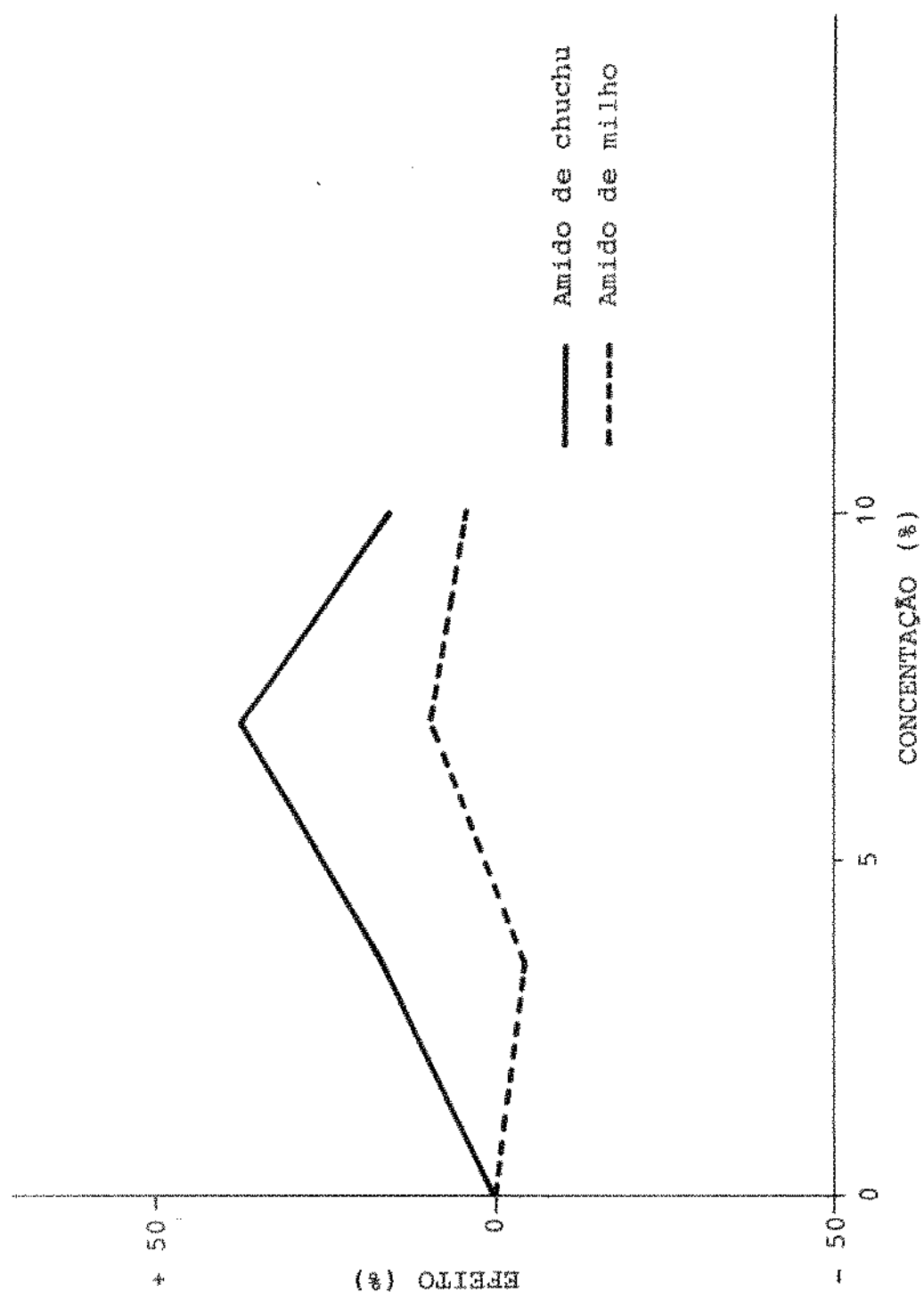


Figura 59 - Efeito de NaOCl sobre a viscosidade final a 50°C de amidos de chuchu e de milho.

