

O ENRIQUECIMENTO PROTEICO DO PÃO COM FARINHA
DESENGORDURADA DE SOJA: EFEITO NAS PRO
PRIEDADES REOLÓGICAS DA MASSA E
NA QUALIDADE DO PÃO.

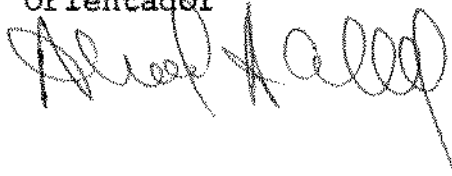
Por

Celina Raquel de Oliveira Camargo

Tese apresentada
para obtenção do título de
Mestre
em Tecnologia de Alimentos

Dr. Ahmed A. El-Dash

Orientador



Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola
Universidade Estadual de Campinas

1 9 7 7

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

AGRADECIMENTOS

Desejamos consignar nossos agradecimentos,

ao orientador professor Dr. Ahmed A. El-Dash, pela sua valiosa orientação e incansável dedicação dispensada a este trabalho.

À Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, na pessoa do professor Dr. André Tosello pelas facilidades proporcionadas ao autor.

Ao José Emílio Campos, pela sua colaboração e estímulo.

Aos professores Cesar Ciacco e José Luis Agapito Fernandes pelas sugestões na apresentação deste trabalho.

Ao pessoal do Laboratório de Análise Sensorial dessa Faculdade, em particular a Maria Amélia Chaib Moraes e a Maria Lucia Soares, pelos auxílios prestados ao autor.

Ao Conselho Nacional de Pesquisas, CNPq, pela ajuda econômica facultada durante o curso de pós-graduação.

A Duratex S/A, e a Samrig, pelo fornecimento de material para a realização da tese.

Aos colegas e funcionários da Faculdade de Engenharia de Alimentos que colaboraram neste trabalho.

E a meus pais, irmãos, cunhados e amigos a minha maior gratidão.

RESUMO

Com o principal objetivo de melhorar a qualidade nutricional do pão e de reduzir as importações de trigo, foram estudados o efeito da farinha desengordurada de soja nas características reológicas da massa e na qualidade do pão.

Foram usadas duas farinhas de trigo, uma de 72% de extração, com teor proteico de 9,65% e outra de 78% de extração com 11,61% de proteínas. A farinha de soja desengordurada usada apresentou 0,54% de gordura e 50,44% de proteínas.

A absorção de água da farinha aumentou nos Sistema Farinha Água (SFA) e no Sistema Farinha Água Ingredientes (SFAI). A farinha de soja teve maior absorção de água específica em relação à farinha de trigo, o que explica o aumento da absorção de água com o uso de maiores níveis de farinha de soja na massa. A absorção de água específica da farinha de trigo foi diminuída pela presença dos ingredientes, enquanto que a da farinha de soja aumentou na presença dos mesmos.

O aumento do tempo de chegada e do desenvolvimento da massa com o aumento do teor de farinha de soja nos dois sistemas estudados pode ser atribuído ao aumento da quantidade de proteínas presentes. Os maiores valores do tempo de desenvolvimento indicaram que a farinha de soja aumentou a energia de mistura da massa necessária para desenvolver a estrutura da rede do gluten. O tempo de quebra apresentou uma redução gradual no SFA, que foi também atribuída ao efeito enfraquecedor na rede do gluten.

A extensibilidade da massa decresceu nos dois sistemas estudados. Entretanto a presença dos ingredientes usados na panificação reduziu definitivamente a extensibilidade da massa. A resistência à extensão, na presença dos ingredientes, mostrou uma tendência diferente daquela obtida no SFA, onde foi notado um aumento da resistência à extensão com o aumento do tempo de descanso. Os ingredientes usados na produção de pão mostraram um efeito acentuado no número proporcional, visto que na ausência dos mesmos o número proporcional, no caso da farinha de trigo 72% de extração, aumentou com o tempo de descanso e com o nível de soja. Isso indica que houve um aumento nas ligações da rede do gluten. Por outro lado, o número proporcional na presença dos ingredientes aumentou até o tempo de descanso de 90 minutos e até o nível de 10% de farinha de soja para a farinha 72% de extração, e até 5% para a 78% de extração. Teores maiores que esses, causaram a deterioração da rede do gluten. A área total diminuiu com o aumento da farinha de soja na massa e com o tempo de descanso. Isso mostrou que a farinha de soja tem efeito de diluição do gluten, como indicado pela queda brusca de seus valores.

A qualidade dos pães contendo 5% de farinha de soja, avaliados pelo teste de panificação relativo às características internas e externas, gosto e aroma do pão, foi praticamente a mesma dos pães sem soja, sendo entretanto notado que aos níveis de 10, 15 e 20%, houve um sério efeito deteriorativo na qualidade dos pães. O escore de qualidade do pão com 7% de farinha de soja adicionado a farinha de trigo 78% de extra-

ção, foi apenas 7 pontos inferior ao do pão sem soja. Porém a adição de 0,5% de estearil-lactil lactato de cálcio (CSL), ele vou seu escore de qualidade até o pão sem adição de farinha de soja.

A avaliação sensorial do pão tipo francês com 0%, 5% e 7% de farinha de soja não apresentou diferença significativa nos testes de ordenação e de preferência. O escore de qua lidade dos pães foram similares.

SUMMARY

Although national wheat production has increased significantly within the past several years, the consumption has increased steadily, forcing the importation of 2 to 3 million tons of wheat annually, which cost the national budget more than \$460 million in 1976. It was therefore the objective of this study to utilize the locally produced defatted soya flour not only to reduce the importation of wheat but also to improve the nutritional value of bread.

The effect of defatted soya flour (DFS) was determined in increments of 5, 10, 15 and 20% on the rheological and baking properties of the two commonly-used flours of 72 and 78% extraction. The water absorption increased with increasing percentages of DFS, due to the high specific absorption of DFS; the presence of the other baking ingredients resulted in a decrease in the specific water absorption of wheat flour while that of DFS increased.

The arrival time and dough development time were found to increase with increasing percentages of DFS, indicating that soya flour increased the mixing energy required to develop the gluten network; on the other hand, the time to break down was reduced, indicating a weakening of the gluten network in the presence of DFS. The extensibility of the dough was reduced, while the resistance to extension was increased with increasing the rest time of the dough. A similar improving effect was reflected in the increase in the proportional number with increase in the percentage of DFS; in the presence of the baking ingredients the increase was only up to 10% DFS (72% extraction flour) and 5% (78% extraction flour) and up to 90 minutes of rest time. The total area of the extensigram showed a reduction upon increase of soya flour content.

The baking test showed that bread made with 5% DSF was practically equal to the control, although a higher level of DSF resulted in a deteriorative effect on the quality of bread. Addition of 0.5% Calcium stearoyl-2-lactylate (CSL) permitted the use of up to 7% defatted soya flour with no effect on the quality of bread produced. Organoleptic evaluation of bread produced by the Chorlleywood method with 5 and 7% DSF (and 0.5% CSL) indicated no significant difference between this bread and that of the control.

ÍNDICE

PÁGINA

AGRADECIMENTOS

RESUMO

SUMARY

| | |
|---|----|
| I- INTRODUÇÃO | 1 |
| II- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 3 |
| A. PRODUÇÃO DE SOJA | 3 |
| B. COMPOSIÇÃO DA SOJA | 3 |
| C. PRODUTOS PROTEICOS DERIVADOS DA SOJA | 9 |
| 1. Farinha de Soja Integral | 10 |
| 2. Farinha de Soja Desengordurada | 11 |
| 3. Tipos Especiais de Farinha de Soja | 13 |
| 4. Concentrado Proteico | 14 |
| 5. Isolado Proteico | 16 |
| D. FATORES ANTINUTRICIONAIS DE SOJA | 16 |
| 1. Tipos de Fatores Antinutricionais | 17 |
| a. Fator Antitripsina | 17 |
| b. Hemaglutinina | 19 |
| 2. Controle dos Fatores Antinutricionais | 20 |
| a. Atividade Ureática | 20 |
| b. Solubilidade das Proteinas de Soja | 21 |
| E. ASPECTOS TECNOLÓGICOS DO USO DA FARINHA DE SOJA NO PÃO | 23 |
| 1. Tipos de Farinhas de Trigo e Soja Usados na Panificação | 23 |

| | |
|--|----|
| 2. Quantidades de Farinha de Soja Usadas na Produção de Pão | 24 |
| 3. Influência da Farinha de Soja no Gosto e Aroma do Pão | 26 |
| 4. Uso de Aditivos no Pão com Soja | 27 |
| a. Uso de Oxidantes | 27 |
| b. Uso de Condicionadores de Massa | 29 |
| 5. Processos de Produção de Pão com Farinha de Soja | 32 |
| III- MATERIAIS E MÉTODOS | 33 |
| A. MATERIAIS | 33 |
| 1. Matéria Prima | 33 |
| 2. Ingredientes e Reativos | 33 |
| 3. Aparelhos e Equipamentos | 33 |
| B. MÉTODOS | 35 |
| 1. Análises Químicas | 35 |
| 2. Determinação da Viscosidade das Farinhas | 35 |
| 3. Determinação das Propriedades Reológicas da Massa no Sistema Farinha-Água (SFA) | 37 |
| 4. Teste de Panificação | 39 |
| 5. Avaliação da Qualidade do Pão | 42 |
| 6. Produção de Pão Francês pelo Processo Chorlley wood | 42 |
| IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO | 48 |

| | |
|---|----|
| A. Composição das Farinhas | 48 |
| B. Influência da Farinha de Soja na Viscosidade da Farinha de Trigo | 50 |
| 1. Efeito da Farinha de Soja nas Características dosamilogramas da Farinha de Trigo 72% de Extração | 50 |
| 2. Efeito da Farinha de Soja nas Características dosamilogramas da Farinha de Trigo 78% de Extração | 54 |
| C. Efeito da Farinha de Soja na Absorção de Água. | 59 |
| 1. Farinha de Trigo 72% de Extração | 60 |
| 2. Farinha de Trigo 78% de Extração | 60 |
| D. Efeito da Farinha de Soja nas Propriedades de Mistura da Massa | 65 |
| 1. Farinha de Trigo 72% de Extração | 65 |
| a. Sistema Farinha-Água | 65 |
| b. Sistema Farinha-Água-Ingredientes | 69 |
| 2. Farinha de Trigo 78% de Extração | 72 |
| a. Sistema Farinha-Água | 72 |
| b. Sistema Farinha-Água-Ingredientes | 75 |
| E. Efeito da Farinha de Soja nas Propriedades de Extensão da Massa | 75 |
| 1. Farinha de Trigo 72% de Extração | 78 |

| | |
|---|-----|
| a. Sistema Farinha-Água | 78 |
| b. Sistema Farinha-Água-Ingredientes | 84 |
| 2. Farinha de Trigo 78% de Extração | 90 |
| a. Sistema Farinha-Água | 90 |
| b. Sistema Farinha-Água-Ingredientes | 96 |
| F. Efeito da Farinha de Soja na Qualidade do Pão. | 102 |
| 1. Farinha de Trigo 72% de Extração | 102 |
| 2. Farinha de Trigo 78% de Extração | 104 |
| G. Avaliação da Qualidade do Pão Tipo Francês Pro- duzido pelo Processo Chorlleywood | 113 |
| 1. Qualidade do Pão | 113 |
| 2. Avaliação Sensorial do Pão | 113 |
| H. Importância do Uso da Farinha Desengordurada de Soja no Pão | 118 |
| 1. Economia nas Importações de Trigo | 118 |
| 2. Redução do Custo da Proteína Ingerida | 121 |
| 3. Aumento do Valor Nutritivo do Pão | 126 |
| 4. Aumento do Teor de Fibra no Pão | 129 |
| V - CONCLUSÕES | 131 |
| VI - BIBLIOGRAFIA | 135 |

QUADROS E FIGURAS

| QUADROS | PÁGINA |
|---|--------|
| 1 . Composição Química das Farinhas de Trigo 72 e 78% de Extração e da Farinha Desengordurada de Soja . | 49 |
| 2 . Efeito da Farinha de Soja nas Características do Amilograma da Farinha de Trigo 72% de Extração .. | 51 |
| 3 . Efeito da Farinha de Soja nas Características do Amilograma da Farinha de Trigo 78% de Extração .. | 55 |
| 4 . Efeito da Farinha de Soja na Absorção de Água da Farinha de Trigo 72% de Extração nos SFA e SFAI . | 61 |
| 5 . Efeito da Farinha de Soja na Absorção de Água da Farinha de Trigo 78% de Extração nos SFA e SFAI . | 63 |
| 6 . Efeito da Farinha de Soja nas Características do Farinogramas da Farinha de Trigo 72% de Extração no SFA | 66 |
| 7 . Efeito da Farinha de Soja nas Características do Farinogramas da Farinha de Trigo 72% de Extração no SFAI | 70 |
| 8 . Efeito da Farinha de Soja nas Características do Farinogramas da Farinha de Trigo 78% de Extração no SFA | 73 |
| 9 . Efeito da Farinha de Soja nas Características do Farinogramas da Farinha de Trigo 78% de Extração no SFAI | 76 |

| | |
|--|-----|
| 10. Efeito da Farinha de Soja nas Características do Extensigrama da Farinha de Trigo 72% de Extração no SFA | 79 |
| 11. Efeito da Farinha de Soja nas Características do Extensigrama da Farinha de Trigo 72% de Extração no SFAI | 85 |
| 12. Efeito da Farinha de Soja nas Características do Extensigrama da Farinha de Trigo 78% de Extração no SFA | 95 |
| 13. Efeito da Farinha de Soja nas Características do Extensigrama da Farinha de Trigo 78% de Extração no SFAI | 101 |
| 14. Efeito da Adição de Farinha de Soja a Farinha de Trigo de 72% de Extração, na Qualidade do Pão ... | 105 |
| 15. Efeito da Adição de Farinha de Soja à Farinha de Trigo 78% de Extração, na Qualidade do Pão | 109 |
| 16. Efeito da Adição de Farinha de Soja à Farinha de Trigo 78% de Extração, na Qualidade do Pão | 110 |
| 17. Efeito da Adição de Farinha de Soja à Farinha de Trigo 78% de Extração, na Qualidade do Pão, com a Adição de 0,5% de CSL | 111 |
| 18. Efeito da Adição de Farinha de Soja à Farinha de Trigo 78% de Extração, na Qualidade do Pão Tipo Francês | 114 |
| 19. Análise de Variância | 117 |

| | |
|---|-----|
| 20. Produção Nacional de Trigo nas Unidades Federativas de 1965 a 1976 | 119 |
| 21. Quantidade de Trigo Importado (Toneladas), Proce- dência e Ano da Importação | 120 |
| 22. Quantidade, Preço Médio por Tonelada e Custo Anu- al do Trigo Importado de 1965 à 1976 | 123 |
| 23. Composição Química de Alguns Alimentos em 100 Gra- mas da Porção Comestível | 124 |
| 24. Teor Proteico, Preço e Preço do Quilo de Proteína de Alguns Alimentos | 125 |
| 25. Composição Química da Farinha de Trigo 78% de Ex- tração, Farinha Desengordurada de Soja e Misturas de Farinha de Trigo com 5 e 7% de Farinha de Soja | 127 |

| | |
|---|----|
| 1 . Produção Anual de Soja no Brasil no Período de 1965 à 1975 | 4 |
| 2 . Efeito da Farinha de Soja na Viscosidade da Farinha de Trigo 72% de Extração | 53 |
| 3 . Efeito da Farinha de Soja na Faixa de Gelatinização da Farinha de Trigo 78% de Extração | 57 |
| 4 . Efeito da Farinha de Soja na Viscosidade da Farinha de Trigo de 78% de Extração | 58 |
| 5 . Efeito da Farinha de Soja na Absorção de Água da Farinha de Trigo 72% de Extração nos Sistemas SFA e SFAI | 62 |
| 6 . Efeito da Farinha de Soja na Absorção de Água da Farinha de Trigo 78% de Extração nos Sistemas SFA e SFAI | 64 |
| 7 . Efeito da Adição de Farinha de Soja na Farinha de Trigo 72% de Extração, na Estabilidade, no Tempo de Desenvolvimento e no Tempo de Chegada no Sistema Farinha-Água | 68 |
| 8 . Efeito da Adição de Farinha de Soja na Farinha de Trigo 72% de Extração, no Tempo Ótimo de Mistura e no Tempo de Chegada no Sistema Farinha-Água-Ingredientes | 71 |
| 9 . Efeito da Adição de Farinha de Soja na Estabilidade, Tempo de Desenvolvimento e de Chegada da Farinha de Trigo 78% de Extração no Sistema FA ... | 74 |

| | |
|--|----|
| 10. Efeito da Adição de Farinha de Soja no Tempo Ótimo de Mistura e de Chegada na Farinha de Trigo 78% de Extração no Sistema Farinha-Água-Ingredientes | 77 |
| 11. Efeito da Adição de Farinha de Soja na Extensibilidade da Massa de Farinha de Trigo 72% de Extração no Sistema Farinha-Água | 80 |
| 12. Efeito da Adição de Farinha de Soja na Resistência a Extensão da Massa de Farinha de Trigo 72% de Extração no Sistema Farinha-Água | 82 |
| 13. Efeito da Adição de Farinha de Soja na Energia da Massa de Farinha de Trigo de 72% de Extração no Sistema Farinha-Água | 83 |
| 14. Efeito da Adição de Farinha de Soja na Extensibilidade da Massa de Farinha de Trigo 72% de Extração no Sistema Farinha-Água-Ingredientes | 86 |
| 15. Efeito da Adição de Farinha de Soja na Resistência a Extensão da Farinha de Trigo 72% de Extração no Sistema Farinha-Água-Ingredientes | 87 |
| 16. Efeito da Adição de Farinha de Soja na Energia da Massa de Farinha de Trigo 72% de Extração no Sistema Farinha-Água-Ingredientes | 89 |
| 17A Características dos Extensigramas da Farinha de Trigo 78% de Extração (SFA) | 91 |
| 17B Efeito da Adição de 5% de Farinha de Soja nas Características do Extensigramas da Farinha de Trigo 78% de Extração no SFA | 92 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 17C | Efeito da Adição de 10% de Farinha de Soja nas Características do Extensigramas da Farinha de Trigo 78% de Extração no SFAI | 93 |
| 17D | Efeito da Adição de 15% de Farinha de Soja nas Características do Extensigramas da Farinha de Trigo 78% de Extração no SFA | 94 |
| 18A | Extensogramas da Farinha de Trigo 78% de Extração no Sistema Farinha-Água-Ingredientes | 97 |
| 18B | Efeito da Adição de 5% de Farinha de Soja nas Características do Extensigramas da Farinha 78% de Extração no SFAI | 98 |
| 18C | Efeito da Adição de 10% de Farinha de Soja nas Características do Extensigramas da Farinha de Trigo 78% de Extração no SFAI | 99 |
| 18D | Efeito da Adição de 15% de Farinha de Soja nas Características do Extensigramas da Farinha de Trigo 78% de Extração no SFAI | 100 |
| 19. | Efeito da Farinha de Soja nas Características Externas e Internas do Pão com Farinha de Trigo 72% de Extração | 103 |
| 20. | Efeito da Farinha de Soja na Qualidade do Pão de Farinha de Trigo 72% de Extração | 106 |
| 21. | Efeito da Farinha de Soja na Qualidade do Pão de Farinha de Trigo 78% de Extração | 108 |
| 22. | Efeito da Farinha de Soja na Qualidade do Pão de Farinha de Trigo 78% de Extração | 112 |

| | |
|--|-----|
| 23. Características Externas do Pão Tipo Francês nos Níveis de 0, 5 e 7% de Farinha de Soja Desengordurada | 115 |
| 24. Características Internas do Pão Tipo Francês nos Níveis de 0, 5 e 7% de Farinha de Soja Desengordurada | 116 |
| 25. Quantidade em Toneladas de Trigo Importado, Nacional e Consumido no Período de 1966 a 1976 | 122 |

I. INTRODUÇÃO

O pão é considerado um importante alimento para grande parte da população brasileira. Entretanto, as proteínas do trigo tem sua qualidade nutricional diminuída pela deficiência de alguns aminoácidos, principalmente a lisina. Assim, para se obter uma melhora na qualidade nutricional do pão, é necessário enriquecê-lo com proteínas de alto teor em aminoácidos essenciais, deficientes nas proteínas de trigo. Entre as fontes proteicas vegetais, a soja, além de ser rica em proteínas com alto teor em lisina, contém lipídeos, minerais e vitaminas, o que a torna um excelente veículo para enriquecimento dos alimentos.

Ao contrário do trigo, a soja é produzida no Brasil em larga escala. Porém, sua participação na alimentação do povo brasileiro é ainda pequena, por não se constituir um hábito alimentar. Desta forma a soja é principalmente usada pelas indústrias extratoras de óleo. A torta desengordurada de soja, que é o produto remanescente da extração do óleo, é na maior parte destinada a alimentação animal.

A incorporação da farinha de soja no pão aumenta seu conteúdo proteico e possibilita uma melhora na sua qualidade nutricional. Além disso, a adição dessa farinha no pão, reduz a quantidade de trigo a ser importado, já que a produção desse cereal tem-se mostrado insuficiente para atender aproximadamente metade do consumo interno do país. A importação de trigo causa a evasão de divisas, o que afeta adversamente a balança de pagamentos do país.

A qualidade tecnológica das farinhas de trigo produzidas no Brasil é diferente das farinhas que são normalmente usadas para fins de panificação na maioria dos países exportadores desse cereal. Assim sendo, neste trabalho foram realizadas pesquisas com o principal objetivo de determinar a quantidade máxima de farinha de soja desengordurada que pode ser adicionada à farinha de trigo usada no Brasil, sem afetar adversamente as propriedades reológicas da massa e a qualidade do pão.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O interesse do uso da soja (Glycine max (L) Merrill) na alimentação humana, iniciou-se a várias décadas passadas. Entretanto, os trabalhos científicos na área de processamento da soja em produtos proteicos e seu uso na indústria de panificação, tem aumentado principalmente nos últimos 20 anos. O resumo de grande parte dessas pesquisas estão apresentadas - nesta revisão bibliográfica.

A - PRODUÇÃO DE SOJA

A produção de soja no Brasil tem mostrado um aumento considerável, notadamente nos últimos 5 anos (figura 1). A produção no ano de 1969 atingiu aproximadamente 1 milhão de toneladas, colocando o Brasil entre os três maiores produtores mundiais dessa leguminosa. Em 74/75, a produção nacional de soja foi de 9,6 milhões de toneladas, o que representou 15% da produção mundial e ultrapassou a produção da China (12% de produção mundial), colocando o Brasil em segundo lugar, superado apenas pelos Estados Unidos, que produziu 65% do total mundial (104).

Espera-se que a produção brasileira de soja continue crescendo e que provavelmente, segundo projeções de Kromer, num ritmo ainda mais rápido (46).

B - COMPOSIÇÃO DA SOJA

A soja é uma leguminosa constituída de aproximadamente 90% de cotilédones, 8% de casca e 2% de embrião. A se-

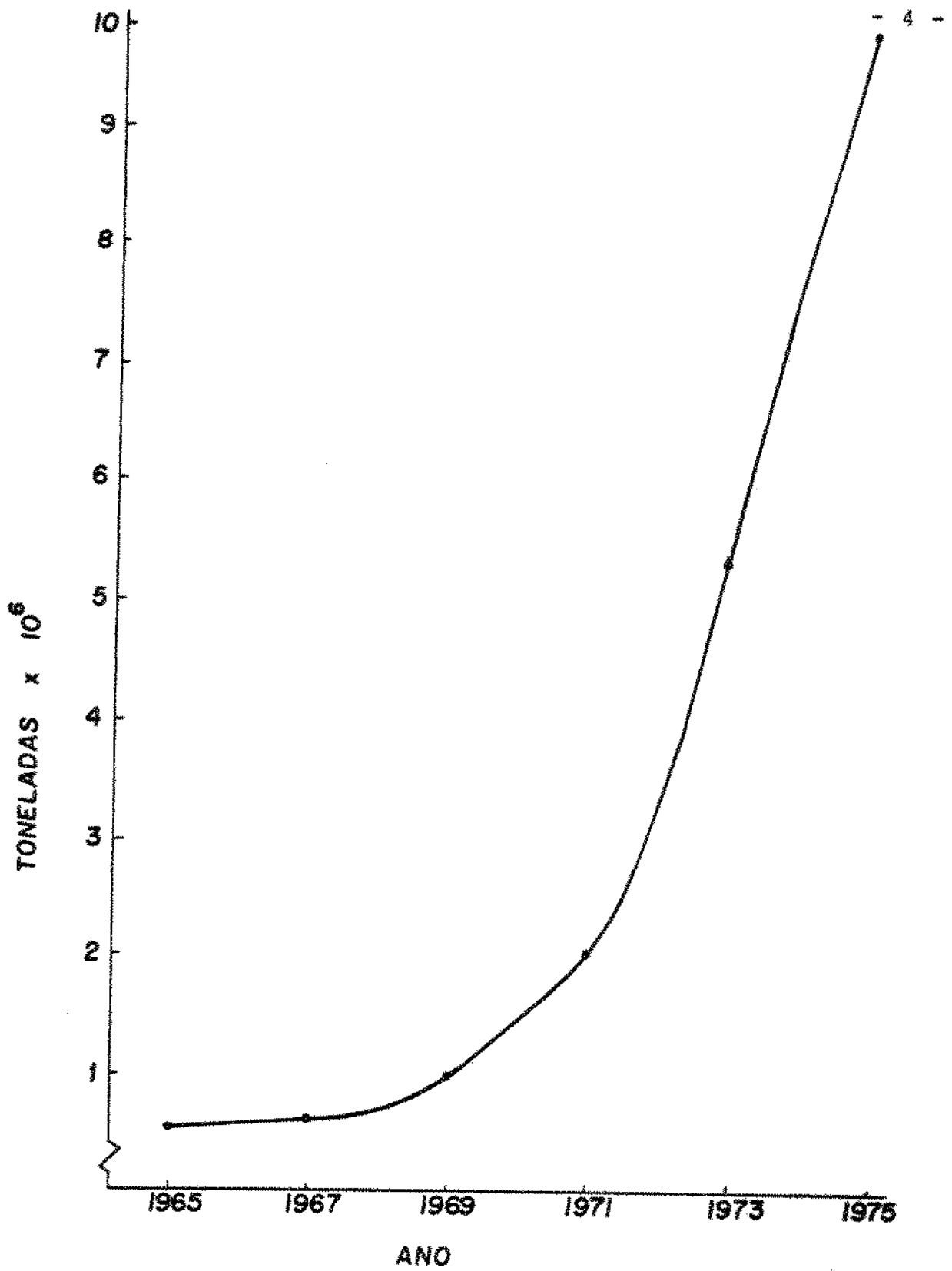


FIGURA 1 - Produção Anual de Soja no Brasil no Período de 1965 à 1975.

mente de soja consiste primariamente de proteínas e óleos que correspondem à 60% do grão, além de 33% de carboidratos e de constituintes minerais. A soja difere das demais leguminosas principalmente pelo seu alto teor em óleos e proteínas (57).

1 - Proteínas

A estrutura sub-celular dos cotilédones da soja, vista em microscópio eletrônico, mostra que a maioria das proteínas estão localizadas em partículas esféricas de 2 a 20 μ de diâmetro chamadas corpos proteicos (87, 99).

Segundo dados de Cartter e Hopper (22), o valor proteico médio para 10 variedades estudadas variou de 40,58 à 46,42%. Esta variação foi atribuída aos fatores variedade, solo e condições ambientais. O principal componente das proteínas da soja é a glicinina que corresponde a aproximadamente - 80-90% da proteína total. As demais proteínas são albuminas e glutelinas (108).

2 - Aminoácidos

A composição em aminoácidos da soja de conteúdo proteico de 45% em base seca (N x 6,25), segundo dados de Hackler e outros (33) é a seguinte em g./ 16 g. de N:- isoleucina 4,8; leucina 7,8; lisina 6,5; metionina 1,4; cistina 1,6; fenilalanina 5,1; tirosina 3,9; treonina 4,2; triptofano 1,3; valina 5,0.

A comparação entre os aminoácidos da proteína de soja, com o padrão da FAO (30) estabelecido em 1965, baseada na proteína do ovo, mostra uma correspondência rigorosa entre eles, com exceção de dois aminoácidos sulfurados, cistina e met

tionina, que estão presentes em quantidades inferiores nas proteínas da soja. Como as proteínas da soja contêm um alto nível em lisina, que excede ao encontrado no padrão de referência da proteína ideal, elas fornecem um meio excelente para correção da deficiência em lisina das proteínas dos cereais (94).

3 - Óleos

Os lipídeos da soja estão situados em inclusões sub-celulares chamadas esferosomas, situados nos cotilédones da soja vista por microscópio eletrônico. Os esferosomas estão dispersos entre os corpos proteicos e têm cerca de 0,2-0,5 μ de diâmetro (111).

A soja integral contém normalmente de 13,5 a 24,0% de lipídeos extratíveis e material gorduroso (81). O óleo de soja consiste principalmente de glicerídeos de ácidos graxos saturados e insaturados misturados com outros materiais lipídicos, incluindo fosfatídeos, esteróis e ácidos graxos livres (57).

O conteúdo de óleo e a composição de seus ácidos graxos são influenciados pelas características genéticas das variedades, pelas condições climáticas no período em que o óleo é elaborado na planta (31). O conteúdo médio de óleo é de 19,63% na base seca, segundo estudo de Cartter e Hopper (22) que mostram que o efeito da localização da cultura é tão importante quanto o efeito da variedade para o conteúdo de óleo da soja.

4 - Carboidratos

Os carboidratos, como os outros componentes, tem

mostrado ampla variação na soja. Essas variações surgem em parte, pela dificuldade de separação, purificação e análises, e também parcialmente pela influência da variedade e de fator ambiente, na produção da soja.

Segundo estudos de MacMasters e outros (55), os valores médios dos carboidratos totais decresceram de 44,6% no estágio imaturo, para 35,4% no estágio maduro, e os açúcares redutores de uma média de 7,4% para um valor muito baixo para análises. As pentosanas e as galactanas aumentaram de 2,6 a 3,6% e de 1,3 a 2,3%, respectivamente. Enquanto Street e Bailey (96) revelam a presença de pequena quantidade de amido na soja (menor que 3%), MacMasters (55) não conseguiu identificá-lo.

Os principais açúcares da soja são o dissacarídeo sacarose, o trissacarídeo rafinose e o tetrassacarídeo estaqui_ose. Além desses há o pentassacarídeo verbascose, que foi encontrado na soja em quantidades muito pequenas. As análises quantitativas da soja integral apresentaram 9,3% de açúcares totais em base seca, com a seguinte composição: sacarose 4,5%; rafinose 1,1%; estaqui_ose 3,7%, e traços de arabinose e glicose (94).

5 - Cinzas e componentes minerais

O teor de cinzas médio para 10 variedades estudadas por Cartter e Hopper (22) foi de 4,99%, variando de um valor máximo médio de 5,37% a um valor mínimo médio de 4,65%. Os principais componentes minerais das cinzas e seus respectivos valores médios são: potássio 1,83%; fósforo 0,78%; magnésio 0,31%; cálcio, sódio e enxofre 0,24% (11). A cinza é proveniente dos vários componentes da semente, e a quantidade de cada componente

pode ser influenciada pela variedade, condições climáticas e de solo, causando assim a variação da sua composição (94).

6 - Vitaminas

Quando os produtos de soja são consumidos como parte de uma dieta mista, dificilmente podem ser considerados como fonte importante de vitaminas. Entretanto, quando consumidos na forma de suplemento rico em proteínas numa dieta básica, deficiente em vitaminas e em proteínas, a contribuição das vitaminas da soja pode assumir um papel importante na manutenção da saúde (94).

O β caroteno, precursor biológico da vitamina A, está presente na soja imatura, em quantidades de 2 a 7 $\mu\text{g/g.}$, enquanto que a madura contém uma quantidade significativamente menor. A soja é isenta de vitamina D, enquanto que a vitamina E presente nos produtos de soja está no óleo, na quantidade de 1,4 $\mu\text{g/g.}$ de óleo (34).

Comparando-se com os cereais, os produtos de soja são fontes razoáveis de vitaminas do complexo B. Por ser uma vitamina termolábil, é possível que a tiamina se apresente em quantidades menores nos produtos processados com calor. A soja não apresenta vitamina B₁₂ (94).

A soja apresenta de 12,0 a 44,1 $\mu\text{g/g.}$ de tiamina; 2,7 a 3,3 $\mu\text{g/g.}$ de riboflavina; 19,0 a 40,0 $\mu\text{g/g.}$ de niacina; 13,6 a 16,0 $\mu\text{g/g.}$ de ácido pantotênico; 8,8 $\mu\text{g/g.}$ de piridoxina; 0,2 $\mu\text{g/g.}$ de biotina; 4,0 a 4,9 $\mu\text{g/g.}$ de ácido fólico; 1,8 a 2,1 mg./g. de inositol e 3,5 a 3,8 mg./g. de colina (94).

A quantidade de vitamina C é de 0,2 $\mu\text{g/g.}$, sendo

que o cozimento provoca perdas apreciáveis no teor de ácido ascórbico, sendo seus produtos, fontes relativamente pobres dessa vitamina (94).

C - PRODUTOS PROTEICOS DERIVADOS DA SOJA

A soja é um dos produtos agrícolas que possibilita várias formas de uso, encontrando assim, ampla aplicação na produção de diversos tipos de alimentos. A composição da soja permite seu uso pela indústria de óleo e derivados proteicos, que são de grande importância na alimentação humana. A indústria de extração e purificação de óleo de soja está bem desenvolvida (109). Entretanto a tecnologia dos produtos proteicos-derivados da soja, está sendo desenvolvida principalmente na última década (63).

Os produtos derivados da soja são classificados de acordo com o conteúdo de proteína (40 a 94%) e de óleo (1 a 15%) e também pelo tamanho das partículas. O produto recebe a denominação de "farinha", quando 97% do mesmo passa pela peneira de número 100 mesh ($< 149 \mu$) da U.S.B.S.*, e de "grits" quando as partículas ficarem retidas na peneira 100 mesh ($> 149 \mu$). O grits é ainda classificado como grosso, médio ou fino, conforme passe por peneiras de 10 a 20 mesh (... 2000 a 840 μ), de 20 a 50 mesh (840 a 297 μ) e de 50 a 80 mesh (297 a 177 μ), respectivamente (94).

Além do tamanho das partículas, as farinhas são classificadas de acordo com a intensidade do tratamento aplicado na mesma. A designação branca, cozida e tostada, mostram

(*) U.S.B.S. "United States Bureau of Standards"

respectivamente um brando, moderado e forte tratamento com calor úmido no processo de obtenção da farinha de soja (83).

1 - Farinha de soja integral

A farinha de soja integral é, dos produtos proteicos derivados da soja, o menos refinado. Ela contém todo o óleo originalmente presente no grão de soja, usualmente variando de 18 a 20%. O conteúdo mínimo de proteína é de cerca de 40% (N x 6,25), na base seca. Os teores de fibra e cinza máximos são de 3,0 e 5,5% respectivamente, em base seca. A umidade do produto não deve exceder a 8% (94).

A farinha de soja integral produzida comercialmente, é normalmente preparada tratando os grãos de soja com vapor para eliminar o gosto e aroma de feijão característico da soja crua. Esse tratamento visa também inibir os fatores anti-nutricionais existentes na soja e ainda inativar enzimas tais como a lipoxidase e lipase, antes da quebra das sementes. Os grãos são então secos até cerca de 5% de umidade, quebrados em rolos quebradores, descascados e finalmente moidos ao tamanho de partículas desejado. Esse produto tem valor de IDP (Índice de Dispersibilidade da Proteína) no intervalo de 35 a 45 (110).

