

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS E AGRÍCOLA

*Este exemplar corresponde a redação final da tese  
defendida por Marcelo Silveira Campos e aprovada  
pela Comissão Julgadora em 17/02/86*

*Campinas, 17 de fevereiro de 1986*

*Ahmed El-Dash*

INFLUÊNCIA DA ENERGIA DE MICROONDAS  
NA QUALIDADE TECNOLÓGICA DE TRIGO

MARCELO SILVEIRA CAMPOS  
Engenheiro de Alimentos

Prof. Dr. AHMED A. EL-DASH  
Orientador

*03/86*

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

CAMPINAS

1985

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL

Aos meus pais e irmãs

À Ester e Lia.

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Ahmed A. El-Dash pela orientação, estímulo e amizade, possibilitando a realização desta tese.

À Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola da UNICAMP pelas facilidades concedidas para a realização deste trabalho.

Ao CTAA - EMBRAPA (R.J.) e aos funcionários do Departamento de Cereais pela colaboração prestada e o uso de seus laboratórios.

À FAPESP, CNPq e CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

Aos professores da área de Cereais, César Ciacco, Norma Mancilla, Yoon Chang e Celina Camargo pela colaboração e sugestões neste trabalho, bem como, aos demais professores da FEAA por seus ensinamentos.

Aos meus amigos Victoria Grossmann, Célia Franco, Eduardo San Martin, José Zazueta, Franz Salces, Fernando Martinez cujo incentivo, apoio e amizade tornaram possível a realização deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Tecnologia, especialmente à Marlene, Vilma, Natalina, Suzi, Cosme, Valdecir, Nilo e Carlos, pela amizade e colaboração.

À Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação (ABIA), pela doação das cópias deste trabalho.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

ÍNDICE GERAL

	Página
ÍNDICE DE TABELAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMO.....	xiii
SUMMARY.....	xv
I. INTRODUÇÃO.....	01
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	04
A. Qualidade tecnológica de trigo e farinha.....	04
1. Qualidade intrínseca do trigo.....	04
2. Influência do processamento na qualidade tecnol- lógica de trigo e farinha.....	06
a) Secagem e armazenamento.....	06
<i>i</i> ) Secagem.....	06
<i>ii</i> ) Armazenamento.....	07
b) Condicionamento.....	08
c) Moagem.....	09
d) Branqueamento.....	10
e) Maturação.....	11
B. Qualidade tecnológica induzida por energia de mi- croondas.....	11
1. Característica da energia de microondas.....	11
a) Propriedades de microondas.....	11
b) Efeito de microondas na estrutura molecular de materiais biológicos.....	14
2. Efeito de microondas na qualidade tecnológica de trigo e farinha.....	15

	Página
III. MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
A. Materiais.....	18
1. Matéria-prima.....	18
2. Reagentes.....	18
3. Aparelhos e equipamentos.....	18
B. Métodos experimentais.....	19
1. Tratamentos preliminares.....	19
a) Maceração do trigo.....	19
b) Secagem do trigo.....	19
2. Tratamento do trigo macerado por microondas...	20
a) Condicionamento.....	20
b) Tratamento por microondas.....	20
c) Secagem.....	21
d) Moagem.....	21
C. Métodos analíticos.....	22
1. Análises químicas.....	22
a) Umidade.....	22
b) Proteína.....	22
c) Gordura.....	22
d) Cinza.....	22
e) Fibra.....	23
2. Determinação de alfa-amilase.....	23
3. Determinação das propriedades de mistura da massa.....	24
4. Determinação das propriedades de extensão da massa.....	26
5. Determinação das características de fermenta- ção e cozimento da massa.....	27

	Página
a) Fermentação.....	27
b) Cozimento.....	28
6. Determinação da qualidade global por teste ins- trumental de panificação.....	29
a) Fórmula.....	29
b) Pesagem e moldagem da massa.....	30
c) Fermentação da massa.....	30
d) Tratamento térmico da massa.....	30
e) Avaliação da qualidade do pão.....	30
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
A. Efeito da umidade no teor de alfa-amilase do trigo	32
1. Efeito da alfa-amilase sobre a viscosidade máxi- ma da farinha de trigo.....	32
2. Efeito da maceração no conteúdo de alfa-amilase do trigo.....	33
a) Efeito do tempo de maceração no conteúdo de umidade do trigo.....	33
b) Efeito do tempo de maceração no conteúdo de alfa-amilase do trigo.....	38
B. Efeito da maceração sobre as propriedades tecnoló- gicas do trigo.....	38
1. Composição centesimal.....	38
2. Rendimento em farinha.....	42
3. Propriedades tecnológicas das farinhas.....	42
a) Propriedade de mistura.....	42
b) Propriedade de extensão.....	44
c) Viscosidade da farinha.....	47
d) Características de fermentação e cozimento..	50

	Página
<i>i</i> ) Fermentação.....	50
<i>ii</i> ) Cozimento.....	51
e) Qualidade global por teste instrumental de panificação.....	51
C. Efeito do tempo e umidade de tratamento por micro- ondas sobre as propriedades tecnológicas do trigo.	56
1. Temperatura do trigo após irradiação por micro- ondas.....	56
2. Rendimento em farinha.....	56
3. Composição centesimal da farinha produzida do trigo tratado por microondas.....	60
4. Atividade de alfa-amilase e viscosidade da fari <u>n</u> <u>h</u> a.....	60
5. Absorção de água e propriedade de mistura da mas <u>s</u> <u>a</u> .....	68
6. Propriedades de extensão da massa.....	76
7. Características de fermentação e cozimento da massa.....	89
<i>i</i> ) Fermentação.....	90
<i>ii</i> ) Cozimento .....	98
8. Qualidade tecnológica global da farinha.....	104
V. CONCLUSÕES.....	116
VI. BIBLIOGRAFIA.....	118

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
I - Efeito da alfa-amilase sobre a viscosidade máxima da farinha de trigo.....	34
II - Efeito do tempo de maceração no conteúdo de umidade do trigo.....	36
III - Efeito do tempo de maceração na viscosidade máxima da farinha.....	39
IV - Composição centesimal do trigo natural e macerado e de suas farinhas.....	41
V - Rendimento das frações da moagem de trigo natural e macerado.....	43
VI - Efeito da maceração sobre as propriedades de mistura da massa.....	45
VII - Efeito da maceração sobre as propriedades de extensão da massa.....	48
VIII - Efeito da maceração sobre as propriedades de pasta da farinha.....	49
IX - Efeito da maceração sobre as características de fermentação da massa.....	52
X - Efeito da maceração sobre as características de cozimento da massa.....	52
XI - Efeito da maceração sobre a qualidade do pão.....	53

XII - Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a temperatura.....	57
XIII. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre o rendimento em farinha.....	59
XIV - Composição centesimal da farinha de trigo irradiado por microondas.....	61
XV - Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre as características de pasta das farinhas.....	62
XVI - Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre as propriedades de mistura da massa	69
XVII - Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre as propriedades de extensão da massa, após 45 minutos de descanso.....	79
XVIII - Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre as propriedades de extensão da massa, após 90 minutos de descanso.....	80
XIX - Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre as propriedades de extensão da massa, após 135 minutos de descanso.....	81
XX - Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre as características de fermentação da massa.....	92
XXI - Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por	

microondas sobre as características de cozimento da massa.....	99
XXII - Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre os parâmetros das características externas e internas e aroma e gosto dos pães.....	106
XXIII- Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a qualidade dos pães.....	108

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Efeito da alfa-amilase sobre a viscosidade máxima da farinha de trigo.....	35
2. Efeito do tempo de maceração no conteúdo de umidade do trigo.....	37
3. Efeito do tempo de maceração na viscosidade máxima da farinha.....	40
4. Efeito da maceração do trigo sobre as características dos farinogramas (a); extensígramas (b); viscoamilogramas (c); maturogramas (d) e nos perfís das curvas do oven-rise recorder (e).....	46
5. Efeito da maceração do trigo na qualidade do pão.....	54
6. Variação da temperatura dos grãos imediatamente após irradiação do trigo por microondas.....	58
7. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre as características dos viscoamilogramas.....	63
8. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a viscosidade máxima da farinha.....	64

9. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a viscosidade no ciclo de resfriamento (50°C).....	66
10. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a viscosidade mínima a temperatura constante (95°C).....	67
11. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a absorção de água da farinha.....	70
12. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre as características dos farinogramas.	71
13. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre o tempo de desenvolvimento máximo da massa.....	73
14. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a estabilidade da massa.....	74
15. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre o índice de tolerância da massa à mistura.....	75
16. Efeito do tempo e umidade do tratamento do trigo por microondas sobre a leitura do valorímetro.....	77

17. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre as características dos extensígramas após 135 minutos de descanso.....	82
18. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a extensibilidade da massa após 135 minutos de descanso.....	83
19. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a resistência à extensão da massa após 135 minutos de descanso .....	85
20. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a resistência máxima da massa após 135 minutos de descanso.....	86
21. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a energia da massa após 135 minutos de descanso.....	88
22. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre as características dos maturogramas.	93
23. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre o tempo de fermentação da massa.....	94
24. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a elasticidade da massa.....	95

25. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre o nível da massa.....	97
26. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre os perfis das curvas do oven-rise recorder.....	100
27. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre o volume da massa.....	101
28. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre o volume do pão.....	103
29. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre o volume específico do pão.....	107
30. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a característica externa do pão.....	110
31. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a característica interna do pão.....	111
32. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre aroma e gosto do pão.....	112
33. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a contagem total dos pontos de qualidade dos pães.....	113

34. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas na qualidade do pão.....	104
---	-----

## RESUMO

A presente pesquisa teve por objetivo estudar a viabilidade tecnológica do uso de microondas no tratamento de trigo, visando a inativação de alfa-amilase e avaliação dos efeitos provocados por esse tipo de tratamento sobre a qualidade tecnológica da farinha.