V. CONCLUSÕES

As seguintes conclusões podem ser extraídas do trabalho efetuado. O alto teor de umidade do chuchu permitiu uma fácil extração de amido com baixo teor de amido danificado. O rendimento de 46,6% do amido existente representa o mínimo que pode ser extraído. Os grânulos de amido são pequenos (média de 7,4 μ m) com densidade absoluta de 1.4475. O teor de amilose foi de 33,5%, valor este mais elevado que os amidos comuns. A faixa de temperatura de gelatinização foi de 68°C a 85°C. Através de estudos de susceptibilidade enzimática e influências de diferentes pHs, pode-se observar que este amido apresenta características adequadas para ser utilizado na alimentação humana. Os grânulos apresentam uma alta resistência à ação mecânica durante a agitação em temperaturas elevadas, permitindo sua utilização onde a maioria dos outros amidos comuns não apresentam a mesma característica, tais como os alimentos processados em concentradores abertos, com agitação. O fato de que apresenta boa resistência a ciclos de congelamento e descongelamento indica que este amido pode ser usado em produtos congelados. Quando comparados com outros amidos, na mesma concentração, mostrou valores altos de viscosidade tanto em temperaturas elevadas como em temperaturas baixas (após cozimento) permitindo o uso de quantidades menores, para atingir a mesma viscosidade obtidas por outros amidos, sendo que seu uso trará economia, em produtos consumidos a quente, tais como sopas, e naqueles produtos que necessitam de uma consistência mais firme, tais como pudins. Comparando-se o efeito de modificação ácida sobre os amidos de chuchu e milho, observa-se que o primeiro é mais resistente à hidrólise do que o segundo, permitindo o seu uso em alimentos com pH moderadamente baixos, sem perder suas características de viscosidades. Sob condições de intercruzamento, o amido apresentou

melhores características tecnológicas que amido de milho, já que apresentou maior viscosidade e maior resistência à ação mecânica. Em baixa fosfatação o amido de chuchu mostrou ser mais interessante que o amido de milho, embora em alta fosfatação ocorreu fato inverso. Os efeitos provocados por ingredientes só foram analisados sobre o amido de chuchu. Óleo comestível comercial, como o de soja, praticamente não afetou as características de viscosidade da pasta, enquanto outros ingredientes, como emulsificantes, sacarose, glucose e cloreto de sódio provocaram alterações consideradas normais. Em conclusão final, o amido de chuchu apresenta características tecnológicas bastante favoráveis, para o seu uso na indústria de alimentos e outros fins, portanto justificando sua exploração industrial.

RECOMENDAÇÕES

Ao considerar o chuchu como uma fonte viável de amido, alguns pontos devem merecer atenção no futuro, para reafirmar sua condição de matéria-prima industrializável:

- Otimização do processo de extração de amido: durante esta fase, não se utilizou de condições adequadas para a extração do amido e com isto o rendimento foi baixo, podendo ser aumentado consideravelmente. Estudos deverão ser efetivados no sentido de se estabelecer um fluxograma correto e com equipamentos adequados, para se maximar o rendimento.
- Aproveitamento do resíduo: durante a extração, dois subprodutos são separados: a tortas ou massa e líquidos de centrifugação. Estas frações poderão ser analisadas e seus usos determinados quer como adubos quer como ração animal.
- Estudo econômico da industrialização: como em qualquer tipo de empreendimento novo, um estudo econômico deverá ser feito sobre a industrialização do chuchu, para obtenção de amido e sub-produtos.