Foi desenvolvido recentemente, um processo de cozimento por extrusão, para produção de farinha de soja integral (16,17,66). Os grãos quebrados e descascados são aquecidos a seco para inativar a lipoxigenase, tratados até um nível de umidade desejado e finalmente extrudados. Após secagem e resfriamento é feita a moagem, obtendo-se farinha de soja de boa qua

lidade nutricional. O processo é essencialmente uma operação - contínua de cozimento sob pressão, na qual a rotação da resca do extrusor força os grãos descascados numa pequena matriz, causando o aumento da pressão, e da temperatura e retenção de umidade, que resultam no cozimento rápido com inativação dos fatores anti-nutricionais e na eliminação do gosto e aroma de feijão característicos da soja crua.

2 - Farinha de soja desengordurada

A farinha desengordurada é produzida pela remoção quase completa do óleo de soja, pela extração com hexana ou outros solventes hidrocarbonetos análogos. Usualmente contém 1% de gordura, não devendo ser superior a 2%. Como grande parte do óleo é removido, o conteúdo proteico é aumentado e deve atingir no mínimo 50% (N x 6,25), na base seca. Os conteúdos de fibras e de cinzas são no máximo de 3,5 e 6,5, respectivamente, na base seca. A umidade de 8% é o limite máximo (94).

A farinha de soja desengordurada é normalmente um produto da indústria de extração de óleo. De um modo geral, os grãos movem-se da esticagem e passam por rolos quebradores lisos e de diferentes velocidades, sendo separados da casca por corrente de ar. Os grãos quebrados são condicionados a 10-11% de umidade, sendo a temperatura elevada a 63-74°C para torná-los plásticos e então são laminados em rolos laminadores lisos. Os flocos ou lâminas das sementes devem ter cerca de 0,25 a 0,37mm. de espessura e 1 a 2cm.² de área, para facilitar a difusão do óleo no solvente e aumentar o rendimento do processo de extração do óleo (109).

A hexana é o solvente normalmente usado nos processos industriais de extração do óleo de soja, embora não remova todos os lipídeos. Há alguns anos, esses lipídeos remanescentes tem sido apontados como fonte de alguns dos aromas e gostos indesejáveis característicos dos flocos desengordurados crus, obtidos pela extração com hexana. Por esse motivo são também usados misturas de hexana com álcool metílico, etílico e isopropílico, tendo a mistura hexana-etanol (82:18 v/v) a vantagem de não ser tóxica, além de minimizar a desnaturação proteica e remover apenas pequena porcentagem dos sólidos (9).

A extração do óleo com solvente pode ser feita por processo contínuo ou descontínuo. É também usado o processo combinado, com a prensagem e posterior extração com solvente.

O estágio mais crítico do processo é a remoção do solvente do floco, porque nessa etapa são determinadas as propriedades da farinha de soja. Os flocos vindos do extrator contém cerca de 30% de hexana. A remoção do solvente por aquecimento e/ou vácuo é feita com controle do tempo, temperatura e conteúdo de umidade dos flocos desengordurados, que influem na desnaturação das proteínas (10).

Para produção de farinha de soja para consumo humano, são usados principalmente três tipos de desolventizado - res (62). Um deles é o Sistema Schneckens, que consiste em esteiras horizontais cobertas com camisa de vapor. Esse processo tem a vantagem de produzir normalmente flocos com valor de IDP de 40 a 50, podendo ter no máximo o valor de 65 a 70. As desvantagens deste processo são as dificuldades na limpeza, ma-

nutrição cara e remoção incompleta do solvente residual.

O segundo tipo de equipamento usado, mais recente que o primeiro, é o desolventizador tostador "flash" (67), produzindo flocos com valores de IDP no intervalo de 70 à 90, dependendo das condições de operação. Entretanto o equipamento pode ser operado de modo que se obtenha flocos com valor de IDP de apenas 1 à 3 unidades abaixo da inicial, na saída do extrator. Este tipo de flocos com valores de IDP altos são preferidos na produção de farinha de soja de enzima ativa, que podem ser usados no pão como agentes branqueadores e para preparar isolados proteicos, porque são obtidos maiores rendimentos (110).

O terceiro tipo é o desolventizador-tostador a vapor que apresenta maior flexibilidade de operações. Se o referido equipamento operar sob vácuo (1/2 atmosfera), os flocos terão valores de IDP de apenas 1 à 2 unidades inferiores ao do floco inicial. Se for desejado flocos com valores de IDP menores para produção de farinha e grits, o desolventizador pode ser operado com 1 à 2 atmosferas. O grau de desnaturação da proteína do floco é função do tempo de residência, da temperatura e do conteúdo de umidade do floco. Como esses fatores podem ser variados num amplo intervalo, o desolventizador-tostador é muito versátil, podendo ser preparados flocos com valores de IDP variando de 90 à 10 (109).

3 - Tipos especiais de farinha de soja

Além da farinha integral e desengordurada, existem outros tipos de farinhas especiais de soja (62). A farinha

com baixo teor de gordura é produzida pela remoção parcial do óleo e/ou lecitina de soja, ou pela adição de óleo à farinha desengordurada a um nível mínimo de 4,5% e máximo de 9,0%. O conteúdo proteico mínimo é de 45,0% (N x 6,25), na base seca. Os teores máximos de fibra e cinzas são, respectivamente 3,3 e 6,5%. O conteúdo de umidade máximo é de 8% (94).

Como tipo especial de farinha de soja, consta também a farinha de soja com alto teor de óleo, obtida pela adição de óleo à farinha desengordurada de soja, num nível usualmente de 15% de óleo (94). Além desse tipo, é também preparada a farinha de soja lecitinada, que é um tipo de farinha com baixo ou alto teor em gordura na qual a lecitina é adicionada a farinha de soja a um nível de até 15% (94).

4 - Concentrado proteico

Os concentrados proteicos são preparados de farinha de soja desengordurada ou grits, pela remoção dos açúcares solúveis (sacarose, rafinose e estaquiose), cinzas e outros constituintes presentes na farinha em menores quantidades. Os concentrados proteicos de soja contêm no mínimo 70% de proteínas (N x 6,25), na base seca (110). Concentrados proteicos comerciais contêm cerca de 65 a 72% de proteínas (N x 6,25), e um conteúdo de umidade de 3 a 7%. O teor de gordura é de cerca de 2% e as cinzas e fibra variam de 4 a 7% e de 2,7 a 5%, respectivamente (94).

Comercialmente são usados três processos para se obter concentrados proteicos de soja. Os processos diferem principalmente no método usado para imobilizar a maioria das fra-

ções proteicas durante a remoção dos açúcares, matéria nitrogenada solúvel e de outros componentes de baixo peso molecular(110).

No primeiro processo, os constituintes proteicos da farinha de soja desengordurada são extraídas com mistura de 60-80% de água-álcool (67, 72), que dissolve os açúcares, separando as proteínas e polissacarídeos, que são insolúveis.

No segundo processo, a maioria das proteínas são insolubilizadas pela extração com ácido a pH de 4,5, que é o ponto isoelétrico médio da maioria das globulinas da soja. Como uma parte das proteínas são solúveis nesse pH, ocorre uma pequena perda nesse processo. A mistura insolúvel de proteínas e polissacarídeos é ajustada para pH próximo à neutralidade, antes da secagem, tornando as proteínas solúveis e mais fáceis para incorporação no sistema aquoso dos alimentos (65, 88).

O terceiro processo, se baseia na sensibilidade ao calor das proteínas de soja. As proteínas da farinha são desnaturadas e insolubilizadas pelo calor úmido. Os constituintes de baixo peso molecular são extraídos com água (56).

Mesmo sendo usados processos diferentes, a composição dos concentrados são muito similares e o conteúdo proteico na base seca varia apenas de 71 à 72%. Porém os concentrados diferem em suas propriedades físicas. Os concentrados obtidos com o uso de solução ácida tem a mais alta solubilidade de proteína (ISN=69), em relação aos obtidos com álcool (ISN=5) e com calor úmido (ISN=3), porque ocorre menor desnaturação da mesma (63). O produto obtido pelo primeiro processo tem a menor solubilidade do nitrogenio, devido a desnaturação das pro-

teinas pelo solvente (93). Esses concentrados variam em cõr, gosto e aroma, tamanho de partículas e absorção de água e gordura, que são características importantes na manufatura de alimentos (93).

5 - Isolado proteico

O isolado proteico é o produto da soja mais refinado, contendo no mínimo 90% de proteínas (N x 6,25), na base seca. É preparado de soja de alta qualidade, limpa, descascada, pela remoção preponderante dos constituintes não proteicos. Os resultados analíticos mostram que os isolados proteicos comerciais tem de 86 à 94% de proteínas (N x 6,25), na base seca, de 4 à 7% de umidade, de 0,1 à 0,3% de gordura, de 3 à 7% de cinzas e de 0,1 à 0,3% de fibra (94).

D - FATORES ANTI-NUTRICIONAIS DA SOJA

A qualidade dos produtos de soja, depende de vários fatores, tais como a composição em aminoácidos, a presença de fatores anti-nutricionais, a digestibilidade, a composição total da dieta e as exigencias nutricionais das espécies envolvidas.

Foi observado que as proteínas da soja crua, apresentavam qualidades nutricionais muito pobres e que elas eram consideravelmente aumentadas, quando submetidas ao calor úmido (74). Foi observado que a farinha de soja não cozida exhibe um coeficiente de aproveitamento proteico (PER) de apenas 0,5, enquanto que as farinhas de soja apropriadamente tratadas com calor tem um PER de 2,0 à 2,2 (93). O PER é o ganho em peso em

relação a proteína consumida, quando ratos são alimentados em dietas na qual a proteína é o único fator limitante de crescimento (73). Foi também notado, que ratos jovens alimentados com farinha de soja autoclavada cresciam melhor que aqueles tratados com soja no estado natural. Numerosos pesquisadores relacionaram o efeito favorável do tratamento térmico sobre o valor nutricional da proteína de soja, referindo-se a ratos, porcos, perus e ao homem também (8).

As substâncias encontradas na soja e que tem o efeito comum de diminuírem o crescimento de animais jovens, são chamadas de fatores anti-nutricionais da soja, sendo capazes de interferir na digestão e utilização metabólica de materiais nutritivos (54). Além dos mencionados, ainda existem outros elementos anti-nutricionais na soja, os quais ainda necessitam de futuras investigações, para melhor conhecimento e caracterização, entre os quais estão as saponinas e agentes bocigênicos (6).

1 - Tipos de fatores anti-nutricionais

a) Fator antitripsina

Foram encontrados na soja 5 ou mais inibidores de tripsina (51), sendo o inibidor de "Kunitz", o agente anti-nutricional da soja, que mereceu maior atenção, tendo sido na última década, relatados muitos estudos referentes ao isolamento, purificação e caracterização de suas propriedades físico-químicas. O fator antitripsina foi pela primeira vez caracterizado e isolado por Kunitz (48, 49). Esse fator é uma proteína

com propriedades de alfa-globulina (com 16% de nitrogenio), precipitável com ácido tricloroacético (TCA), não dializável, peso molecular de aproximadamente 24.000, espectro máximo de absorção de 280 nanômetros, ponto isoelétrico no pH 4,5 e termolábil. Esse fator é chamado de inibidor de tripsina por causa da sua capacidade de interferir na atividade digestiva da tripsina no trato intestinal do homem e dos animais (47). Além do fator antitripsina conhecem-se pelo menos 7 a 10 inibidores de enzimas proteolíticas na soja (6).

A ação antitripsina é evidente apenas no estado nativo, podendo ser inibida pelo calor, ácido ou álcali, resultando no aumento do valor nutricional da soja (48, 49). Foi estudada a qualidade nutritiva da farinha de soja aquecida a várias temperaturas, em relação ao fator antitriptico. Foi observado que a eficiência das proteínas da farinha de soja aumentou na razão direta da destruição do fator antitriptico. Além disso, verificou-se que a presença do inibidor de tripsina era a causa principal da pouca utilização pelo organismo das proteínas da soja (106). Apenas recentemente foi descoberto qual a quantidade de inibidores que devem ser inativados para torná-los inócuos aos ratos (82). O inibidor de tripsina da soja, quando purificado, reage com igual peso de tripsina, e sua atividade é comumente determinada pelo decréscimo da atividade da tripsina na digestão da caseína (6). Foi desenvolvido um método melhorado para detectar a atividade da tripsina residual em flocos de soja desengordurado e aquecido (42). O procedimento foi então usado para análises do inibidor de tripsina residual

nos flocos desengordurados que tinham sido tratados com vapor por diferentes tempos, de modo a se obter uma série de flocos com diferentes níveis de atividade (82). Quando os ratos foram alimentados com flocos que continham de 31 à 45% da atividade de inibidor do floco crú, não houve hipertrofia pancreática. Entretanto os pesos dos ratos, o grau de eficiência da proteína e a digestibilidade máxima do nitrogenio, foram obtidas quando os flocos receberam maior tratamento térmico e com atividade de inibidor residual de apenas 13 à 21% da dos flocos originais.

b) Hemaglutinina

Além do inibidor de tripsina, outras substâncias interferem no metabolismo das proteínas. A hemaglutinina é uma proteína com característica de forte inibidor de crescimento, - sendo livre da atividade antitriptica, por se caracterizar pela habilidade de aglutinação "in vitro" dos glóbulos vermelhos do sangue de várias espécies (52). Conforme citações de vários pesquisadores (5, 52), sabe-se que em sementes de leguminosas existem substancias capazes de promover a coagulação do sangue de diferentes espécies de animais e de aglutinarem eritrócitos lavados. Porém após autoclavar o extrato preparado com esses produtos, a aglutinação não mais ocorre (6).

A hemaglutinina foi pela primeira vez isolada e purificada por Liener e Pallansch (52). Foi desenvolvido por Liener (53), um método fotométrico para determinação quantitativa da atividade hemaglutinante, particularmente para a soja.

2 - Controle dos fatores anti-nutricionais da soja

O valor nutritivo da soja na alimentação humana e dos animais domésticos, depende consideravelmente, do tratamento térmico usado no seu processamento. Um tratamento térmico adequado aumenta o valor nutritivo das proteínas, mas caso seja excessivo, pode deteriorar a qualidade tecnológica dos produtos da soja. Portanto para controle do tratamento térmico, tem sido usado normalmente dois métodos:- atividade ureática e solubilidade das proteínas da soja (23).

a) Atividade ureática

A urease é uma enzima presente em grande quantidade na soja crua. O tratamento térmico inibe os fatores anti-nutricionais e simultaneamente as enzimas, incluindo a urease. A determinação da atividade ureática da soja é importante, porque se constitui em teste simples e rápido para a avaliação da eficiência do processo de tostagem do farelo. A urease apresenta resistência térmica semelhante a dos fatores anti-nutricionais, especialmente a do fator antitriptico. Devido à sua alta concentração na soja, e a facilidade da sua detecção, a atividade ureática é normalmente usada pela indústria como índice de eficiência do tratamento térmico dos produtos de soja. As farinhas com alto teor em urease, são pobres em seu valor nutritivo. Infelizmente o teste não pode ser usado para indicar excesso de tratamento térmico (23). Croston e outros (25) compararam três métodos de determinação de atividade ureática:-

titulação com Na OH 0,1 N, condutibilidade específica e mudança de pH. Entretanto as diferenças observadas entre os três métodos foram principalmente devido a técnicas experimentais.

b) Solubilidade das proteínas de soja

Nas operações de extração de óleo com solvente para obtenção da farinha desengordurada de soja, ocorre pequena desnaturação das proteínas. Quando os flocos de soja deixam o desolventizador a vapor ou tipo "flash", onde normalmente sofreram apenas um tratamento térmico mínimo, eles retem essencialmente toda sua atividade enzimática, de inibidor de tripsina e de hemaglutinina, assim como alta dispersibilidade das proteínas em água. Entretanto durante o tratamento térmico com vapor para remoção do solvente e na posterior tostagem para garantir o máximo valor nutricional, é que ocorre a maior desnaturação das proteínas da soja (12).

O tratamento térmico normalmente aplicado as farinhas de soja no processamento comercial é suficiente para destruir os fatores responsáveis pela liquefação do amido (71).

Os dois procedimentos mais comumente usados para medir o grau de desnaturação das proteínas são o Índice de Solubilidade do Nitrogenio (ISN) e o Índice de Dispersibilidade da Proteína (IDP) (94). Em ambos procedimentos a amostra é extraída com água, sob condições específicas e centrifugadas. O sobrenadante é então analisado para se obter o nitrogerio pelo método Kjeldahl(3).O valor do ISN é a porcentagem de nitrogerio total da amostra que é solúvel, enquanto que o IDP é a porcen-

tagem de proteína total que é solúvel ($N \times 6,25$). Para uma dada amostra, o ISN e o IDP irão diferir devido as variações nas condições de extração entre os dois procedimentos (110). Eles são conhecidos informalmente como método de agitação rápida e de agitação lenta, sendo os resultados da agitação rápida maiores que os das lentas (94). O índice de solubilidade do nitrogênio para a farinha de soja foi especificado no intervalo de 55 a 75%, para assegurar a tostagem adequada do produto.

Ofelt e outros (69) mostraram que a farinha de soja tostada não tem efeito na qualidade de panificação, desde que ela tenha o valor do ISN nesse intervalo. Quando a tostagem é excessiva, o valor do ISN é menor, causando no produto a coloração mais escura, que pode ser indesejável. Caso seja especificado um maior ISN, a tostagem deve ser leve, mas suficiente para inativar os inibidores de tripsina e os demais fatores que interferem com a utilização das proteínas (8). Desta forma, o tratamento com calor úmido a 100°C pode ser mínimo, leve, moderado ou forte, resultando respectivamente, nos produtos branco, cozido, tostado e totalmente tostado, que apresentam índice de solubilidade de nitrogênio (ISN) nos intervalos de 85-90, 40-60, 20-40 e 10-20. O tratamento com calor leve inativa praticamente todos os componentes biologicamente ativos, mas retém uma parte substancial da dispersibilidade das proteínas em água. A dispersibilidade das proteínas dos flocos de soja autoclavadas, a pressão atmosférica, decresce rapidamente com o tempo, variando de 80% no início, para 20 a 25% após 10 minutos de tratamento com vapor (94).

E - ASPECTOS TECNOLÓGICOS DO USO DA FARINHA DE SOJA
NA PRODUÇÃO DO PÃO

O interesse do uso da farinha de soja na panificação cresceu notadamente, nos últimos 10 anos. Tal interesse foi motivado pelo fato dos produtos de panificação, fazerem parte do hábito alimentar do povo, sendo por isso usados por grande parte da população. Nas páginas seguintes é apresentada uma discussão da literatura, cobrindo diferentes aspectos tecnológicos do uso da farinha de soja no pão.

1 - Tipos de farinha de trigo e soja usadas na panificação

Na maioria das pesquisas feitas sobre a adição de farinha de soja no pão, foram usadas farinhas de trigo duro de inverno ou de primavera, e ainda misturas de trigo que produzem, na maior parte, farinhas fortes e de boa qualidade tecnológica (26, 29, 39, 40, 43, 44, 58, 60, 66, 84, 91, 93, - 100, 102, 103).

Pollock (75) acredita que o tratamento térmico apropriado tem influência na qualidade do pão, melhorando o seu volume.

O conteúdo de proteínas e de gordura da farinha de soja, foram apontados como os principais responsáveis pela melhoria na qualidade do pão, tendo maior influência que o tratamento térmico sofrido pela mesma (69, 70). Entretanto, segundo outros autores, foi verificado que as farinhas que sofreram tratamento térmico apresentaram ainda maior deterioração na

qualidade do pão, na proporção da intensidade do tratamento térmico sofrido pela mesma (75). O uso da farinha de soja integral cozida em extrusor, produziu um efeito menor no decréscimo de volume do pão, em comparação com a farinha de soja integral que não sofreu esse tratamento (17).

Segundo Finney (29), as potencialidades e as propriedades de panificação da farinha de soja extraída com hexana, são superiores as das farinhas de soja desengorduradas extraídas com outros solventes. Ele sugeriu que o solvente e/ou a técnica de extração são de extrema importância na produção de farinha de soja desengordurada para fins de panificação. A granulagem da farinha de soja aparentemente não afetou a qualidade do pão, quando com uma granulometria comparável àquela da farinha de trigo (85).

2 - Quantidades de farinha de soja usadas na produção de pão

O uso de farinha de soja na panificação tem sido estudado por vários pesquisadores, que tem sugerido diferentes níveis de substituição que normalmente variam de 1 à 25%. Essas variações dependem do tipo e qualidade das farinhas de trigo e soja, do tipo de pão produzido, da formulação e do processamento usado na produção do pão fortificado com soja (26, 29, 39, 40, 43, 44, 58, 60, 66, 84, 91, 93, 100, 102, 103).

Foi observado que a adição de 1% de farinha de soja não tratada com calor, na massa do pão, proporcionou um efeito melhorador na sua qualidade, enquanto que o uso de níveis maiores da mesma provocou a redução do volume do pão (78).

A quantidade de farinha de soja integral ou desengordurada tratada térmicamente, para uso em panificação, são relativamente pequenas, sendo recomendadas de 1 à 3%, com base na farinha de trigo (78). Segundo Raney e Horan (84), a adição de farinha de soja no pão é satisfatória em concentrações até 3%. Entretanto o uso de 5% de farinha de soja no pão, foi sugerido por Ofelt (69), que produziu pão sem diferenças significativas no gosto e no aroma, em relação ao pão sem adição de farinha de soja. Posteriormente o mesmo autor relatou que, as características de panificação e as propriedades de manuseio da massa com 5% de farinha de soja desengordurada, poderiam ser equivalentes à massa de farinha de trigo, pela adição de agentes oxidantes (70). Entretanto foi produzido pão de qualidade superior ao pão sem soja, adicionando-se 8% da farinha de soja à farinha de trigo duro vermelho de primavera ou de inverno, sendo porém necessário o uso de bromato de potássio e de várias modificações no processamento dos pães enriquecidos (29). Foi possível obter pão de alta qualidade, adicionando-se 12% de farinha de soja à massa e usando-se estearil-lactil lactato de sódio (SSL) como condicionador e alterando o processo de mistura da massa (58). Foi desenvolvido um método rápido de massa direta para produção de pão de boa qualidade usando farinha de trigo fortificada com 12% de farinha de soja (102). O mesmo nível de adição foi conseguido por Brachfeld (18), que usou oxidantes, condicionadores de massa e farinha de soja ligeiramente tostada, obtendo pão de boa qualidade.

Pomeranz (77), usou vários condicionadores de

massa para produção de pães com suplemento proteico de soja. Segundo o autor, inúmeros compostos foram efetivos como melhoradores de massa, como os sucroésteres, que compensaram o efeito detereorativo do volume de pães com até 16% de farinha de soja.

Maiores porcentagens de farinha de soja foram incorporados ao pão, conforme trabalho de Tsen e Hoover (100), - que produziram pães aceitáveis de farinha de trigo duro de inverno e de primavera de altas qualidades, fortificados até o nível de 24% de farinha de soja não desengordurada. A maioria das farinhas de soja, especialmente as não desengorduradas e as de alto teor em gordura, permitiram a fortificação de até 15 à 20%. O pão produzido apresentou qualidade aceitável, resultando num aumento substancial no conteúdo de proteínas e no balanço de aminoácidos do pão (85).

Foi desenvolvido um método que possibilitou a produção de pão com incorporação de 25% de farinha de soja. Entretanto os volumes desses pães foram menores que os padrões aceitáveis (76). Foi estudado ainda a adição de 12 à 28% de farinha de soja integral. No entanto, pães aceitáveis foram produzidos até o nível de 24% com o uso de condicionadores de massa (100).

3 - Influência da farinha de soja no gosto e aroma do pão

A aceitabilidade do pão com adição de 8% de farinha de soja desengordurada, não foi afetada, sendo usada uma formulação contendo gordura, sólidos de leite, oxidantes e farinha de trigo do tipo forte (27). Entretanto foi também rela-

tado que, a adição de 8% de farinha de soja integral, causou pequenas mudanças no gosto e aroma do pão. No entanto a inclusão de 8% de concentrado proteico isoelétrico, e de 10% de isolado proteico coagulado pelo calor, com o uso de 1% de lecitina, não provocou efeito indesejável do ponto de vista do gosto e aroma do pão (64).

4 - Uso de aditivos na produção de pão com soja

A adição de farinha de soja a níveis relativamente altos, afetam a qualidade do pão, devido principalmente a diminuição do volume. Para amenizar esse efeito e melhorar a qualidade do pão, tem sido incorporado vários aditivos na massa. Os oxidantes e os condicionadores de massa são os aditivos mais amplamente estudados (59, 68).

a) Uso de oxidantes

Numerosas pesquisas tem demonstrado que os oxidantes são necessários para melhorar a qualidade do pão feito com misturas de farinha de trigo e soja (15, 36, 37, 58, 59, 60, 61, 68, 100, 102). O resultado do uso de oxidantes na massa é a formação de uma rede de cadeias de proteínas mais rígida e que tem menor tendencia a fluir. Isso se deve a oxidação dos grupos sulfídricos das proteínas, formando os grupos dissulfídricos, os quais estão envolvidos no mecanismo de desenvolvimento da massa (50).

As propriedades da massa, quando a farinha de soja está presente, foram melhoradas pela adição de agentes oxidantes do tipo bromato e iodato, sendo produzido pães com caracte

terísticas similares ao do pão sem soja, com exceção de volume que é afetado pelo fator de diluição (15). A importância da oxidação adequada da massa usando 5% de farinha de soja desengordurada foi evidenciada por Ofelt (70). Oxidantes, em níveis adequados melhoraram as propriedades de manuseio e as características de panificação destas farinhas mistas.

Testes de panificação com diferentes níveis de bromato de potássio usando 5% de farinha de soja integral e desengordurada mostraram que, a adição de 10 à 30 ppm, com base na farinha de trigo, resultou numa massa com propriedades de manuseio satisfatórias e pão com volume normal, quando a farinha de soja integral foi usada. Porém para serem mantidas as mesmas qualidades acima citadas, usando-se farinha de soja desengordurada, as exigências de oxidação foram maiores, variando de 30 à 40 ppm, na base de farinha de trigo (69).

Foi possível manter a qualidade do pão com até 8% de farinha de soja integral sendo, no entanto notado pequenas alterações na aparência, textura, gosto e aroma do pão. Entretanto pão de excelente qualidade foi obtido com misturas de até 8% de farinha de soja desengordurada, sendo no entanto adicionado níveis crescentes de bromato de potássio até 80 ppm, de acordo com a maior quantidade de farinha de soja usada. A qualidade do pão foi determinada pela granulidade do miolo e pelo volume do pão, que foram superiores ao do pão feito sem a adição de soja (61).

Um importante estudo foi feito por Marnett (58), em relação a oxidação da massa de pães fortificados com 12% de

farinha de soja. Foram usados níveis de 10, 20, 30, 40 e 50 ppm de bromato de potássio e níveis de 20, 40, 60, 80 e 100 ppm de ácido ascórbico. Os volumes e os escores de qualidade máximos foram obtidos nos pães com 10 a 30 ppm de bromato de potássio e de 60 a 100 ppm de ácido ascórbico. Entretanto foi constatado que, o uso de maiores níveis de bromato (40, 60 e 80 ppm) - não melhorou o volume do pão. No entanto, pães com 40 e 60 ppm de bromato tiveram melhor granulidade que os pães com 80 ppm (102).

A maioria dessas pesquisas, entretanto, foram feitas usando-se bromato de potássio, cujo uso é proibido no Brasil, sendo entretanto permitido em muitos outros países.

b) Uso de condicionadores de massa

O uso de condicionadores de massa, tem sido considerado de grande importância na qualidade do pão, especialmente naqueles fortificados com farinha de soja. Thompson (98) e outros foram os primeiros a relatar o efeito do estearil-lactil lactato de cálcio ou de sódio, como ingredientes melhoradores da massa do pão. O estearil-lactil lactato de sódio (SSL) e o estearil-lactil lactato de cálcio (CSL) são ésteres dos ácidos esteárico e láctico, que afetam a estrutura das proteínas, aumentando sua tolerância a mistura e melhorando a qualidade do pão (59). O SSL forma complexos com as gluteninas, estabilizando a estrutura da massa e fortalecendo a mesma, de modo que ela possa tolerar a pressão de mistura e fermentação, especialmente no estágio inicial de crescimento no forno (101).

O uso desses aditivos foi aprovado pela "Food and Drug Administration", em nível máximo de 0,5%, baseado no peso da farinha (59).

A adição de farinha integral e desengordurada, ao nível de 12%, produziu pão de boa qualidade quando foram usados, além de 40 a 60 ppm de bromato de potássio, 0,5% de CSL (18, 58, 102). A grande importância do uso do SSL foi evidenciada no processamento do pão com 12% de farinha de soja desengordurada. O efeito benéfico do SSL na qualidade do pão com ou sem soja, tornou-se evidente pelo fato de se obter pães com maior volume e melhor granulabilidade do miolo (58).

A aparência e volume de pães com 12% de farinha de soja desengordurada, mostraram uma melhora marcante com o uso de 3% de gordura na formulação. No entanto, foi constatado que o SSL pode ser um substituto conveniente para a gordura, porque sua ação na massa, ao nível de 0,5%, produziu efeito similar ao da gordura nas características de qualidade do pão. Além disso o SSL tem a vantagem em relação a gordura, pela fácil mistura a seco as farinhas de trigo (8). No estudo de Tsen e Tang (102), foi constatado que o uso de 0,5% de SSL foi mais efetivo que a gordura na produção de pão com 12% de farinha de soja. Os pães produzidos apresentaram volume considerável, aparência e granulabilidade excelentes, em relação ao pão controle e ao pão com gordura. Nesse estudo foi ainda observado que, o uso de 0,25% de SSL não foi suficiente para mostrar o mesmo efeito obtido com 0,5% desse melhorador de massa. Foi estudado o efeito da adição de 0, 0,25, 0,50 e 1,0% de CSL e

de SSL no pão contendo 12% de farinha de soja. Neste estudo observou-se que o volume específico do pão com 0,5% de CSL ou de SSL foi superior ao dos pães com 0,25% e praticamente idêntico aos com 1,0% dos referidos aditivos (101).

Com a finalidade de melhorar o volume e outras características de qualidade do pão fortificado com farinha de soja, foi estudada a adição de glicolípides polares naturais e sintéticos, na massa de pães com até 16% de farinha de soja. O uso de glicolípides numa proporção de 0,5%, neutralizou o efeito depressivo do volume, melhorando a granulidade do miolo e a maciez do pão. Foi também observado que, o efeito melhorador desses aditivos foi mais acentuado que aqueles produzidos pela adição de 3% de gordura vegetal (77).

O uso de CSL, SSL e monoglicerídeos etoxilados, como restauradores de volume em pães fortificados com soja, mostrou que o SSL foi mais efetivo em relação aos outros dois aditivos (100). Os pães com 12 a 28% de farinha de soja integral apresentaram volume pequeno e granulidade do miolo pobre. Porém a adição de 0,5% de SSL melhorou a estabilidade da massa, produzindo pães aceitáveis até o nível de 24% de farinha de soja. Os monoglicerídeos etoxilados também produziram pães de grandes volumes, porém com piores granulidades que os com SSL (100).

Além dos condicionadores de massa citados, para uso na produção de pão enriquecido com farinha de soja, foi também estudado o uso de lecitina. A adição de até 6% de farinha de soja na massa do pão, com o uso de 1% de lecitina, proporção

nou um efeito compensador no volume do pão (1, 64).

5 - Processos de produção de pão com farinha de soja

Para produção de pães com alto teor proteico, - Ranhotra (85), preferiu usar o processo convencional de massa direta. Outros pesquisadores, como Pomeranz (77) e Finney (29), usaram também esse procedimento, em seus estudos usando farinha de soja no pão.

Foi produzido, no estudo feito por Marnett (58), pão de boa qualidade com farinha de trigo contendo 12% de farinha de soja, usando três processos para produção do pão:- massa direta, massa 70% esponja e massa 100% esponja. Esse último procedimento produziu pães de melhor volume e qualidade.

No estudo sobre pães suplementados com soja, leite em pó e lisina, Ehle (27) usou o método de massa esponja para produção dos pães.

Foi desenvolvido um método simples chamado de "K-State Process" para produção de pães de boa qualidade, usando 12% de farinha de soja (108). Mathews (60), desenvolveu um método de massa mole para produção de pães com até 25% de farinha de soja integral. Pringle e outros (80) fizeram um estudo com farinhas compostas, usando os processos:- contínuo, semi-contínuo e batelada com desenvolvimento mecânico da massa (processo Chorleywood). Os pães produzidos pelo desenvolvimento mecânico foram marcadamente superiores a ambos os procedimentos estudados.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

A - MATERIAIS

1 - Matéria prima

Farinhas de trigo comerciais de 72 e 78% de extração, obtidas do Moinho Anhanguera, Campinas, São Paulo e farinha de soja desengordurada, fornecida pela SANRIG - Sociedade Anônima Moinho Riograndense, Rio Grande do Sul, foram utilizadas neste trabalho.

2 - Ingredientes e reativos

Foram utilizados os seguintes produtos comerciais:- fermento biológico, sal com 99,5% de pureza, gordura hidrogenada vegetal, sacarose, estearil-lactil lactato de cálcio (CSL) e vitamina C. Foram também usados os seguintes produtos comerciais provenientes do laboratório Okochi:- pancel - panzime e nutriente de fermento .

Todas as análises químicas foram procedidas com reagentes quimicamente puros.

3 - Aparelhos e equipamentos

Os aparelhos e equipamentos usados foram os seguintes:-

Moinho Quadromatic Senior Brabender

Farinógrafo Brabender

Amilógrafo Brabender

Extensígrafo Brabender

Forno doméstico Alno

Misturadeira "Tweedy" Siam-Util

Refrigerador de água Siam-Util

Mesa especial para descarga dos pães das gavetas do carrinho de fermentação

Carrinho de fermentação com gavetas Siam-Util

Carrinho para carga e descarga automático do pão do forno Siam-Util

Cortadeira de massa Siam-Util

Boleadeira de massa Siam-Util

Câmara de descanso com temperatura e umidade relativa controlada Siam-Util

Modeladora Siam-Util

Forno super Vulcão Siam-Util

Formas de estanho 2XX, com as seguintes dimensões:- 21x11x1 cm

Formas de estanho 2XX, com as seguintes especificações:-

Parte superior 14x6,8 cm.

Parte inferior 13x5,5 cm.

Altura 4,2 cm.

Aparelho medidor de volume

Planímetro

Para as análises químicas, além da vidraria e utensílios comuns de laboratório, foram usados os seguintes aparelhos:-

Estufa com circulação de ar

Mufla

Extrator de gordura Goldfish

Digestor de proteínas
Destilador de proteínas
Balança analítica
Dissecador

B - MÉTODOS

1 - Análises químicas

a) Proteínas

Determinada pelo método da American Association of Cereal Chemists (AACC) nº 46-13 (2), usando o fator $N \times 6,25$ para o cálculo da proteína da soja e $N \times 5,7$ para a proteína do trigo.

b) Cinzas

Segundo AACC nº 08-01 (2)

c) Fibra bruta

Segundo AACC nº 32-15 (2)

d) Umidade

Segundo AACC nº 44-15 (2), usando um estágio e temperatura de $130 \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 1 hora.

e) Óleos

Segundo AACC nº 30-26 (2)

2 - Determinação da viscosidade das farinhas

A determinação da viscosidade foi feita com o uso do Amilógrafo Brabender. Em cada teste foi usado 80 gramas de farinha na base de 14% de umidade e 450 ml. de água destilada. A temperatura inicial de 25°C foi aumentada de $1,5^{\circ}\text{C}$ por minuto até a máxima de 95°C , permanecendo constante nessa temperatura por 20 minutos. A seguir foi ligado ao ciclo de resfriamento,

com diminuição da temperatura de 1,5°C por minuto, até a temperatura final de 50°C.