Trigo brasileiro (variedade BH 1146) sofreu um processo de maceração controlado, em água corrente a 30°C, de tal forma a apresentar um elevado nível de atividade de alfa-amilase, uma condição requerida para esta pesquisa.

O trigo, após maceração e secagem (40°C), foi então exposto a energia de microondas variando o tempo e umidade no tratamento. As umidades usadas foram de 15, 18 e 21% enquanto que o tempo foi de 180, 270 e 360 segundos de irradiação.

Diversos parâmetros que afetam a qualidade tecnológica foram estudadas de maneira a se estabelecer as condições favoráveis do processamento. Assim, foi estudado os efeitos da irradiação do trigo sobre as características das propriedades de mistura, pasta, extensão, fermentação, cozimento da massa e na qualidade tecnológica global da farinha.

A atividade de alfa-amilase foi reduzida, refletida pelo aumento de viscosidade máxima com o incremento do tempo e umidade de tratamento.

As amostras de trigo irradiadas por 180 segundos em todos os níveis de umidade pesquisados, apresentaram um aumento no tempo de desenvolvimento, estabilidade e tempo de saída enquanto que, índice de tolerância mecânica foi reduzido, indicando a for-

mação de uma massa mais estável e tolerante à mistura.

As amostras de trigo irradiadas por 180 segundos em todos os níveis de umidade pesquisados e por 270 segundos à 15% de umidade apresentavam um aumento na energia total necessária para esticar a massa até o ponto de ruptura, acompanhado por um decréscimo na extensibilidade e um aumento na resistência à extensão, juntamente com um aumento do número proporcional indicando um aumento de ligações na rede de proteínas do glúten com consequente melhora na qualidade das farinhas.

A irradiação do trigo com microondas por 180 segundos à 15,18 e 21% de umidade e por 270 segundos à 15% de umidade resultou numa melhora da qualidade do pão. Essas amostras além de mostrarem acréscimos de 3 a 20%, em relação ao padrão, na contagem total dos pontos de qualidade do pão, atingiram ainda, valores característicos de uma farinha com boa qualidade de panificação. Por outro lado, uma excessiva irradiação do trigo reduziu todos os parâmetros de qualidade do pão, resultando num produto muito inferior a aquele produzido com o controle.

## SUMMARY

The objective of the present work is to study the viability of the use of microwave radiation for inactivation of alpha-amylase in wheat and evaluate the effect of this treatment on the technological quality of the flour.

A sample of wheat variety BH 1146 was soaked in water at 30°C to increase its content of alpha-amylase and then dried at 40°C before being subjected to microwave radiation. Two variables were studied: treatment time (180, 270 and 360 seconds) and wheat moisture content (15, 18 and 21%). The effect of microwave treatment on flour rheological properties, fermentation, and oven-rise characteristics, as well as overall baking quality were studied. Microwave radiation of wheat reduced the activity of alpha-amylase, as evidenced by higher maximum viscosity; wheat treated for 180 seconds (at all levels of moisture content) showed an increase in dough development time, stability, and departure time, while tolerance index was reduced, indicating the formation of a more stable dough with a high degree of tolerance for mixing. The dough resistance to extension was increased, while the extensibility was reduced upon treatment with microwaves for 180 seconds at all moisture levels studied, as well as for 270 seconds at 15% moisture. This is indicative of an increase in the binding forces of the gluten molecules, with a consequent improvement in technological properties.

Treatment of wheat with 18% and 21% moisture content with microwaves for 180 seconds and of wheat with 15% moisture for 180 and 270 seconds was adequate to improve the overall technological quality of flour, as was evidenced by a 3 to 20% increase in bread quality.

## I - INTRODUÇÃO

O termo qualidade é utilizado em tecnologia de cereais com a finalidade de caracterizar uma dada farinha de trigo de modo a descrevê-la em termos de suas propriedades tecnológicas necessárias na elaboração de produtos finais específicos como pão, bolos, massas e bolachas.

O trigo contém em sua composição um determinado grupo de proteínas que possuem a propriedade de formar glúten e, é ele quem confere as propriedades físicas especiais que difere o trigo de outros cereais. Assim, quando água é adicionada à farinha de trigo e se faz a mistura, as proteínas insolúveis em água hidratam-se e formam o glúten, uma massa complexa e coesa, na qual amido e outros componentes da massa estão envolvidos. O glúten é na realidade o esqueleto ou estrutura da massa e é responsável pelas qualidades físicas de extensibilidade e de resistência à extensão e, que no processo de panificação permitem a retenção de gases e formação da estrutura necessária para obtenção de produtos finais específicos.

É geralmente aceito que a qualidade da farinha de trigo para um propósito particular dependa basicamente do conteúdo de proteínas e de suas propriedades reológicas. Entretanto, a qualidade tecnológica da farinha de trigo não está relacionada somente com as características físicas da rede de glúten mas também com os outros elementos constituintes da farinha assim como dos ingredientes usados no processo de panificação e é, na massa que as reações e interações de todos esses componentes determinam em última instância, a qualidade tecnológica global da farinha de trigo.

52

A qualidade do trigo e da farinha é influenciada pelo envolvimento de pelo menos dois grupos básicos de fatores:

1. Os que são inerentes ao trigo e são resultados de componentes genéticos característicos de cada variedade e de mudanças provocadas nas condições de crescimento da planta: fertilização, clima, doenças, etc.

2. Os efeitos provocados pelo processamento tanto do trigo quanto da farinha: secagem, armazenamento, moagem, uso de aditivos na panificação, etc.

No trigo brasileiro, a presença de dois desses fatores é acentuada: a farinha, de uma forma geral, apresenta qualidade tecnológica inferior à produzida de trigo importado e também contém alta quantidade da enzima alfa-amilase (EL-DASH, 15).

As alternativas mais usuais utilizadas na solução desses problemas apresentados pelo trigo nacional consistem na mistura adequada de trigo brasileiro com um trigo de elevada qualidade tecnológica antes da moagem, e no caso específico de alto teor de alfa-amilase usa-se o mesmo tipo de procedimento anterior, uma mistura adequada com trigo de baixo conteúdo de alfa-amilase ou quando a mistura por alguma razão é inviável, utiliza-se algum método de inativação enzimática, sendo o mais comum o emprego de vapor que, por ser um tratamento severo afeta a propriedade das proteínas do trigo de formar massa. Essas soluções não resolvem o aspecto básico e fundamental do trigo nacional que é a sua melhora intrínseca sob o ponto de vista de qualidade tecnológica.

Com a crescente utilização de microondas em processamento de alimentos e particularmente em tecnologia de cereais, o uso deste tipo de energia poderia ser uma tentativa de solu-

cionar os problemas que afligem o trigo brasileiro e que afetam a sua qualidade tecnológica.

O presente trabalho tem por objetivo estudar a viabilidade tecnológica do uso de microondas na inativação de alfa-amilase do trigo e avaliar os efeitos provocados por esse tipo de energia na qualidade tecnológica do trigo.

## II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### A. Qualidade tecnológica de trigo e farinha

Segundo PRATT (48), a qualidade de uma farinha é definida pela sua capacidade em produzir, de uma maneira uniforme, um produto final atrativo e com um custo competitivo nas condições impostas pelas unidades manufadoras do produto e, esta qualidade é usualmente representada por várias medidas e características que a experiência tem indicado como significante no uso final.

Os elementos básicos da qualidade da farinha de trigo são influenciados por inúmeros fatores, incluindo a variedade de trigo, condições de solo e clima onde se deu o crescimento e desenvolvimento do trigo e da composição química da farinha, entretanto, o processamento do trigo e/ou da farinha também pode exercer um efeito pronunciado nestes elementos (POMERANZ, 47; EL-DASH, 16).

PYLER (49) e PRATT (48) relatam os critérios gerais de qualidade requeridos para caracterizar uma farinha em termos de uso do produto final. Entretanto, PYLER (49) afirma que somente um teste experimental de panificação pode dar uma informação definida sobre a efetividade dos procedimentos requeridos para otimizar a performance de moagem e panificação.

#### 1. Qualidade intrínseca do trigo

Segundo POMERANZ (47), as qualidades da farinha de trigo desejáveis para produção de pão estão amplamente associadas com a quantidade e qualidade das proteínas do trigo. A qualidade

das proteínas é uma característica hereditária, enquanto que a quantidade de proteínas sofre influência dos fatores ambientais, sendo que o fator limitante na produção de proteínas do trigo parece ser a quantidade de nitrogênio disponível no solo, nos diferentes estágios de desenvolvimento da planta, enquanto que os fatores climáticos tais como: quantidade e distribuição sazonal de chuvas e temperatura tem um profundo efeito sobre a quantidade de proteínas e em alguns casos sobre as características dessas proteínas.