VI - BIBLIOGRAFIA

1. ABD-ALLAH, M.A.; FODA, Y.H.; HAMED, M.G.E. - Characteristics and "Fodal" - Factor of Mango Seed Kernel Starch. Die Starke 26(12): 426 (1974).
2. ABDULLAH, M.; CATLEY, B.J.; LEE, E.Y.C.; ROBYT, J. - The Mechanism of Carbohydrase Action. 11 - Pullulanase. Cereal Chem. 43(1): 111 (1966).
3. ALBRECHT, J.J.; NELSON, A.I.; STEINBERG, M.F. - Characteristics of Corn Starch and Starches Derivatives as Affected by Freezing Storage and Thawing I. Food Tech. 1:57 (1960).
4. AACC - Approved Methods of The American Association of Cereal Chemists, 7^{nt} Ed (1969).
5. ANDERSON, D.M,W,; GREENWOOD, C.T.; HIRST, E.L. - Physicochemical Studies on Starches. Part II. The oxidation of Starches by Potassium Metaperiodate. J. Chem. Soc. 225 (1955).
6. ANDERSON, R.A.; CONWAY, H.F.; PFEIFER, V.F.; GRIFFIN, Jr. E.L. - Gelatinization of Corn Grits by Roll and Extrusion Cooking. Cereal Sci. Today 14:4-7, 11-12 (1969).
7. ANKER, C.A.; GEDES, W.F. - Gelatinization Studies With the Amylograph. Cereal Chem. 24:200 (1947).
8. BANKS, W.; GREENWOOD, C.T. - Starch and Its Components. Edimburgh University Press. Edimburg-1975.

9. BANKS, W.; GREENWOOD, C.T. - The Fraction of Laboratory - Isolated Cereal Starches Using Dimethyl Sulphoxide. Die Starke 19(12): 394 (1967).
10. BANKS, W.; GREENWOOD, C.T.; MUIR, D.D. - The Characterization of Starch and Its Components. Part 6 - A Critical Comparison of the Estimation of amylose Content by Calorimetric Determination and Potenciometric Titration of Iodine Complex. Die Starke 26(3): 73 (1973).
11. BARFOED, H.C. - Enzymes in Starch Processing. Cereal Foods World 21(11): 588 (1976).
12. BEAN, M.L.; OSMAN, E.M. - Behavior of Starch During Food Preparation. II. Effects of Different Sugar in the Viscosity and Gel Strength of Starch. Food Res. 24(6):665 (1959).
13. BERRY, C.P.; D'APPOLONIA, B.L.; GILLES, K.A. - The Characterization of Triticale Starch and Its Comparison with Starches of Rye, Durum and HRS Wheat. Cereal Chem. 48(2): 415 (1971).
14. BOBBIO, F.O.; EL-DASH, A.A.; BOBBIO, P.A.; RODRIGUES, L.R. Isolation and Characterization of the Physicochemical Properties of the Starch of Jackfruit Seeds (Artocarpus heterophyllus). Cereal Chem. 55(4): 505 (1978).
15. BOONE, K.W. - O Chayote ou Chayoteiro é uma Planta cuja Cultura pode dar Grandes Lucros. A Fazenda: 33(5) (1938).

16. CAMPBELL, M.A.; BRIANT, A.L. - Wheat Starch Pastes and Gels Containing Citric Acid and Sucrose. Food Res. 22 (4): 358 (1957).
17. CASTRO, A.G. - Chuchu: Planta de Grande Importância para o Lavrador Carioca. Bol. Depto. Agricultura: R.J. 1(11): (1962).
18. CHIANG, B.Y.; JOHSON, J.A. - Measurement of Total and Gelatinized Starch by Glucoamylase and O-Toluidine Reagents. Cereal Chem. 54(3): 429 (1977).
19. CIACCO, C.F.; D'APPOLONIA, B.L. - Characterization of Starches from Various Tubers and Their Use in Breadmaking Cereal Chem. 54(5): 1096 (1977).
20. CIACCO, F.C.; FERNADES, J.L.A.; ZOEGA, R.H. - Effect of Amylopectin External Chain length on the Kinetics of Retrogradation of Concentrated Wheat Starch Gels. An. Acad. Brasil. Cienc. 51(2): (1979).
21. COLLISON, R. - Starch Retrogration. In: Starch and Its Derivatives. J. A. Radley, ed. p.p.194-202. Chapman and Hall, London (1968).
22. D'APPOLONIA, B.L. - Effect of Bread Ingredients on Starch-Gelatinization Properties as Measured by the Amylograph. Cereal Chem. 49(5): 532 (1972).
23. D'APPOLONIA, B.L.; GILLES, K.A. - Effect of Various Starches in Baking. Cereal Chem. 48(6): 625 (1971).