As medidas utilizadas para interpretar o amilograma (gráfico da viscosidade (U.A.) x tempo (min.)) foram:-

a) Temperatura inicial de gelatinização

É a temperatura em °C calculada com base no tempo de funcionamento do amilógrafo (1,5°C/1 min.), correspondente ao ponto onde inicia a formação da curva do amilograma.

b) Temperatura de viscosidade máxima

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

c) Faixa de gelatinização

É a temperatura em °C, correspondente à diferença entre a temperatura de viscosidade máxima e a temperatura inicial de gelatinização.

d) Viscosidade máxima

É o valor da viscosidade máxima da curva em Unidades Amilográficas (U.A.).

e) Viscosidade mínima a temperatura constante (95°C)

É o menor valor da viscosidade em unidades amilográficas, após ter sido atingida a temperatura constante de 95°C.

f) Viscosidade máxima no ciclo de resfriamento à 50°C

É o valor da viscosidade em Unidades Amilográficas, à temperatura de 50°C no ciclo de resfriamento.

3 - Determinação das propriedades reológicas da massa no Sistema Farinha-Água (SFA)

a) Propriedades de mistura com o farinógrafo de acordo com o método nº 54-21 da AACC (2), usando 300 g. de farinha, na base de 14% de umidade

As características do farinograma analisadas foram (95):-

i. Absorção de H₂O

É definida como a quantidade de água necessária para centralizar a curva do farinograma na linha das 500 Unidades Farinográficas (U.F.) para uma massa farinha-água.

ii. Tempo de chegada

É o tempo em minutos exigido para que o topo da curva alcance a linha das 500 U.F. após o misturador ligado e a água introduzida.

iii. Tempo de desenvolvimento da massa ou tempo pico

É o tempo em minutos, no mais próximo meio minuto do início da adição de água até o desenvolvimento da consistência máxima da massa, mobilidade mínima, imediatamente antes da primeira indicação de enfraquecimento.

iv. Estabilidade

É definida como a diferença em tempo, no mais próximo meio minuto, entre o ponto onde o topo da curva em primeiro interceptar a linha das 500 U.F., e o ponto onde o topo da curva deixa a linha das 500 U.F.

v. Tempo de saída

Este é o tempo no mais próximo meio minuto da primeira adição da água até o topo da curva deixar a linha das 500 U.F. É a soma do tempo de chegada e da estabilidade.

vi. Índice de tolerância à mistura

Este valor é a diferença em Unidades Farinográficas do topo da curva no pico até o topo da curva medido 5 minutos após o pico ser alcançado.

vii. Leitura do Valorímetro

É um escore de qualidade empírico obtido com um dispositivo especial que acompanha o Farinógrafo Brabender.

- b) Propriedades de extensão da massa determinada com o extensígrafo, de acordo com o método nº 54-10 da AACC (2)

As características usadas para interpretar o extensigrama foram:-

i. Extensibilidade

É o comprimento do extensigrama em mm., indicando a extensibilidade da massa que corresponde a uma extensão da massa equivalente ao seu comprimento original.

ii. Resistencia ã extensãõ

É medida em termos de unidades extensigráficas ; cada unidade é igual a 1,6 g. e é obtida do ponto mais alto do extensigrama, 50 mm. após a curva ter iniciado.

iii. Resistencia máxima

É a medida em Unidades Extensigráficas na altura máxima do extensigrama.

iv. Número proporcional

É a relação entre a resistencia a extensãõ e a extensibilidade da massa.

v. Área total ou energia

É a área total em cc. do extensigrama medida com planímetro.

4 - Teste de panificação

A qualidade de panificação das farinhas foram de terminadas de acõrdo com o método de El-Dash (28), onde a consistencia da massa e a temperatura são controladas, e a absorção de água e o tempo ótimo de desenvolvimento da massa podem ser determinados objetivamente.

a) Fõrmula do pão

O pão foi preparado usando-se a seguinte formulação:-

| | | |
|--------------------------------|---------------------|--------|
| farinha (14% de umidade) | 300 g. \pm 0,1 g. | (100%) |
| sal (99,5% de pureza) | 6 g. | (2%) |
| sacarose | 15 g. | (5%) |
| fermento biológico | 9 g. | (3%) |

| | | |
|---|----------|-----------------------------|
| gordura hidrogenada vegetal | 9 g. | (3%) |
| ácido ascórbico | 27 mg. | (90 ppm) |
| estearil-lactil lactato de cálcio (CSL) | 0 e 0,5% | (dependendo do experimento) |

A quantidade usada de água foi a necessária para que a massa atingisse a consistência de 500 Unidades Farinográficas, sendo parte da formulação todos os ingredientes acima citados.

b) Mistura da massa

A farinha foi colocada no misturador do farinógrafo, seco e limpo, a 30°C e coberto com tampa plástica. O misturador foi ligado primeiramente a velocidade mais baixa (31 r.p.m.) por 30 segundos e em seguida a maior velocidade (65 r.p.m.) por 4,5 minutos, para assegurar a homogeneidade da amostra e permitir que a farinha atingisse a temperatura do misturador. A bureta com ajustamento automático foi enchida com água a 30°C. O açúcar e o sal foram dissolvidos em parte da água tomada da bureta, enquanto que o fermento e os demais ingredientes em menores quantidades foram suspensos em outra porção de água proveniente da bureta. O papel do registrador foi ajustado a zero minuto e ligado, enquanto a solução de açúcar e sal foi adicionada no canto do misturador. Em seguida a suspensão do fermento foi adicionada. Aproximadamente 25 ml. - da água remanescente da bureta foi usada para lavar os recipientes que continham o sal e açúcar, e a levedura, assegurando

do assim, uma adição quantitativa. Foi então adicionado água suficiente para centralizar a curva na linha de 500 U.F. A gordura foi adicionada após a adição de todos os ingredientes, incluindo-se toda a água exigida. Quando a massa começou a se formar, as paredes internas do misturador foram raspadas com espátulas e a seguir o misturador foi coberto. A massa foi misturada até a queda de 10 U.F., após ser alcançado o tempo de desenvolvimento da massa. Foram exigidos 30 segundos para a adição de todos os ingredientes, incluindo a água necessária para centralizar a curva na linha de 500 U.F. de consistência. O teste foi repetido até que a adição de todos os ingredientes tenha sido possível no tempo de trinta segundos.

c) Divisão e moldagem da massa

Imediatamente após a parada do misturador, dois pedaços de massa ($150 \pm 0,1$ g.) foram cortados e arredondados através de 20 revoluções no boleador do extensígrafo. As bolas de massa foram então cuidadosamente colocadas (com o lado que brado voltado para o operador) na unidade modeladora do aparelho. Os dois pedaços cilíndricos, foram colocados em duas formas de estanho com as dimensões de:- parte superior 14x6,8 cm.; base inferior 13x5,5 cm. e altura 4,2 cm. Essas formas foram ligeiramente engraxadas com gordura hidrogenada.

d) Fermentação da massa

As duas massas foram colocadas para fermentar nas câmaras do extensígrafo, sobre as formas de 21x11x1 cm., onde foi adicionado cerca de 25 ml. de água destilada para manter a

umidade da câmara. O tempo de fermentação foi de 120 minutos e a temperatura foi de 30°C.

e) Cozimento da massa

Após o tempo de fermentação, a massa foi cuidadosamente transferida para o forno Alno e assada a 220°C por 20 minutos. Foi colocado no forno uma forma comum de alumínio contendo água.

5 - Avaliação da qualidade do pão

O volume do pão foi determinado pelo deslocamento de sementes (painço), num aparelho medidor de volume, uma hora após a saída do pão do forno.

O volume específico foi calculado e multiplicado por 3,33, o que resulta no máximo de 20 pontos para um pão de volume específico de 6,0. Além do volume foram também considerados como características externas do pão (total máximo de 40 pontos), a cor da crosta (10 pontos), a pestana (5 pontos) e a simetria (5 pontos). As características internas da crosta (5 pontos), a cor do miolo (10 pontos), e a textura e granulosidade do miolo (10 pontos para cada). Para se obter o máximo de 100 pontos para a qualidade do pão, foram incluídos também aroma (10 pontos) e o gosto (15 pontos) (2).

6 - Produção de pão francês pelo processo

"Chorleywood "

Nesse procedimento de produção de pão, a massa foi desenvolvida mecanicamente em misturadeira de alta rotação tipo "Tweedy".

Foram feitos pães com farinha de trigo 78% de extração, com 0%, 5 e 7% de farinha de soja.

a) Formulação do pão

O pão foi preparado usando-se a seguinte fórmula

ção:-

| | | |
|---|----------------------------------|-----------|
| farinha de trigo 78% de extração | 10 kg. | (100%) |
| açúcar | 200 g. | (2,0%) |
| sal | 175 g. | (1,75%) |
| fermento | 450 g. | (4,5%) |
| gordura | 200 g. | (2,0%) |
| lactopan (emulsificante) | 50 g. | (0,5%) |
| nutriente de fermento | 25 g. | (0,25%) |
| pancel | 6 g. | (0,06%) |
| panzime | 1.0 g. | (100 ppm) |
| vitamina C | 0,8 g. | (80 ppm) |
| água | 5,5 l. | (55%) |
| (determinada pelo teste de panificação) | pão sem soja | |
| " | 5,7 l. | (57%) |
| | pão com 5% de farinha de soja | |
| " | 5,8 l. | (58%) |
| | pão com 7% de farinha de soja | |

b) Mistura da massa

Primeiramente a farinha foi colocada no misturador "Tweedy", onde foi adicionado 1,5 l. de água medida em cilindro graduado. A temperatura usada em todo o processo foi de

5-69C, obtida na unidade de refrigeração de água colocada lateralmente à misturadeira. A seguir foi adicionado à farinha, a solução contendo o sal e o açúcar dissolvidos em 1,0 litro de água. Foi então ligada a misturadeira, regulando seu comando automático de tempo de mistura para 12 segundos. A seguir foi adicionado a suspensão do fermento em 1,0 litro de água, a qual foi misturada por outros 12 segundos. Finalmente foram adicionados os demais ingredientes, exceto a gordura, suspensos em 1/2 litro de água e misturados por mais 12 segundos. Finalmente a gordura foi incorporada à massa no tempo de 24 segundos, totalizando assim 60 segundos de mistura. Nesse estágio a massa normalmente apresenta uma aparência rugosa, mostrando-se úmida e pegajosa ao tacto. O tempo ótimo de mistura foi determinado tomando-se um pedaço da massa e fazendo-se uma bola, a qual deve ser estendida cuidadosamente até que apresente uma estrutura fina semelhante a uma membrana semi-transparente. O término da mistura é indicado quando a membrana apresenta-se como um filme liso, elástico e com brilho sedoso.

c) Divisão e moldagem da massa

Imediatamente após a mistura, a massa foi transferida automaticamente da misturadeira à máquina divisora, regulada para cortar a massa em pedaços de aproximadamente 310 gramas. A massa cortada foi diretamente à unidade boleadora, onde cada pedaço foi transformado numa bola de massa.

d) Descanso intermediário

A câmara de descanso intermediário foi alimenta-

da pelas massas vindas da unidade divisora. A passagem da massa pela unidade de divisão, de boleamento até a entrada na câmara de descanso foi feita num tempo de 5-10 minutos. A massa permaneceu na câmara de descanso intermediário à temperatura de 30°C e umidade relativa de 82% num tempo de 20 minutos.

e) Moldagem

As massas na unidade modeladora foram transformadas em cilindros, que são colocados em carrinhos especiais de fermentação da massa. A operação durou de 5-10 minutos.

f) Fermentação final

Os carrinhos foram levados à câmara de fermentação, à 30°C e 82% de umidade relativa, pelo tempo de aproximadamente 75 minutos.

g) Forneamento da massa

As gavetas dos carrinhos foram descarregadas em uma mesa especial e com o auxílio de uma pá de madeira, as massas foram colocadas no carrinho de forneamento automático, onde a massa recebeu três cortes, normalmente usados na produção do pão francês. Antes da descarga automática dos pães do carrinho para o forno, foi aberta a entrada de vapor no forno por uns 20 segundos, sendo fechado imediatamente após a saída do carrinho e fechamento das portas do forno.

h) Cozimento da massa

O forno foi regulado para a temperatura de 220°C. O tempo de cozimento foi de 35 minutos para os pães sem soja e

de 30 minutos para os pães com 5 e 7% de farinha de soja. Tempo superior a 30 minutos para pães com soja resultam em coloração da crosta muito escura.

i) Avaliação da qualidade do pão

O volume e as características internas e externas do pão foram avaliadas de acordo com o item 5 da página 42.

A análise sensorial dos pães sem soja, com 5 e 7% de farinha de soja, produzidos pelo processo Chorleywood, foi feita no laboratório de análise sensorial da Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola e conduzido por uma equipe de 20 pessoas de ambos os sexos, com idades variando entre 18 e 50 anos. Foi feito o ensaio usando-se a escala Hedônica de 9 pontos para a avaliação da preferência, sendo também pedido a ordenação das amostras em ordem decrescente de preferência (4).

Na preparação das amostras para apresentação aos provadores, os pães foram primeiramente cortados em fatias de aproximadamente 1,5 cm., sendo desprezadas as pontas do pão. Cada fatia foi cortada em pedaços no sentido do seu eixo horizontal e vertical, obtendo-se desta forma, dois pedaços da parte superior do pão e dois pedaços da parte inferior do mesmo. Os pedaços de várias fatias foram misturados cuidadosamente em uma bandeja, para boa homogenização das amostras. Foram servidas duas amostras, uma da parte superior do pão e outra da inferior, aos provadores, em pratos pretos devidamente codificados e a fim de minimizar possíveis diferenças de cor, esses testes foram realizados sob luz vermelha. Cada provador realizou os testes em

cabines individuais, perfeitamente separadas, evitando-se desta forma, possibilidades de trocas de informações.

O delineamento estatístico usado foi o Quadrado Latino 3 x 3 (24) com 2 repetições.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quantidade de farinha de soja que se pode incorporar à massa do pão sem alterar sua qualidade, é governado principalmente pela qualidade das farinhas de trigo usadas e pela influência da farinha de soja nas propriedades mecânicas da massa e na qualidade do pão. Nesse estudo foi apresentado o efeito da adição de 5, 10, 15 e 20% de farinha de soja desengordurada nos valores da viscosidade da farinha de trigo de 72 e 78% de extração, nas propriedades de absorção, de mistura e de extensão da massa, e na qualidade dos pães produzidos pelas farinhas mistas.

A - COMPOSIÇÃO DAS FARINHAS

A composição química da farinha de trigo de 72 e 78% de extração e da farinha de soja desengordurada são apresentadas no quadro 1.

As porcentagens de proteínas, de cinzas e de fibras da farinha de trigo de 78% de extração foram superiores aqueles encontrados nas análises da farinha de menor extração, o que é perfeitamente entendido, já que maiores teores de proteínas, cinzas e de fibras são encontrados nas porções mais externas do grão de trigo.

A farinha de soja desengordurada apresentou o nível de gordura inferior à 1%, e seu teor proteico foi superior à 50%.

QUADRO 1

Composição Química das Farinha de Trigo 72 e 78% de Extração e da Farinha de Soja Desengordurada

| | Farinha de Trigo 72% de Extração | Farinha de Trigo 78% de Extração | Farinha de Soja Desengordurada |
|---------------------------------|--|--|-----------------------------------|
| | % | % | % |
| Umidade | 13.74 | 12.94 | 9.24 |
| Gordura | 1.57 | 1.60 | 0.54 |
| Proteína | 9.65 | 11.51 | 50.44 |
| Carboidratos (por diferença) | 73.89 | 72.50 | 27.17 |
| Cinza | 0.55 | 0.64 | 6.27 |
| Fibra Bruta | 0.61 | 0.81 | 8.34 |

B - INFLUÊNCIA DA FARINHA DE SOJA NA VISCOSIDADE DA FARINHA DE TRIGO

As medidas de viscosidade das misturas de farinha de trigo, farinha de soja e água são utilizadas com um critério de qualidade de farinhas. Existem vários métodos para determinar a viscosidade das pastas das farinhas. Para uma análise mais extensiva das mudanças de viscosidade que ocorrem durante a formação da pasta, é usado um viscoamilógrafo, que é um tipo de viscosímetro que simula as condições que ocorrem no pão durante seu cozimento.

1 - Efeito da adição de farinha de soja nas características dos amilogramas da farinha de trigo de 72% de extração

Os valores obtidos nos amilogramas das farinhas de trigo 72% de extração e das misturas com 5, 10, 15 e 20% de farinha de soja, são mostradas no quadro 2.

A temperatura inicial de gelatinização, que mede a energia necessária para dissociar as ligações mais fracas das áreas amorfas intermicelares dos grânulos de amido, não foi alterada pela adição de 5% de farinha de soja. No entanto, foi observado que ao nível de 10% de soja na mistura, a temperatura inicial de gelatinização aumentou ligeiramente, permanecendo no mesmo valor nos níveis de 15 e 20% de farinha de soja. Esse aumento é atribuído a diluição do amido pela presença da farinha de soja, estando de acôrdo com os resultados de Leach (50), os quais relatam que a temperatura inicial de gelatiniza -

QUADRO 2

Efeito da Adição de Farinha de Soja nas Características do Amilograma da Farinha de Trigo 72% de Extração

| Características | Farinha de Soja (%) | | | | |
|---|---------------------|------|------|------|------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 |
| Temperatura Inicial de Gelatinização (°C) | 59.5 | 59.5 | 61.0 | 61.0 | 61.0 |
| Temperatura de Viscosidade Máxima (°C) | 91.0 | 91.0 | 91.0 | 90.3 | 90.3 |
| Faixa de Gelatinização (°C) | 31.5 | 31.5 | 30.0 | 29.3 | 29.3 |
| Viscosidade Máxima (U.A.) | 1000 | 920 | 760 | 640 | 550 |
| Viscosidade Mínima à Temperatura Constante de 95°C (U.A.) | 640 | 440 | 330 | 300 | 270 |
| Viscosidade Máxima no Ciclo de Resfriamento à 50°C (U.A.) | 1000 | 830 | 500 | 480 | 450 |

ção é inversamente proporcional à concentração de amido.

A temperatura de viscosidade máxima permaneceu - constante até o nível de 10% de farinha de soja, mostrando um pequeno declive aos níveis de 15 e 20%. Os grânulos de amido não entumescem numa mesma temperatura, mas normalmente num intervalo, chamado de faixa de gelatinização. Pelos resultados obtidos, o intervalo de gelatinização apresentou uma pequena diminuição com o uso de níveis crescentes de farinha de soja.

A viscosidade máxima é atingida quando o aumento da viscosidade devido ao agregado de amido entumescido é contrabalançado pelo decréscimo na viscosidade resultante da desintegração e solubilização do amido. Como apresentado na figura 2, os valores da viscosidade máxima das pastas de farinha de trigo 72% de extração com adição de farinha de soja diminuíram à medida que a substituição foi aumentada de 5 à 20%.

Os valores da viscosidade mínima a temperatura constante de 95°C foram marcadamente inferiores aos valores da viscosidade máxima, em todos os níveis estudados. Essa diminuição é explicada pelo enfraquecimento e ruptura das ligações de hidrogenio e maior penetração das moléculas de água com conseqüente maior entumescimento dos grânulos de amido, com o aumento contínuo da temperatura acima do intervalo de gelatinização. Devido a isso as forças de ligação nos grânulos tornam-se mais fracas, o que aumenta a fragilidade dos grânulos, ocasionando as quebras térmica e mecânica das ligações, durante o ciclo final de cozimento, o que causa queda na viscosidade.

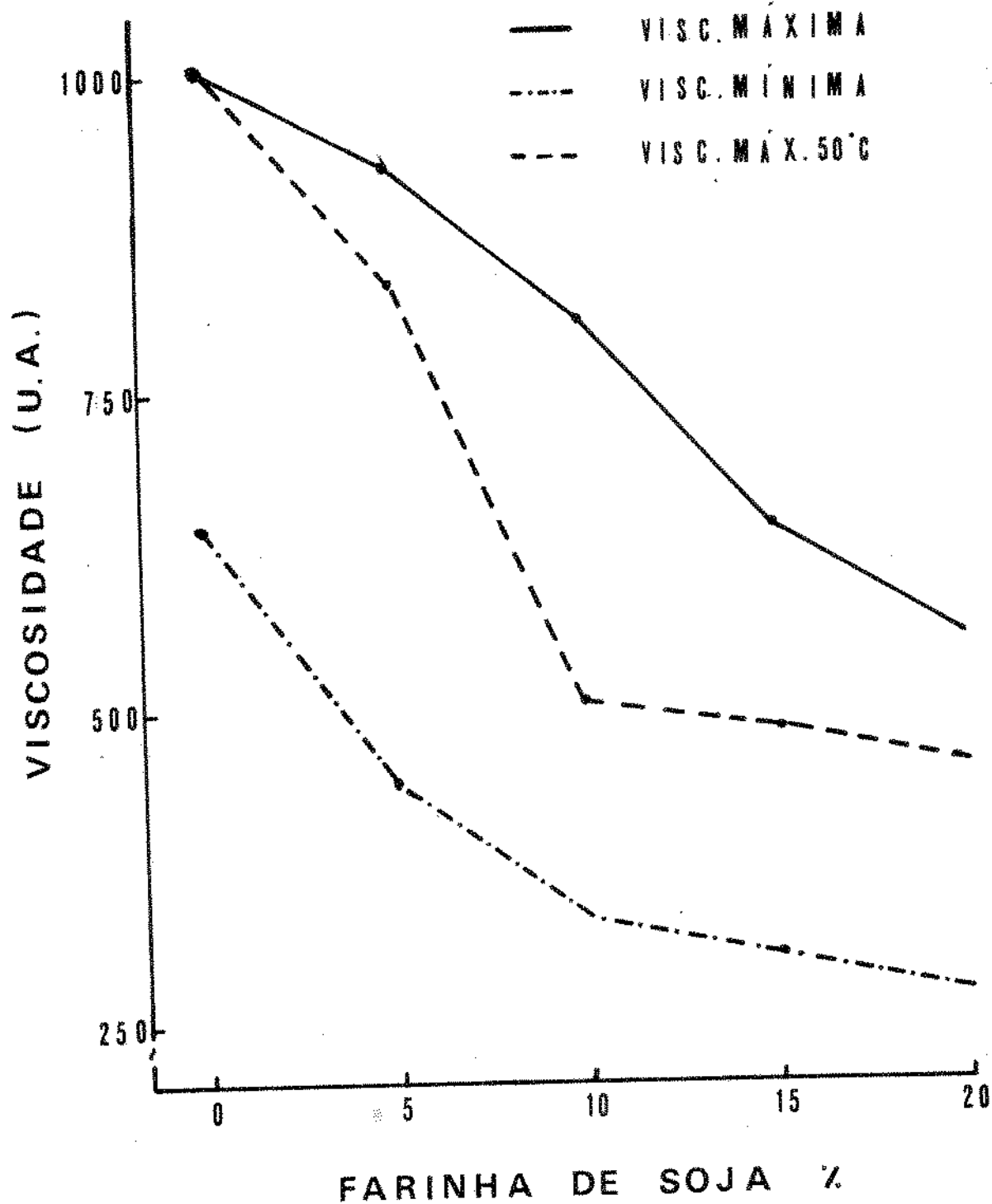


FIGURA 2 - Efeito da Farinha de Soja na Viscosidade da Farinha de Trigo 72% de Extração.

Foram observados valores progressivamente menores na viscosidade máxima no ciclo de resfriamento (de 95 à 50°C), a medida que maiores valores da farinha de soja foram adicionados a mistura. Os valores de viscosidade máxima no ciclo de resfriamento, foram superiores aos da viscosidade mínima à 95°C, porque no ciclo de resfriamento ocorreu o fenômeno da retrogradação do amido. A retrogradação do amido parece estar limitada essencialmente a amilose, ocorrendo em três etapas distintas. Na primeira etapa ocorre o alinhamento das moléculas de amilose, que se apresentavam enroladas; em seguida ocorre a perda parcial da água de hidratação e na etapa final há a formação de ligações de hidrogenio entre os grupos hidroxílos adjacentes das moléculas de amilose (78).

2 - Efeito da adição de farinha de soja nas características dos amilogramas da farinha de trigo de 78% de extração

Os valores obtidos nos amilogramas da farinha de trigo 78% de extração, em misturas com 5, 10, 15 e 20% de farinha de soja, são mostrados no quadro 3.

A temperatura inicial de gelatinização da farinha de trigo foi igual à 59,5°C. A adição de 5 e 10% de farinha de soja à farinha de trigo, causou o seu aumento para 61,0 e 62,5°C respectivamente, mantendo esse último valor constante aos níveis de 15 e 20%.

A temperatura de viscosidade máxima ao nível de 5%, manteve-se constante em relação à farinha de trigo pura, diminuindo progressivamente com o aumento da farinha de soja na

QUADRO 3

Efeito da Adição de Farinha de Soja nas Características do Amilograma da Frinha de Trigo
78% de Extração

| Características | Farinha de Soja (%) | | | | |
|---|---------------------|------|------|------|------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 |
| Temperatura Inicial de Gelatinização (°C) | 59.5 | 61.0 | 62.5 | 62.5 | 62.5 |
| Temperatura de Viscosidade Máxima (°C) | 83.5 | 83.5 | 79.0 | 77.5 | 74.5 |
| Faixa de Gelatinização (°C) | 24.0 | 22.5 | 16.5 | 15.0 | 12.0 |
| Viscosidade Máxima (U.A.) | 360 | 290 | 200 | 170 | 120 |
| Viscosidade Mínima à Temperatura Constante de 95°C (U.A.) | 65 | 50 | 40 | 40 | 20 |
| Viscosidade Máxima no Ciclo de Resfriamento à 50°C (U.A.) | 210 | 100 | 80 | 75 | 60 |

mistura. Desse modo a faixa de gelatinização foi diminuída, sendo que ao nível de 20%, seu valor foi reduzido em 50% em relação ao inicial sem soja (figura 3).

A viscosidade máxima, viscosidade mínima a temperatura constante e a viscosidade máxima no ciclo de resfriamento diminuíram à medida que se aumentou o teor de farinha de soja na mistura (figura 4). Esse fato foi devido ao fator de diluição do amido, do mesmo modo como foi descrito para a farinha de trigo 72% de extração.

De acordo com Pratt (79), o padrão de viscosidade usado para controle de qualidade da farinha no método convencional de produção de pão é de 475-625 unidades amilográficas, para o pão tipo forma, e de 400-600 unidades amilográficas para o pão tipo francês. A quantidade ótima de alfa amilase presente na farinha de trigo, deve resultar num amilograma dentro do padrão. Valores inferiores aos padrões indicam a presença de alto conteúdo de alfa amilase, que pode ser prejudicial a qualidade do pão. Entretanto a diminuição da viscosidade observada no presente estudo pela adição da farinha de soja à farinha de trigo, não está relacionada com o aumento do conteúdo de alfa amilase, mas com a diluição do amido. Portanto nesses casos deveriam ser propostos outros padrões de viscosidade, os quais deveriam ser inferiores aos estabelecimentos por Pratt (79). Resultados similares foram obtidos quando a farinha de tremço doce foi adicionada à farinha de trigo (21).

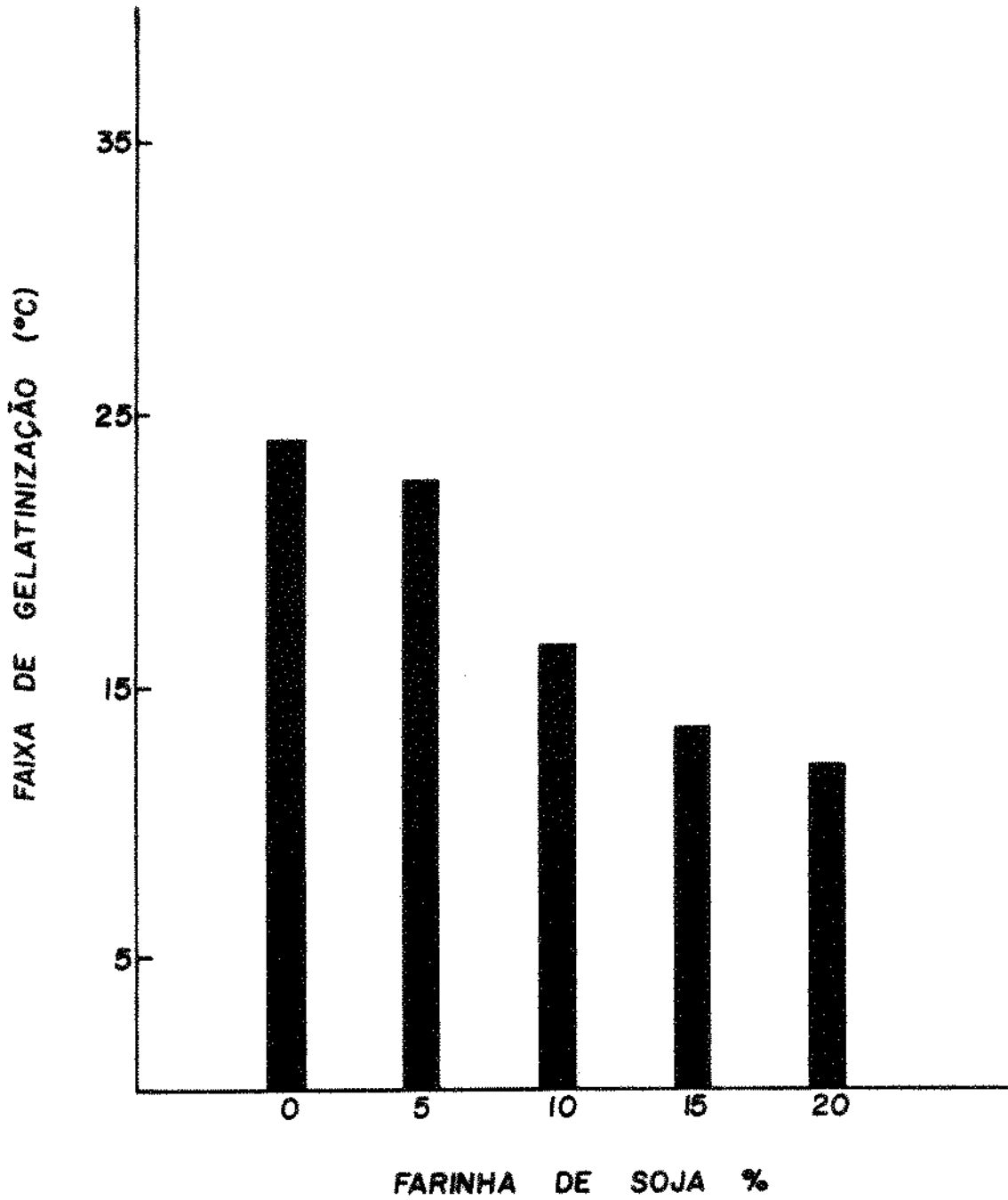


FIGURA 3 - Efeito da Farinha de Soja na Faixa de Gelatinização da Farinha de Trigo 78% de Extração.

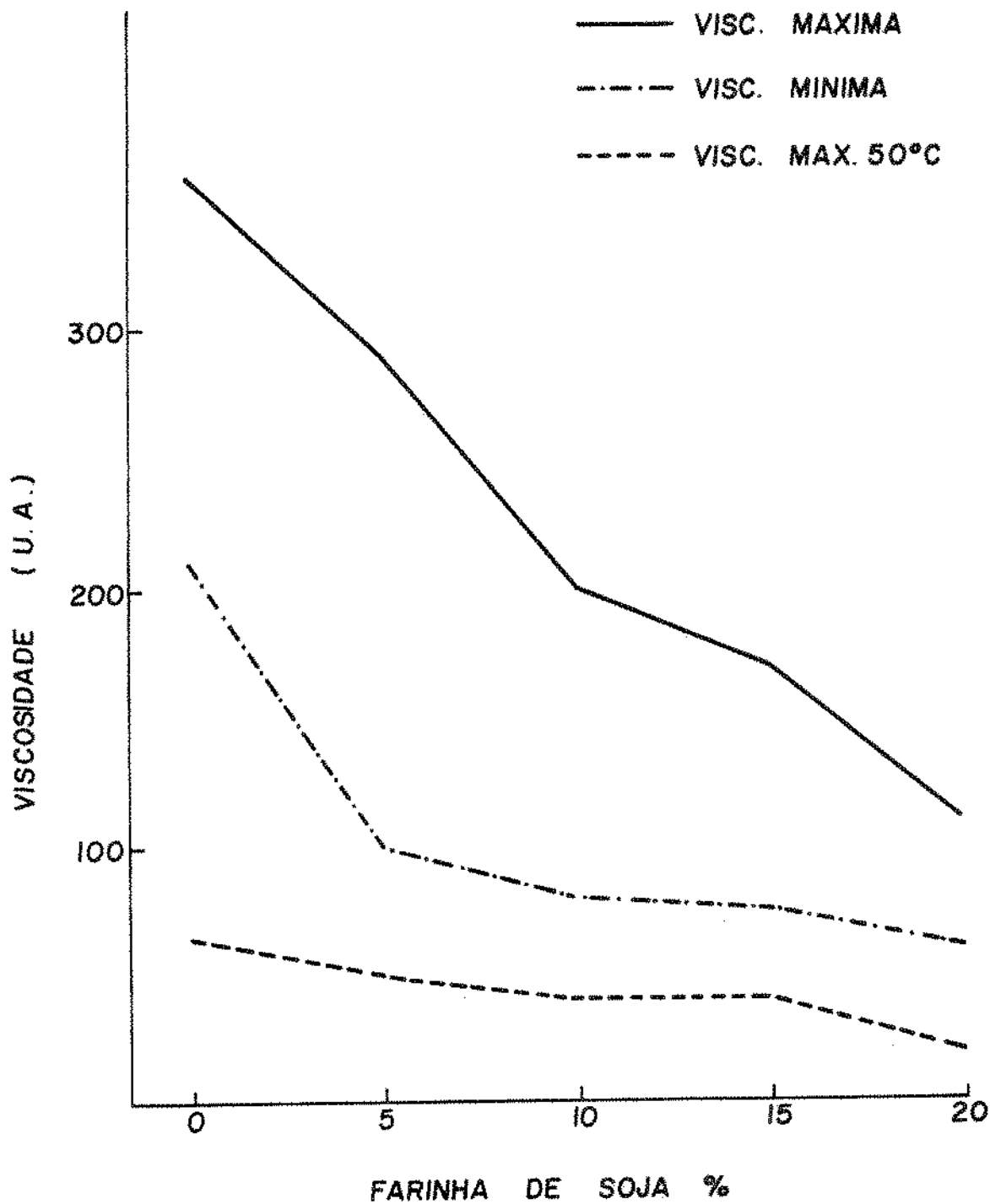


FIGURA 4 - Efeito da Farinha de Soja na Viscosidade da Farinha de Trigo 78% de Extração.