WILLIAMS e CORDEIRO (64) relatam efeitos similares provocados por fatores ambientais em trigo vermelho duro de primavera, tais como: geada, períodos alternados de chuva e seca, doenças por fungo, amadurecimento prematuro, baixa fertilidade do solo, temperaturas excessivamente altas e umidade deficiente durante a maturação do grão de trigo, que afetam as características do grão e sua subsequente performance durante e após o processamento industrial. Os principais fatores e seus efeitos na qualidade são os seguintes:

- a) geada: aumenta dureza, reduz rendimento de moagem e aumenta amido danificado.
- b) períodos alternados de chuva e seca: redução no teste de peso, pequena redução na dureza, possivelmente pequeno aumento no rendimento de moagem.
- c) calor excessivo durante a maturação: redução no rendimento de moagem, alto conteúdo de proteínas, possivelmente alguma desnaturação de proteína.
- d) chuva e condições úmido-quente: diminui dureza, pequeno aumento de rendimento de moagem, aumento de enzimas alfa-amilase e proteases.

e) baixo nível de nitrogênio no solo, frio na maturação: baixo conteúdo de proteínas, usualmente decresce a dureza, pequeno aumento no rendimento de moagem, baixa qualidade de panificação.

## 2. Influência do processamento na qualidade tecnológica de trigo e farinha

O controle do processamento do trigo e da farinha é um fator crítico que determina o efeito que sofrerá os elementos básicos de qualidade, afetando conseqüentemente a qualidade inerente que poderá ser melhorada ou prejudicada por este processamento.

### a) Secagem e armazenamento

#### 1) Secagem

O processo de secagem do trigo é uma operação muito delicada, pois uma secagem incorreta pode danificar a qualidade tecnológica da farinha a ser produzida, visto que altas temperaturas podem provocar sérias deteriorações na qualidade do glúten.

Segundo ZELENEY (62), a secagem dos grãos, imediatamente após a colheita, é o primeiro processamento recebido pelo trigo pois o conteúdo de umidade é um dos fatores que afeta a qualidade e tem importância econômica direta na comercialização do trigo.

Trigo com alto teor de umidade, pode ter seu metabolismo ativado resultando num processo de germinação com conseqüente aumento na produção e atividade de enzimas, entre elas, protea-

ses e principalmente alfa-amilase.

Segundo REDDY et al. (51), alfa-amilase é uma importante enzima que degrada amido no endosperma de grãos de cereais. Ela rompe as ligações glucosídicas  $\alpha$ -1,4 com produção de dextrinas e pequenas quantidades de maltose e glucose. A maltose e dextrinas são posteriormente degradadas por outras enzimas e os produtos formados dessas reações serão substratos e uma fonte de energia para o embrião durante a germinação.

Segundo KRUGER (33, 34), alfa-amilase nos grãos maduros ou é o resíduo da enzima formada durante a maturação ou é aquela sintetizada durante a germinação do grão de trigo. A extensão com que a enzima residual degrada o amido dos grãos depende do conteúdo da enzima que é específico do cultivar (DERERA et al., 11) e da atividade da enzima que está relacionada com o grau e extensão do umidecimento do grão.

Alfa-amilase é de considerável importância tecnológica em razão da sua função no processo de panificação (MARSTON e WANNAN, 43; PRATT, 48). Apesar da alfa-amilase ser um constituinte necessário da farinha usada na panificação, a sua presença em níveis excessivamente altos afeta adversamente as qualidades de moagem e panificação (LUKOW e BUSHUK, 38; IBRAHIM e D'APPOLONIA, 27; LORENZ et al., 36; TIPLESS et al., 61; MARSTON e WANNAN, 43; BLOKSMA, 5; GREENAWAY, 24).

#### ii) Armazenamento

Segundo FAN et al. (18), o armazenamento de grãos tem como objetivo básico a preservação da qualidade e a prevenção de perdas. Se o grãos é estocado sob condições impróprias, ele pode deteriorar pela ação incontrolada de microorganismos. Grãos de

cereais são substratos potenciais para o crescimento de microorganismos que utilizam os nutrientes presentes no grão para seu processo de crescimento e reprodução, sendo que a variedade e a quantidade desses microorganismos dependem do conteúdo de umidade e da temperatura dos grãos. O armazenamento é controlado pelas seguintes condições: conteúdo de umidade do grão, temperatura do grão, suprimento de oxigênio do ambiente de estocagem e das condições e sanidade dos grãos.

O fator mais importante no armazenamento é a umidade do grão pois é ele quem mais afeta o crescimento de microorganismos. Fungos comuns na estocagem crescem mais rapidamente à temperaturas entre 26 e 37°C e mais lentamente à baixas temperaturas (-1 e 4,5°C). A deterioração de grãos no armazenamento pode aumentar com a presença de muitos grãos quebrados ou danificados.

#### b) Condicionamento

O grão de trigo é tratado fisicamente antes da moagem, ele é preparado para produção de farinha ou semolina através de um processo conhecido como condicionamento. O condicionamento é normalmente realizado tratando o trigo com água, calor ou ambos por um dado tempo e a performance de moagem e a qualidade do produto final são controladas por esta redistribuição da umidade interna do grão (DOTY e BAKER, 12).

BRADBURY et al. citado por ZIEGLER e GREER (63), reviu os tipos de condicionamento: condicionamento frio é quando o ajustamento da umidade é feito à temperatura ambiente por um certo período de tempo; condicionamento morno envolve a alteração da umidade do grão à temperaturas que não excedem 46°C por um certo tempo; enquanto que condicionamento quente ocorre quando a tempe

ratura excede 46°C.

KENT-JONES (32), mostrou que condicionamento morno não afeta adversamente as características da farinha tais como: granulaco, cinza, protena e propriedade de panificaco. Temperatura acima de 46°C pode induzir mudanas fsicas ou bioqumicas que influenciam as caractersticas do produto final.

### c) Moagem

O processo de moagem do trigo tem como objetivo proporcionar a separaco do material do endosperma do restante do gro e concomitantemente reduo dos fragmentos de endosperma em farinha.

ZIEGLER e GREER (63) descreveram um processo de moagem por rolos que permite este tipo de separaco. Um sistema de quebra  usado para a separaco do endosperma, em seguida uma série de peneiras  usada para separaco de farelo e fragmentos de endosperma. Um sistema de reduo  usado para reduzir os fragmentos de endosperma em farinhas, seguido de uma série de peneiras para classificaco das partculas de acordo com o tamanho e pureza.

Desta maneira, cada fase da moagem, quebra ou reduo, produz diferentes fraoes de farinha e cada uma delas difere no contudo de protenas, cinzas, amido danificado, atividade enzimtica, absoro de gua, cor e subsequente na performance de panificaco (ZIEGLER e GREER, 63).

As propriedades tecnolgicas da farinha também so afetadas pelo grau de extrao, a medida que a quantidade de farinha extrada do gro de trigo aumenta, os contudos de protenas, lipdios, fibras e cinza aumentam, sendo que a qualidade de panificaco também  afetada.

ficação tende a cair quando o grau de extração excede a 80%, o volume do pão diminui, a textura e a estrutura do miolo tendem a tornar-se ásperas e grosseiras e a cor do miolo torna-se mais escuro (EL-DASH et al., 17).

#### d) Branqueamento

A cor da farinha de trigo reflete na aparência do pão e, sob o ponto de vista do consumidor, é um fator de qualidade da farinha.

A cor da farinha de trigo foi originalmente identificada como pigmentos "carotenos", na suposição de que o caroteno representasse o maior componente da pigmentação, entretanto, foi subsequêntemente mostrado que os pigmentos consistem de xantofilas, éster de xantofilas, carotenos, flavonas e produtos de de composição de clorofila, sendo que a xantofila representa o composto predominante destes grupos e os carotenos constituem em menos de 1,0% dos pigmentos (PYLER, 49). Estes pigmentos são prontamente oxidados a compostos menos coloridos por agentes branqueadores e mais lentamente pela exposição ao ar (FERRARI e BAILEY, 19).

O peróxido de benzoila é um agente químico com propriedade de remoção de cor, ele é transformado em ácido benzóico, liberando oxigênio que reage com os pigmentos naturais da farinha, entretanto a reação de peróxido de benzoila com a farinha é complexa, sendo que várias substâncias presentes na farinha podem reagir com oxigênio, competindo com a ação branqueadora do peróxido (PRATT, 48). ALEXANDER (2) trabalhando com temperatura entre 15 e 20°C, observou que 95 a 100% do branqueamento ocorreu em 24 horas, não havendo mudanças significativas após 48 horas.

### e) Maturação

É reconhecido que a performance da farinha melhora com o passar do tempo, entretanto, este processo para ocorrer naturalmente requer considerável tempo e pode variar com a temperatura de estocagem e tipos de trigo.

A natureza do processo de maturação é uma oxidação e, isto será relacionado com a performance da farinha pois envolve modificação de proteína. Este efeito pode ser reologicamente demonstrado pelo extensígrafo, a aplicação de compostos de maturação decresce a extensibilidade da massa e aumenta a resistência à extensão (PRATT, 48). Até 1962 o principal agente de maturação empregado foi o gás dióxido de cloro, a partir deste ano dois novos produtos foram aprovados em farinha, o azodicarbonamida (Maturrox) e peróxidos de acetona (Kectox). Estes compostos têm um efeito final similar ao gás dióxido de cloro, apesar de não estar bem estabelecido que suas ações sobre as proteínas é o mesmo que o gás (JOHNSON et al., 28).