24. DEMATTE, M.E.P. - Cultura do Chuchuzeiro. Série Instruções Sumárias nº 3. IAC Campinas (1974).
25. FOSTER, J.F. - Physical Properties of Amylose and Amylopectin in Solution. In: "Starch Chem. and Tech" ed. BY Whistler, R.L, and Paschall, E.F. Vol. I Cap. XV. Academic Press, N.Y. (1976).
26. GANZ, A.J. - Communication to the Editor: Effect of Sodium Chloride on the Pasting of Wheat Starch Granules. Cereal Chem. 42(4): 429 (1965).
27. GOERING, K.J.; BRELSFORD, D.L. - New Starches. I. The Unusual Properties of the Starch from Saponaria vaccaria. Cereal Chem. 43(1): 127 (1966).
28. GOERING, K.J.; DeHAAS, B. - New Starches. VIII. Properties of the Small Granule-Starch from Colocasia esculenta. Cereal Chem. 49(6): 712 (1972).
29. GOERING; K.J.; ESLIK, R. - Barley Starch. V. Comparison of the Properties of Waxy Compansa Barley Starch with the Starches of Its Parents. Cereal Chem. 50(3): 322 (1973).
30. GOERING, K.J.; FRITTS, D.H.; ALLEN, K.G.D. - A Comparison of Loss of Birrefringence with the Percent Gelatinization and Viscosity on Potato, Wheat, Rice, Corn, Cow Cockle , and Several Barley Starches. Cereal Chem. 51(6): 764 (1974).
31. GOERING, K.J.; SCHUH, M. - New Starches. III. The properties of Starch from Phalaris canariensis. Cereal Chem. 44(5): 532 (1967).

32. GRAZCA, R. - Minor Constituents of Starch. In: "Starch Chem. and Tech" ed by Whistler R.L. and Paschall E.F. Vol. I. Cap XIV Academic Press, N.Y. (1976).
33. GRAMERA, R.E.; HEERENA, J.; PARRISH, F.W. - Distribution and Structural Form of Phosphate Ester Group in Commercial Starch Phosphate. Cereal Chem. 43(1): 104 (1966).
34. GRANATO, L. - Cultura do Chuchuzeiro e seu Aproveitamento. Chácaras e Quintais: 46(4): 1932.
35. HAMILTON, R.M.; PASCHALL, E.F. - Production and Uses of Starch Phosphates. In: "Starch Chem. and Tech" ed by Whistler, R.L. and Paschall E.F. Vol II. Cap. XIV. Academic Press, NY (1976).
36. HARSHE, S.N.; BHAGWAT, M.S. - Studies on Starch Isolated from the Fruits of Annona reticulata (Ramphal). Die Starke 28(8): 257 (1976).
37. HESTER, E.E.; BRIANT, A.M.; PERSONIUS, C.J. - The Effect of Sucrose on the Properties of Some Starch and Flours. Cereal Chem. 33(2): 91 (1956).
38. HOLLD, J.; SZEJTLI, J.; GANTNER, G.S. - Die Starke 12:106 (1960).
39. HOSENEY, R.C.; ATWELL, W.A.; LINEBACK, D.R. - Scanning Electron Microscopy of Starch Isolated from Baked Products. Cereal Food World. 22(2): 56 (1977).