C - EFEITO DA ADIÇÃO DA FARINHA DE SOJA NA ABSORÇÃO DE ÁGUA

A absorção de água é considerada um fator de grande importância na produção da maioria dos produtos de panificação, e é influenciada por vários fatores. A porção do glúten da farinha tem a capacidade de embeber 280% do seu peso seco em água (90). Bushuk (20) estimou que o amido, que representa 68% da farinha absorverá 45,5% da água total da massa; as proteínas da farinha, que correspondem aproximadamente à cerca de 14% dos sólidos da farinha, tomarão 32,5% da água, enquanto que as pentosanas que normalmente constituem 1,5% da farinha, absorverão cerca de 23,4% da água da mesma. Apesar dos grânulos de amido intactos serem capazes de embeber apenas metade de seu peso em água, o amido quebrado absorverá cerca do dobro do seu peso (89). Além dos fatores mencionados, o tamanho das partículas da farinha de trigo pode influenciar na absorção de água (69).

A absorção de água das farinhas de trigo 72 e 78% de extração foram determinadas pelo processo convencional, chamado de Sistema Farinha Água (SFA) (2). Entretanto os ingredientes normalmente usados na produção do pão, tais como o fermento, sal, açúcar, gordura e vitamina C, usados no teste de panificação, tem efeito na absorção e nas propriedades de mistura da massa (28). Foi então estudado o efeito dos ingredientes, usados nas mesmas porcentagens do teste de panificação, na absorção de água, no chamado Sistema Farinha Água Ingredientes (SFAI).

1 - Farinha de trigo 72% de extração

Os resultados da absorção de água da massa com adição de farinha de soja no SFA e no SFAI são mostrados no quadro 4. Foi observado que a absorção de água aumentou com a adição de farinha de soja nos SFA e SFAI. Entretanto o aumento da absorção de água no SFA foi maior que no SFAI como mostrado na figura 5. A absorção específica (ml./g.), no SFA foi 0,57ml./g. de farinha de trigo pura e de 0,91, 0,89, 0,88 e 0,92 ml./g. de farinha de soja nas misturas aos níveis de 5, 10, 15 e 20% de farinha de soja, respectivamente. Isso indica que, a farinha de soja tem maior absorção específica que a farinha de trigo, o que explica o aumento da absorção de água com o uso de maiores níveis de farinha de soja na mistura. Entretanto, o cálculo da absorção específica no SFAI para a farinha de trigo pura foi de 0,53 ml./g. e para a farinha de soja foi de 0,97, 0,97 e 1,12 ml./g. nas misturas 5, 10 e 15% de farinha de soja respectivamente. Esses resultados indicam que a absorção específica da farinha de trigo foi diminuída pela presença dos ingredientes. Por outro lado, a absorção específica da farinha de soja aumentou na presença dos ingredientes.

2 - Farinha de trigo 78% de extração

Com o uso de farinha de trigo 78% de extração foi observada a mesma tendência em relação a absorção de água como apresentado no quadro 5 e figura 6. A absorção de água no SFAI foi menor que no SFA. A absorção específica de água calculada no SFA para a farinha de trigo pura foi de 0,59 ml./g. e de 0,79, 0,82, 0,94 e 1,03 ml./g. de farinha de soja nas misturas-

QUADRO 4

Efeito da Adição de Farinha de Soja na Absorção de Água da Farinha de Trigo 72% de Extração no Sistema Farinha-Água e no Sistema Farinha-Água-Ingredientes

| | | Farinha de Soja (%) | | | | |
|-----------------------------------|------|---------------------|------|------|------|------|
| | | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 |
| Sistema Farinha-Água | SFA | 56.8 | 58.5 | 60.0 | 61.5 | 63.9 |
| Sistema Farinha-Água-Ingredientes | SFAI | 52.6 | 54.8 | 57.1 | 61.5 | - |

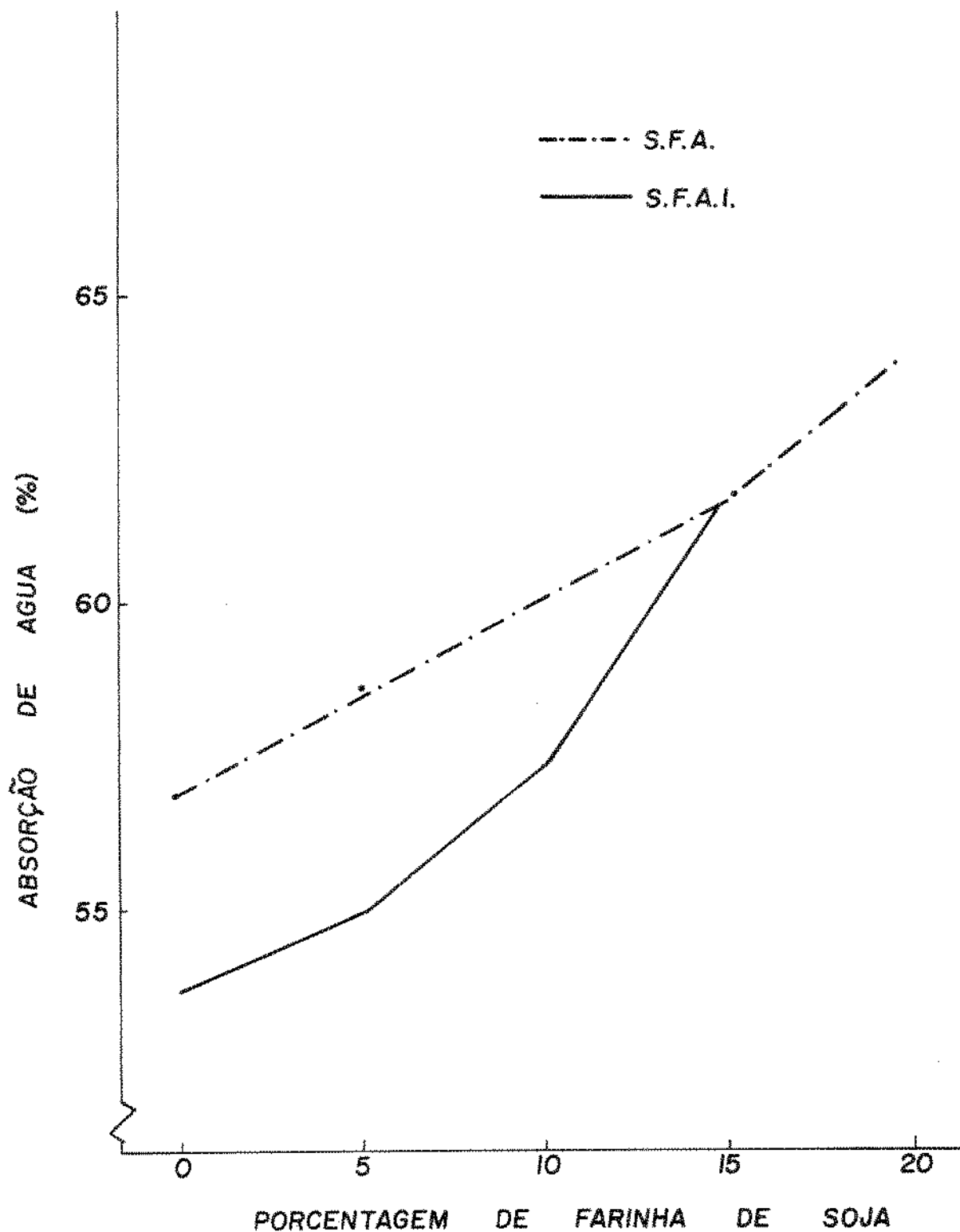


FIGURA 5 - Efeito da Farinha de Soja na Absorção de Água da Farinha de Trigo 72% de Extração no Sistema Farinha-Água e Sistema Farinha-Água-Ingredientes.

QUADRO 5

Efeito da Adição de Farinha de Soja na Absorção de Água da Farinha de Trigo 78% de Extração no Sistema Farinha-Água e no Sistema Farinha-Água-Ingredientes

| | | Farinha de Soja (%) | | | | |
|-----------------------------------|------|---------------------|------|------|------|------|
| | | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 |
| Sistema Farinha-Água | SFA | 59.0 | 60.0 | 61.3 | 64.2 | 67.8 |
| Sistema Farinha-Água-Ingredientes | SFAI | 55.0 | 57.8 | 59.5 | 62.2 | - |

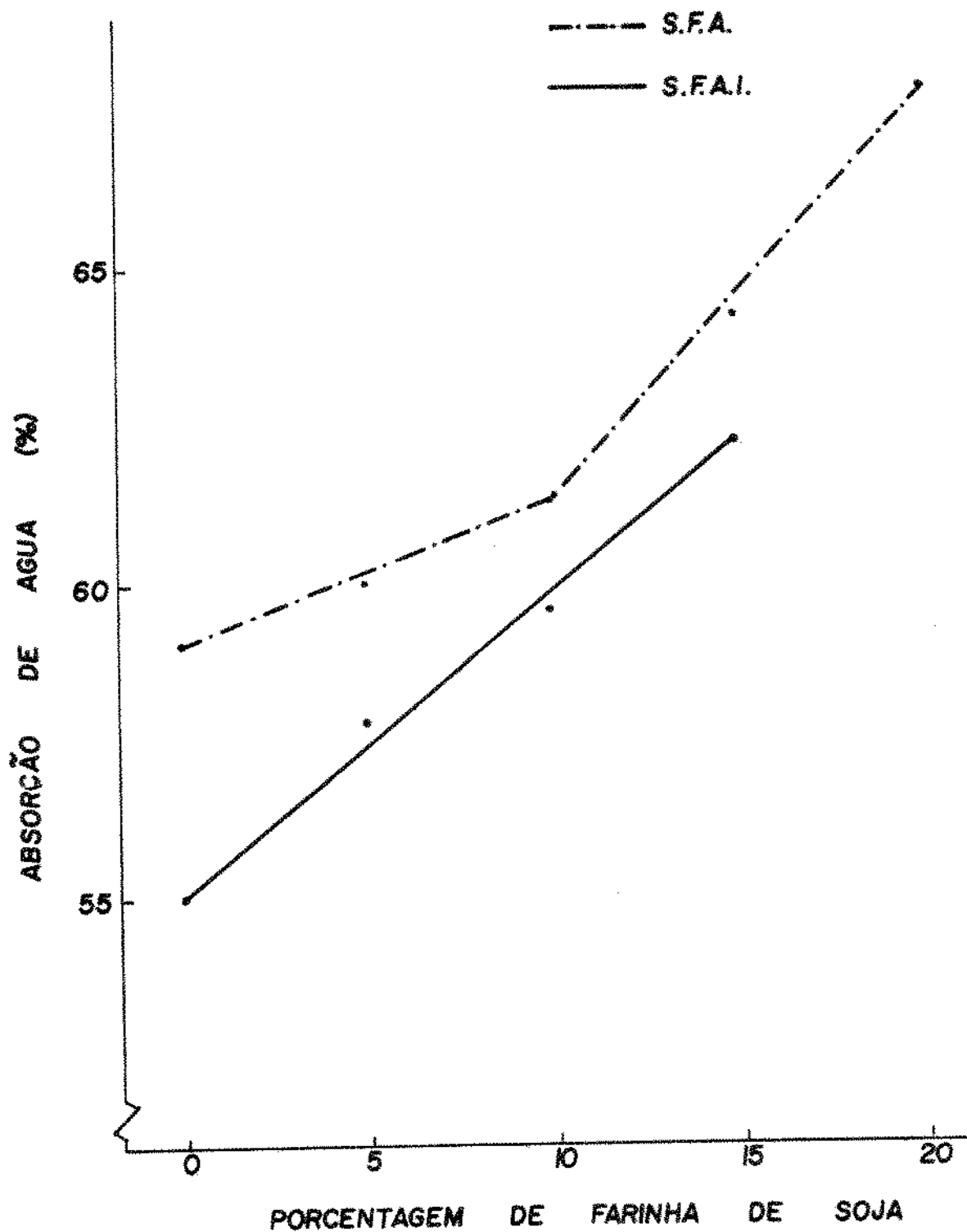


FIGURA 6 - Efeito da Farinha de Soja na Absorção de Água da Farinha de Trigo 78% de Extração no Sistema Farinha-Água e Sistema Farinha-Água-Ingredientes.

de 5, 10, 15 e 20% de farinha de soja. Para o SFAI a absorção específica de água da farinha de trigo pura foi de 0,55 ml./g. e de 1,11, 1,00 e 1,21 ml./g. de farinha de soja nas misturas com 5, 10, 15% de farinha de soja, respectivamente.

Concluiu-se então que a presença dos ingredientes aumentou a absorção específica para a farinha de soja.

D - EFEITO DA FARINHA DE SOJA NAS PROPRIEDADES DE MISTURA DA MASSA

As propriedades de mistura da massa podem ser determinadas com o uso do farinógrafo. As principais são:- tempo de chegada, tempo de desenvolvimento, estabilidade, tempo de quebra, índice de tolerância e leitura do valorímetro.

1 - Farinha de trigo de 72% de extração

O efeito da adição da farinha de soja nas propriedades de mistura foram estudadas no Sistema Farinha Água (SFA) e no Sistema Farinha Água Ingredientes (SFAI).

a) Sistema Farinha Água

Os resultados obtidos nas propriedades de mistura no SFA são mostrados no quadro 6. Foi observado que a medida que se aumentou a quantidade de farinha de soja na mistura até o nível de 10%, o tempo de chegada, que é o tempo em minutos gasto para que a linha superior da curva atinja a linha de 500 U.F., apresentou um pequeno aumento, permanecendo constante a partir desse nível. O tempo em minutos que a linha superior do gráfico permanece na linha das 500 U.F., que é chamado

QUADRO 6

Efeito da Adição de Farinha de Soja nas Características dos Farinogramas da Farinha de Trigo 72% de Extração no Sistema Farinha-Água

| | Farinha de Soja (%) | | | | |
|---|---------------------|------|------|------|------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 |
| Tempo de Chegada (min) | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| Tempo de Desenvolvimento da Massa (min) | 1.0 | 3.5 | 5.0 | 6.0 | 7.0 |
| Estabilidade (min) | 16.0 | 14.0 | 12.0 | 8.0 | 7.5 |
| Tempo de Saída (min) | 16.5 | 15.0 | 13.5 | 9.5 | 9.0 |
| Tempo de Quebra (min) | 14.5 | 14.0 | 13.5 | 11.0 | 10.0 |
| Índice de Tolerância U.F. | 60 | 35 | 30 | 35 | 45 |
| Leitura do Valorímetro U.F. | 54 | 52 | 58 | 66 | 70 |

de estabilidade da massa a mistura, mostrou uma queda com o aumento do nível de soja, como mostrado na figura 7. O aumento do tempo de chegada e de tempo de desenvolvimento podem ser atribuídos ao aumento na quantidade de proteínas na massa. O aumento do tempo de desenvolvimento da massa, indicou que a farinha de soja aumentou a energia de mistura necessária para desenvolver a estrutura da rede do gluten. Entretanto a adição de farinha de soja em maiores proporções, causou a redução da estabilidade da rede do gluten, visto que a estabilidade da massa a mistura foi reduzida. Muitos trabalhos tem mostrado a diminuição do tempo de desenvolvimento com o uso de farinha de soja desengordurada na massa (29,70). Estudos farinográficos realizados por Bohn e Favor (15) sobre as propriedades da massa durante a mistura mostraram que a farinha de soja desengordurada diminui o tempo de desenvolvimento e o intervalo de estabilidade da massa. A redução do tempo de desenvolvimento obtida por esses autores, foi possivelmente devido ao uso de uma farinha de trigo duro. Entretanto em nosso estudo foi utilizada farinha de trigo mole, que tem qualidade diferente da do trigo duro.

Foi observado ainda que o tempo de saída, que é o tempo em minutos obtido no início do teste até a saída da linha superior da curva da linha das 500 U.F., diminuiu com o aumento da porcentagem de farinha de soja na mistura. Essa redução foi devido a diminuição da estabilidade da massa com o aumento do teor de soja. O tempo de quebra apresentou uma redução gradual com o aumento da porcentagem da farinha de soja ,

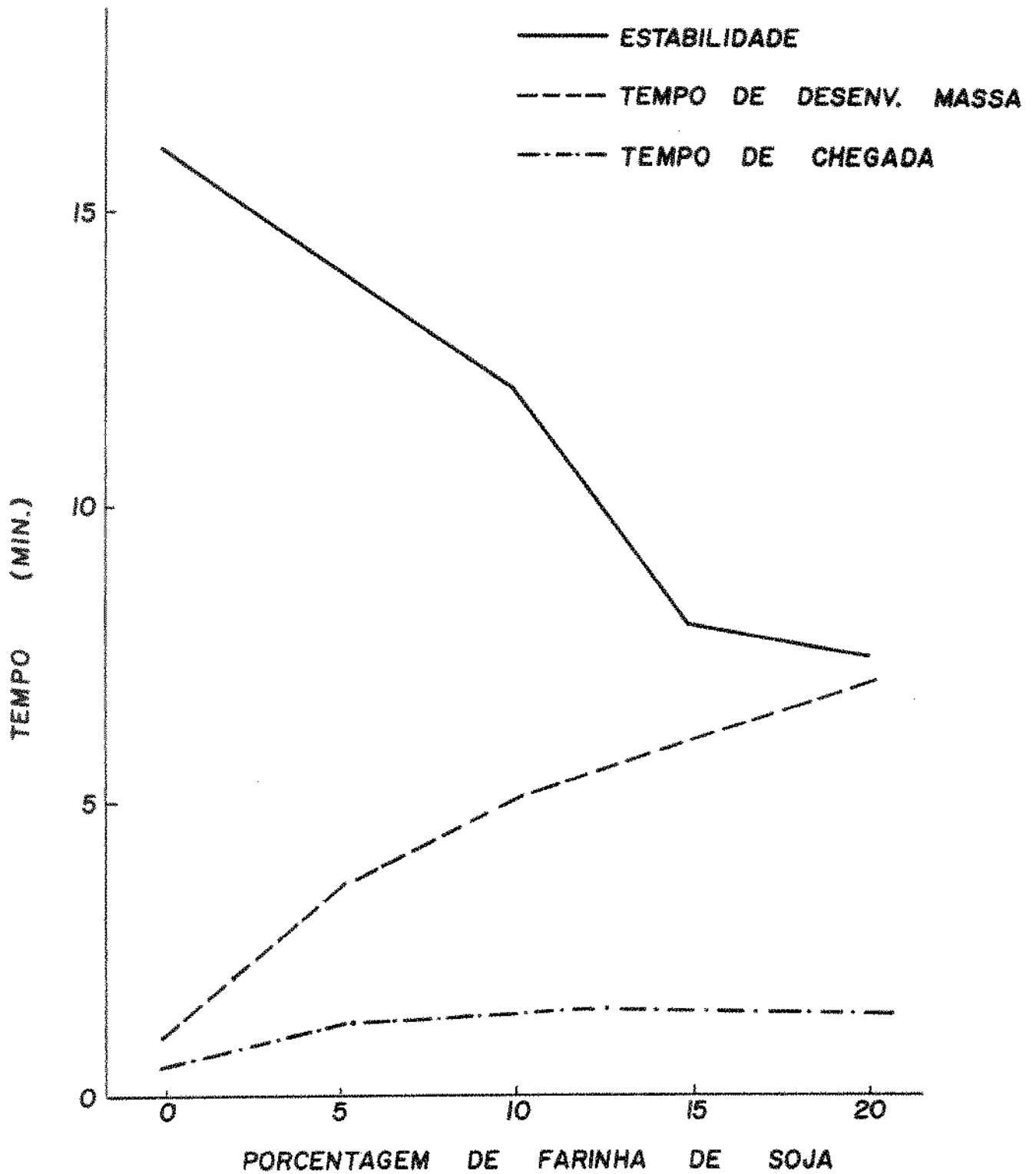


FIGURA 7 - Efeito da Adição de Farinha de Soja na Farinha de Trigo 78% de Extração, na Estabilidade, no Tempo de Desenvolvimento e no Tempo de Chegada no Sistema Farinha-Água.

devido ao efeito enfraquecedor na rede do gluten. A diferença em U.F. entre a linha superior do gráfico ao alcançar o ponto de desenvolvimento máximo, e da linha superior após cinco minutos, corresponde ao índice de tolerância da massa à mistura. O índice de tolerância da massa diminuiu bruscamente até o nível de 10%, porém aumentando ligeiramente ao nível de 15 e 20%. A leitura do valorímetro aumentou com a adição da farinha de soja, o que normalmente indicaria melhora nas características de mistura da massa (95). Este resultado entretanto, contraria aqueles obtidos em relação a estabilidade e ao tempo de quebra. Assim, a leitura do valorímetro não deve ser usada para avaliar as características de mistura de farinhas de trigo com soja. Resultados similares foram obtidos com a adição da farinha de tremoço doce à farinha de trigo (21).

b) Sistema Farinha Água Ingredientes

Os resultados das propriedades de mistura com adição de farinha de soja no SFAI são mostradas no quadro 7. O tempo de chegada sofreu grande aumento na massa até 15% de farinha de soja (figura 8). Esse aumento parece estar ligado a quantidade crescente de proteína presente na massa. O tempo ótimo de mistura é definido como o tempo em minutos necessário para mistura da massa, obtida pela adição de todos os ingredientes, de acordo com o teste de panificação, até a queda de 10 U.F., após alcançar o desenvolvimento máximo (28). Foi observado que o tempo ótimo de mistura aumentou até o nível de 10% de farinha de soja, diminuindo ao nível de 15% (figura 8). A

QUADRO 7

Efeito da Farinha de Soja nas Características dos Farinogramas da Farinha de Trigo
72% de Extração no Sistema Farinha-Água-Ingredientes

| | Farinha de Soja (%) | | | |
|--|---------------------|------|------|------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 |
| Tempo de Chegada (min.) | 2.0 | 6.0 | 10.0 | 11.0 |
| Tempo Ótimo de Mistura (min.) | 13.0 | 14.5 | 17.0 | 15.5 |
| Consistência Mínima após 2 Minutos de Mistura (U.F.) | 430 | 420 | 360 | 350 |

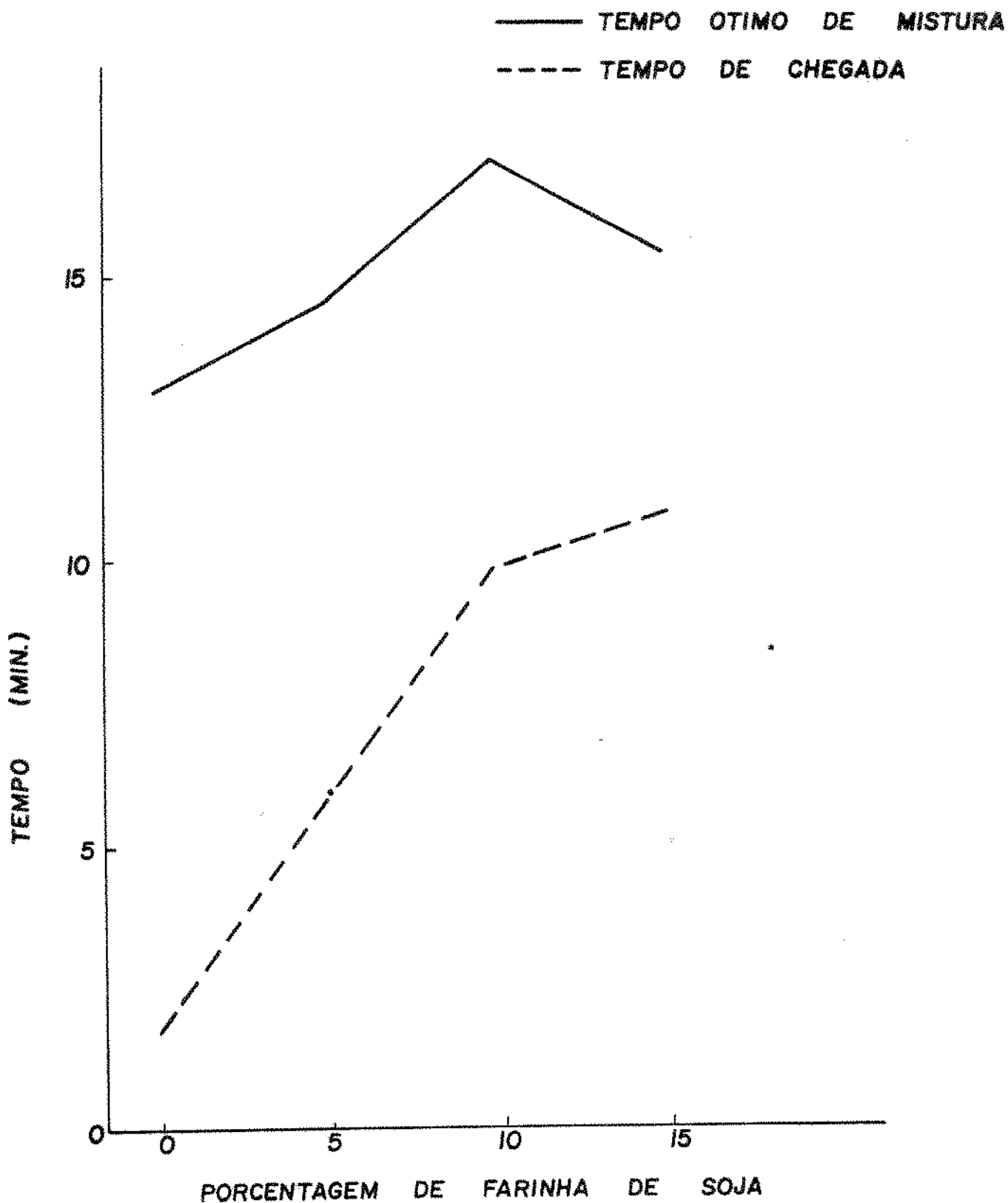


FIGURA 8 - Efeito da Adição de Farinha de Soja na Farinha de Trigo 72% de Extração, no Tempo Ótimo de Mistura e no Tempo de Chegada no Sistema Farinha-Água-Ingredientes.

consistência mínima após 2 minutos de mistura decresceu com o aumento da farinha de soja.

2 - Farinha de trigo 78% de extração

As características de mistura da farinha de trigo 78% de extração foram também determinadas nos dois sistemas: Sistema Farinha Água e Sistema Farinha Água Ingrediente.

a) Sistema Farinha Água (SFA)

O efeito da adição da farinha de soja nas propriedades de mistura da farinha 78% de extração no SFA são mostradas no quadro 8. Foi observado que o tempo de chegada e o tempo de desenvolvimento aumentaram com a adição de maiores porcentagens de farinha de soja (figura 9). Esse resultado foi devido ao maior teor de proteínas na massa com o aumento da farinha de soja na mesma. Entretanto o intervalo de estabilidade, o tempo de saída e de quebra foram progressivamente menores, - quanto maior a substituição da farinha de trigo pela farinha de soja. A diminuição desses valores tornou evidente o efeito enfraquecedor da farinha de soja na estrutura do gluten. O índice de tolerância à mistura mostrou-se gradativamente maior com o aumento da farinha de soja, mostrando uma progressiva deterioração na qualidade de mistura das massas com a presença de maiores teores de farinha de soja. A leitura do valorímetro aumentou com o aumento da farinha de soja, sendo que esse aumento não significou melhora da qualidade de mistura da massa mas foi devido ao aumento no tempo de desenvolvimento. Estes resultados foram semelhantes aos obtidos com a farinha de tri-

QUADRO 8

Efeito da Adição da Farinha de Soja nas Características dos Farinogramas da Farinha de Trigo
78% de Extração no Sistema Farinha-Água

| | Farinha de Soja (%) | | | | | |
|---|---------------------|------|------|------|------|--|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | |
| Tempo de Chegada (min) | 1.0 | 1.5 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | |
| Tempo de Desenvolvimento da Massa (min) | 5.0 | 5.5 | 6.0 | 6.0 | 7.0 | |
| Estabilidade (min) | 12.5 | 10.0 | 9.5 | 9.0 | 8.0 | |
| Tempo de Saída (min) | 14.0 | 11.5 | 11.5 | 11.0 | 10.5 | |
| Tempo de Quebra (min) | 13.5 | 11.5 | 11.5 | 11.0 | 11.0 | |
| Índice de Tolerância (U.F.) | 20 | 30 | 45 | 50 | 55 | |
| Leitura do Valorímetro (U.F.) | 60 | 61 | 63 | 63 | 68 | |

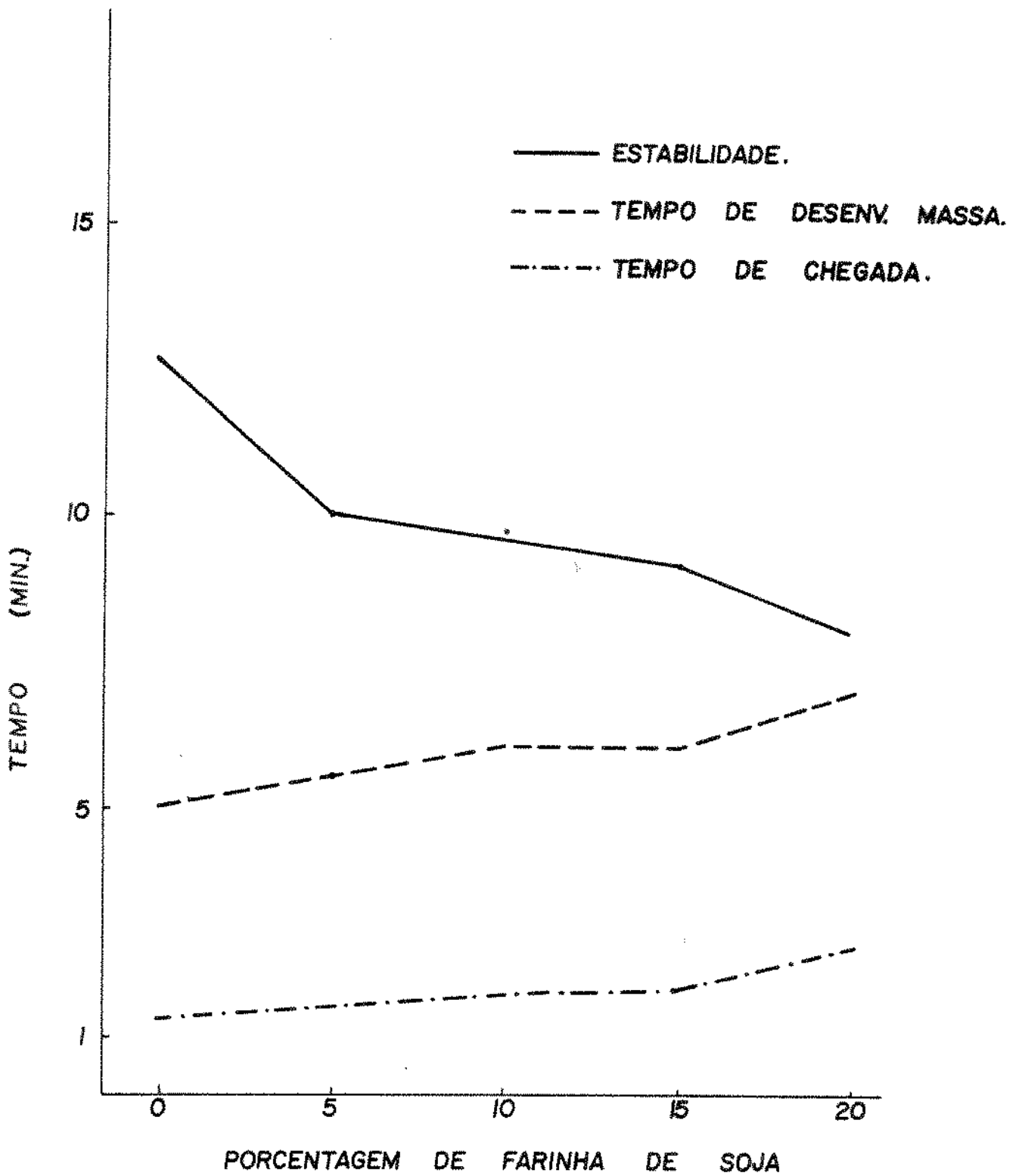


FIGURA 9 - Efeito da Adição de Farinha de Soja na Estabilidade, Tempo de Desenvolvimento e de Chegada da Farinha de Trigo 78% de Extração no Sistema Farinha-Água.

go 72% de extração.

b) Sistema Farinha Água Ingrediente (SFAI)

O efeito da adição de farinha de soja à farinha-de trigo 78% de extração nas propriedades de mistura no SFAI são mostradas no quadro 9. Foi observado que a adição de maiores porcentagens de farinha de soja causou um progressivo aumento, tanto no tempo de chegada como no tempo de mistura necessário para o desenvolvimento ótimo do gluten (figura 10). Uma tendência oposta foi notada em relação a consistência mínima após dois minutos de mistura, a qual decresceu com o aumento da farinha de soja.

E - EFEITO DA FARINHA DE SOJA NAS PROPRIEDADES DE EXTENSÃO DA MASSA

As características de extensão da massa são comumente determinadas pelo extensígrafo. O aparelho registra a força de resistência à extensão da massa até sua ruptura em relação a elongação da mesma, que é chamada extensibilidade da massa. É conhecido que, quando se mistura água à farinha de trigo, há a formação de gluten devido a hidratação das proteínas insolúveis em água, presentes na farinha. A qualidade tecnológica do gluten é caracterizado pela extensibilidade e pela sua resistência à extensão. Essas propriedades do gluten dependem grandemente do número e das forças das ligações cruzadas entre as moléculas de proteínas (97). As pontes de hidrogenio e as ligações dissulfídicas são as mais importantes para a formação da estrutura do gluten. A resistência à extensão indica

QUADRO 9

Efeito da Adição de Farinha de Soja nas Características dos Farinogramas da Farinha de Trigo 78% de Extração no Sistema Farinha-Água-Ingredientes

| | Farinha de Soja (%) | | | |
|--|---------------------|------|------|------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 |
| Tempo de Chegada (min.) | 3.5 | 6.5 | 7.0 | 9.0 |
| Tempo Ótimo de Mistura (min.) | 10.0 | 11.5 | 12.0 | 13.0 |
| Consistência Mínima após 2 Minutos de Mistura (U.F.) | 420 | 380 | 370 | 315 |

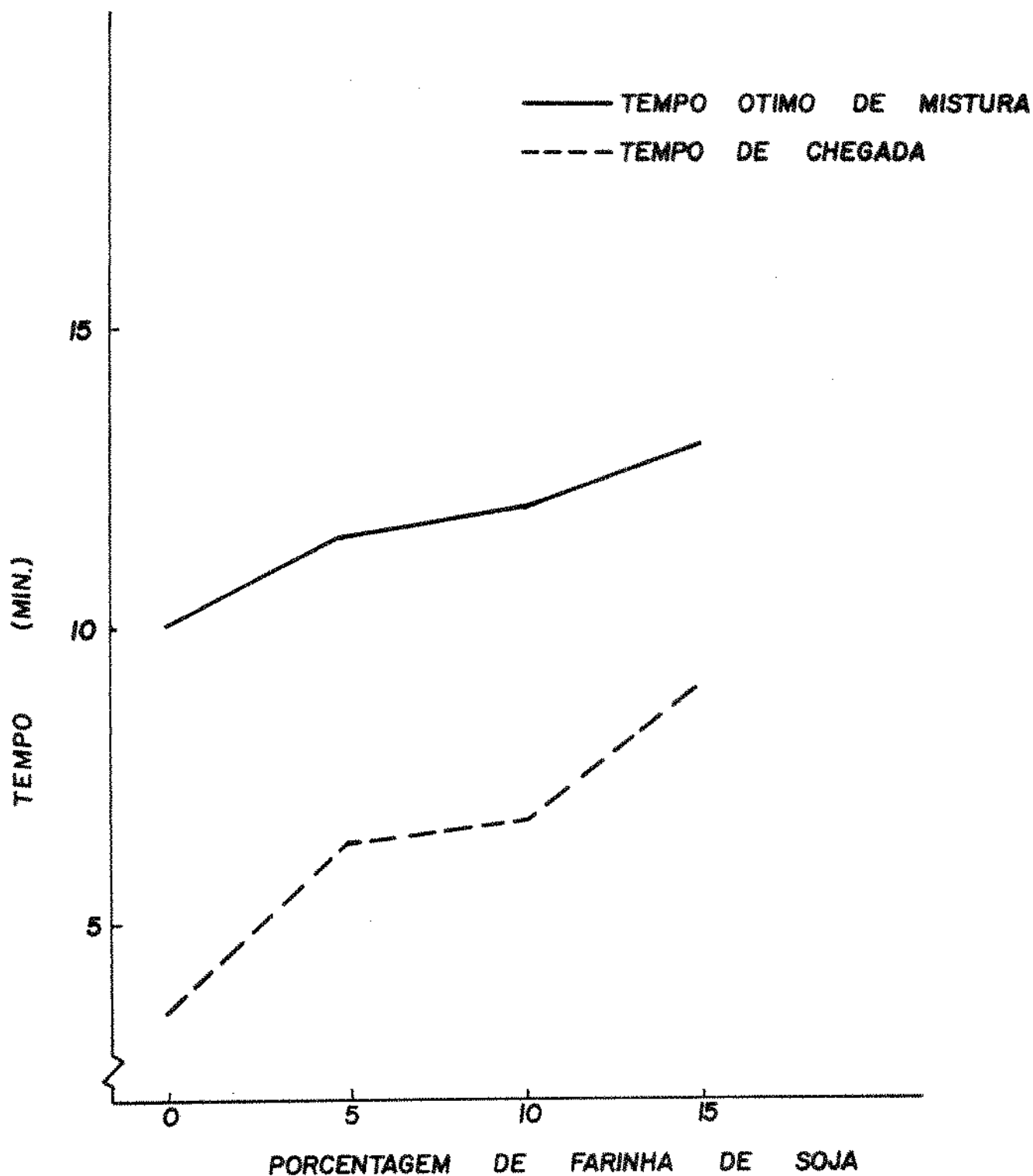


FIGURA 10 - Efeito da Adição de Farinha de Soja no Tempo Ótimo de Mistura e de Chegada na Farinha de Trigo 78% de Extração no Sistema Farinha-Água-Ingredientes.

a habilidade que o gluten tem de reter os gases produzidos na fermentação, enquanto que a extensibilidade indica a capacidade da massa à extensão durante a fermentação. Farinhas com boa qualidade para produção de pão devem ter adequadas resistências à extensão para retenção dos gases e extensibilidade para permitir o aumento do volume da massa durante a fermentação. Isso justificou a grande importância dessas propriedades para produção de pão de boa qualidade sendo influenciadas pela presença de outros tipos de farinhas na massa.