## B. Qualidade tecnológica induzida por energia de microondas

### 1. Características da energia de microondas

#### a) Propriedades de microondas

O "Code of Federal Regulation" dos Estados Unidos define: "Radiação na frequência de rádio (incluindo frequências de microondas) pode ser seguramente usada para aquecimento de alimentos sob as seguintes condições:

a) A fonte de radiação consiste de um equipamento eletrônico pro

duzindo ondas de rádio, com frequências específicas para este propósito e autorizada pela "Federal Communications Commission".

- b) A radiação é usada ou aplicada para uso na produção de calor em alimentos, sempre que calor for necessário e efetivo no tratamento ou processamento de alimentos.

Microondas fazem parte do espectro eletromagnético entre as ondas de rádio e infravermelho e são geradas por meio de tubos de potência especiais chamados Magnetrons, Klystrons e Amplitons (TAPE, 60; SALE, 53). Microondas são ondas eletromagnéticas de baixo comprimento de ondas na faixa de 1 metro à 0,1 milímetros e com frequências entre 300 megaciclos por segundo e 3000 megaciclos por segundos (KALAFAT e KROGER, 29).

Pelo fato de microondas serem extensivamente utilizadas em comunicações, as frequências permitidas no uso industrial, científico e medicinal pela "Federal Communications Commission" de acordo com o "International Radio Regulations" de Geneva em 1959 são as seguintes: 915, 2450, 5800 e 22125 megaciclos por segundo, sendo que as frequências mais usadas em processamento de alimentos são de 915 e 2450 megaciclos por segundo (COPSON, 9; TAPE, 60).

Aquecimento convencional é feito por condução de energia da superfície do material para o seu interior, por outro lado, microondas possuem habilidade de penetração muito alta e geram calor uniformemente através da massa de materiais eletricamente não condutores (MINETT e WITT, 46; COPSON, 9; SCHIFFMANN, 54). Entretanto, o material que está sendo aquecido não tem gradiente de calor e sim, temperatura uniforme através de todo o material (LORENZ et al., 37; SCHIFFMANN, 54).

A energia de microondas emitida ao atingir um objeto é refletida, transmitida ou absorvida dependendo de diversos fatores tais como: coeficiente dielétrico, forma e teor de umidade do objeto em questão (SALE, 53). Assim, nem todas as substâncias podem ser aquecidas por esta energia, muitos materiais como plástico, vidro, papel, cerâmica e madeira transmitem microondas e não são aquecidas e por isso são usados como utensílios para cozimento e panificação, metais refletem microondas e não são aquecidos (LORENZ et al., 37; CHAMBERLAIN, 8).

Alimentos e líquidos absorvem a energia de microondas em diferentes graduações e esta é convertida em calor (SALE, 33). Materiais sólidos que são eletricamente neutros contêm arranjos moleculares que são eletricamente carregados e, quando tais sólidos são expostos à microondas as moléculas carregadas oscilam ou vibram e o calor é gerado pela fricção entre elas (CHAMBERLAIN, 8). O efeito do aquecimento é devido principalmente, à interação das ondas com moléculas polarizadas do material, ou a interação com íons livres. Moléculas dipolares quando submetidas a um campo eletromagnético apresentam uma rápida vibração, a energia envolvida nestas vibrações é liberada como calor e no caso de íons livres, eles são atraídos pelo campo elétrico e colidem com moléculas não ionizadas e destas colisões resultam calor (GOLDBLITH, 22; TAPE, 60; SCHIFFMANN, 54). Contudo, segundo CURNUTTE (10) no caso específico da água, microondas interagem com as cargas envolvidas na ligação de hidrogênio e são absorvidas.

Os fatores que influenciam um processamento por microondas dependem da composição, uniformidade, temperatura e forma do produto, do tipo de equipamento e frequência usada e de instalações auxiliares (TAPE, 60).

b) Efeito de microondas na estrutura molecular de materiais biológicos

Algumas formas de radiação são conhecidas por provocar certas mudanças bioquímicas e físicas no material sujeito ao tratamento pela radiação. Contudo, não foi ainda claramente estabelecido se radiação de microondas produz efeitos per se ou se os efeitos observado são meramente efeitos térmicos.

ROSEN (52), para estimar que tipo de radiação poderia quebrar ligações químicas, comparou as energias quânticas das radiações do espectro eletromagnético com as energias de algumas ligações químicas e concluiu que a energia quântica da radiação de microondas não é suficiente para quebrar ligações químicas ou para formar íons a radicais livres reativos em alimentos. GOLDBLITH et al. (23) mostrou que a destruição de tiamina por prolongada irradiação de microondas foi devida estritamente ao efeito térmico. TAKASHIMA (57), também mostrou que o efeito de radiações eletromagnéticas sobre macromoléculas biológicas foi devido ao efeito térmico. Por outro lado, WEBB mencionado por FUNG e CUNNINGHAM (21), estudou os efeitos de microondas sobre ácido deoxirribonucléico (DNA) e ácido ribonucléico (RNA) e encontrou que certas frequências têm efeitos específicos e que estes efeitos não foram devidos à mudança de temperatura. LAMBERT (35), mostrou, em revisão bibliográfica, os principais tipos de efeitos não térmicos provocados por radiação de microondas.

Algumas estruturas de materiais biológicos com extensivas ligações de hidrogênio podem ser afetadas por radiações eletromagnéticas de baixo valor de energia quântica (TAKASHIMA, 58). O delicado balanço de estruturas com extensivas ligações de hidrogênio, as quais determinam as funções de macromoléculas, são

possivelmente susceptíveis a distúrbios por microondas (ROSEN, 52).

Assim, glúten, um fator importante envolvido na qualidade de panificação e que é dependente de ligações de hidrogênio (KASARDA et al., 31) podem ser influenciados por microondas. DOTY e BAKER, 12; MACARTHUR e D'APPOLONIA, 39; AREF et al., 3; EDWARDS, 13; BAKER e DOTY, 4), mostraram que microondas podem modificar a qualidade tecnológica de trigo e/ou farinha de trigo, quando irradiadas por este tipo de energia.

## 2. Efeito de microondas na qualidade tecnológica de trigo e farinha

LORENZ et al. (37), afirmam que o processo de assar pão utilizando microondas requer menos tempo que o processo convencional. Eles utilizaram farinha de trigo integral e observaram que o tempo de cozimento que foi de 24 minutos no processo convencional diminuiu para 10 minutos no processo por microondas (2450 MHz, 2 KW) e também observaram que o tempo de fermentação da massa poderia ser diminuído obtendo assim um produto de melhor qualidade.

MANCILLA (40), estudou o efeito de microondas (2450 MHz, 1,3 KW) sobre o teor de nutrientes e na qualidade do pão e encontrou que os teores dos principais nutrientes não foram afetados pelo cozimento por microondas, porém, gosto, aroma e a cor da crosta do pão foram inferiores aos padrões de qualidade do pão convencional. Entretanto, quando empregou microondas seguido de aquecimento convencional (300°C por 5 min) diminuiu a etapa de cozimento do pão de 20 para 8 min, produzindo um pão com boa qualidade.

CHAMBERLAIN (8), trabalhou com farinha de trigo mole na produção de pão de forma, usando microondas (2450 e 896 MHz) com posterior tratamento térmico (4 até 8 min). Ele comparou os pães produzidos com farinha comercial pelo processo convencional e farinha comercial maltada (baixo teor de proteínas e alta atividade de alfa-amilase) pelo processo microondas/térmico, obtendo um volume específico de 3,8 mL/g e 4,1 mL/g respectivamente, concluindo que pode ser obtido pão com bom volume, usando microondas.

MACARTHUR e D'APPOLONIA (39), trataram farinha de trigo vermelho duro de primavera com microondas (2450 MHz, 625 W) e observou que a viscosidade máxima aumentou quando a farinha foi irradiada acima de 240 segundos. Eles também observaram que a absorção de água diminuiu e o tempo de desenvolvimento da massa aumentou quando o nível de irradiação aumentou, particularmente para as amostras submetidas a altos níveis de irradiação. A qualidade do pão foi melhorada após 90 segundos de tratamento e ligeiramente abaixo do controle aos 240 segundos; enquanto que tempos acima de 240 segundos reduziu drasticamente a qualidade do pão.

DOTY e BAKER (12), estudaram a influência de microondas no condicionamento de trigo, antes da moagem e processamento, sobre a qualidade da farinha e do pão. As amostras foram irradiadas com 15,5% de umidade (2450 MHz, 625 W). Os efeitos foram: 1) decréscimo do grau de extração; 2) aumento do teor de cinzas; 3) aumento da viscosidade máxima da farinha; 4) aumento da retrogradação; 5) decréscimo da atividade de  $\beta$ -amilase; 6) aumento da força da massa. Eles verificaram que os parâmetros de qualidade para a farinha e pão foram melhorados com 90 segundos, ligeiramente abaixo do controle aos 270 segundos e afetados adversamente após 270 segundos de condicionamento do trigo por microondas.