40. HULLINGER, H.C. - Hypochloride-oxidized Starch. In: "Methods in Carbohydrate Chemistry, ed by Whistler, R.L. and Wolfrom, M.L. Vol. IV. pag. 313. Academic Press, N. Y. (1964).
41. HULLINGER, H.C. - Production and Use of Cross Linked Starch. In: "Starch Chem. and Tech" ed by Whistler, R.L. and Paschall, E.F. Vol II Cap XIX. Academic Press. N. Y. (1976).
42. HUNT, W.G.; HENZLER, F.T.; SOWELL, E.A. - Physicochemical Studies of The Hydrolises of Corn Starch. Cereal Chem. 41(5): 375 (1964).
43. KAMER, van de, J.K.; GINKEL, van, L. - Rapid Determination of Crude Fiber in Cereal. Cereal Chem. 29(4): 239 (1952).
44. KIM, Y.J.; ROBINSON, R.J. - Effect of Surfactants on Starch in a Model System. Die Starke 31(9): 293 (1979).
45. KROG, N. - Amylose Complexing Effect of Food Grade Emulsifiers. Die Starke 23(6): 206 (1971).
46. KROG, N. - Functions of Emulsifiers in Food Systems. J. Am. Oil Chem. Soc. 54(3): 124 (1977).
47. KROG, N. - Influence of Food Emulsifiers on Pasting Temperature and Viscosity of Various Starches. Die Starke 25(1): 22 (1973).

48. KROG, N.; JENSEN, B.B. - Interaction of Monoglycerides in Different Physical States with Amylose and Their Anti-Firming Effects in Bread. J. Food Tech. 5:77 (1970).
49. KLASSEN, A.J.; HILL, R.D. - Comparison of Starch from Triticale and its Parental Species. Cereal Chem. 48(6): 647 (1971).
50. LANSKY; KOOL, M.; SCHOCH, T.J. - Properties of the Fraction and Linear Subfractions from Various Starches. J. Am. Chem. Soc. 71:4066 (1949).
51. LARSON; K. - Inhibition of Starch Gelatinization by Amylose-Lipid Complex Formation. Die Starke 32(4): 125 (1980).
52. LEACH, W.H. - Determination of Intrinsic Viscosity of Starches. Cereal Chem. 40(6): 593 (1963).
53. LEACH, W.H. - Gelatinization of Starch. In: "Starch Chem. and Tech. ed. by Whistler, R.L. and Paschall, E.F. Vol I Cap.XII Academic Press, N. Y. (1967).
54. LEACH, H.W.; MCCOWEN, L.D.; SCHOCH, T.J. - Structure of the Starch Granule. I. Swelling and Solubility Patterns of Various Starches. Cereal Chem. 36(6): 534 (1959).
55. LEACH, H.W.; SCHOCH, T.J. - Structure of the Granular Starch. II. Action of Various Amylases on Granular Starches. Cereal Chem. 38(1): 34 (1961).

56. LII, C.Y.; LINEBACK, D.R. - Characterization and Comparison of Cereal Starches. *Cereal Chem.* 54(1): 138 (1977).
57. LINEBACK, D.R.; KE, C.H. - Starches and Low-Molecular-Weight Carbohydrates from Chick Pea and Horse Bean Flours. *Cereal Chem.* 52(3): 334 (1975).
58. LONGLEY, R.W.; MILLER, B.S. - Note on the Relative Effects of Monoglycerides on the Gelatinization of Wheat Starch. *Cereal Chem.* 48(1): 81 (1971).
59. LONKHUYSEN, van, H.; BLANKESTIJN, J. - Influence of Monoglycerides on the Gelatinization and Enzymatic Breakdown of the Wheat and Cassava Starch. *Die Starke* 28(7):227 (1976).
60. LONKHUYSEN, Van, H.; BLANKESTIJN, J. - Interaction of Monoglycerides with Starches. *Die Starke* 26(10):337 (1974).
61. MacARTHUR, L.A.; D'APPOLONIA, B.L. - Comparison of Oat and Wheat Carbohydrates. II. Starch. *Cereal Chem.* 56(5): 458 (1979).
62. MacMASTER, M.M. - Microscopic Techniques for Determining Starch Granule Properties. In: "Methods in Carbohydrates Chemistry", ed. by Whistler, R.L. and Wolfrom, M.L. Vol IV, pag 232-241. Academic Press, N. Y. (1964).
63. MAZURS, E.G.; SCHOCH, T.J.; KITE, F.E. - Graphical Analysis of The Brabender Viscosity Curves of Various Starches. *Cereal Chem.* 34(3): 141 (1957).