O efeito da adição da farinha de soja na extensibilidade e na resistência à extensão da massa foram estudadas.

1 - Farinha de trigo 72% de extração

Foi estudado o efeito da adição da farinha de soja no Sistema Farinha Água (SFA) e no Sistema Farinha Água Ingredientes (SFAI).

a) Sistema Farinha Água

Os resultados das propriedades de extensão da massa são apresentados no quadro 10. O efeito da adição de farinha de soja na extensibilidade da massa é mostrada na figura 11. Foi observado que nos três tempos de descanso (45, 90 e 135 minutos) a presença da farinha de soja, em níveis crescentes, acarretou a queda dos valores da extensibilidade. Além disso esses valores diminuíram com o aumento do tempo de descanso.

A resistência à extensão da massa com 5, 10 e 15% de farinha de soja foram também influenciados pelo seu tem

QUADRO 10

Efeito da Adição de Farinha de Soja nas Características do Extensígrama da Farinha de Soja 72% de Extração no Sistema Farinha-Água

| | Farinha de Soja (%) | | | | | |
|---|---------------------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| | 45 | 90 | 135 | 45 | 90 | 135 |
| | 90 | 145 | 135 | 149 | 124 | 120 |
| (E) Extensibilidade (min) | 180 | 145 | 135 | 149 | 124 | 120 |
| | 45 | 90 | 135 | 45 | 90 | 135 |
| | 460 | 690 | 750 | 420 | 720 | 880 |
| (R) Resistência à Extensão (U.E.) | 460 | 690 | 750 | 420 | 720 | 880 |
| | 820 | 1000 | 1000 | 630 | 960 | 1000 |
| (RM) Resistência Máxima (U.E.) | 820 | 1000 | 1000 | 630 | 960 | 1000 |
| | 2.56 | 4.76 | 5.56 | 2.82 | 5.81 | 7.33 |
| (D) Número Proporcional (D = R/E) | 2.56 | 4.76 | 5.56 | 2.82 | 5.81 | 7.33 |
| | 162 | 167 | 178 | 128 | 141 | 140 |
| Área Total (cm ²) | 162 | 167 | 178 | 128 | 141 | 140 |
| | 85 | 79 | 85 | 121 | 126 | 121 |
| | 85 | 79 | 85 | 121 | 126 | 121 |
| | 3.67 | 6.18 | 3.67 | 6.18 | 7.18 | 5.94 |
| | 3.67 | 6.18 | 3.67 | 6.18 | 7.18 | 5.94 |
| | 7.50 | 7.50 | 7.50 | 7.50 | 7.50 | 7.50 |
| | 7.50 | 7.50 | 7.50 | 7.50 | 7.50 | 7.50 |

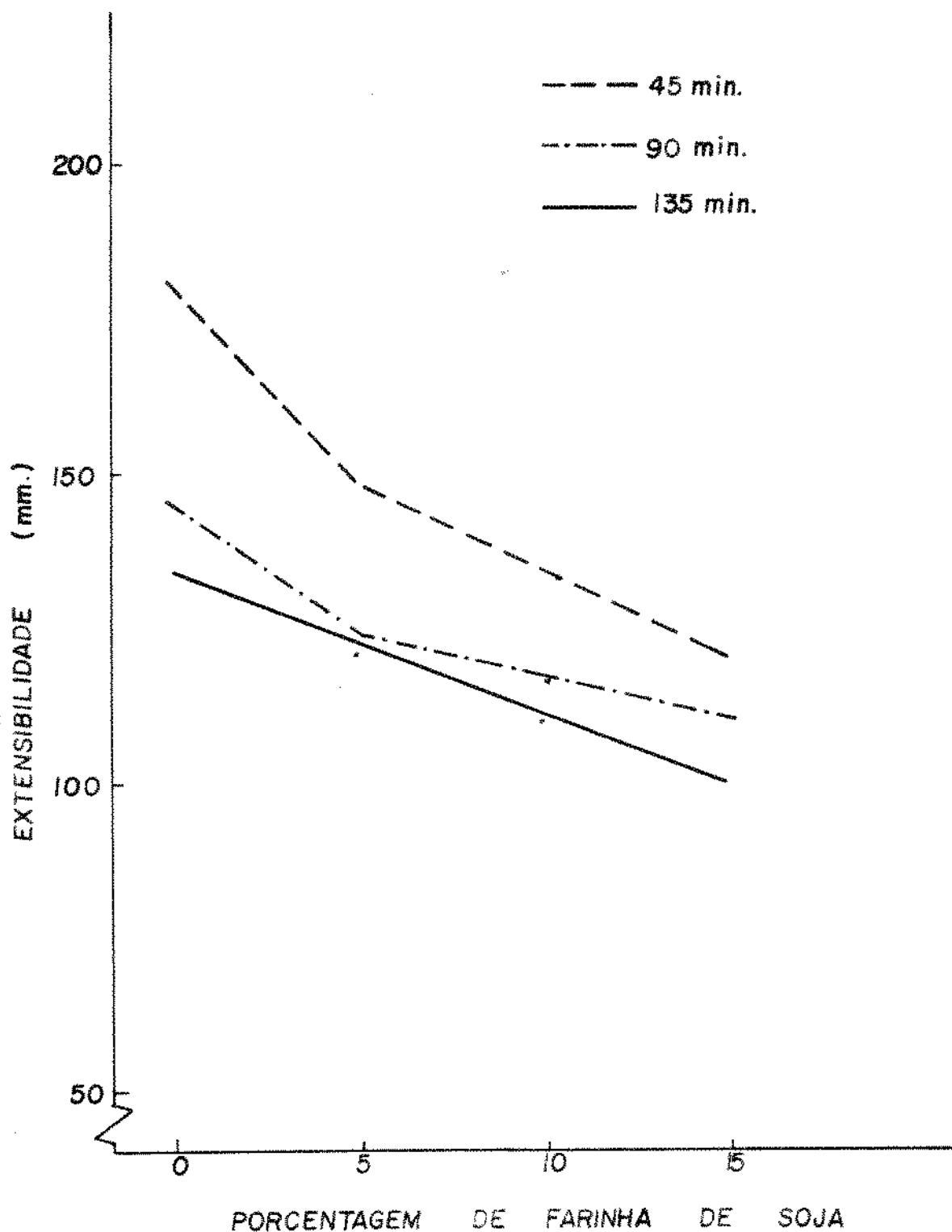


FIGURA 11 - Efeito da Adição de Farinha de Soja na Extensibilidade da Massa de Farinha de Trigo 72% de Extração no Sistema Farinha-Água.

po de descanso (figura 12). Foi observado um rápido aumento na resistência à extensão com o aumento do tempo de descanso. Os mais altos valores da resistência à extensão foram obtidos no tempo de descanso de 135 minutos, especialmente no nível de 5% de farinha de soja, diminuindo nos níveis de 10 e 15%. A adição de farinha de soja na massa teve pequena influência na resistência à extensão nos tempos de 45 e 90 minutos.

A resistência máxima teve uma queda brusca nos seus valores à 45 minutos de descanso, a medida que se aumentou o nível de farinha de soja na massa. Entretanto nos tempos de fermentação de 90 e 135 minutos, foi notada apenas uma ligeira diminuição dos valores da resistência máxima com o aumento da porcentagem de farinha de soja. Os maiores valores foram obtidos a 135 minutos.

O número proporcional aumentou com a adição de maiores níveis de farinha de soja na massa e com o aumento do tempo de descanso, atingindo o valor máximo no nível de 15% e, no tempo de 135 minutos.

Os aumentos na resistência à extensão, na resistência máxima e no número proporcional, com o tempo de descanso podem ser atribuídos a maior formação de ligações no gluten (14).

O efeito da adição da farinha de soja na área total do extensígrama é mostrado na figura 13. Uma diminuição rápida na área total foi observada em todos os tempos de descanso, com a adição de níveis crescentes de farinha de soja. Os maiores valores da área total dos extensígramas normalmente in

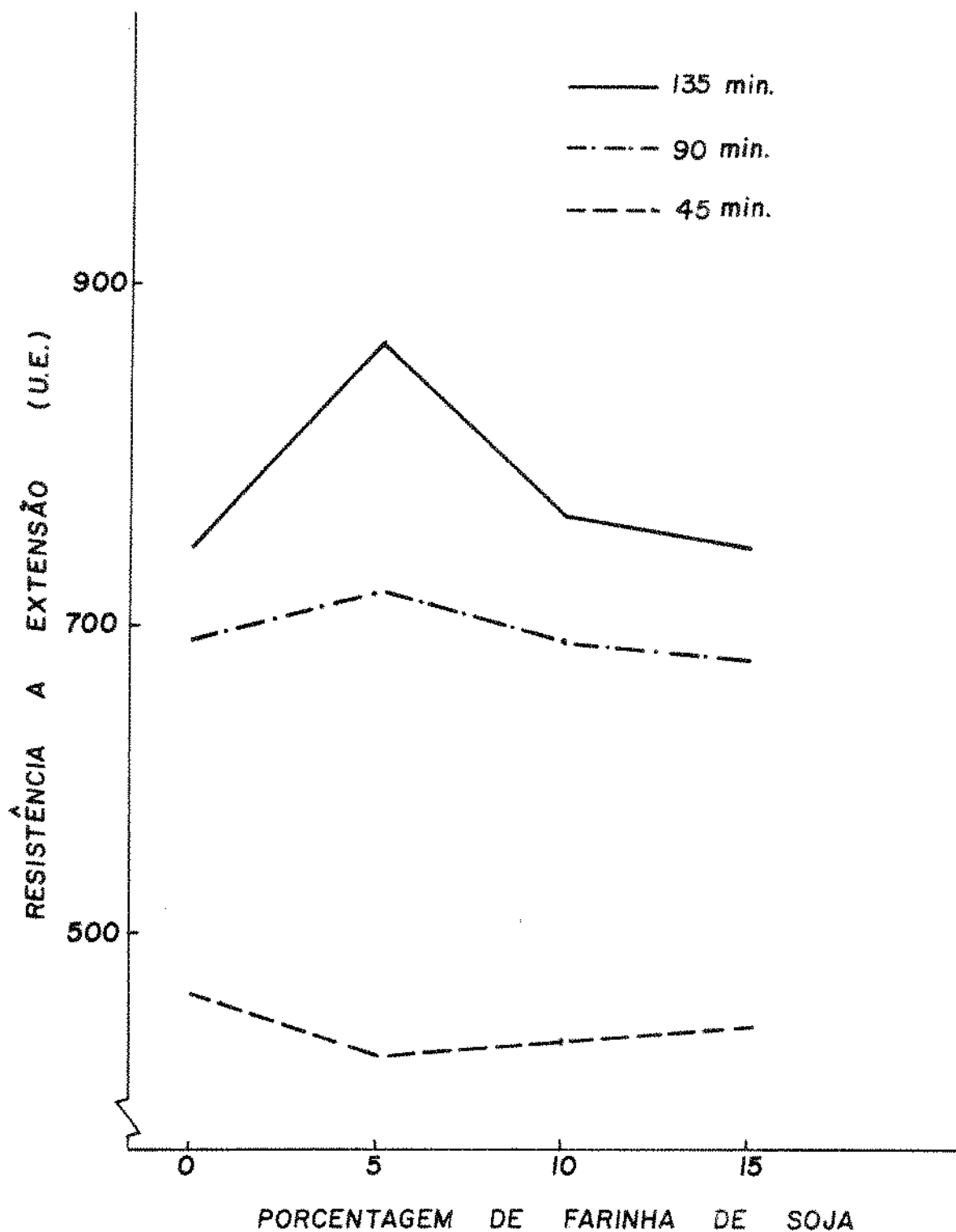


FIGURA 12 - Efeito da Adição de Farinha de Soja na Resistência a Extensão da Massa de Farinha de Trigo 78% de Extração no Sistema Farinha-Água.

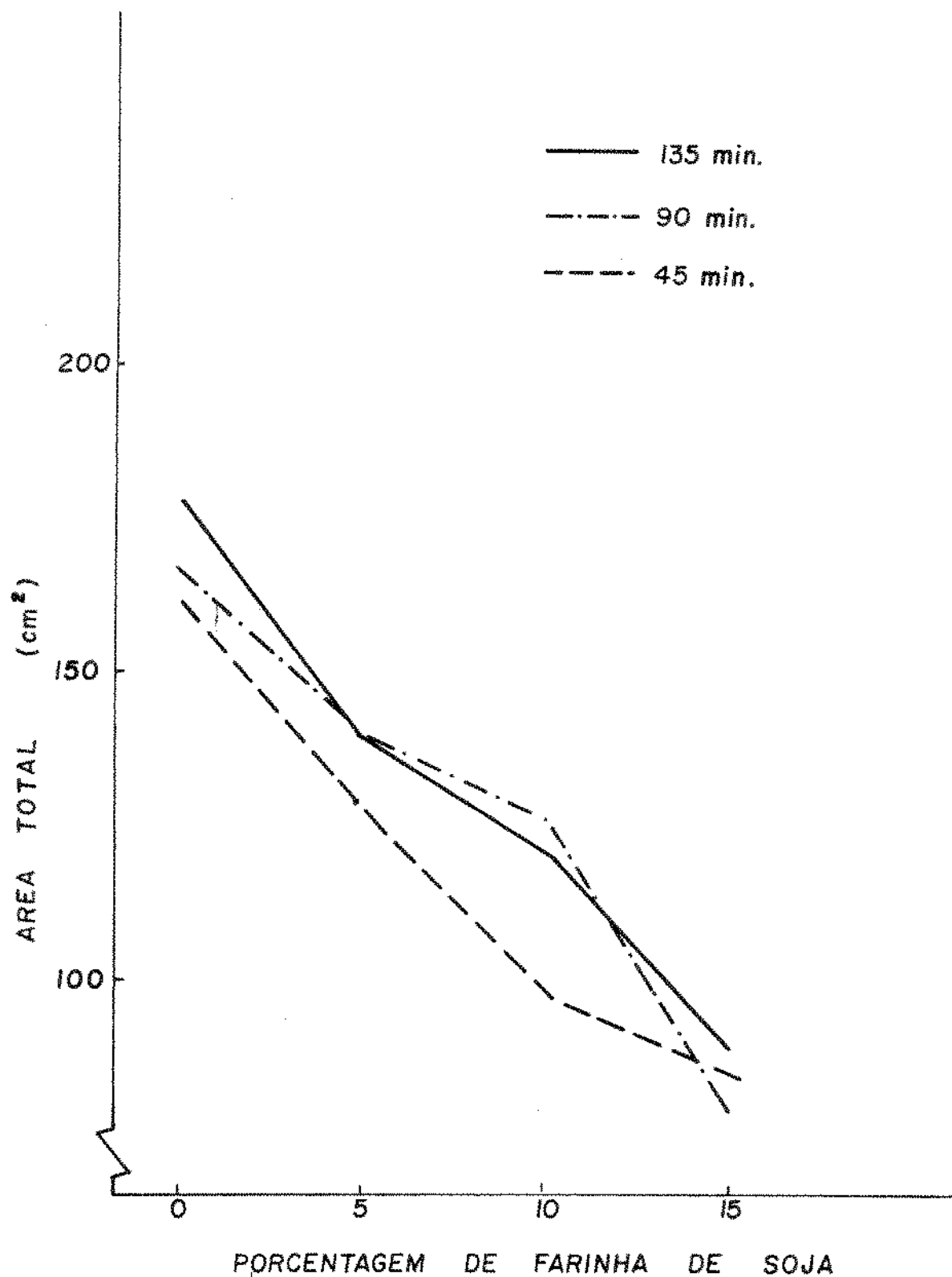


FIGURA 13 - Efeito da Adição de Farinha de Soja na Energia da Massa de Farinha de Trigo de 72% de Extração no Sistema Farinha-Água.

dicam melhor qualidade da massa. A diminuição da área total mostra o efeito enfraquecedor da farinha de soja nas propriedades de extensão da massa.

b) Sistema Farinha Água Ingredientes

Os resultados dos extensígramas no SFAI são mostrados no quadro 11. Com o aumento do teor da farinha de soja, a extensibilidade diminuiu bruscamente no tempo de descanso de 45 minutos principalmente ao nível de 5% de adição, decrescendo ligeiramente nos tempos de 90 e 135 minutos (figura 14). No entanto com 45 minutos de descanso e em todos os níveis de adição de farinha de soja foram observados os maiores valores da extensibilidade, que foram menores a 90 e 135 minutos. Essa tendência foi similar à obtida no SFA. Entretanto no SFAI a extensibilidade foi definitivamente reduzida.

O valor da resistência à extensão no tempo de 45 minutos aumentou ao nível de 5% de farinha de soja e depois diminuiu nos níveis de 10 e 15% (figura 15). Entretanto nos tempos de 90 e 135 minutos, foi notado uma queda brusca nos valores da resistência à extensão em todos os níveis de farinha de soja estudados. A massa de farinha de trigo pura e com 5% de farinha de soja mostraram um rápido aumento na resistência à extensão com o aumento do tempo até 90 minutos, diminuindo no tempo de 135 minutos de descanso. Porém nos níveis de 10 e 15% de farinha de soja, a resistência à extensão, diminuiu com o aumento do tempo de descanso. A resistência à extensão na presença de ingredientes mostrou uma tendência diferente daquela obtida no

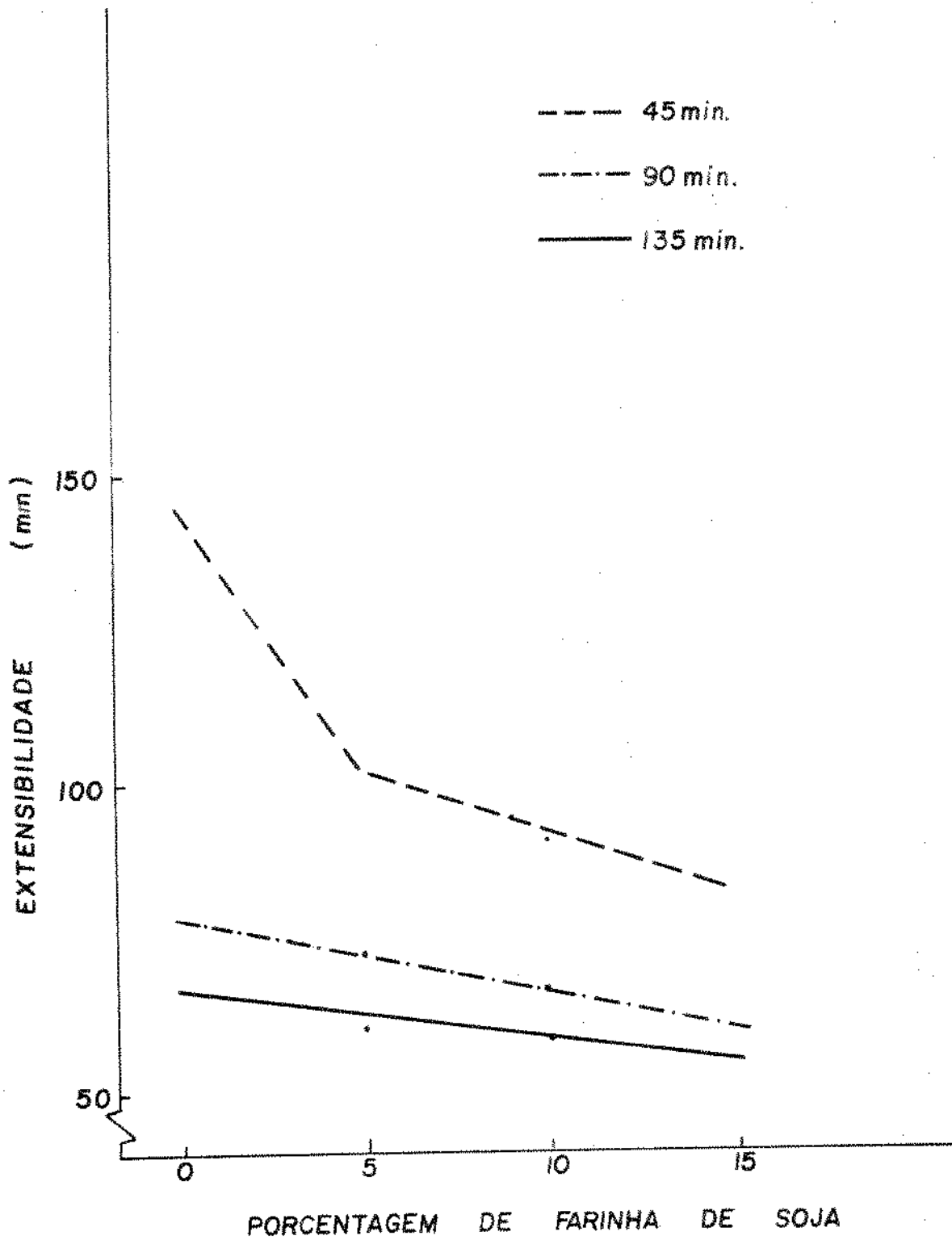


FIGURA 14 - Efeito da Adição de Farinha de Soja na Extensibilidade da Massa de Farinha de Trigo 72% de Extração no Sistema Farinha-Água-Ingredientes.

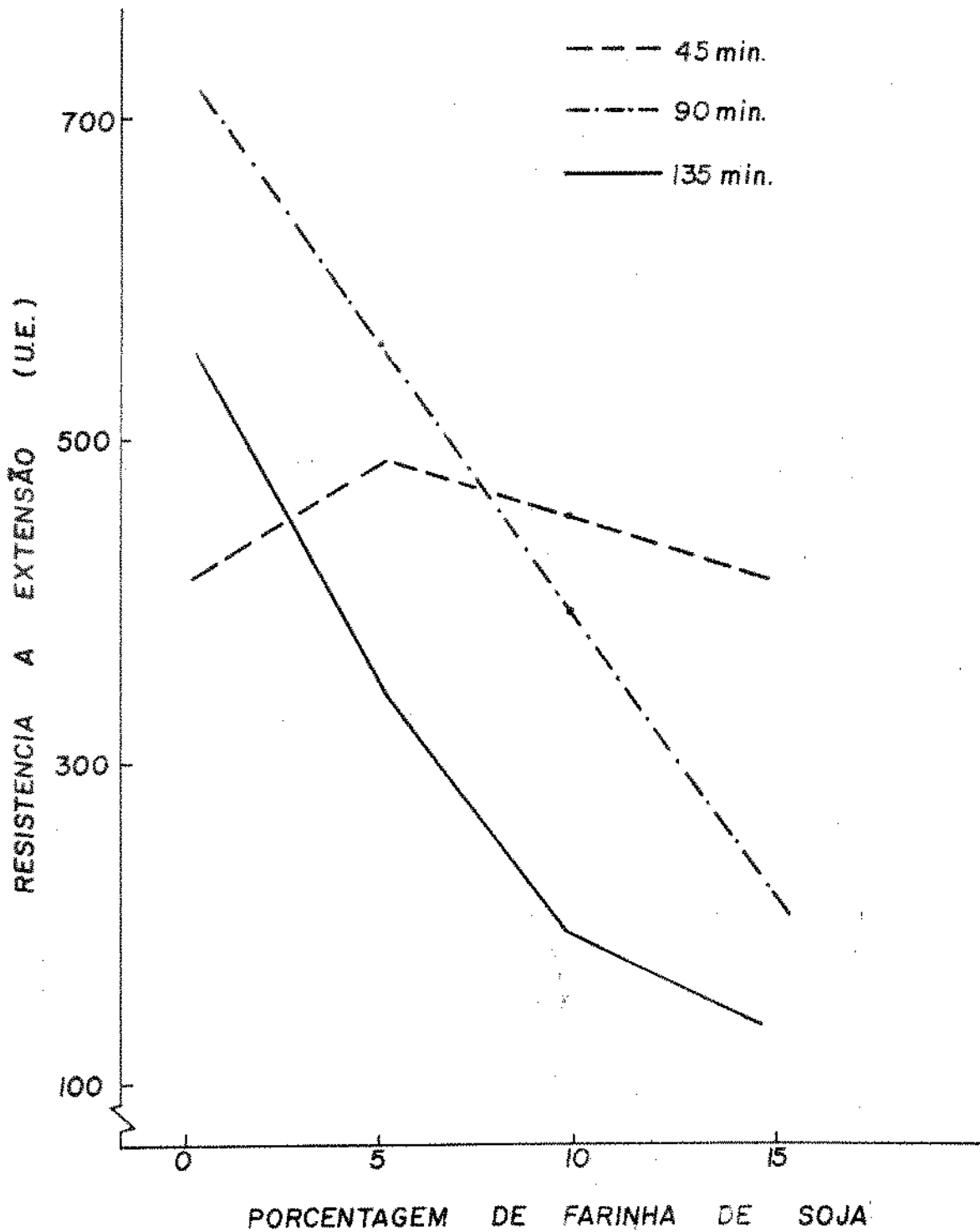


FIGURA 15 - Efeito da Adição de Farinha de Soja na Resistência a Extensão da Farinha de Trigo 72% de Extração no Sistema Farinha-Água-Ingredientes.

SFA, onde foi notado o aumento da resistência à extensão com o aumento do tempo de descanso.

O número proporcional aumentou com o uso de maiores porcentagens de farinha de soja nos tempos de 45 minutos, diminuindo nos tempos de 90 e 135 minutos. Foi observado que o aumento do tempo de descanso até 90 minutos acarretou o aumento do número proporcional, que alcançou o valor máximo nas massas com 5 e 10% de farinha de soja. No caso de 15%, o número proporcional diminuiu. O número proporcional dependeu não apenas do tempo de descanso, mas também do nível de farinha de soja usado. Comparando os resultados no SFA e no SFAI, concluímos que os ingredientes usados na produção do pão tem acentuado efeito no número proporcional, visto que na ausência dos ingredientes, o número proporcional aumentou com o tempo de descanso e com o nível de farinha de soja. Isso indica que ocorreu um aumento de ligações na rede de proteínas do gluten. Por outro lado, o número proporcional na presença dos ingredientes aumentou até o tempo de 90 minutos de descanso e até o nível de 10% de farinha de soja, indicando que teores maiores que esse, causaram a deterioração da rede do gluten.

As áreas dos extensigramas apresentaram uma redução gradual com o aumento do teor de farinha de soja na massa (figura 16). Foi verificado que no tempo de descanso de 45 minutos, foram obtidos os maiores valores da área. Por outro lado, uma diminuição na área foi observada para os tempos de descanso de 90 e 135 minutos. Em comparação com o SFA, a área total dos extensogramas no SFAI diminuiu consideravelmente de-

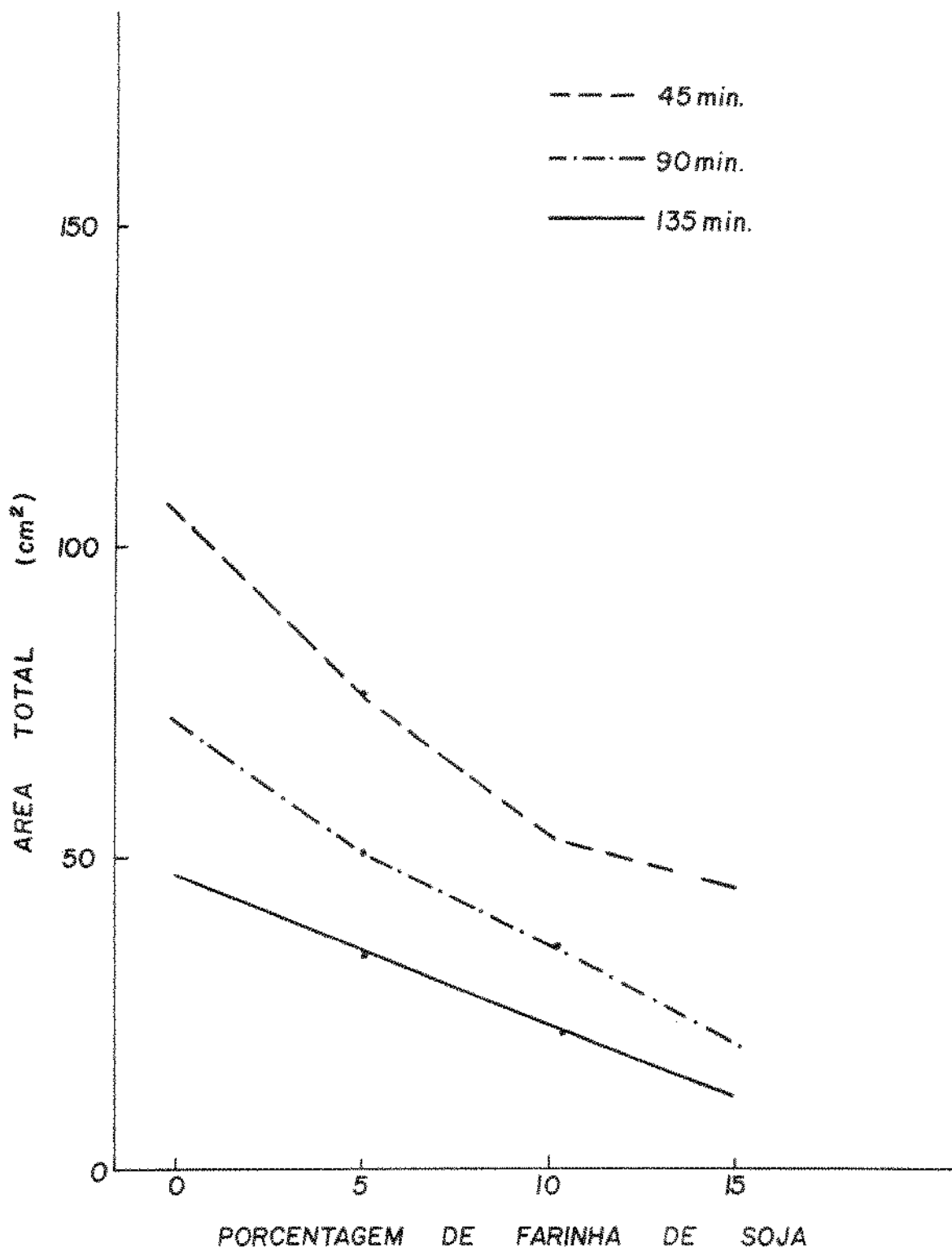


FIGURA 16 - Efeito da Adição de Farinha de Soja na Energia da Massa de Farinha de Trigo 72% de Extração no Sistema Farinha-Água-Ingredientes.

crescendo também com o aumento do tempo de descanso.

2 - Farinha de trigo 78% de extração

Foi também estudado o efeito da adição da farinha de soja nos níveis de 0,5, 10 e 15% nos extensigramas da farinha de trigo 78% de extração, no SFA e no SFAI.

a) Sistema Farinha Água

Os resultados dos extensigramas das misturas de farinha de trigo 78% de extração com 5, 10 e 15% de farinha de soja no SFA são mostradas nas figuras 17 A-D. Como apresentado no quadro 12, a adição de farinha de soja aos níveis de 5, 10 e 15%, causou uma pequena diminuição nos valores da extensibilidade da massa, com o aumento do tempo de descanso.

Foi observado que, a resistência à extensão e a resistência máxima foram reduzidas com a adição da farinha de soja. Por outro lado, a resistência à extensão e a resistência máxima, aumentaram com o tempo de descanso. Parece que o decréscimo da extensibilidade foi proporcional ao aumento da resistência à extensão, de modo que o número proporcional apresentou apenas uma pequena diminuição com o uso de níveis crescentes de farinha de soja.

A área total diminuiu com o aumento da farinha de soja, em todos os tempos de descanso. Isso é uma indicação de que a farinha de soja tem efeito de diluição do gluten da massa, resultando na redução da área total e das outras propriedades de extensão da massa.