AREF et al. (3), encontrou que a exposição, por microondas (2450 MHz, 1,8 KW), de farinha com alta atividade de alfa-amilase por 60 segundos resultou em uma adequada inativação da enzima e que este nível de exposição não produziu efeitos significantes nas propriedades da massa medida pelo mixógrafo. Entretanto a absorção de água aumentou significativamente sugerindo que ocorreu algum distúrbio nas propriedades físicas da massa.

EDWARDS (13), observou que trigo e farinha tratados com microondas, tiveram a viscosidade máxima aumentada com o incremento do tempo de exposição. Entretanto, as amostras perderam a propriedade de formar massa com um tempo de exposição de 120 segundos, indicando uma desnaturação ou alteração das proteínas do glúten.

## III - MATERIAIS E MÉTODOS

## A. MATERIAIS

## 1. Matéria prima

Foi usada amostra de trigo nacional da variedade BH-1146, com baixa atividade de alfa-amilase, adquirido da Coordenação Assistência Técnica Integral (CATI) - Campinas - SP - em 1982.

## 2. Reagentes

A pureza dos reagentes usados para as análises químicas nesse estudo está de acordo com as especificações exigidas pelos métodos de análises.

## 3. Aparelhos e equipamentos

Os aparelhos e equipamentos utilizados estão relacionados abaixo:

- Moinho Quadromatic Senior Brabender
- Farinógrafo Brabender com misturador de capacidade de 300 g de farinha
- Viscoamilógrafo Brabender com cartucho de sensibilidade de 700 cmg
- Extensígrafo Brabender
- Maturógrafo Brabender

- Oven-Rise Recorder Brabender
- Determinador de umidade semi-automático Brabender
- Forno de microondas Kenmore (potência: 1,5 KW, frequência: 2450 MHz)
- Estufa com circulação forçada de ar Fanem
- Banho-maria de temperatura controlada Ética
- Forno Super Vulcão Siam Util
- Formas de estanho 2XX com as seguintes dimensões:
  - . Parte superior: 16,2 x 9,8 cm
  - . Parte inferior: 13,5 x 6,0 cm
  - . Altura : 4,2 cm
- Aparelho medidor de volume de pão
- Outros equipamentos e aparelhos comuns de laboratório

## B. Métodos experimentais

### 1. Tratamentos preliminares

#### a) Maceração do trigo

A amostra de trigo foi macerada em recipiente plástico com água corrente, mantendo-se a temperatura da água constante em  $30 \pm 1^\circ\text{C}$  e o tempo de maceração foi de 6 horas.

#### b) Secagem do trigo

A amostra de trigo foi colocada em bandejas de modo a formar uma camada de aproximadamente 3 cm, e levada à estufa com circulação forçada de ar à temperatura de  $40^\circ\text{C}$  e assim que a umidade atingiu valores de 10-13% foi retirada e embalada em saco

de polietileno. O trigo foi misturado diversas vezes para que a secagem fosse uniforme. O tempo de secagem foi de aproximadamente 72 horas.

## 2. Tratamento do trigo macerado por microondas

### a) Condicionamento

Amostras de trigo limpas foram condicionadas, com água destilada e a temperatura ambiente, à umidades de 15, 18 e 21%. A amostra com 15% de umidade foi condicionada 48 horas antes do tratamento por microondas e as amostras com 18 e 21% de umidade foram condicionadas em dois estágios. No primeiro, ambas as amostras foram condicionadas a uma umidade de 15% por 48 horas e no segundo estágio, até as umidades desejadas por 24 horas antes do tratamento por microondas. Foram condicionados 4 Kg de trigo macerado para cada umidade. A quantidade de água adicionada para cada caso foi assim calculada:

$$\text{mL H}_2\text{O} = \left( \frac{100 - H_0}{100 - H_1} - 1 \right) \times m$$

onde: m = gramas de material

$H_0$  = umidade inicial do material

$H_1$  = umidade final desejada

### b) Tratamento por microondas

A amostra de 15% de umidade foi colocada em sacos de polietileno da marca comercial "diamante 20", contendo 1 Kg em cada uma, de modo a se ter uma camada uniforme de 2,5 cm de es-

pe<sup>s</sup>sura. Em seguida elas foram colocadas, uma por vez, no interior do forno de microondas e sofreram um giro de 180° a cada metade do tempo de exposição, possibilitando assim, uma melhor distribuição de energia na amostra. O tempo de tratamento foi de 180, 270 e 360 segundos e a intensidade foi a máxima fornecida pelo aparelho (1,5 KW) e a frequência foi de 2450 megaciclos. A temperatura da amostra foi medida imediatamente após a irradiação. A amostra foi deixada à temperatura ambiente por 30 min antes da secagem. O mesmo procedimento ocorreu com as amostras de 18 e 21%.

#### c) Secagem

As amostras irradiadas foram colocadas em bandejas e levadas à estufa com circulação forçada de ar e temperatura de 40°C até que se atingiu valores de umidade de 10-13%. As amostras foram misturadas diversas vezes para que a secagem fosse uniforme. O tempo de secagem foi de aproximadamente 48 horas.

#### d) Moagem

As amostras foram moídas no Moinho Quadromatic Senior Brabender. A farinha de quebra (menor que 150 $\mu$ ) e de redução (menor que 195 e 150 $\mu$ ) foram completamente misturadas.

## C. Métodos analíticos

### 1. Análises químicas

#### a) Umidade

Para as amostras com teor de umidade inferior a 16% foi usado o método nº 45-15A da AACC (1) e para as amostras com teor de umidade superior a 16% foi usado o método nº 44-18 da AACC (1) de dois estágios. No primeiro, as amostras são colocadas em estufa à temperatura de 40°C até atingir a umidade igual ou inferior a 16%, no segundo, as amostras são tratadas por 1 hora à 130°C em estufa com ventilação forçada.

#### b) Proteína

Foi determinado pelo método de Kjeldahl, AACC nº 46-13 (1), usando o fator  $N \times 5,7$  para o cálculo da proteína total.

#### c) Gordura

Foi determinada pelo método nº 30-20 da AACC (1), utilizando-se a extração contínua com éter de petróleo, em aparelho Soxlet.

#### d) Cinza

O teor de cinza foi determinado através de calcinação das amostras a 600°C por 4 horas segundo método nº 08-01 da AACC (1).

## e) Fibra

Para esta análise usou-se o método de KAMER e GINKEL (30).

2. Determinação da atividade de  $\alpha$ -amilase

Esta determinação foi feita com o auxílio do viscoamilo-  
lôgrafo, segundo o método nº 22-10 da AACC (1). Em cada teste foi  
utilizado 100 gramas de farinha na base de 14% de umidade e 460  
mL de água destilada. A temperatura inicial de 25°C foi aumenta-  
da de 1,5°C por minuto até atingir a máxima de 95°C, permanecen-  
do constante nesta temperatura por 20 minutos. A seguir, a tempe-  
ratura começa a diminuir 1,5°C por minuto até a temperatura fi-  
nal de 30°C, este é o ciclo de resfriamento. A rotação foi de 75  
rpm.

Do amilograma foram obtidos os seguintes parâmetros:

*i.* Temperatura inicial de gelatinização

É a temperatura em °C correspondente ao ponto da curva onde inicia-se o aumento de viscosidade durante o ciclo de aquecimento.

*ii.* Temperatura de viscosidade máxima

É a temperatura em °C na qual a viscosidade tem seu va-  
lor máximo durante o ciclo de aquecimento.

*iii.* Viscosidade máxima

É o valor em unidades amilográficas (U.A.) onde a cur-  
va atinge o pico máximo durante o ciclo de aquecimento.

iv. Viscosidade mínima à temperatura constante de 95°C

É o valor mínimo da viscosidade em U.A. durante o ciclo de temperatura constante de 95°C.

v. Viscosidade no ciclo de resfriamento à temperatura de 50°C

É o valor da viscosidade em U.A. quando a temperatura atinge 50°C no ciclo de resfriamento.

### 3. Determinação das propriedades de mistura da massa

Foram determinadas no farinógrafo Brabender, pelo sistema farinha-água (SFA), de acordo com o método nº 54-21 da AACC (1), usando 300 gramas de farinha na base de 14% de umidade.

As características do farinograma analisados foram:

i. Absorção de água

É definida como a quantidade de água necessária para centralizar a curva do farinograma da massa na linha das 500 unidades farinográficas (U.F.).

ii. Tempo de chegada

É o tempo, em minutos, requerido para que a linha superior do gráfico atinja a linha de 500 unidades farinográficas (U.F.), após a adição de água.

iii. Tempo de desenvolvimento máximo da massa

É o tempo, em minutos, que a massa leva para atingir o ponto máximo da curva.

*iv.* Estabilidade da massa

É definida como a diferença de tempo relativo ao ponto onde o topo da curva intercepta a linha de 500 U.F. e o ponto onde o topo da curva deixa a linha de 500 U.F.

*v.* Tempo de saída

É o tempo, em minutos, obtido desde o início do teste até o topo da curva deixar a linha de 500 U.F.

*vi.* Índice de tolerância da massa à mistura

É a diferença, em U.F., entre o topo da curva no ponto de desenvolvimento máximo da massa e o topo da curva, medido 5 minutos após este desenvolvimento ter sido atingido.