64. MacCREADY, R.M.; HASSID, W.Z. - The Separation and Quantitative Stimulation of Amylose and Amylopectin in Potato Starch. J. Am. Chem. Soc. 65: 1154 (1943).
65. MEDCALF, D.G.; GILLES, K.A. - Wheat Starch. Comparision of Physicochemical Properties. Cereal Chem. 42(6): 558 (1965).
66. MEDCALF, D.G.; YOUNGS, V.L.; GILLES, K.A. - Wheat Starches. II. Effect of Polar and Nonpolar Lipid Fractions on Pasting Characteristics. Cereal Chem. 47(1): 88 (1968).
67. MENDONÇA, N.T. - Instruções para a cultura do Chuchuzeiro. CEASA - 1º Curso de Padronização e Classificação de Produtos Hortigranjeiros. (1962).
68. MILLER, B.S.; DERBY, R.I.; TRIMBO, H.B. - A Pictorial Explanation for the Increase in Viscosity of a Heated Wheat Starch-Water Suspension. Cereal Chem. 50(3): 271 (1973).
69. MONTGOMERY, E.M.; SENTI, F.R. - Separation of Amylose from Amylopectin of Starch by an Extraction-Sedimentation Procedure. J. of Polymer Sci. 28:1 (1958).
70. MORO, M.S.; POMERANZ, Y.; SHELLENBERG, J.A. - Starch Liquefying Properties of Crystalline Alpha-Amylases. Cereal Chem. 40(4) 442 (1963).
71. NAIVIKUL, O.; D'APPOLONIA, B.L. - Carbohydrates of Legume Flours Comparated With Flour. II. Starch. Cereal Chem. 56(1): 24 (1979).

72. OHASHI, K.; GOSHINA, G.; KUSUDA, H.; TSUGE, H. - Effect of Embraced Lipid on the Gelatinization of Rice Starch. Die Starke 32(2): 54 (1980).
73. ORTHOEFER, F.T. - Effect of Fat on Starch Paste containing Glycerol Monoestearate. Cereal Chem. 53(4): 591 (1976).
74. OSMAN, E.M. - Starch in Food Industry. In: "Starch: Chemistry and Technology. ed. by Whistler, R.L. and Paschall, E.L. Academic Press, N. Y. (1967).
75. OSMAN, E.M.; DIX, M.R. - Effects of Fats and Nonionic Surface - Active Agents on Starch Pastes. Cereal Chem. 37(4): 464 (1960).
76. OSMAN, F.M.; LEIGH, S.J. and FLES, M. - Complexes of Amylose with Surfactants. Cereal Chem. 38(5): 449 (1961).
77. OTT, M.; HESTER, E.E. - Gel Formation as Related To Concentration of Amylose and Degree of Starch Swelling. Cereal Chem. 42(5): 476 (1965).
78. OUGH, L.D.; LLOYD, E.N. - Automated Determination of the Dextrose Equivalent of Corn Starch Hidrolisates. Cereal Chem. 42(1): 1 (1965).
79. PARAMAHANS, S.V.; WANKHEDE, D.B.; THARANATHAN, R.N. - Studies on Varagu Starch. Die Starke 32(4): 109 (1980).
80. POMERANZ, Y. - Advances in Cereal Science and Technology . Vol. I e II. Publ. by AACC, St. Paul, M.N. (1978).

81. POMERANZ, Y. - Industrial Uses of Cereals. Symposium
Proceeding - AACC - November 4-8-1973 - St. Louis - Missouri

82. POTTER, A.L.; HASSID, W.Z. - Starch. I. End-group
Determination of Amylose and Amylopectin by Periodate
Oxidation. J. Am. Soc. 70: 3488 (1948).