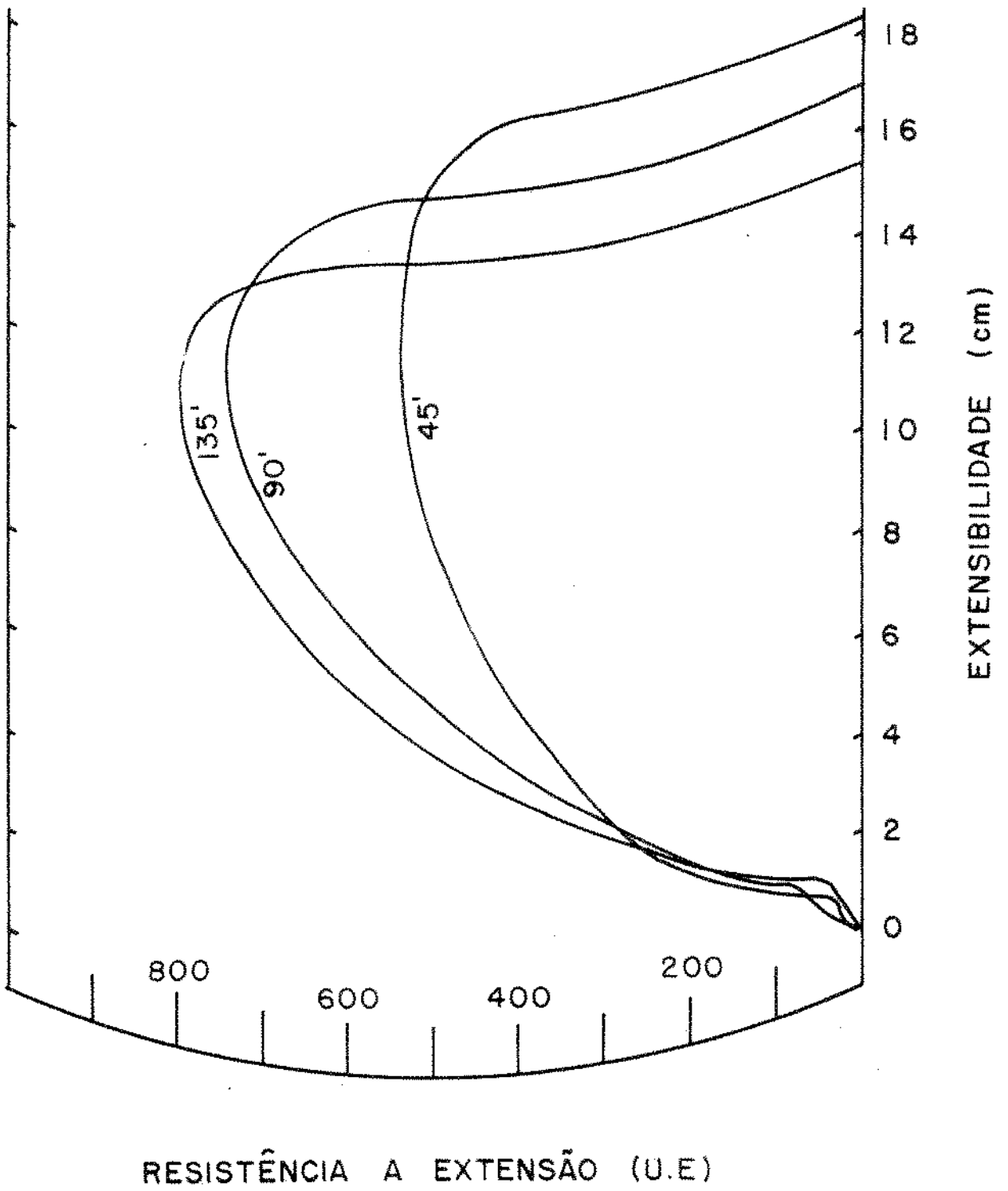


FIGURA 17.A - Características dos Extensigramas da Farinha de Trigo 78% de Extração no Sistema Farinha-Água.

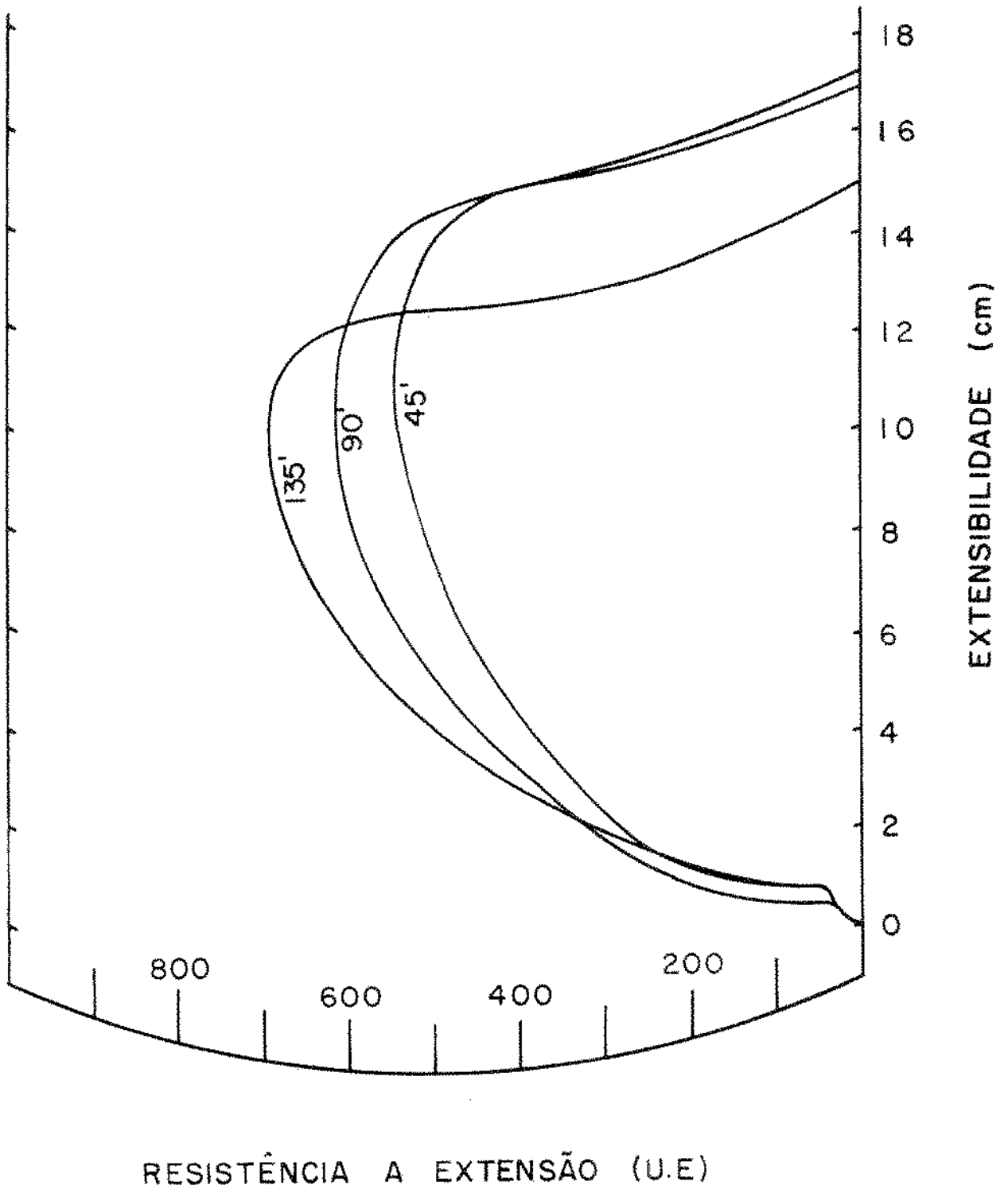


FIGURA 17.8 - Efeito da Adição de 5% de Farinha de Soja nas Características do Extensigramas da Farinha de Trigo 78% de Extração no Sistema Farinha-Água.

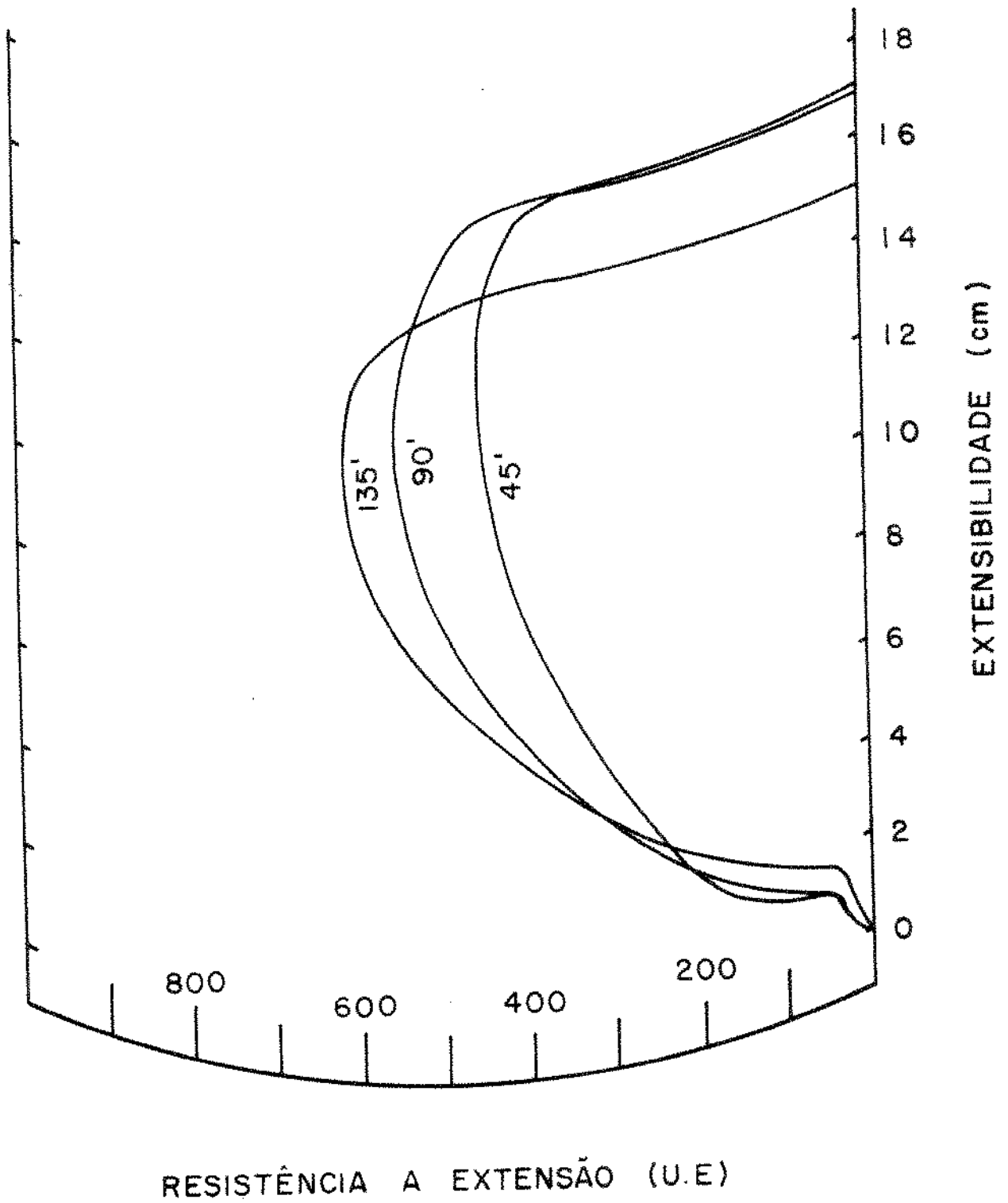


FIGURA 17.C - Efeito da Adição de 10% de Farinha de Soja nas Características do Extensigramas da Farinha de Trigo 78% de Extração no Sistema Farinha - Água - Ingredientes.

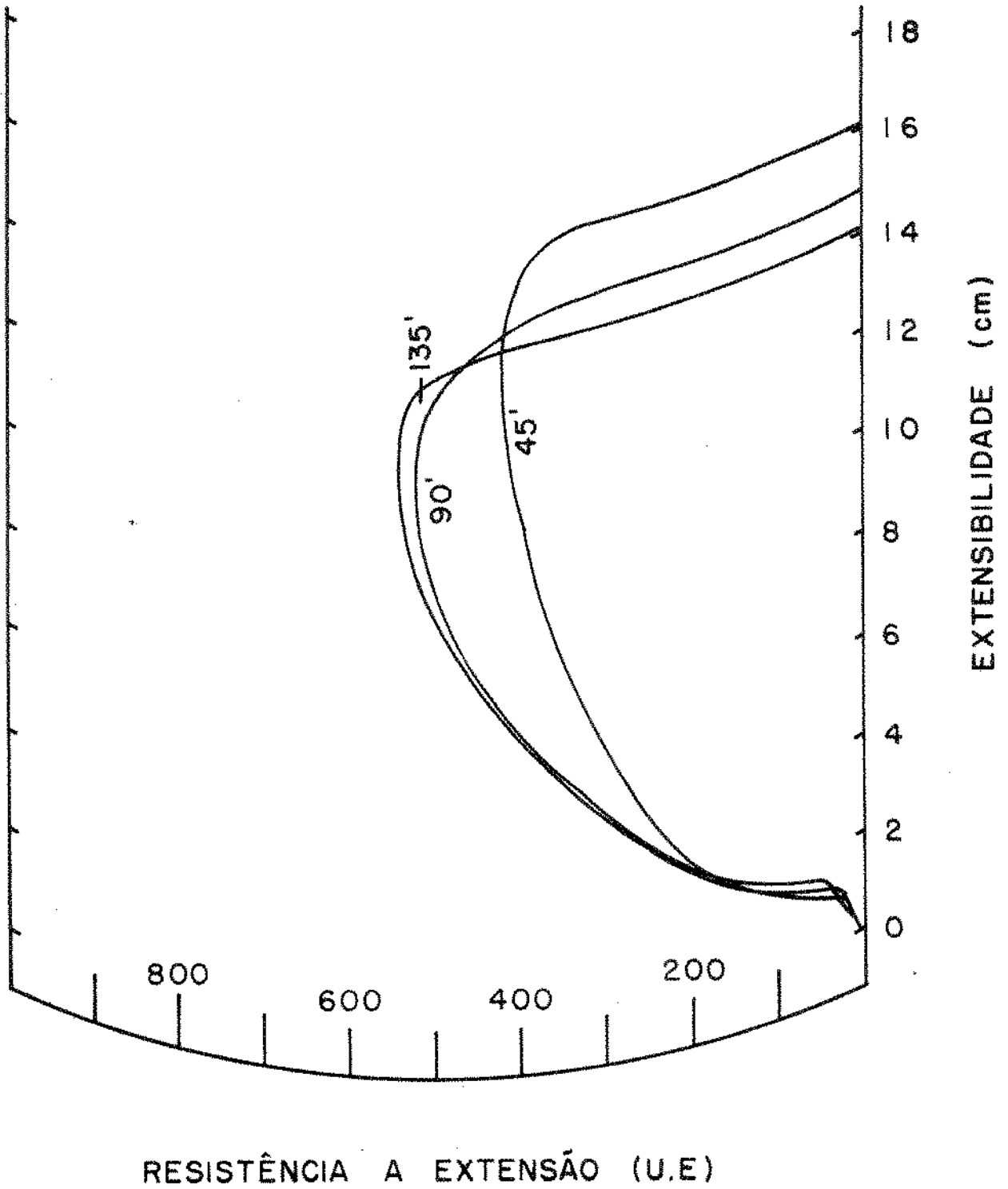


FIGURA 17.D - Efeito da Adição de 15% de Farinha de Soja nas Características do Extensigramas da Farinha de Trigo 78% de Extração no Sistema Farinha-Água.

QUADRO 12

Efeito da Adição de Farinha de Soja nas Características do Extensígrama da Farinha de Trigo 78% de Extração no Sistema Farinha-Água

| | Farinha de Soja (%) | | | | | |
|---|-------------------------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | | |
| | Tempo de Descanso (min) | | | | | |
| | 45 | 90 | 135 | 45 | 90 | 135 |
| (E) Extensibilidade (min) | 195 | 181 | 163 | 182 | 179 | 159 |
| (R) Resistência à Extensão (U.E.) | 355 | 410 | 440 | 350 | 380 | 410 |
| (RM) Resistência Máxima (U.E.) | 550 | 760 | 805 | 530 | 620 | 700 |
| (D) Número Proporcional (D = R/E) | 1.82 | 2.27 | 2.70 | 1.92 | 2.11 | 2.58 |
| Área Total (cm ²) | 142 | 166 | 164 | 129 | 148 | 133 |
| | | | | 1.72 | 1.97 | 2.34 |
| | | | | 1.74 | 2.22 | 2.37 |
| | | | | 96 | 104 | 100 |

b) Sistema Farinha Água Ingredientes

Os extensigramas das massas com 5, 10 e 15% de farinha de soja no SFAI, são mostrados nas figuras 18 A-D e os resultados são apresentados no quadro 13. A extensibilidade, a resistência à extensão e a resistência máxima mostraram a mesma tendência da farinha de trigo 72% de extração. Com a adição de 0 e 5% de farinha de soja, o número proporcional até o tempo de descanso de 90 minutos, apresentou resultados similares aos obtidos com a farinha de trigo 72% de extração. O número proporcional apresentou seu valor máximo ao nível de 5% de adição com 90 minutos de descanso, diminuindo a níveis superiores a 10%. Isso indica que até 5% de farinha de soja, a força necessária para extensão da massa não sofreu deterioração com a adição de 5% de farinha de soja. Porém a 10%, uma rápida deterioração foi observada. A presença dos ingredientes usados na panificação aumentou o número proporcional bruscamente, em todos os níveis testados, mostrando a sua importância nas propriedades reológicas da massa.

A área total dos extensigramas diminuiu acentuadamente com o aumento do teor de soja atingindo o ponto mínimo a 135 minutos de descanso e mostrando o efeito enfraquecedor da farinha de soja na qualidade de extensão da massa. Essa mesma tendência foi observada para a farinha de trigo 72% de extração.

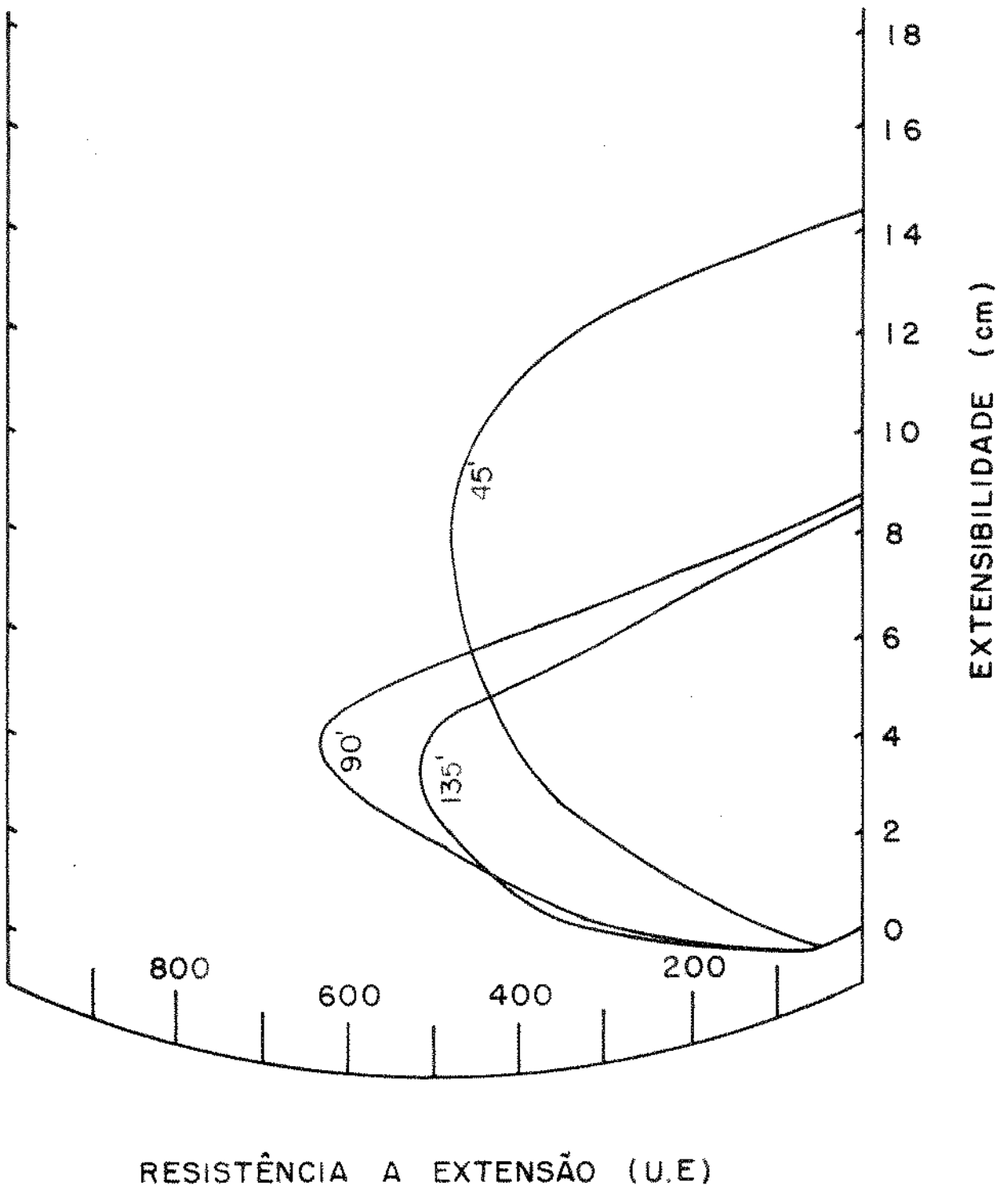


FIGURA 18.A - Extensigramas da Farinha de Trigo 78% de Extração no Sistema Farinha-Água-Ingredientes.

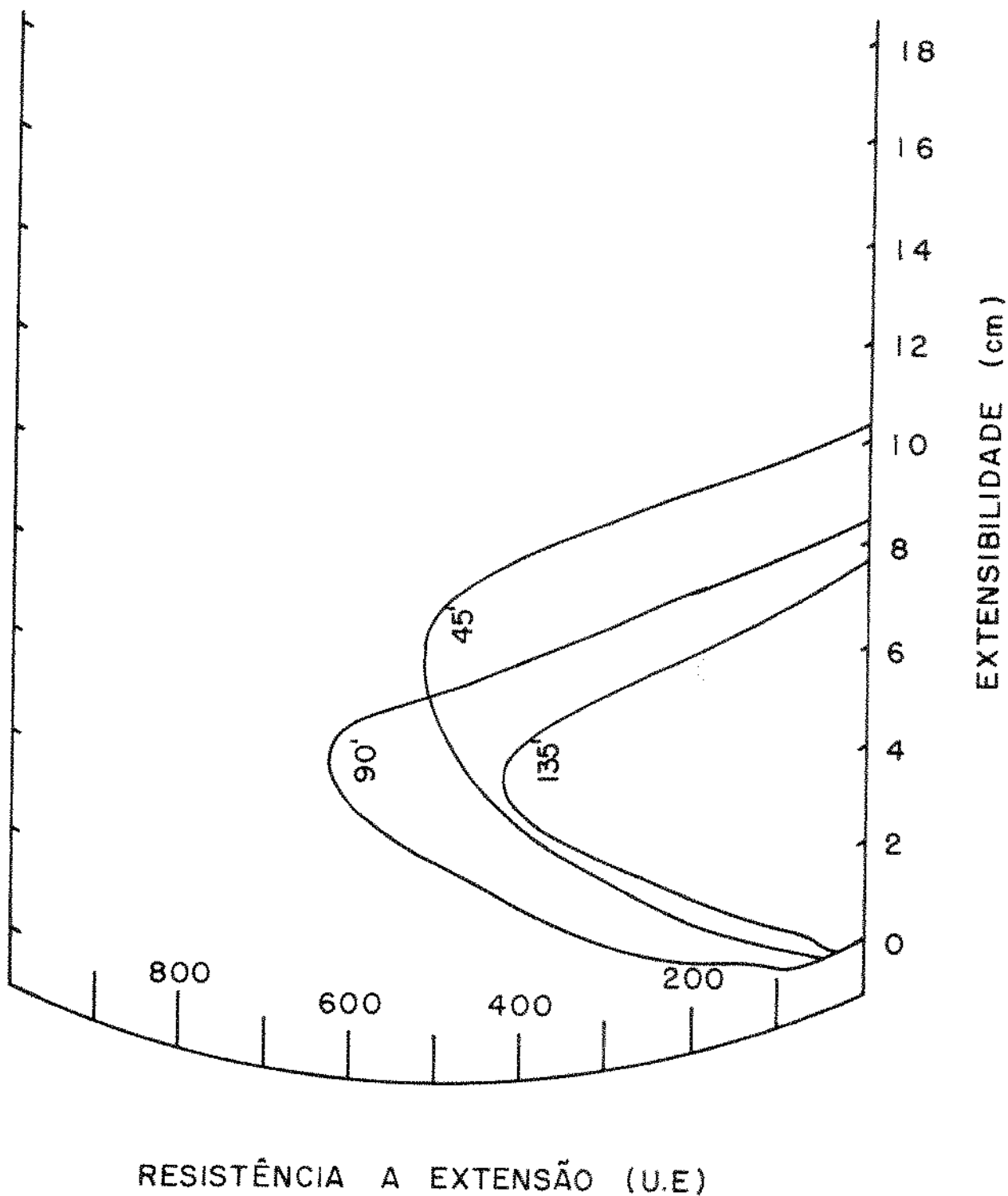
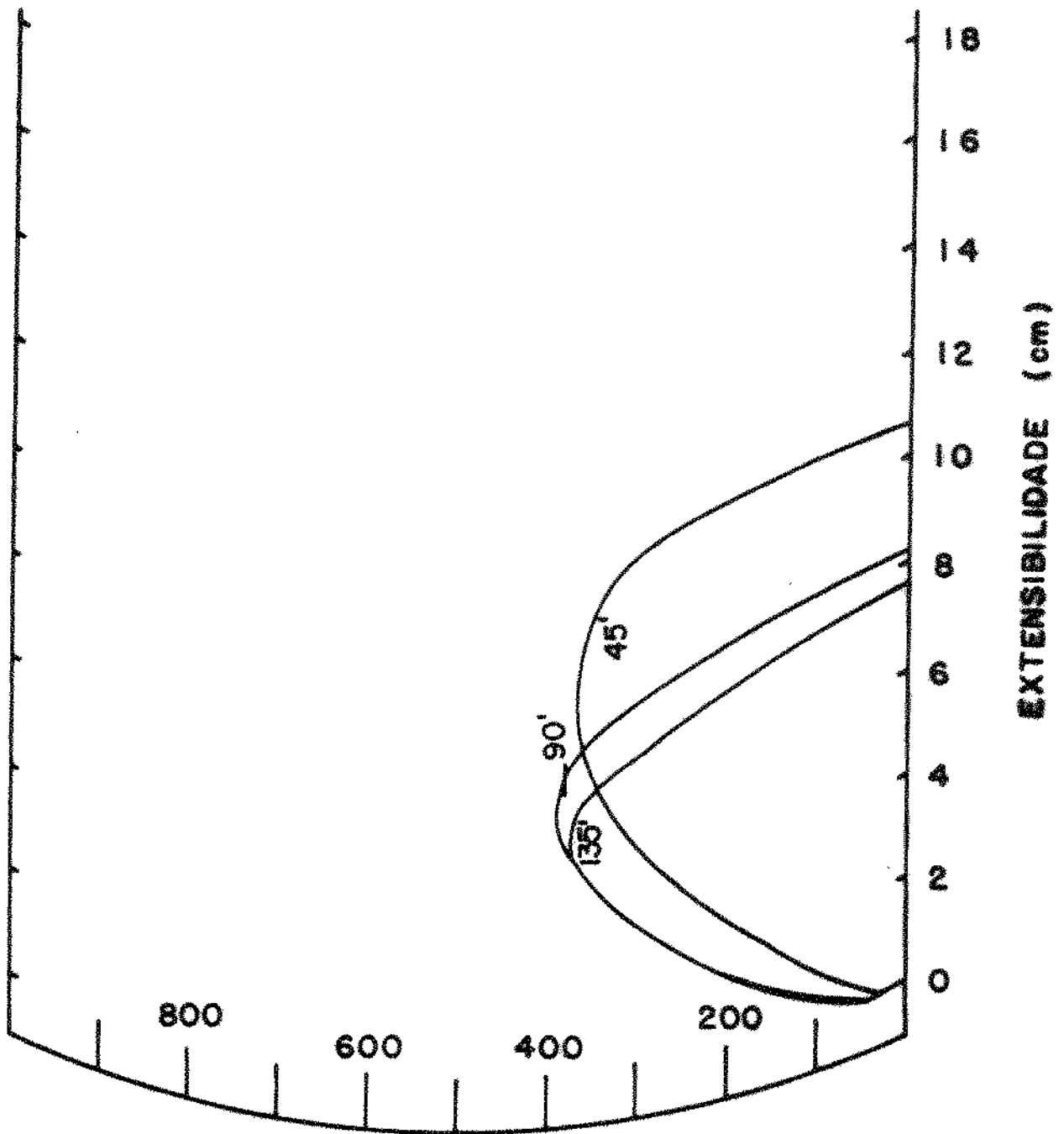


FIGURA 18.B - Efeito da Adição de 5% de Farinha de Soja nas Características do Extensigramas da Farinha 70% de Extração no Sistema Farinha-Água-Ingredientes.



RESISTÊNCIA A EXTENSÃO (U.E)

FIGURA 18.C - Efeito da Adição de 10% de Farinha de Soja nas Características do Extensigramas da Farinha de Trigo 78% de Extração no Sistema Farinha - Água - Ingredientes.

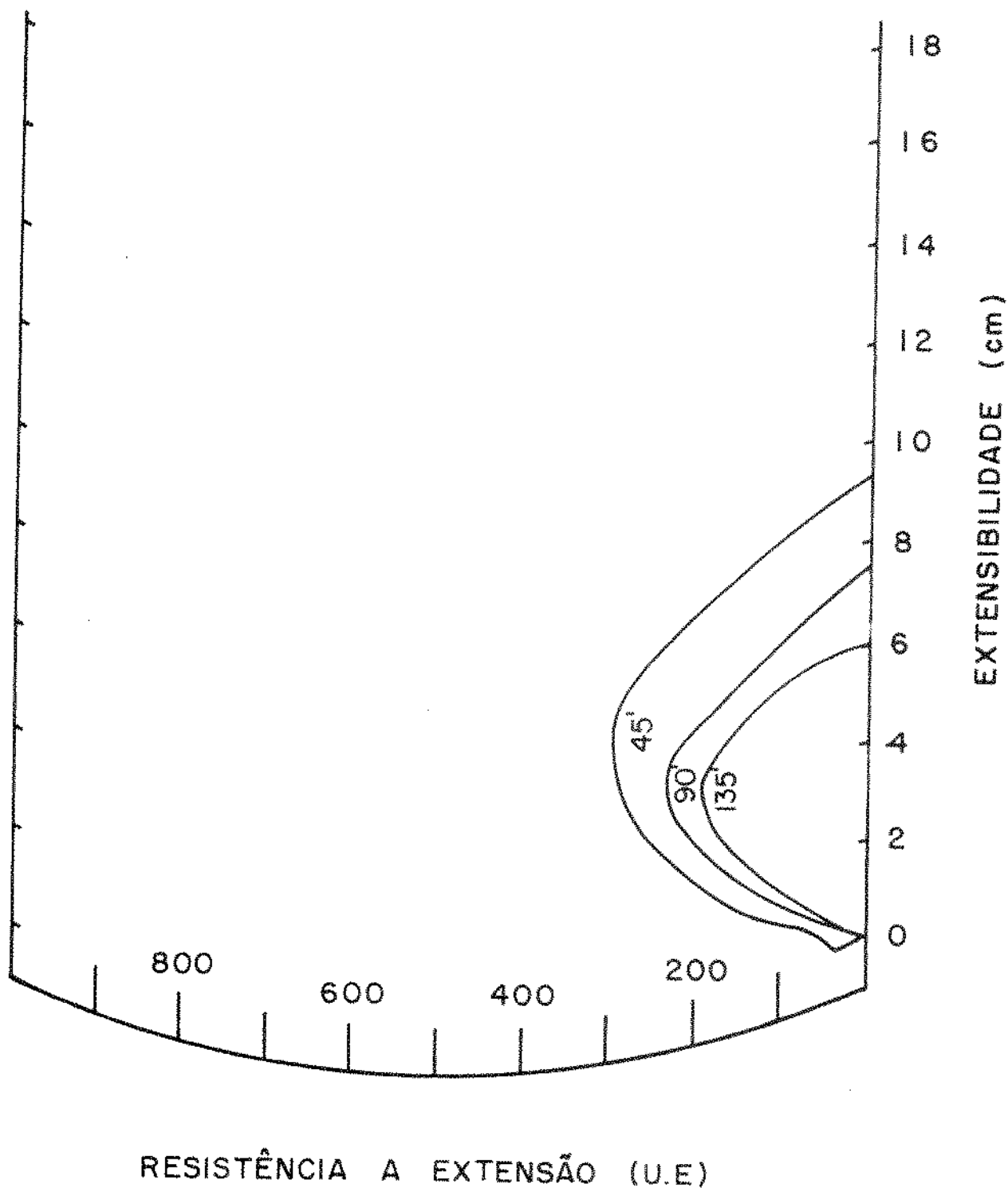


FIGURA 18.D - Efeito da Adição de 15% de Farinha de Soja nas Características do Extensigramas da Farinha de Trigo 78% de Extração no Sistema Farinha - Água - Ingredientes.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

QUADRO 13

Efeito da Adição de Farinha de Soja nas Características do Extensígrama da Farinha de Trigo 78% de Extração no Sistema Farinha-Água-Ingredientes

| | Farinha de Soja (%) | | | | | |
|---|-------------------------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| | Tempo de Descanso (min) | | | | | |
| | 45 | 90 | 135 | 45 | 90 | 135 |
| (E) Extensibilidade (mm) | 155 | 95 | 90 | 115 | 94 | 82 |
| (R) Resistência à Extensão (U.E.) | 380 | 605 | 520 | 430 | 615 | 450 |
| (RM) Resistência Máxima (U.E.) | 490 | 640 | 525 | 525 | 635 | 440 |
| (D) Número Proporcional (D = R/E) | 2.45 | 6.37 | 5.78 | 3.91 | 6.54 | 5.49 |
| Área Total (cm ²) | 101.3 | 71.9 | 59.2 | 76.7 | 61.5 | 39.5 |
| | | | | 55.8 | 43.3 | 38.3 |
| | | | | 37.6 | 20.8 | 14.9 |

F - EFEITO DA ADIÇÃO DE FARINHA DE SOJA A FARINHA DE TRIGO NA QUALIDADE DO PÃO

A qualidade do pão é normalmente avaliada através de um sistema que considera as características externas e internas, aroma e gosto do pão. As características externas avaliadas foram:- volume, cor da crosta, quebra, simetria e característica da crosta, enquanto que características internas avaliadas foram:- a cor do miolo, estrutura da célula do miolo e textura. O volume do pão é de grande importância na avaliação da qualidade, porque ele é afetado por vários fatores ligados à qualidade dos ingredientes usados na massa, especialmente farinha, e dos tratamentos usados durante o processamento. O volume é a determinação da qualidade mais objetiva, em relação as outras características. Considerando o teste de panificação usado nesse trabalho, todas as variáveis do processo tais como a consistência, tempo ótimo de mistura e o tempo e temperatura de fermentação da massa, foram bem controlados. Portanto as variações observadas na qualidade do pão foram atribuídas a presença da farinha de soja na massa.