*vii.* Queda após 20 minutos

É o valor, em U.F., obtido 20 minutos após o início da mistura, tomando-se por base a distância do meio da curva, até a linha de 500 U.F.

*viii.* Tempo de quebra

É o tempo decorrido, em minutos, desde o início da mistura até que o centro da curva atinja a linha de 470 U.F.

*ix.* Leitura do valorímetro

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

#### 4. Determinação das propriedades de extensão da massa

Foram determinadas no extensígrafo Brabender, de acordo com o método nº 54-10 da AACC (1), usando 300 gramas de farinha na base de 14% de umidade e 2% de NaCl (base de farinha). O tempo de mistura foi de 1 minuto, seguido de 5 minutos de descanso e mais 2 minutos de mistura. Os parâmetros usados para analisar o extensigrama foram:

##### i. Extensibilidade (E)

É o comprimento do extensigrama, em mm, desde o início até o fim da curva. Uma extensibilidade de 10 cm, equivale a uma extensão de 10 vezes seu comprimento original.

##### ii. Resistência (R)

É o valor, em unidades extensigráficas (U.E.), obtida na curva a 50 mm após o início do teste. Uma unidade extensigráfica corresponde a 1,6 gramas.

##### iii. Resistência máxima (R<sub>m</sub>)

É o valor, em U.E., obtido no ponto mais alto da curva.

##### iv. Número proporcional (D)

É a relação entre a resistência à extensão (R) e a extensibilidade (E).

##### v. Energia (A)

A energia ou área total é o valor, em  $\text{cm}^2$ , da área sob a curva medida com o auxílio do planímetro.

## 5. Determinação das características de fermentação e cozimento da massa

### a) Fermentação

Foram determinadas no maturógrafo Brabender (6), usando 300 gramas de farinha (base 14% de umidade) e os seguintes ingredientes (base de farinha): 1,75% de NaCl, 5,0% açúcar, 3,0% fermento, 3,0% gordura e 90 ppm de vitamina C. A massa foi preparada no misturador do farinógrafo sob condições pré-estabelecidas por EL-DASH, (14) e o tempo de mistura ótimo é determinado pela queda em 10 U.F. após o tempo de desenvolvimento máximo da massa. Para este teste usou-se 150 gramas de massa. As características analisadas foram:

#### i. Tempo de fermentação

É o tempo decorrido, em minutos, desde o início do teste até a primeira queda da curva após ter atingido seu valor máximo, isto é, o tempo necessário para se obter o valor ótimo de fermentação.

#### ii. Estabilidade à fermentação

É avaliado com um dispositivo especial que acompanha o maturógrafo Brabender. É o tempo de tolerância, em minutos, para que a massa seja levada ao forno e ainda se obter o volume ótimo de pão.

#### iii. Elasticidade da massa

É o comprimento da banda, em unidades maturográficas (U.M.), do pico máximo.

*iv.* Nível da massa

É o valor, em U.M. obtido desde a linha do zero até o topo do pico máximo.

b) Cozimento (OVEN-RISE)

Esta determinação foi feita com o uso do Oven Rise Recorder Brabender (7). Em cada teste foi usado 50 gramas de massa, que é parte da massa preparada para o maturógrafo e que foi colocada no cesto de arame do Oven Rise Recorder e deixada na cabine de fermentação do maturógrafo. E assim que o tempo de fermentação ótimo da massa foi atingido, visualizado no maturatedograma, o cesto de arame contendo a massa foi imerso no banho de óleo do Oven Rise Recorder e iniciado o teste. A temperatura do óleo é controlada para aumentar de 30°C até 100°C em 22 minutos. Os seguintes parâmetros do diagrama Oven Rise foram avaliados:

*i.* Volume da massa (volume inicial da massa)

É o valor, em unidades Oven Rise (U.O.R.), obtido no ponto onde se inicia a curva. Indica o volume da massa no início do cozimento.

*ii.* Volume do pão (volume final da massa)

É o valor, em U.O.R., obtido no ponto final da curva. Indica o volume da massa no fim do cozimento, isto é, aos 22 minutos.

*iii.* Variação total no volume da massa (oven-rise)

É o valor, em U.O.R., obtido pela diferença entre o volume do pão e o volume da massa. Indica a variação no volume da

massa no período de cozimento.

ív. Variação parcial no volume da massa (final-rise)

É o valor, em U.O.R., obtido pela diferença entre o volume da massa à 11 minutos e o volume da massa à 22 minutos (volume do pão).

v. Picos

A presença de pequenos picos na curva indica rompimento de pontos da rede de glúten com conseqüente vazamento de gás.

6. Determinação da qualidade global por teste instrumental de panificação

O teste de panificação empregado foi o método EL-DASH, (14). A massa foi preparada no misturador do farinógrafo sob condições pré-estabelecidas. O tempo de mistura ótimo é determinado pela queda em 10 U.F. após o tempo de desenvolvimento máximo da massa e a absorção de água foi determinada utilizando todos os ingredientes.

a) Fórmula

A massa do pão foi preparada usando a seguinte fórmula:

	%
Farinha (14% b.u.)	100
Cloreto de sódio	1,75
Sacarose	5
Fermento	3

Gordura	3
Ácido L-ascórbico (vitamina C)	90 ppm

b) Pesagem e moldagem da massa

As massas foram cortadas imediatamente após mistura em dois pedaços de 150 gramas cada, arredondadas e moldadas nas unidades baleadora e moldadora do extensígrafo. Esses pedaços foram colocados em formas untadas feitas de estanho 2XX: parte superior com 14 x 6,8 cm; fundo com 13 x 5,5 cm; altura de 4,2 cm.

c) Fermentação da massa

As formas contendo a massa foram colocadas para fermentar na câmara de fermentação do maturôgrafo. O tempo ótimo de fermentação para cada massa foi obtido no maturôgrafo.

d) Tratamento térmico da massa

Após o tempo de fermentação, o pão foi cuidadosamente transferido para o forno e tratado termicamente por 20 minutos à 220°C.

e) Avaliação da qualidade do pão

O volume e o peso dos pães foram determinados 1 hora após a saída do forno. O volume foi medido pelo deslocamento de sementes de painço no aparelho medidor de volume. A partir desses dados, foi calculado o volume específico e este valor foi multiplicado pelo fator 3,33. O valor máximo de 20 pontos, para

o volume do pão, é obtido com um valor de volume específico de 6, que é considerado ótimo.

A cor da crosta (10 pontos), quebra e pestana (5 pontos), simetria (5 pontos) e volume (20 pontos) foram avaliados como características externas do pão (total máximo de 40 pontos).

As características da crosta (5 pontos), a cor do miolo (10 pontos), a granulidade e a textura do miolo (10 pontos cada) foram avaliadas como características internas do pão (total máximo de 35 pontos).

O aroma (10 pontos) e o gosto (15 pontos) foram também incluídos para se obter o número de pontos máximos de qualidade de 100 pontos.

## IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os efeitos produzidos, no trigo nacional da variedade BH 1146, por maceração e por tratamento com energia de microondas foram avaliadas através das alterações verificadas no teor de alfa-amilase e nas propriedades tecnológicas apresentadas por sua farinha. Os resultados estão apresentados a seguir.

## A. Efeito da umidade no teor de alfa-amilase do trigo

A qualidade do pão produzido de uma farinha de trigo com elevada atividade de alfa-amilase é prejudicada em consequência da ação desta enzima durante o processo de fermentação quando a enzima atua no amido danificado e, durante o cozimento quando atua no amido gelatinizado (EL-DASH, 15).

Um conjunto de fatores, entre eles o conteúdo de umidade aliado a temperatura, desencadeiam no grão de trigo um processo de germinação que, por sua vez, provoca modificações nas atividades de algumas enzimas, principalmente a alfa-amilase. A maceração em água do grão de trigo, e as condições (tempo e temperatura) em que ela é realizada, assim como as condições da posterior secagem determinam o conteúdo final de alfa-amilase no grão. O efeito da maceração na atividade de alfa-amilase do trigo é apresentado a seguir.

## 1. Efeito da alfa-amilase sobre a viscosidade máxima da farinha de trigo

À medida que se aquece uma suspensão aquosa de farinha,

a partir de uma certa temperatura crítica, há um aumento na viscosidade devido ao intumescimento dos grânulos de amido que absorvem grande quantidade de água. Esses grânulos de amido, gelatinizados, ficam mais susceptíveis à ação da enzima alfa-amilase (SULLIVAN e JOHNSON, 56), que pode então atacar as moléculas de amilose e amilopectina dos grânulos provocando um decréscimo na viscosidade máxima.

A presença de alfa-amilase adicionada é imediatamente determinada pela diminuição do pico de viscosidade após a temperatura de gelatinização do amido ter sido excedida. O efeito da beta-amilase é minimizado, pois a maior parte dela terá sido inativada na temperatura em que ocorre o pico de viscosidade (REED e THORN, 50).

A adição de alfa-amilase foi realizada imediatamente antes do início do teste. O efeito da adição de alfa-amilase sobre o valor da viscosidade máxima está apresentado na tabela I. A medida que a quantidade de enzima foi aumentando houve uma progressiva e acentuada redução na viscosidade original da farinha (figura 1).