83. POTTER, A.L.; HASSID, W.Z.; JOSLYN. - Starch. III. Structure
of Apple Starch. J. Am. Chem. Soc. 71: 4075 (1949).

84. RADLEY, J.A. - Industrial Uses of Starch and Its Derivatives.
Applied Science Publishers Ltd-London. (1976).

85. RADLEY, J.A. - Starch Production Technology. Applied
Science Publisher Ltd London. (1976).

86. RADLEY, J.A. - Starch and Its Derivatives - 4th ed. Applied
Science Publisher Ltd London (1968).

87. ROBIN, J.P.; MERCIER, C.; CHARBONNIERE, R.; GUILBOT, A. -
Lintnerized Starches. Gel Filtration and Enzymatic Studies
of Insoluble Residues from Prolonged Acid Treatment of
Potato Starch. Cereal Chem. 51(3): 389 (1974).

88. ROSENTHAL, F.R.T.; ESPINDOLA, L.; SERAPIÃO, M.I.S.; SILVA,
S.M.O. - Lablab Bean Starch. I. Properties of Its
Granules and Paste. Die Starke 23(1): 18 (1971).

89. ROSENTHAL, F.R.T.; CORREA, A.M.N. - Note ou the Reaction
of Corn Starch with Chloromethyl Phosforic Dichloride in
Pyridine. Cereal Chem. 44(5): 554 (1967).

90. ROSENTHAL, F.T.R.; NAKAMURA, T.; ESPINDOLA, A.M.C.; JOCHIMEK, M.R. - Structure of Starch Granules. Part 3. Some Considerations on Leguminosae and Tuberosae. *Die Starke* 26(2): 50 (1974).
91. ROSENTHAL, F.R.T.; PELEGRINO, S.L.; CORREA, A.M.N. - Studies on the Starches of Dioscorea. D. alata, eatable D. Cinnamomifolia, non eatable. *Die Starke* 24(2):54 (1972).
92. SAIR, L. - Heat-moisture treatment of Starch. *Cereal Chem.* 44(1): 89 (1967).
93. SAVAGE, H.L.; OSMAN, E.M. - Effects of Certain Sugars and Sugar Alcohols on the Swelling of Corn starch Granules. *Cereal Chem.* 55(4): 447 (1978).
94. SANDSTEDT, R.M.; GATES, R.L. - Raw Starch Digestion: A Comparison of the raw Starch Digesting Capabilities of The Amylose Systems from Four Alfa-Amylases Sources. *Food Res.* 19(2): 190 (1954).
95. SANDSTEDT, R.M.; MATTERN, P.J. - Damage Starch: Quantitative Determination in Flour. *Cereal Chem.* 37(3): 379 (1960).
96. SCALLET, L.B.; SOWELL, E.A. - Production and Uses of Hypochlorite-Oxidized Starches. In: "Starch Chem. and Tech" ed. by Whistler, R.L. and Paschall E.F. Vol. II Cap X. Academic Press, N. Y. (1967).
97. SCHIERBAUM, F. - Starch Derivatives with Improved Properties for Technical Use. *Chem. Abst* (70) (7): 27705 (1969).