1 - Efeito da adição de farinha de soja à farinha de trigo 72% de extração na qualidade do pão

As características externas e internas do pão puro e com a adição de 5, 10, 15 e 20% de farinha de soja são mostrados na figura 19. Os resultados da avaliação da qualidade do pão aos níveis de 5, 10, 15 e 20% de farinha de soja são

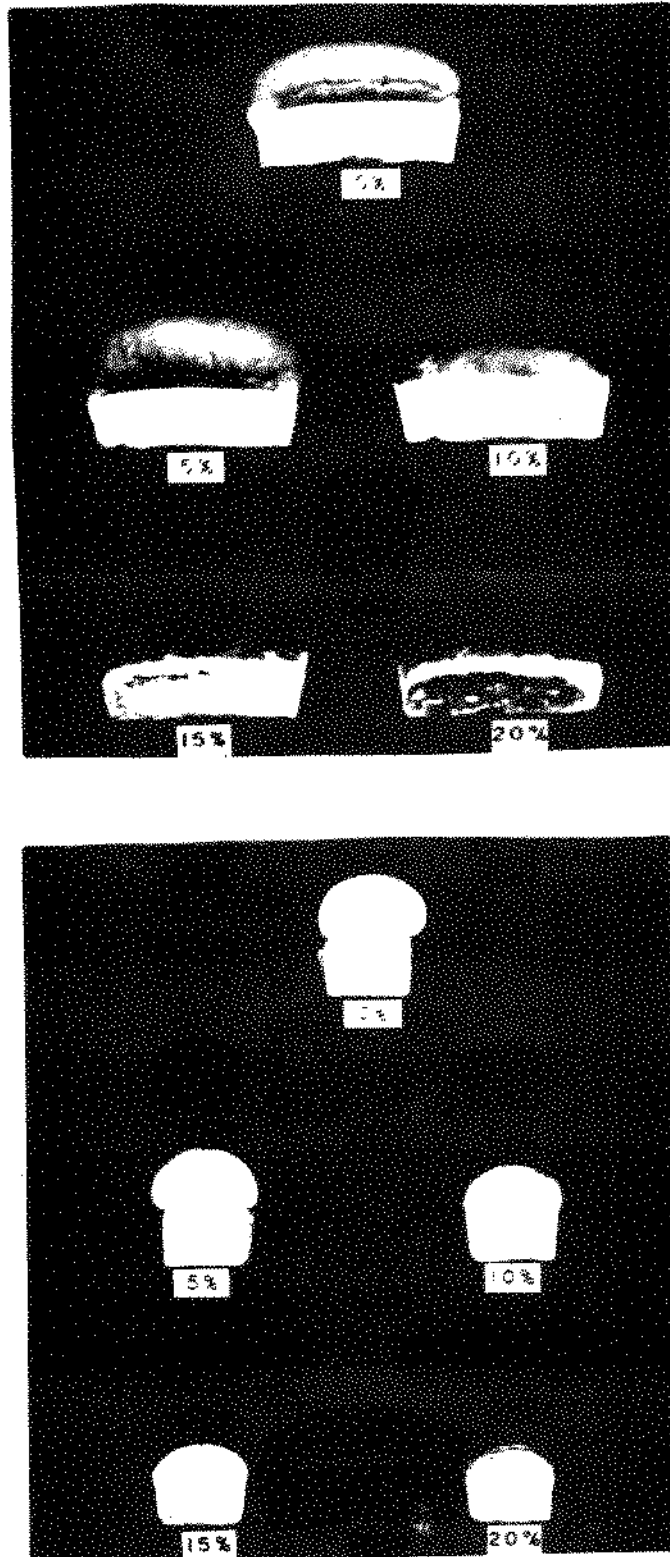


FIGURA 19 - Efeito da Farinha de Soja nas Características Externas e Internas do Pão com Farinha de Trigo 72% de Extração.

apresentados no quadro 14. A qualidade do pão puro e com 5% de farinha de soja foram praticamente iguais, com exceção de uma pequena redução do volume do pão com soja. O volume específico do pão com 5% de farinha de soja foi de 4,2, enquanto que o do pão de trigo puro alcançou o valor de 4,5. Por outro lado, a adição de 10, 15 e 20% de farinha de soja resultou em séria deterioração da qualidade do pão como mostra a figura 20.

Os níveis de farinha de soja que se pode adicionar à farinha de trigo sem deterioração da qualidade do pão, foram relativamente menores em comparação com o obtido por outros autores. Alguns trabalhos mostraram que foi possível obter pão de alta qualidade fortificado com 12% de farinha de soja (58, 102). Foi também obtido pão com qualidades gerais aceitáveis com farinha de trigo em níveis de 15 à 20% de farinha de soja (85). Teores ainda maiores tais como 25%, foram incorporados ao pão (60). Entretanto nesses trabalhos foram usados trigo do tipo duro vermelho de inverno ou de primavera. A farinha obtida desses tipos de trigo contém elevado teor em proteínas e são de alta qualidade tecnológica, o que justifica sua maior tolerância à presença de maiores níveis de farinha de soja. A farinha de trigo tipo mole tem apenas força média e como mostrado pelos resultados obtidos no presente estudo não permitiu o uso de farinha de soja em níveis superiores à 5%.

2 - Efeito da adição de farinha de soja à farinha de trigo 78% de extração na qualidade do pão

QUADRO 14

Efeito da Adição de Farinha de Soja à Farinha de Trigo 72% de Extração na Qualidade do Pão

| Farinha de Soja (%) | CARACTERÍSTICAS EXTERNAS | | | | CARACTERÍSTICAS INTERNAS | | | | AROMA E GOSTO | CONTAGEM TOTAL | | |
|---------------------|---|---------------|--------|----------|--------------------------|------------|----------------|---------------|---------------|----------------|-------|-------|
| | VOLUME ESP. (cm ³ /g x 3,33) | COR DA CROSTA | QUEBRA | SIMETRIA | CARAC. CROSTA | COOR MIOLO | EST.CEL. MIOLO | TEXTURA MIOLO | | | AROMA | GOSTO |
| | VALOR MÁXIMO | | | | | | | | | | | |
| | 20.0 | 10.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 15.0 | 100.0 |
| 0 | 15.0 | 8.0 | 3.0 | 5.0 | 4.0 | 8.0 | 8.0 | 7.0 | 8.0 | 8.0 | 12.0 | 78.0 |
| 5 | 14.0 | 9.0 | 2.0 | 5.0 | 4.0 | 8.0 | 8.0 | 7.0 | 8.0 | 8.0 | 12.0 | 77.0 |
| 10 | 9.6 | 4.0 | 0 | 3.0 | 2.0 | 7.0 | 6.0 | 5.0 | 6.0 | 6.0 | 10.0 | 53.6 |
| 15 | 7.9 | 3.0 | 0 | 2.0 | 2.0 | 6.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 10.0 | 43.9 |
| 20 | 7.0 | 3.0 | 0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 4.0 | 4.0 | 7.0 | 33.0 |

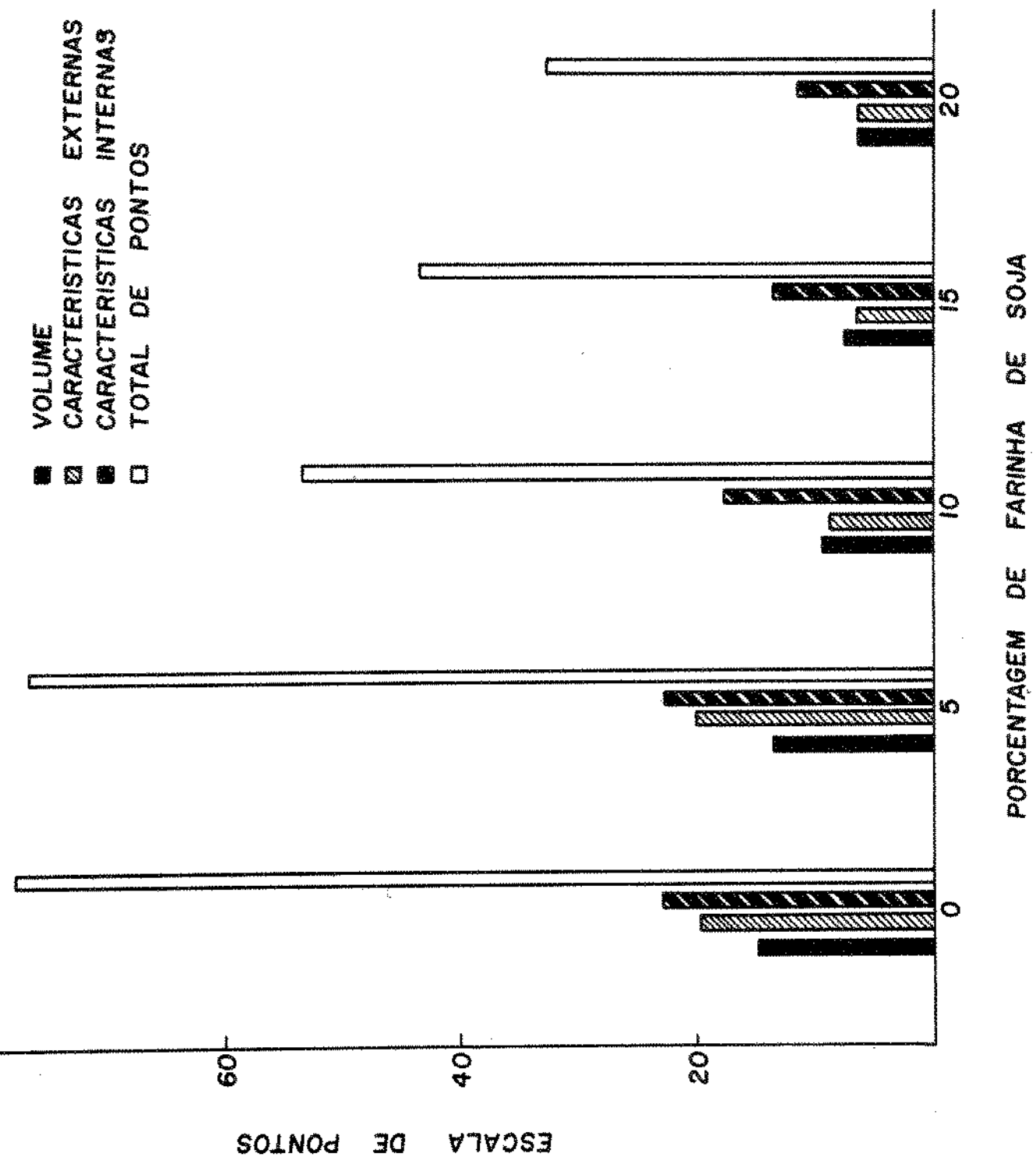


FIGURA 20 - Efeito da Farinha de Soja na Qualidade do Pão de Farinha de Trigo 72% de Extração.

O efeito na qualidade do pão pela adição de 5, 10 e 15% de farinha de soja à farinha de trigo de 78% de extração, são apresentadas na figura 21. Os resultados das características externas, internas, aroma e gosto são mostradas no quadro 15. O pão com 5% de farinha de soja apresentou uma queda de aproximadamente 5 pontos no escore de qualidade, sendo que ao nível de 10% caiu bruscamente. Pelo fato da perda de qualidade do pão ter sido acentuada quando foi usado 10% ou maiores níveis de farinha de soja, foi então testado o uso de 6, 7 e 8% da referida farinha e estudado seus efeitos na qualidade do pão. Os resultados obtidos são apresentados no quadro 16. Foi então observado que até o nível de 7% de farinha de soja, a qualidade do pão manteve-se praticamente a mesma, enquanto que ao nível de 8%, foi notado uma queda acentuada.

Foi feito o estudo da adição de 5, 6, 7 e 8% de farinha de soja à farinha de trigo 78% de extração, sendo usado 0,5% de estearil-lactil lactato de cálcio (CSL), cujos resultados são mostrados no quadro 17. Foi notado uma ligeira diminuição no escore de qualidade do pão até o nível de 7%, caindo bruscamente no nível de 8% de farinha de soja (figura 22). O escore de qualidade dos pães com 5, 6 e 7% de farinha de soja com o uso de 0,5% de CSL, foram superiores aos dos pães com os mesmos níveis, sem a adição do referido aditivo. Além disso - foi notado que a qualidade do pão com 5% de farinha de soja e 0,5% de CSL, foi apenas um ponto inferior ao do pão de farinha de trigo pura, sem aditivo.

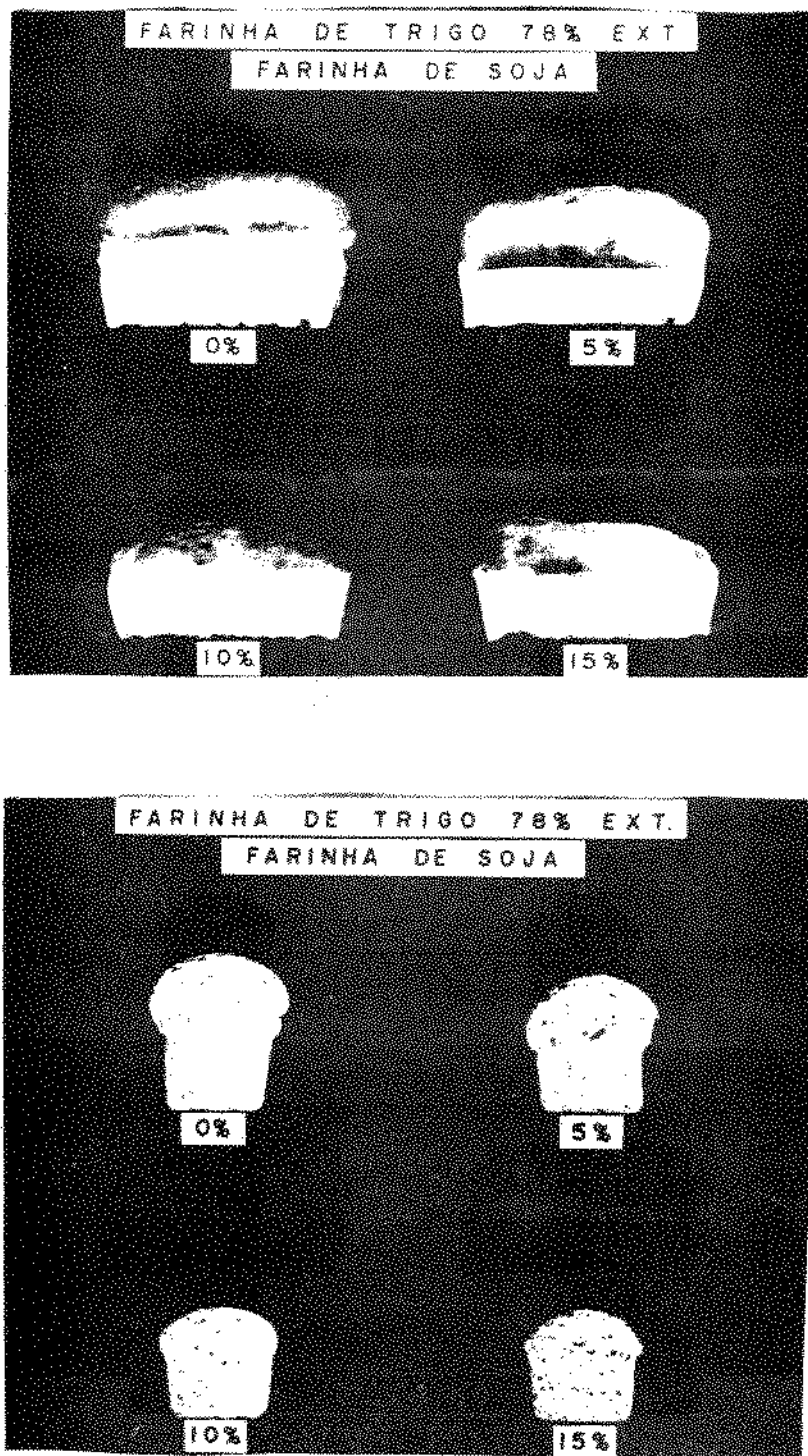


FIGURA 21 - Efeito da Farinha de Soja na Qualidade do Pão de Farinha de Trigo 78% de Extração.

QUADRO 15

Efeito da Adição de Farinha de Soja à Farinha de Trigo 78% de Extração na Qualidade do Pão

| Farinha de Soja (%) | CARACTERÍSTICAS EXTERNAS | | | | CARACTERÍSTICAS INTERNAS | | | | AROMA E GOSTO | CONTAGEM TOTAL | | | |
|---------------------|---|---------------|--------|----------|--------------------------|-----------|----------------|---------------|---------------|----------------|-------|-------|-------|
| | VOLUME ESP. (cm ³ /g x 3,33) | COR DA CROSTA | QUEBRA | SIMETRIA | CARAC. CROSTA | COR MIOLO | EST.CEL. MIOLO | TEXTURA MIOLO | | | AROMA | GOSTO | |
| | VALOR MÁXIMO | | | | | | | | | | | | |
| | 20.0 | 10.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 10.0 | 5.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 15.0 | 100.0 |
| 0 | 16.6 | 8.0 | 2.5 | 4.5 | 4.0 | 7.0 | 4.0 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 8.5 | 12.0 | 77.1 |
| 5 | 14.0 | 8.0 | 2.0 | 4.5 | 3.0 | 6.0 | 3.0 | 7.0 | 8.0 | 7.0 | 7.0 | 12.0 | 71.5 |
| 10 | 10.3 | 4.0 | 1.0 | 3.0 | 2.0 | 5.0 | 2.0 | 6.0 | 7.0 | 7.0 | 6.0 | 10.0 | 54.3 |
| 15 | 9.3 | 3.0 | 0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 2.0 | 4.0 | 5.0 | 5.0 | 4.0 | 6.0 | 38.3 |
| 20 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

QUADRO 16

Efeito da Adição da Farinha de Soja à Farinha de Trigo 78% de Extração na Qualidade do Pão

| Farinha de Soja (%) | CARACTERÍSTICAS EXTERNAS | | | | CARACTERÍSTICAS INTERNAS | | | | AROMA E GOSTO | | CONTAGEM TOTAL | |
|---------------------|---|---------------|--------|----------|--------------------------|-----------|-----------------|---------------|---------------|-------|----------------|-------|
| | VOLUME ESP. (cm ³ /g x 3,33) | COR DA CROSTA | QUEBRA | SIMETRIA | CARAC. CROSTA | COR MIOLO | EST. CEL. MIOLO | TEXTURA MIOLO | AROMA | GOSTO | | |
| | VALOR MÁXIMO | | | | | | | | | | | |
| | 20.0 | 10.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 15.0 | 100.0 |
| 0 | 16.6 | 8.0 | 2.5 | 4.5 | 4.0 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 8.5 | 12.0 | 77.1 |
| 5 | 14.0 | 8.0 | 2.0 | 4.5 | 3.0 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 8.0 | 7.0 | 12.0 | 71.5 |
| 6 | 13.7 | 8.0 | 2.0 | 4.5 | 3.0 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 8.0 | 7.0 | 12.0 | 71.2 |
| 7 | 12.5 | 8.0 | 2.0 | 4.5 | 3.0 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 8.0 | 7.0 | 12.0 | 70.0 |
| 8 | 12.1 | 7.0 | 1.0 | 4.0 | 2.5 | 6.0 | 6.0 | 7.0 | 7.0 | 6.0 | 11.0 | 62.6 |

QUADRO 17

Efeito da Adição de Farinha de Soja à Farinha de Trigo 78% de Extração na Qualidade do pão, com a adição de 0,5% de CSL.

| | CARACTERÍSTICAS EXTERNAS | | | | CARACTERÍSTICAS INTERNAS | | | | AROMA E GOSTO | CONTAGEM TOTAL | | |
|---------------------|---|---------------|--------|----------|--------------------------|-----------|-----------------|---------------|---------------|----------------|-------|-------|
| | VOLUME ESPEC. (cm ³ /g x 3.33) | COR DA CROSTA | QUEBRA | SIMETRIA | CARAC. CROSTA | COR MIOLO | EST. CEL. MIOLO | TEXTURA MIOLO | | | AROMA | GOSTO |
| | VALOR MÁXIMO | | | | | | | | | | | |
| Farinha de Soja (*) | 20.0 | 10.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 15.0 | 100.0 |
| 0 (sem CSL) | 16.6 | 8.0 | 2.5 | 4.5 | 4.0 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 8.5 | 12.0 | 77.1 |
| 5 | 14.6 | 9.0 | 3.0 | 4.5 | 4.0 | 7.0 | 8.0 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 12.0 | 76.1 |
| 6 | 14.3 | 9.0 | 2.5 | 4.5 | 3.5 | 6.0 | 7.0 | 8.5 | 7.0 | 7.0 | 12.0 | 74.3 |
| 7 | 13.3 | 9.0 | 2.5 | 4.5 | 3.5 | 6.0 | 7.0 | 8.5 | 7.0 | 7.0 | 12.0 | 73.3 |
| 8 | 13.9 | 8.0 | 2.0 | 4.0 | 3.0 | 6.0 | 6.0 | 7.5 | 6.0 | 6.0 | 11.0 | 67.4 |

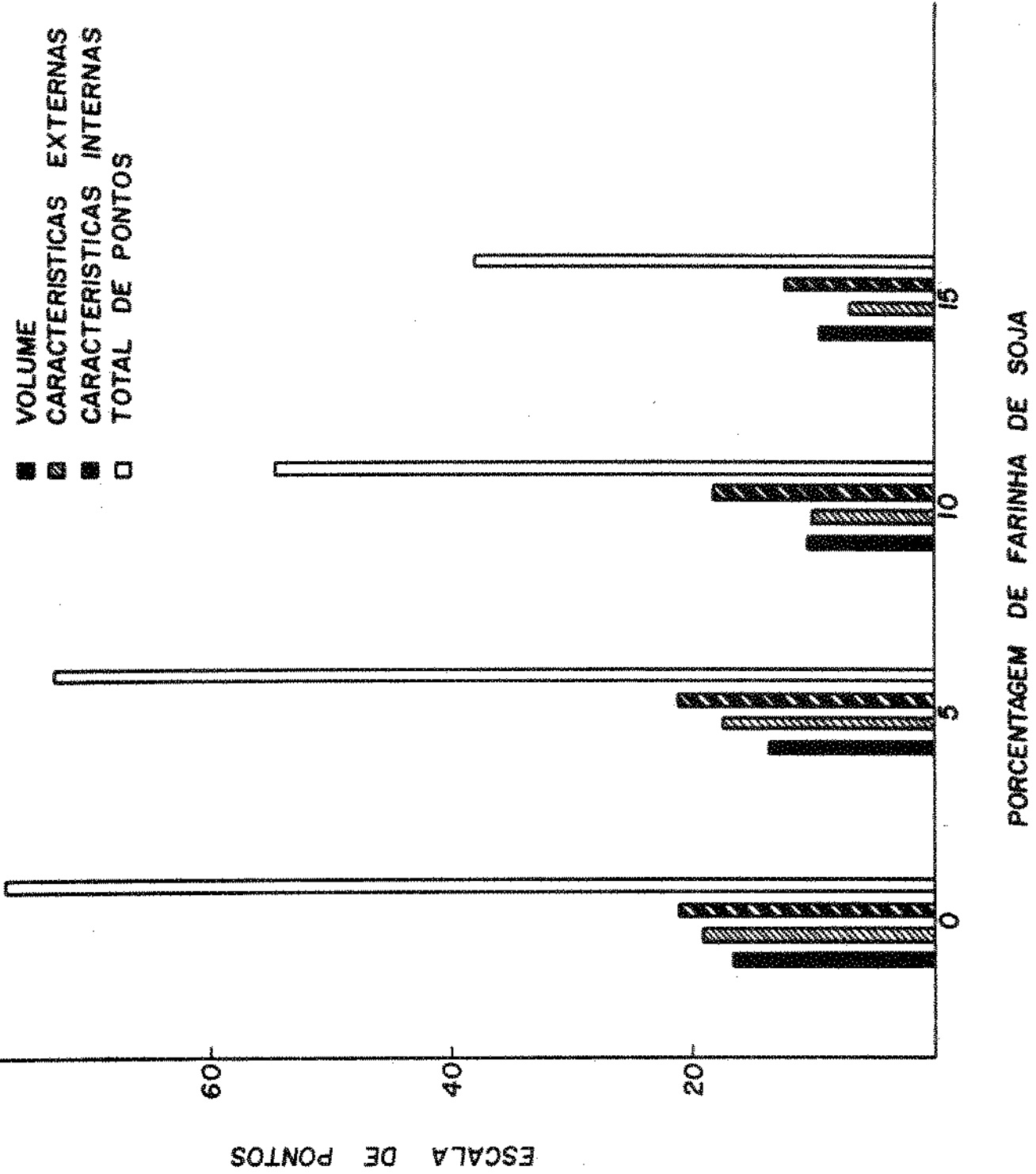


FIGURA 22 - Efeito da Farinha de Soja na Qualidade do Pão de Farinha de Trigo 78% de Extração.

G - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO PÃO TIPO FRANCÊS PRODUZIDO PELO PROCESSO "CHORLEYWOOD"

O pão tipo francês é o de maior consumo no Brasil. A qualidade do pão francês produzido pelo método Chorleywood nos níveis de 0, 5 e 7% de farinha de soja desengordurada foi avaliada, inclusive sensorialmente.

1 - Qualidade do pão

O efeito da substituição da farinha de trigo 78% de extração por farinha desengordurada de soja na qualidade do pão tipo francês pelo processo "Chorleywood", estão apresentados no quadro 18.

As características externas e internas do pão francês com 0, 5 e 7% de farinha de soja são mostrados nas figuras 23 e 24, respectivamente.

A qualidade do pão produzido com mistura de 5% de farinha de soja foi praticamente igual a do pão sem soja. O pão com 7% de farinha de soja sofreu uma pequena queda no volume, mas ainda manteve boa qualidade.

2 - Avaliação sensorial do pão

Os resultados da avaliação sensorial no teste de ordenação para preferencia (Tabela de Kramer), mostraram que os pães com 0%, 5% e 7% de farinha de soja não apresentaram diferenças significativas entre si.

A análise da variância do Quadrado Latino com 2 repetições (quadro 19), também mostrou o mesmo resultado, isto é, não houve diferença significativa, ao nível de 5%, entre os

QUADRO 18

Efeito da Adição da Farinha de Soja à Farinha de Trigo 78% de Extração na Qualidade do Pão
Tipo Francês

| Farinha de Soja (%) | CARACTERÍSTICAS EXTERNAS | | | | | | CARACTERÍSTICAS INTERNAS | | | | | | AROMA E GOSTO | CONTAGEM TOTAL |
|---------------------|---|---------------|--------|----------|---------------|-----------|--------------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|---------------|----------------|
| | VOLUME ESP. (cm ³ /g x 3,33) | COR DA CROSTA | QUEBRA | SIMETRIA | CARAC. CROSTA | COR MIOLO | EST. CEL. MIOLO | TEXTURA MIOLO | AROMA | GOSTO | AROMA | GOSTO | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 20.0 | 10.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 15.0 | 100.0 | |
| 5 | 19.2 | 8.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 7.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 7.0 | 12.0 | 81.2 | | |
| 7 | 18.7 | 9.0 | 4.0 | 4.5 | 4.0 | 6.0 | 7.5 | 8.0 | 8.0 | 7.0 | 12.0 | 80.7 | | |
| | 15.5 | 8.5 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 6.0 | 7.5 | 8.0 | 8.0 | 7.0 | 12.0 | 76.5 | | |



FIGURA 23 - Características Externas do Pão Tipo Francês nos Níveis de 0 , 5 e 7% de Farinha de Soja Desengordurada.



FIGURA 24 - Características Internas do Pão Tipo Francês nos Níveis de 0 , 5 e 7% de Farinha de Soja Desengordurada.

QUADRO 19

Análise de Variância

| Características de Variação | Graus de Liberdade | Soma dos Quadrados | Média dos Quadrados | Valor de F | Valor Crítico | Significância |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------|---------------|---------------|
| Linhas | 2 | 0.051512 | 0.025756 | 0.987245 | 6.94 | n.s. * |
| Interação Linha x Repetição | 2 | 0.218177 | 0.1090885 | 4.181438 | 6.94 | n.s. * |
| Colunas | 2 | 0.006345 | 0.0031725 | 0.121604 | 6.94 | n.s. * |
| Interação Colunas x Repetição | 2 | 0.028011 | 0.0140055 | 0.536841 | 6.94 | n.s. * |
| Tratamentos | 2 | 0.265678 | 0.132839 | 5.091812 | 6.94 | n.s. * |
| Interação Tratamentos x Repetição | 2 | 0.146678 | 0.073339 | 2.811135 | 6.94 | n.s. * |
| Repetição | 1 | 0.188089 | 0.188089 | 7.209583 | 7.71 | n.s. * |
| Resíduo | 4 | 0.104355 | 0.02608875 | | | |
| TOTAL | 17 | 1.008845 | | | | |

* n.s. = não significativo

tratamentos.

As médias alcançadas na escala pré-estabelecida mostraram que a maior média foi a do tratamento com 7% (7,59), seguida pelas amostras com 0% (7,52) e 5% (7,30).

Concluiu-se portanto que a adição de 5 e 7% de farinha de soja, não afetou a preferência do pão tipo francês produzido nesse trabalho.

H - IMPORTÂNCIA DO USO DA FARINHA DESENGORDURADA DE SOJA NO PÃO

A adição de farinha de soja desengordurada no pão pode resultar numa série de vantagens do ponto de vista econômico e nutricional como a diminuição dos gastos na importação de trigo, a redução do custo da proteína ingerida, e propiciando ainda a melhora do valor nutricional do pão. Além disso, pesquisas recentes (19) mostraram que o aumento do teor de fibra dos alimentos, tem importância na saúde humana, o que poderia ser obtido com a adição de farinha de soja à farinha de trigo na produção do pão.

1 - Economia nas importações de trigo

Apesar da produção nacional de trigo ter aumentado de 220 mil toneladas em 1965 para aproximadamente 3 milhões em 1976 (quadro 20), a importação desse cereal foi também aumentada de 2 milhões de toneladas para cerca de 3 milhões, nesse mesmo período. A quantidade de trigo importado, sua procedência e ano são apresentados no quadro 21.

O aumento da produção e da importação do trigo

QUADRO 20

Produção Nacional de Trigo nas Unidades Federativas de 1965 à 1976 (6)

| Unidade Federativa | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| RS | 206.497 | 268.548 | 308.982 | 566.638 | 960.045 | 1.511.567 | 1.743.837 | 567.253 | 1.406.114 | 1.643.769 | 1.099.677 | 1.635.114 |
| PR | 6.028 | 14.448 | 35.729 | 87.497 | 138.146 | 172.204 | 239.416 | 92.076 | 457.651 | 999.549 | 435.150 | 1.125.401 |
| SC | 9.051 | 15.465 | 20.043 | 37.236 | 40.478 | 35.579 | 23.096 | 9.230 | 9.377 | 29.851 | 16.841 | 12.083 |
| SP | - | 62 | - | 1.392 | 5.225 | 12.491 | 23.580 | 18.938 | 54.754 | 123.555 | 23.669 | 164.760 |
| MT | - | - | 116 | 741 | 1.525 | 3.131 | 4.388 | 6.317 | 8.642 | 17.123 | 8.017 | 26.357 |
| GO | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| DF | - | - | - | 94 | - | - | - | - | - | - | 10 | 16 |
| MG | - | - | - | - | - | - | - | - | 4 | - | - | 1.068 |
| TOTAL | 221.576 | 298.523 | 364.870 | 693.598 | 1.146.319 | 1.734.972 | 2.034.317 | 693.814 | 1.936.542 | 2.183.847 | 1.583.054 | 2.965.339 |
| Reserva para Semente | 30.685 | 29.076 | 47.661 | 71.911 | 117.155 | 166.159 | 225.051 | 152.468 | 219.351 | 287.568 | 344.182 | 472.890 |
| Parcela Comercializável | 190.890 | 269.447 | 317.209 | 621.687 | 1.029.164 | 1.568.813 | 1.809.266 | 541.346 | 1.717.191 | 2.526.279 | 1.238.772 | 2.492.449 |

QUADRO 21

Quantidade em Toneladas de Trigo Importado, Procedência e Ano de Importação (41)

| PROCEDENCIA | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Argentina | 1.291.600 | 1.060.000 | 650.000 | 1.064.000 | 1.000.000 | 1.012.154 | 150.000 | 1.000.000 | 926.000 | 80.000 | 140.000 | 655.000 |
| Austrália | - | - | 200.000 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Bulgária | - | 80.000 | 160.000 | 135.000 | 100.000 | - | 60.000 | 60.000 | - | - | - | - |
| Canadá | - | - | - | - | - | 300.000 | 400.000 | 300.000 | 400.000 | 1.300.000 | 300.000 | 1.060.000 |
| Espanha | - | - | 100.000 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Estados Unidos | 270.000 | 785.453 | 650.000 | 470.000 | 435.000 | 518.000 | 530.000 | 640.000 | 1.685.000 | 785.000 | 1.810.000 | 1.408.000 |
| Idem PL-480 | 250.000 | 421.900 | 498.000 | 448.000 | 449.600 | 100.000 | 287.000 | - | - | - | - | - |
| França | - | - | - | 150.000 | - | - | - | - | - | - | - | 60.000 |
| Hungria | - | 30.000 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| México | - | - | 60.000 | - | 35.000 | - | - | - | - | - | - | - |
| Rúmenia | - | - | 55.000 | - | 117.000 | - | - | - | - | - | - | - |
| U.R.S.S. | - | - | 50.000 | 80.000 | 100.000 | - | - | - | - | - | - | - |
| Uruguai | 90.000 | 90.000 | 10.000 | 70.000 | - | - | 100.000 | - | - | - | 50.000 | - |
| TOTAL | 1.901.600 | 2.467.353 | 2.433.000 | 2.417.000 | 2.236.600 | 1.930.154 | 1.527.000 | 2.000.000 | 3.011.133 | 2.165.000 | 2.300.000 | 3.183.000 |

no decorrer dos anos, mostra que o consumo foi praticamente triplicado em 11 anos (figura 25). Entretanto é previsto que essa mesma tendência em relação ao aumento do consumo, deva continuar nos próximos anos. Como pode ser observado, o aumento da produção de trigo tem sido inferior ao seu consumo, o que tem acarretado o aumento das importações.

O preço do trigo importado aumentou principalmente após o ano de 1973 (quadro 22). O custo total do trigo importado no ano de 1965 foi de quase 113 milhões de dólares e em 1976 foi de cerca de 462 milhões de dólares.

Em 1976, o Brasil consumiu cerca de 5,6 milhões de toneladas de trigo e com a adição de 5% de farinha de soja desengordurada no pão, haveria uma redução de cerca de 280 mil toneladas de trigo importado. Ao preço de 145 dólares a tonelada do trigo em 1976, a referida adição traria uma economia de divisas superior a 40 milhões de dólares.

2 - Redução do custo da proteína ingerida

A composição química do leite e da carne de vaca, do ovo, farinha de trigo, farinha de soja desengordurada, pão francês e do feijão, está apresentado no quadro 23. O preço aproximado e o custo do quilo da proteína dos produtos acima relacionados são mostrados no quadro 24. O preço calculado do quilo da proteína de ovo foi o mais elevado, seguido pelo preço do quilo da carne de vaca. Em contraste, o quilo da proteína de soja é o menor e cerca de 10% do preço das referidas proteínas.