## 2. Efeito da maceração no conteúdo de alfa-amilase do trigo

### a) Efeito do tempo de maceração no conteúdo de umidade do trigo

O efeito do tempo de maceração no conteúdo de umidade do trigo é apresentado na tabela II. Nas primeiras horas de maceração, observou-se elevada absorção e o conteúdo de umidade aumentou rapidamente e, com o decorrer do tempo a absorção foi-se processando mais lentamente (figura 2). A amostra macerada duplicou seu conteúdo de umidade em cerca de 4 horas e, por volta de 10 horas de maceração observou-se os primeiros indícios de germinação do trigo.

Tabela I - Efeito da alfa-amilase sobre a viscosidade máxima da farinha de trigo

$\alpha$ -amilase * (mg)	viscosidade máxima (U.A.)
0	2.280
10	1.100
25	760
50	500
75	380
100	250
150	160

\* Alfa-amilase de origem bacteriana (3460SKB), fornecida pelo laboratório OKOCHI.

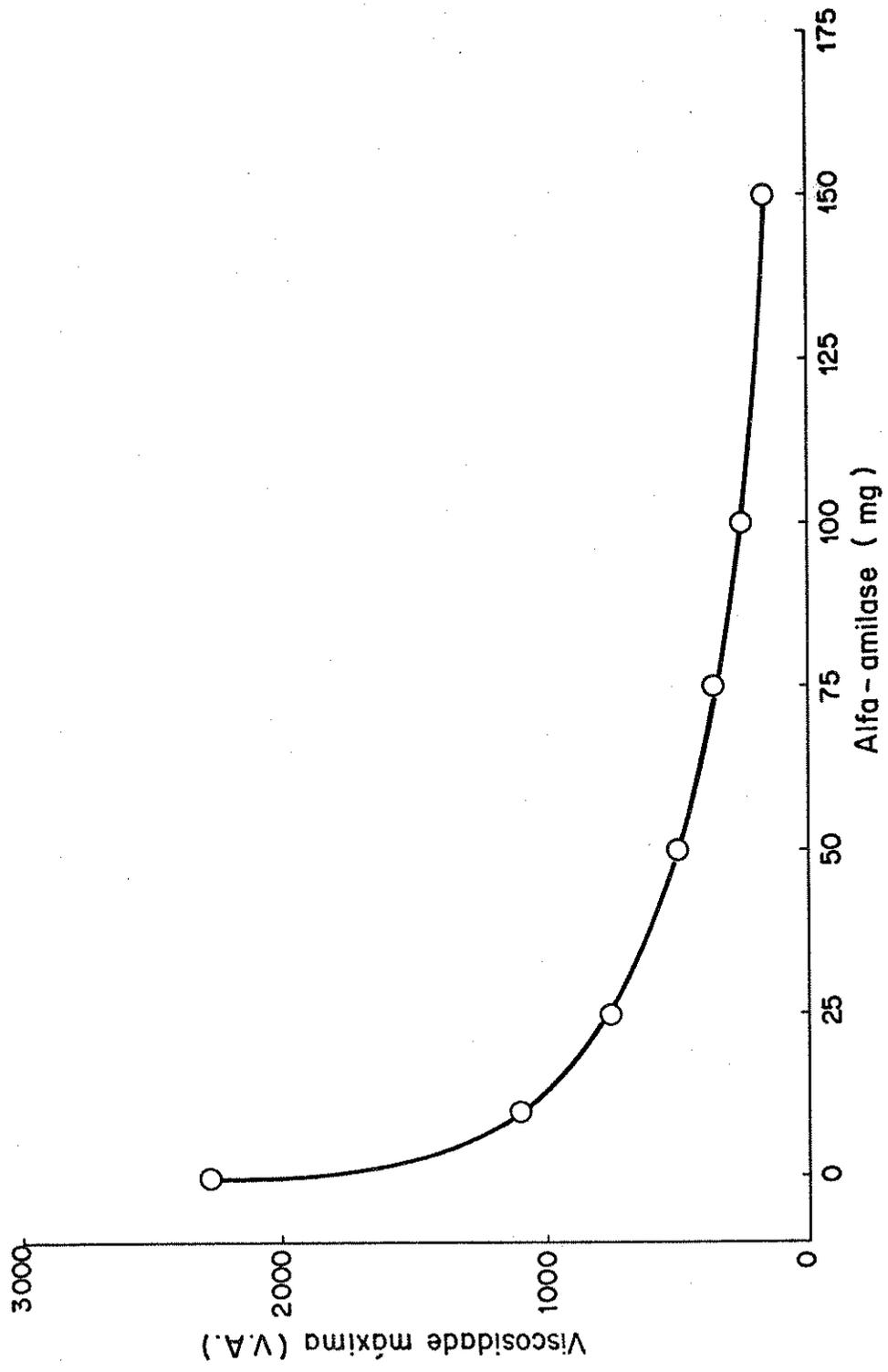


Figura 1. Efeito da alfa-amilase sobre a viscosidade máxima da farinha de trigo.

Tabela II - Efeito do tempo de maceração no conteúdo de  
umidade do trigo

Tempo de maceração (h)	Umidade (%)
0	12,9
2	21,6
4	26,2
6	29,0
8	31,0
10	32,7

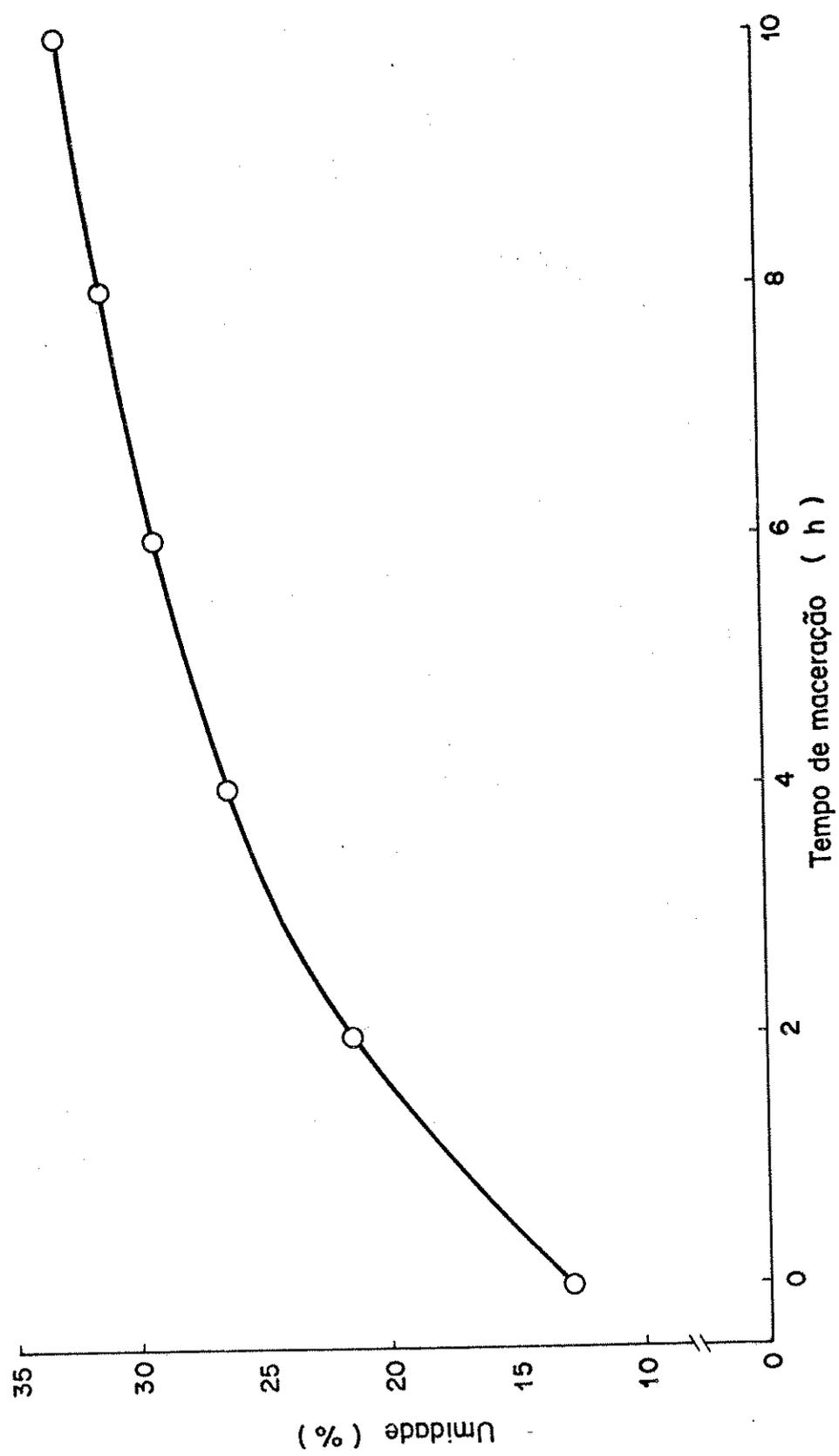


Figura 2. Efeito do tempo de maceração sobre o conteúdo de umidade do trigo.

b) Efeito do tempo de maceração no conteúdo de alfa-amilase do trigo

O efeito do tempo de maceração sobre o conteúdo de alfa-amilase do trigo está apresentado na tabela III. O aumento do tempo de maceração provocou um desenvolvimento pronunciado na evolução do conteúdo de alfa-amilase do trigo como está demonstrado pela queda acentuada da viscosidade máxima (figura 3). A farinha apresentou um valor de viscosidade máxima de 260 U.A. para um tempo de maceração de 6 horas.