98. SCHOCH, T.J. - Fractionation of Starch by Selective Precipitation with Butanol. J. A. Chem. Soc. 64:2957 (1942).
99. SCHOCH, T.J.; LEACH, W.H. - Determination of Absolute Density. Liquid Displacement. In: "Methods in Carbohydrates Chemistry" ed. by Whistler, R.L. and Wolfrom, M.L. Vol. IV: pag 101. Academic Press, N. Y. (1964).
100. SCHOCH, T.J. - Iodimetric Determination of amylose by Potenciometric Titration. Standard Method. In: "Methods in Carbohydrates Chemistry" ed by Whistler, R.L. and Wolfrom, M.L. Vol IV. pag 157. Academic Press, N.Y. (1964)
101. SCHOCH, T.J.; MAYWALD, E.D. - Microscopic Examination of Modified Starches. Anal. Chem. 28:328 (1956).
102. SCHOCH, T.J.; MAYWALD, E.D. - Preparation and Properties of Various Legume Starches. Cereal Chem. 47(6):564 (1968).
103. SHETTY, R.M.; LINEBACK, D.R.; SEIB, P.A. - Determining the Degree of Starch Gelatinization. Cereal Chem. 51(3): 364 (1974).
104. SHILDNECK, P.; SMITH, C.E. - Production and Uses of Acid-Modified Starch. In: "Starch, Chemistry and Technology", ed by Whistler, R.L. and Paschall, E.F. Vol II cap IX. Academic Press, N. Y. (1967).
105. SMITH, P.R. I - Bleached and Oxidized Starches. A review of Recent Literature. The British Food Manufacturing Industries Research Association. Bol. nº 46. August, (1966).

106. STRANDINE, E.J.; CARLIN, J.T.; WERNER, G.A.; HOPER, R.P. - Effect of Monoglycerides on Starch, Flour and Bread: A Microscopy and Chemical Study. Cereal Chem. 28(6):449 (1951).
107. SUBBA RAO, P.V.; GOERING, K.J. - New Starches. V. Properties of the Small Starch Granules from Amaranthus retroflexus. Cereal Chem. 47(5): 655 (1970).
108. SULLIVAN, J.W.; JOHNSON, J.A. - Measurement of Starch Gelatinization by Enzyme Susceptibility. Cereal Chem. 41(2): 73 (1964).
109. TAKAYA, T.; SUGIMOTO, Y.; IMO, I.; TOMINAGA, Y.; NAKATANI, N.; FUWA, H. - Degradation of Starch Granules by Alpha-Amylases of Fungi. Die Starke 30(9): 289 (1978).
110. TOIMASQUIN, C.; CORREA, A.M.N.; TOLMASQUIN, S.T. - New Starches. Properties of Five Varieties of Cowpea Starch. Cereal Chem. 48(2): 132 (1971).
111. TREADWAY, R.H. - Potato Starch. In: "Potato Processing" ed by Talburt, W.F. and Smith, O. Cap XV. The AVI Publ. Co, WESPORT, CONN. (1975).
112. VOLZ, F.E.; RAMSTAD, P.E. - Effect of Emulsifiers on the Enzyme Susceptibility of Starch during Staling of Bread. Cereal Chem. 28(2): 118 (1951).
113. WETZSTEIN, H.L.; LYON, P. - Chem. Abstract: 50:13489 (1956). US Patent, 754232 (1956).

114. WHELAN, W.J. - Hydrolysis with Alpha-Amylase In: "Methods in Carbohydrates Chemistry" ed by Whistler, R.L. and Wolfom, M.L. Vol IV. pag 252. Academic Press, N.Y. (1964).
115. WHISTLER, R.L.; PASCHALL, E.F. - Starch: Chemistry and Technology Vol I and II. Academic Press, N.Y. (1967).
116. WILLIAMS, P.C.; KUZINA, F.D.; HLYNKA, I. - A Rapid Colorimetric Procedure for Estimating Amylose Content of Starches and Flours. Cereal Chem. 47(4):411 (1970).
117. WILSON, L.A.; BIRMINGHAM, V.A.; MOON, D.P.; SNYDER, H.E. - Isolation and Characterization os Starch from Mature Soybeans. Cereal Chem. 55(5): 661 (1978).
118. WOLF, M.J.; MacMASTERS, M.M.; RIST, C.E. - Some Characterization of the Starches of Three South American Seeds Used for Food. Cereal Chem. 27(3): 219 (1950).
119. WOLFROM, M.L. and KHADEM, H.E. - Chemical evidence for the structure of Starch. In: "Starch Chem. and Tech", ed by Whistler, R.L. and Paschall, E.F. Vol. I, pag 257-278, Academic Press, N.Y. (1967).