O uso de 5% de farinha de soja no pão representa

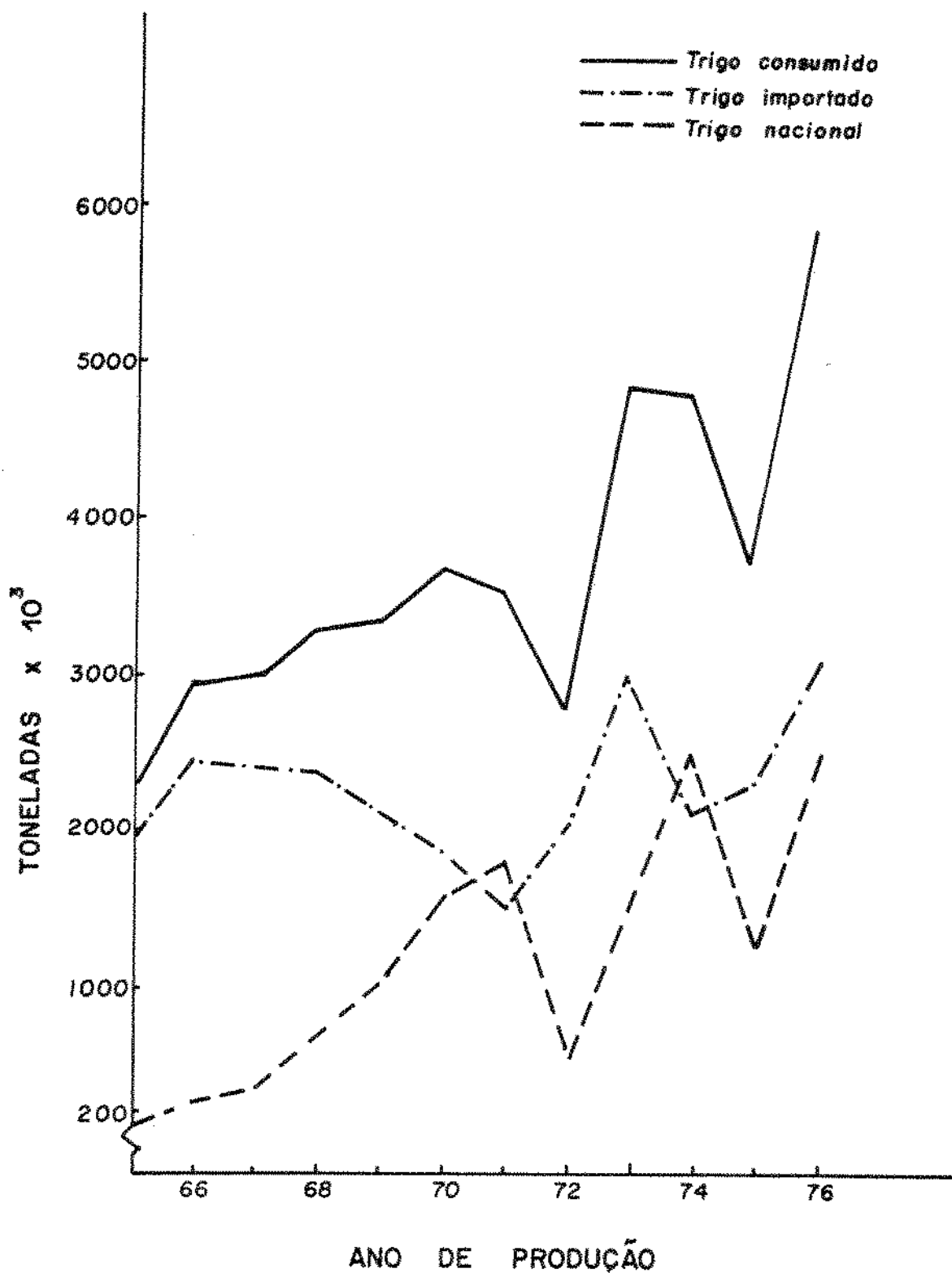


FIGURA 25 - Quantidade em Toneladas de Trigo Importado, Nacional e Consumido no Período de 1966 a 1976.

QUADRO 22

Quantidade, Preço Médio por Tonelada e Custo Anual do Trigo Importado de 1965 à 1976 (7)

| A N O | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 | 1970 |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Importação -Tonelada- | 1.901.600 | 2.467.353 | 2.433.000 | 2.417.000 | 2.236.600 | 1.930.154 |
| Preço Médio -US\$/t. (FOB) | 59,54 | 55,39 | 62,53 | 57,96 | 56,97 | 53,43 |
| Preço Total -US\$ x 1000- | 113.221 | 136.677 | 151.135 | 140.089 | 127.419 | 103.128 |

| A N O | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Importação -Tonelada- | 1.527.000 | 2.000.000 | 3.011.133 | 2.165.000 | 2.300.000 | 3.183.000 |
| Preço Médio -US\$/t. (FOB) | 62,46 | 69,32 | 123,99 | 193,41 | 154,65 | 145,39 |
| Preço Total -US\$ x 1000- | 953.764 | 138.640 | 373.351 | 418.732 | 355.697 | 462.776 |

QUADRO 23

Composição Química de alguns Alimentos em 100 Gramas da Porção Comestível (105)

| | Leite | Carne | Ovo | Farinha de Trigo | Farinha Deseng. de Soja (1) | Pão Francês | Feijão |
|-----------------------|-------|-------|------|------------------|-----------------------------|-------------|--------|
| Água -g- | 87.0 | 69.7 | 74.0 | 12.9 | 9.2 | 35.5 | 11.5 |
| Proteína -g- | 3.5 | 21.1 | 12.8 | 11.5 | 50.4 | 8.1 | 21.4 |
| Gordura -g- | 3.9 | 8.2 | 11.5 | 1.6 | 0.5 | 2.7 | 1.6 |
| Carboidrato Total -g- | 4.9 | 0 | 0.7 | 72.5 | 27.1 | 52.0 | 61.6 |
| Fibra -g- | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 8.34 | 0.2 | 4.0 |
| Cinza -g- | 0.7 | - | 1.0 | 0.6 | 6.27 | 1.7 | 3.9 |
| Cálcio -mg- | 118 | 12 | 54 | 16 | 265 | 24 | 163 |
| Fósforo -mg- | 93 | 196 | 210 | 87 | 623 | 71 | 437 |
| Ferro -mg- | 0.1 | 3.2 | 2.7 | 0.8 | 13.0 | 0.7 | 6.9 |
| Vitamina A -UI- | 160 | 20 | 1140 | 0 | 70 | 0 | 0 |
| Tiamina -mg- | 0.04 | 0.09 | 0.10 | 0.06 | 1.10 | 0.05 | 0.67 |
| Riboflavina -mg- | 0.17 | 0.19 | 0.29 | 0.05 | 0.35 | 0.06 | 0.23 |
| Niacina -mg- | 0.1 | - | 0.1 | 0.9 | 2.9 | 0.9 | 2.2 |

(1) Tabela 1.

QUADRO 24

Teor Proteico, Preço e Preço do Quilo de Proteína de Alguns Alimentos

| | TEOR PROTEICO - % - | PREÇO * -Cr\$- | PREÇO/QUILO DE PROTEINA -Cr\$- |
|-----------------------------------|---------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| Ovo | 12.8 | 10,00/dúzia | 129,70 |
| Carne | 21.1 | 24,00/quilo | 113,70 |
| Leite | 3.5 | 3,70/litro | 105,70 |
| Feijão | 21.4 | 18,00/quilo | 84,10 |
| Pão Francês | 11.5 | 6,00/quilo | 54,10 |
| Farinha de Trigo | 11.5 | 3,00/quilo | 26,10 |
| Farinha de Soja Desengordurada | 50.4 | 6,00/quilo | 11,90 |

* Os preços citados são valores aproximados obtidos em junho de 1977.

ria cerca de 220 mil toneladas de farinha de soja, o que tornaria disponível para consumo humano aproximadamente 110 mil toneladas de proteínas, considerando que a farinha de soja desengordurada tem aproximadamente 50% de proteínas.

O custo da proteína de soja, para 110 mil toneladas, com base no preço de 11,90 por quilo, é da ordem de 1,3 bilhões de cruzeiros, enquanto que a mesma quantidade de proteína de carne de vaca custaria cerca de 12,5 bilhões de cruzeiros, ou seja aproximadamente 10 vezes mais. Portanto o uso da farinha de soja no pão, pode oferecer uma proteína de menor preço, em comparação com outras fontes proteicas.

3 - Aumento do valor nutritivo do pão

Desde 1941 já era reconhecida a deficiência do pão em lisina e em outros aminoácidos presentes em baixa quantidade nas proteínas de trigo. Para melhorar a qualidade nutricional do pão, nessa mesma época, foram publicados alguns trabalhos sobre a adição de farinha de soja no pão (35, 37, 92). Em 1974, as farinhas de soja e derivados foram novamente apontadas como as mais promissoras para uso em panificação, em relação a outras fontes ricas em proteínas (85).

Como apresentado no quadro 25, a adição de 5 e 7% de farinha desengordurada de soja, segundos dados desse trabalho, aumentou o conteúdo proteico da farinha de trigo de 16,9 e 23,6%, respectivamente.

A melhora nutricional obtida pelo uso da farinha de soja na panificação, tem sido confirmada por vários trabalhos, como a pesquisa realizada com crianças em idade escolar

QUADRO 25

Composição Química da Farinha de Trigo 78% de Extração, Farinha Desengordurada de Soja e Misturas de Farinha de Trigo com 5 e 7% da Farinha de Soja

| | Farinha de Trigo 78% de Extração | Farinha Deseng. de Soja | Mistura 5% Farinha Soja | Mistura 7% Farinha Soja |
|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Gordura | 1.60 | 0.54 | 1.55 | 1.53 |
| Proteína | 11.51 | 50.44 | 13.46 | 14.23 |
| Carboidrato (por Diferença) | 72.5 | 27.17 | 70.23 | 69.33 |
| Cinza | 0.64 | 6.27 | 0.92 | 1.03 |
| Fibra | 0.81 | 8.34 | 6.20 | 1.34 |

no Haiti (45). Essa melhora nutricional tem sido atribuída ao aumento do conteúdo de proteína e de lisina do pão com soja (13, 32, 38, 86). Tendo em vista a importância do aumento de lisina na qualidade das proteínas dos cereais, foram (36, 40) examinados possíveis alimentos que pudessem suprir essa deficiência. Devido ao alto teor em lisina da soja e da maior proporção de aminoácidos sulfurados do trigo, concluiu-se que o trigo e a soja eram suplementares. A lisina e a valina são considerados os primeiros aminoácidos limitantes das proteínas de trigo e como a soja é relativamente rica nesses dois aminoácidos, seu uso no pão tem sido perfeitamente justificado (36).

Através de análises do valor nutritivo de pães fortificados com lisina, foi observado um aumento linear do PER com o aumento de lisina do pão. Os valores do PER foram proporcionais ao conteúdo de lisina até 4,7 e 5,3 g. de lisina/16 g. de nitrogenio, quando 85 e 60% das proteínas foram fornecidas pelo trigo, respectivamente (39). Outros autores (107) mostraram que o pão fortificado com 12% de farinha de soja desengordurada apresentou o PER igual a 1,95, enquanto que o pão sem fortificação o PER foi de 1,0.

A farinha de soja desengordurada apresenta alto teor em sais minerais e vitaminas (quadro 23). Seu conteúdo de cálcio, fósforo, ferro, tiamina, riboflavina e niacina é superior aos encontrados no leite, carne e ovo. Portanto a adição de farinha de soja à farinha de trigo aumenta o teor de sais minerais do pão, e também pode aumentar seu teor vitamínico. Como apresentado no quadro 25, o conteúdo de cinzas aumentou de

43,0 a 60,9% nas misturas contendo 5 e 7% de farinha de soja desengordurada, respectivamente.

4 - Aumento do conteúdo de fibra no pão

A farinha de soja desengordurada tem o teor de fibras superior ao encontrado nas farinhas de trigo. A farinha de trigo 78% de extração usada nesse estudo teve 0,81% em fibras e a farinha de soja 8,34%.

Pesquisas recentes tem mostrado que o aumento do teor de fibras dos alimentos tem importância na saúde humana (19). A fibra é um componente dos alimentos, que tem sido esquecido, devido ao seu insignificante valor nutricional. Entretanto a fibra é o único componente celular que não é digerido, na sua maior parte, no intestino delgado alcançando o intestino grosso, onde exerce a função de retenção de água. É atribuído que a hemicelulose da fibra tem marcante capacidade de absorção. Foi verificado um relacionamento direto entre o tamanho e a maciez da massa intestinal e a quantidade de fibra consumida, e uma relação inversa entre a fibra consumida e o tempo de trânsito intestinal e a prevalência de doenças como apendicite, hernia "hiatus", varicose e hemorroidas. Burkitt (19) concluiu que dietas com baixo teor em fibras é um dos mais importantes fatores que contribuem para causar o câncer do reto e do colo do intestino.

Utilizando dietas com alto teor em polissacarídeos e baixo teor em gorduras e grandes quantidades de fibras, foi possível numerosos pacientes diabéticos deixarem de usar a insulina (5).

A adição de 5% de farinha de soja desengordurada na farinha de trigo, poderia resultar no aumento do conteúdo - de fibras de 0,81% a 1,2%, que é equivalente ao aumento de aproximadamente 48% do teor de fibra da farinha de trigo.

V. CONCLUSÕES

A substituição de farinhas de trigo de 72 e 78% de extração por 5, 10, 15 e 20% de farinha de soja desengordurada diminuiu ligeiramente a viscosidade máxima, a viscosidade mínima a temperatura constante e a viscosidade máxima no ciclo de resfriamento. O decréscimo da viscosidade máxima com o aumento do nível de farinha de soja na mistura foi devido a diluição do amido e não ao aumento do conteúdo de alfa-amilase. Assim o padrão de viscosidade de Pratt (79) baseado no conteúdo de alfa amilase presente na farinha, não deve ser usado para farinhas mistas com soja.

A absorção de água da massa aumentou nos Sistema Farinha Água (SFA) e no Sistema Farinha Água Ingredientes (SFAI). A farinha de soja tem maior absorção de água específica em relação à farinha de trigo, o que explica o aumento da absorção de água com o uso de maiores níveis de farinha de soja na massa. Enquanto a absorção específica de água da farinha de trigo foi diminuída na presença dos ingredientes, a da farinha de soja aumentou.

O aumento do tempo de chegada e de desenvolvimento da massa nos dois sistemas estudados, pode ser atribuído ao aumento da qualidade de proteínas presentes na massa. Os maiores valores do tempo de desenvolvimento indicaram que a farinha de soja aumentou a energia de mistura necessária para desenvolver a estrutura da rede do gluten. O tempo de quebra apresentou uma redução gradual, que foi também atribuída ao efeito enfra-

quecedor na rede do gluten.

E extensibilidade da massa decresceu nos dois sistemas estudados. Entretanto a presença dos ingredientes usa dos na panificação reduziu definitivamente a extensibilidade da massa. A resistência à extensão, na presença dos ingredien- tes, mostrou uma tendência diferente daquela obtida no SFA, on de foi notado o aumento da resistência à extensão com o aumento do tempo de descanso. Os ingredientes usados na produção do pão mostraram um efeito acentuado no número proporcional, vis- to que na ausência dos mesmos, o número proporcional, no caso da farinha de trigo 72% de extração, aumentou com o tempo de descanso e com o nível de farinha de soja. Isso indicou que o- correu um aumento de ligações na rede de proteínas do gluten. Por outro lado, o número proporcional na presença dos ingre- dientes aumentou até o tempo de descanso de 90 minutos e até o nível de 10% de farinha de soja para a farinha 72% de extra- ção e até 5% para a 78% de extração. Teores maiores que esses, causaram a deterioração da rede do gluten. A área total dimi- nuuiu com o aumento da farinha de soja na massa e com o tempo - de descanso. Isso mostrou que a farinha de soja tem efeito de diluição do gluten, como indicado pela queda brusca de seus valores.

Pelo teste de panificação, concluiu-se que a qua- lidade do pão de farinha de trigo de 72% de extração (escore de volume de 15,0) e do pão com 5% de farinha de soja (escore de volume de 14,0), foram similares. Por outro lado, a adição de 10,15 e 20% de farinha de soja no pão com farinha de trigo

72% de extração, causou um sério efeito deteriorativo na qualidade do mesmo. Para a farinha 78% de extração, foi obtida a mesma tendência, porém seu escore de qualidade foi pouco inferior ao da farinha 72%, comparando nos mesmos níveis de farinha de soja na massa. A adição de 5, 6, 7 e 8% de farinha de soja à farinha 78% de extração, mostrou que até 7%, o escore de qualidade do pão foi apenas 7 pontos inferior ao do pão sem soja. A adição de 0,5% de CSL mostrou uma melhora na qualidade dos pães contendo 5, 6, 7 e 8% de farinha de soja, em relação aos pães sem o referido aditivo. Essa melhora foi atribuída principalmente ao aumento do volume dos pães pela presença do CSL.

A qualidade do pão tipo francês produzido pelo processo "Chorleywood", com mistura de 5% de farinha de soja foi igual ao do padrão sem soja. O pão com 7% de farinha de soja sofreu uma pequena queda no volume, mas ainda manteve boa qualidade.

A adição de 5% de farinha de soja no pão poderia trazer ao país uma economia de divisas superior à 40 milhões de dólares. Devido ao baixo preço da farinha de soja e ao seu alto conteúdo de proteínas, sua adição no pão pode oferecer uma proteína de menor custo, em comparação com outras fontes proteicas. Outra vantagem que decorre dessa adição consiste na melhoria nutricional dos pães, pelo aumento do teor em lisina, deficiente na proteína do trigo. Além disso, a presença da farinha de soja no pão aumenta o teor de fibras da farinha de

trigo, o que tem sido recentemente mostrado ser de grande importância à saúde humana.

BIBLIOGRAFIA

1. ADLER, L. and POMERANZ, Y. Use of lecithin in production of bread containing defatted soy-flour supplement. J.Sci. Food Agriculture. 10:449-456 (1959).
2. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS; APROVED METHODS OF AACC. The Association : St.Paul, Minn. (1974).
3. AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY , OFFICIAL and TENTATIVE METHODS, 3rd ed., Methods Ba 10-65 (1970).
4. AMERINE, M.A. Principles of sensory evaluation of food . New York. Academic Press 602p. (1965).
5. ANDERSON, J.W. High Polysaccharide Diet Studies in Patients with Diabetes and Vascular Disease. Cereal Food World 22:12-14, 22 (1977).
6. ANTUNES, P.L., SGARBIERI, V.C. Algumas propriedades físico-químicas e nutricionais das proteínas da soja (Glycine max (L) Merrill). Tese de mestrado apresentada na Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola. UNICAMP (1974)
7. BANCO DO BRASIL S/A. Departamento Geral de Comercialização do Trigo Nacional CTRIN e CCLEF (1976).
8. BEAN, M.M., MECHAM, D.K., HAMAMOTO, M.M. and FELLERS, D.A. Status of high-protein bread flours for government purchase. Bakers Digest 48 (8):32-37 (1974).
9. BECKEL, A.C. and SMITH, A.K. Alcohol extraction improves soy flour flavor and color. Food Industries 16:616, 664 (1944).

10. BECKER, K.W. Processing of oil seeds to meal and protein flakes. J.Am. Oil Chemists'Soc. 48:299-304 (1971).
11. BEESON, K.C. The mineral composition of crops with special reference to the soil in which they were grown USDA Misc. Publ. 369.(1941)
12. BELTER, P.A. and SMITH, A.K. Protein denaturation in soy bean meal during processing. J.Amer. Oil Chemists'Soc. 29:170-174 (1952).
13. BENDER, A.E. Nutritive value of bread protein fortified with amino acids. Science 127-874 (1958).
14. BLOKSMA, A.H. Rheology and Chemistry of dough. Chapter 11 In: Wheat Chemistry and Technology. Ed. by Pomeranz Y. A, 2th edition AACC St.Paul, Minn. (1971).
15. BOHN, R.T. and FAVOR, H.H. Functional properties of soya flour as a bread ingredient Cereal Chemistry 22:296-311 (1945).
16. BOOKWALTER, G.N., KWOLEK, W.F., BLACK, L.T. and GRIFFIN, E. L.Jr. Corn meal-soy flour blends. Characteristics and food application. J.Food Sci. 36:1026-1032 (1971).
17. BOOKWALTER, G.N., MUSTAKAS, G.C., KWOLEK, W.T., Mc GHEE, J. E. and ALBRECHT, W.J. Full-fat soy flour extrusion cooked : Properties and food uses. J.Food Sci. 36:5 - 9 (1971).
18. BRACHFELD, B.A. and HETZEL, C.P. Sodium stearyl fumarate: further studies in bread. Cereal Sci. Today 13:11-13 (1968).

19. BURKITT, D. Food Fiber-Benefits from a Surgeon's Perspective. *Cereal Food World* 22:6-9 (1971).
20. BUSHUCK, W. Distribution of water in dough and bread. *Bakers'Digest* 40 (5), 38 (1966).
21. CAMPOS, J.E., and EL-DASH, A.A. O efeito da adição da farinha de tremço doce (*Lupinus albus*) nas propriedades reológicas da massa e na qualidade do pão. Tese de mestrado apresentada na Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola. UNICAMP (1977).
22. CARTTER, J.L. and HOPPER, T.H. Influence of variety, environment and fertility level on the chemical composition of soybean seed. *USDA Tech.Bull.* 787 (1942).
23. CASKEY, Jr. C.D. and KNAPP, F.C. Methods for detecting inadequately heated soybean extracts. *Arch. Biochem. Biophys.* 154:223-231 (1955).
24. COCHRAN, W.G. and COX, G.M. *Experimental designs* 2nd ed. Wiley, New York (1957).
25. CROSTON, C.B., SMITH, A.K. and COWAN, J.C. Measurement of urease activity in soybean oil meal. *J.Am.Oil Chemists' Soc.* 32:279-282 (1955).
26. DISER, G.M. Soy flour and soy grits as protein supplements for cereal products. *Proc. Conf. on Soybean Products for Protein in Human Foods* USDA, Peoria, Ill. p. 461 (1961).
27. EHLE, S.R. and JANSEN, G.R. Studies on bread supplemented with soy, non fat dry milk and lysine. *Food Technology* 19:129 (1965).

28. EL-DASH, A.A. An objective baking test using the farinograph and extensigraph. AACC 61 st annual meeting (Oct. 1976).
29. FINNEY, K. Loaf volume potencialities, buffering capacity and others baking properties of soy flour in blends with spring wheat flour. Cereal Chemistry 23:96-104 (1946).
30. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATION . Protein Requeriments FAO Nutrition Meeting Report n° 37 (1965).
31. GARNER, W.W., ALLARD, H.A. and FOUBERT, C.L. Oil content of seeds as affected by nutrition of plant. J.Agr.Ses. 3:227-249 (1914).
32. GUGGENHEIN, K. and NAOMI FRIDMAN. Effect of extraction rate of flour and of supplementation of soya meal on the nutritive value of bread proteins. Food Tech. 14:298 (1960).
33. HACKLER, L.R., HAND, D.B., STEINKRAUS, K.A. and VAN BUREN, J.B. A comparation of the nutritional value of protein from several soybean fractions. J.Nut.80:205-210 (1963).
34. HARRIS, P.L., QUAIFE, M.L. and SWANSON, W.J. Vitamin E content of foods J.Nut. 40:367-381 (1950).
35. HARRIS, R.S., CLARK, M. and LOCKHART, E.E. Nutritive value of bread containing soya flour and milk solids , Arch. Biochem. (1944).
36. HORAN, F.E. Wheat-soy blends : high-quality protein products. Cereal Sci.Today 18:11-14 (1973).

37. HOVE, E.L., CARPENTER, L.E. and HARREL, C.G. The nutritive quality of some plant proteins and the supplemental effect of some protein concentrates on patent flour and whole wheat. *Cereal Chemistry* 21:287-295 (1944).
38. HUTCHINSON, J.B., MORAN, T. and PACE, J. The nutritive value of bread protein as influenced by the level of protein intake, the level of supplementation with L-lysine and L-threonine and addition of egg and milk proteins. *Brit. J. Nutrition* 13:151 (1959).
39. JANSEN, G.R. and EHLE, S.R. Studies on bread supplementation with soy, non fat dry milk and lysine II Nutritive value. *Food Tech.* 19:133 (1965).
40. JONES, D.B. and DIVINE, J.P. The protein nutritional value of soybean, peanut and cottonseed flour and their values as supplements to wheat flour. *J. Nutrition* 41 (1944).
41. JUNTA DELIBERATIVA DO TRIGO DA SUNAB. Boletim anual 1976.
42. KAKADE, M.L., RACKIS, J.J., Mc GHEE, J.E. and PUSKI, G. Determination of trypsin inhibitor activity of soy products : A collaborative analyses of an improved procedure. *Cereal Chem.* 51:376-382 (1974).
43. KIM, J.C. and DE RUITER, D. Bakery products from composite flours. *Proceedings of the Fifth World Bread Congress*, 5:33-40 (1970).
44. KIM, J.C. and DE RUITER, D. Bread from non wheat flours, *Food Tech.* 22:55-66 (1968).

45. KING, K.W., SEBRELL, Jr., SEVERINGHANS, E.L. and STORVICK, W.O. Lysine fortification of bread fed to Haitian school children. *Am.J. Nutrition* 12, 36 (1963).
46. KROMER, G.W. U.S.Dep. Agr., Washington D.C. April 16-23 (1973).
47. KUNITZ, M. Crystalline soybean trypsin inhibitor II General properties, *J.Gen. Physiol.* 30:291-310 (1947).
48. KUNITZ, M. Crystallization of a trypsin inhibitor from soy bean. *Science* 101:668-699 (1945).
49. KUNITZ, M. Crystalline soybean trypsin inhibitor. I Method of isolation. *J.Gen. Physiol.* 29:149-154 (1946).
50. LEACH, H.W. In *Starch. Chemistry and Techonology. Vol.I* edited by Roy L. Wistler and Paschall E.F. Academic Press, New York (1965).
51. LIENER, I.E., and KAKADE, M.L. Protease inhibitors . In *Toxic Constituints of Plant Foodstuffs* by I.E. Liener (editor) Academic Press : New York (1969).
52. LIENER, I.E. and PALLANSCH, M.J. Purification of toxic substance from defatted soybean flour. *J.Biol.Chem.* 197 :29-36 (1952).
53. LIENER, I.E. The photometric determination of the hemagglutinating activity of soyin and crude soybean extracts. *Arch. Biochem. Biophys* 54:223-231 (1955).

54. LIENER, I.E. Toxic substances associated with seed proteins
In Gould, R.F. "World Protein Resourcer" , Washington
D.C. American Chemical Society 178-193 (1966).
55. MAC MASTERS, M.M., WOODRUFF, S. and KLAAS, H. Study on
soybean carbohydrates Ind. Eng. Chem. 13:471-474 (1941).
56. Mc. ANELLY, J.K. (SMITH and Co.) Method for producing a
soybean protein product and the resulting product. U.S.
Patent 3:142-571 (July 28) (1964).
57. MARKLEY, K.S. and GOSS, W.H. Soybean Chemistry and Techno
logy. Chemical Publishing Co. Brooklin N.Y. (1944).
58. MARNETT, L.F., TENNEY, R.Y. and BARRY, V.D. Methods of
producing soy-fortified breads Cereal Sci. Today 18:38-
43 (1973).
59. MARNETT, L.F. and TENNEY, R.Y. Calcium stearoyl 2-lacty-
late, a new and versatile baking ingredient. Bakers Di
gest 35:52-62 (1961).
60. MATTHEWS, R.H., SHARPE, E.J. and CLARK, W.M. The use of
some oilseed flours in bread. Cereal Chem.47:181 (1970).
61. MATZ, S.A. Bakery Technology and Engeneering, 2nd ed. AVI
Publishing Co. Westport Connecticut, USA (1972).
62. MEYER, E.W. Soybean flours and grits. Proc. SOS-70 Third
Int. Congr. Food Sci. Technol. Inst. Food Technol. Chi-
cago, Ill. 235-241 (1970).

63. MEYER, E.W. Soybean protein concentrates and isolates .
Proc. Inter. Conf. Soybean Protein Foods USDA-ARS 71-35
142-155 (1967).
64. MIZRAHI, S., ZIMMERMANN, G., BERK, Z. and COGAN, U. The use
of isolated soybean proteins in bread. Cereal Chem. 44
:193-203 (1967).
65. MOSHY, R.J. (General Foods Corp.) Process for treating soy
bean flour. U.S. Patent 3, 126, 286 Mar.24 (1964).
66. MUSTAKAS, G.C., ALBRECHT, W.J., BOOKWALTER, G.N., MCGHEE ,
J.E., KNOLEK, W.F. and GRIFFIN, E.L.Jr. Extruder-proces
sing to improve nutritional quality, flavor and keeping
quality of full-fat soy flour. Food Tech. 24:1290-1296
(1970).
67. MUSTAKAS, G.C., KIRK, L.D. and GRIFFIN, E.L.Jr. Flash de
solventizing deffated soybean meals washed with aqueous
alcohols to yield a high protein product. J.Amer. Oil
Chem. Soc. 39:222-226 (1962).
68. OFELT, C.W., SMITH, A.K. and DERGES, R.E. Baking behavior
and oxidation requeriments of soy flour I. Commercial
full-fat soy flours. Cereal Chem. 31:15 (1954).
69. OFELT, C.W., SMITH, A.K., EVANS, C.D. and MOSER, H.A. Soy
flour bread wins its place. Food Eng. (112) 145 - 149
(1952).
70. OFELT, C.W., SMITH, A.K. and MILLS, J.M. Baking behavior
and oxidation requeriments of soy flour II. Commercial
defatted soy flours. Cereal Chem. 31:23 (1954).

71. OFELT, C.W., SMITH, A.K. and MILLS, J.M. Effect of soy flour on amylograms. Cereal Chem. 32:48-52 (1955).
72. O'HARA, J.B. and SCHOEPFER, A.E. (A.E. Staley MFG., Co) Co₂ intercurrent extraction of vegetable material by a split-solvent process. U.S. Patent 3:207-744 (Sept.21)(1965).
73. OSBORNE, T.B., MENDEL, L.B. and FERRY, E.L. A method of expressing numerically the growth-promoting value of proteins. J.Biol. Chem. 37:223-229 (1922).
74. OSBORNE, T.B. and MENDEL, L.B. The use of soybean as food. J.Biol. Chem. 32:369 (1917).
75. POLLOCK, J.M. and GEDDS, W.F. Soy flour as a white bread ingredient. I. Preparation of raw and heat-treated soy flours and their effects on dough and bread. Cereal Chem. 37:19-29 (1960).
76. POMERANZ, Y. and SHELLENBERGER, J.A. Bread Science and Technology. The AVI Publishing Company, Inc. Westport-Conn. (1971).
77. POMERANZ, Y., SHOGREN, M.D. and FINNEY, K.L. Improving bread making properties with glicolipids I. Improving soy products with sucroesters. Cereal Chem. 46:503-511 (1969).
78. PYLER, E.Y. Baking Science and Technology. Vol. 1 e 2 Siebel Publishing Co. : Chicago, Ill. (1973).
79. PRATT, Jr.D.B. Criteria of flour quality, Chapter 5. In: Wheat Chemistry and Technology. Ed. by Pomeranz,Y.AACC St.Paul Minn. (1971).

80. PRINGLE, W. and WILLIAMS, A. Mechanically developed doughs from composite flours. Cereal Science Today 14:114-118 (1969).
81. RACKIS, J.J., ANDERSON, R.L., SASAME, H.A., SMITH, A.K. and VAN ETTEN, C.H. Amino acids in soybeans hulls and oil meal fractions. J.Agr. Food Chem. 9:409 (1961).
82. RACKIS, J.J., Mc GHEE, J.E. and BOOTH, A.N. Biological threshold levels of soybean trypsin inhibitors by rat bioassay. Cereal Chemistry 52:85-92 (1975).
83. RAKOSKY, J. Soy products as functional ingredients in food and industrial applications. Central Soya. Chemurgy Division. Chicago Illinois.
84. RANEY, W.L. and HORAN, F.E. A new protein solid for white bread. Bakers Digest 35 (1961).
85. RANHOTRA, G.S., LOEWE, R.J. and LEHMANN, T.A. Breadmaking characteristics of wheat flour fortified with various commercial soy protein products. Cereal Science Today 51:629-634 (1975).
86. ROSENBERG, H.R. and ROHDENBURG, E.L. The fortification of bread with lysine II. The nutritional value of fortified bread. Arch. Biochem. Biophys 37:461 (1952).
87. SAIO, K. and WATANABE, T. Observation of soybean foods under electron microscope. J.Food Sci. Technol. Jap. 15 :290-296 (1968).
88. SAIR, L. (The GRIFFITH Laboratories, Inc.) Proteinaceous soy composition and methods of preparing. U.S. Patent 2,88, 1076 (Apr. 7) (1959).

89. SANDSTEDT, R.M. and GATES, R.L. Raw starch digestion : a comparison of the raw starch digestion capacities of the amylase system from four alpha-amylase sources. Food Research 19:190 (1954).
90. SANDSTEDT, R.M. Photomicrographic Studies of Wheat Starch III. Enzymatic digestion and granule structure. Cereal Chemistry 32 (suppl) 17 (1955).
91. SHELLENBERGER, J.A. The status of high-protein bread. Bakers Digest 48 (4):32-35 (1974).
92. SILVA, B.B.da. A soja. Sua importância na alimentação . Seu emprego no pão. Secretaria de Agricultura , Indústria e Comércio do Estado de São Paulo. Diretoria de Publicidade Agrícola. 122 (1941).
93. SIPOS, E.F., TURROS, E. and WILLIAMS, L.D. Soy protein products for baked foods. Bakers Digest (2) : 29-38 ; 67 (1974).
94. SMITH, A.R. and CIRCLE, S.J. Soybeans : Chemistry and Technology Vol. I Proteins. The AVI Publication Company , Inc. 71, 209, 206, 226, 234, 312, 448 (1972).
95. SHUEY, W. Interpretation of the farinogram. The Farinograph Handbook. Ed. by William C. Shuey. AACC.
96. STREET, J.P. and BAILEY, E.M. Miscellaneous Flours in Baking Science and Technology Vol. I, 380 by E.J. Pyler Siebel Publishing Company, Chicago, Ill.
97. SULLIVAN, B. Proteins in flour. Review of physical characteristics of gluten and reactive groups involved in oxidation. J.Agr. Food Chem. 2:1231-1234 (1954).

98. THOMPSON, J.B. and BUDDEMEYER, B.D. Improvements of flour mixing characteristics by stearyl lactic acid salt. Cereal Chemistry 31:296-302 (1954).
99. TOMBS, M.P. Protein bodies of the soybean. Plant Physiol. 42:797-813 (1967).
100. TSEN, C.C. and HOOVER, W.J. High-protein bread from wheat flour fortified with full-fat flour. Cereal Chemistry 50:7-16 (1973).
101. TSEN, C.C., HOOVER, W.J. and PHILLIPS, D. The use of sodium stearyl 2- lactylate and calcium stearyl -2 lactylate for producing high-protein breads. Bakers Digest 45 (2) 20-23, 26-74 (1971).
102. TSEN, C.C. and TANG, R.T. K-State process for making high-proteins bread : I-Soy flour bread. Bakers Digest 45 (10) : 26-32 (1971).
103. TURRO, E.J. and SIPOS, E. Effects of various soy protein products on bread characteristics. Bakers Digest 42(6), 44 (1968).
104. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. World Agriculture Production Trade. October 1975.
105. WATT, B.K. and MERRIL, A.L. Composition of foods. Agriculture Handbook, n^o 8. Agr. Ser., U.S. Department of Agriculture, Washington. D.C. (1963).
106. WESFALL, R.J. and HAUGE, S.M. The nutritive quality and the trypsin inhibition of soybean flour heated at various temperatures. J.Nutr. 35:379-389 (1948).

107. WILDING, M.D., ALDEN, D.E. and RICE, E.E. Nutritive value and dietary properties of soy protein. *Cereal Chemistry*, 45:254-259 (1968).
108. WOLF, W.J. Chemical and physical properties of soybean proteins. *Bakers Digest* 43 (5), 34 (1969).
109. WOLF, W.J. and COWAN, J.C. Soybean as a food source. *Critical Rev. Food Technol.* 2:81-158 (1971).
110. WOLF, W. Processing soybean in protein products. *Bulletin -Association of Operative Millers* Oct. 3403-8 (1973).
111. YATSU, L.Y., JACKS, T.J. and HENSARLING, T.P. Isolation of spherosomes (oleosomes) from onion, cabbage and cottonseed tissues. *Plant Physiol.* 48:675-682 (1971).

Serviços Gráficos Executados pela:

FUNDAÇÃO TROPICAL DE PESQUISAS E TECNOLOGIA
Rua Latino Coelho, 1301 Tel: 41-7822 e 41-2079
Cx. Postal 1889 - 13.100 - Campinas SP.