B. Efeito da maceração sobre as propriedades tecnológicas do trigo

A análise dos resultados obtidos anteriormente, indicou um tempo de maceração do trigo de 6 horas como capaz de preencher os requisitos determinados pelos objetivos propostos para esta pesquisa. A amostra de trigo macerada, no período de tempo indicado, será utilizada como amostra controle, de modo a permitir estudar as variações da qualidade tecnológica, como consequência do efeito da energia de microondas sobre o trigo.

Os efeitos provocados pela maceração por 6 horas sobre as propriedades tecnológicas do trigo estão descritos a seguir.

1. Composição centesimal

A composição centesimal do trigo natural e macerado e de suas farinhas está apresentada na tabela IV.

Tabela III - Efeito do tempo de maceração na viscosidade  
máxima da farinha

Tempo de maceração (h)	Viscosidade máxima (U.A.)
0	2.280
2	1.140
4	960
6	260
8	120
10	90

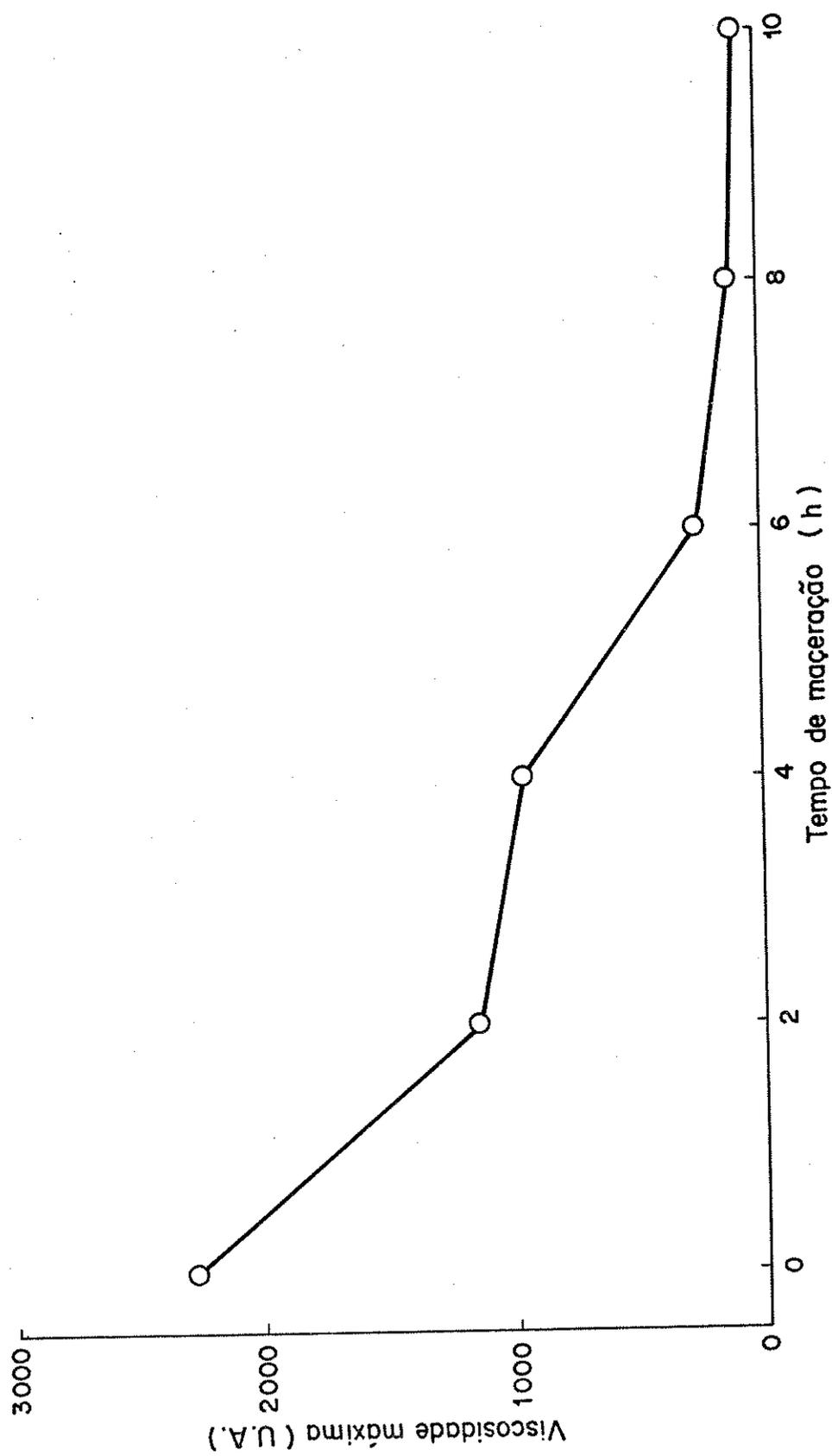


Figura 3. Efeito do tempo de maceração na viscosidade máxima da farinha.

Tabela IV - Composição centesimal do trigo natural e macerado, e de suas farinhas<sup>1</sup>

Componentes	TRIGO		FARINHA	
	Natural	Macerado	Natural	Macerado
Proteína (Nx5,7)%	16,70	16,90	15,20	15,30
Lipídios %	2,59	2,65	1,88	1,53
Cinza %	1,58	1,63	0,54	0,50
Fibra %	1,75	1,94	0,15	0,13
Carboidrato <sup>2</sup> %	79,10	78,80	82,40	82,60

1. Base seca

2. Por diferença

## 2. Rendimento em farinha

Os rendimentos das frações após moagem do trigo estão apresentados na tabela V. O rendimento total de farinha foi de 67,5 e 64,3% para trigo natural e macerado respectivamente. O rendimento em farinha de quebra aumentou enquanto que o rendimento em farinha de redução decresceu com a maceração, concordando com dados obtidos por LUKOW et al. (38).

As alterações nos resultados pelo trigo macerado nos rendimentos de suas frações, provavelmente foram provocadas por modificação da estrutura física do grão, especialmente das camadas de farelo (epiderme e outras, e de aleurona), alterando sua separação do endosperma, devido a embebição de água durante a maceração.

## 3. Propriedades tecnológicas das farinhas

### a) Propriedade de mistura

A absorção de água de uma farinha deve ser ajustado a um nível ótimo a fim de que a massa possa reter os gases liberados durante a fermentação e o cozimento da mesma. Este nível ótimo de absorção de água é influenciado por vários fatores, entre eles os ingredientes que entram na formulação do pão (EL-DASH, 16) e o teor em proteínas e amido (PRATT, 48). Como mostrado na tabela VI, a maceração do trigo provocou um leve incremento de absorção de água.

O valor do tempo de chegada é uma medida da velocidade de absorção de água pela farinha e segundo BLOSKMA (5), ele de-

Tabela V - Rendimento das frações da moagem de trigo natural e macerado.

Frações	RENDIMENTO (%)	
	Natural	Macerado
Farinha de quebra	28,3	34,4
Farinha de redução	39,2	29,9
Farinha total	67,5	64,3
Farelo	20,2	14,7
Farelinho	11,2	20,9

pende principalmente da quantidade e qualidade das proteínas da farinha. O trigo macerado apresentou uma maior velocidade de absorção de água pois o tempo de chegada foi reduzido de 3,0 para 2,0 minutos como mostra a tabela VI.

O ponto ótimo de energia necessária para o desenvolvimento mecânico da massa é dado pelo tempo de desenvolvimento máximo da massa conforme TANAKA e TIPPLES (59). A maceração do trigo provocou uma diminuição em relação ao trigo natural no tempo de desenvolvimento máximo da massa (tabela VI), provavelmente devido a uma redução nos pontos de ligações da rede de glúten provocado por ação de enzimas proteases produzidas durante o processo de maceração, indicando a necessidade de menor energia de mistura para atingir o desenvolvimento ótimo da rede de glúten.

A diminuição da estabilidade e do tempo de saída e o aumento no índice de tolerância, mostrado na tabela VI, indicam que o efeito da maceração do trigo tornou a massa menos estável e tolerante ao excesso de mistura.

A tabela VI mostra uma diminuição do tempo de quebra e um aumento na queda após 20 minutos indicando uma queda nas propriedades de mistura da massa para o trigo macerado e conseqüente piora na qualidade da massa.

A partir desses resultados, fica claro que a maceração do trigo têm pronunciado efeito negativo sobre as propriedades de mistura da massa (figura 4).

#### b) Propriedade de extensão

Os extensígramas obtidos das farinhas de trigo natural e macerado estão ilustrados na figura 4. O efeito do tempo de ma

Tabela VI - Efeito da maceração sobre as propriedades de  
mistura da massa

Características	VALORES	
	Natural	Macerado
Absorção de água (%)	60,8	61,3
Tempo de chegada (min)	3,0	2,0
Tempo de desenvolvimento (min)	4,5	3,5
Estabilidade (min)	9,5	3,5
Tempo de saída (min)	12,5	5,5
Índice de tolerância (U.F.)	20	90
Leitura do valorímetro	59	45
Tempo de quebra (min)	13,0	5,5
Queda após 20 min (U.F.)	70	160

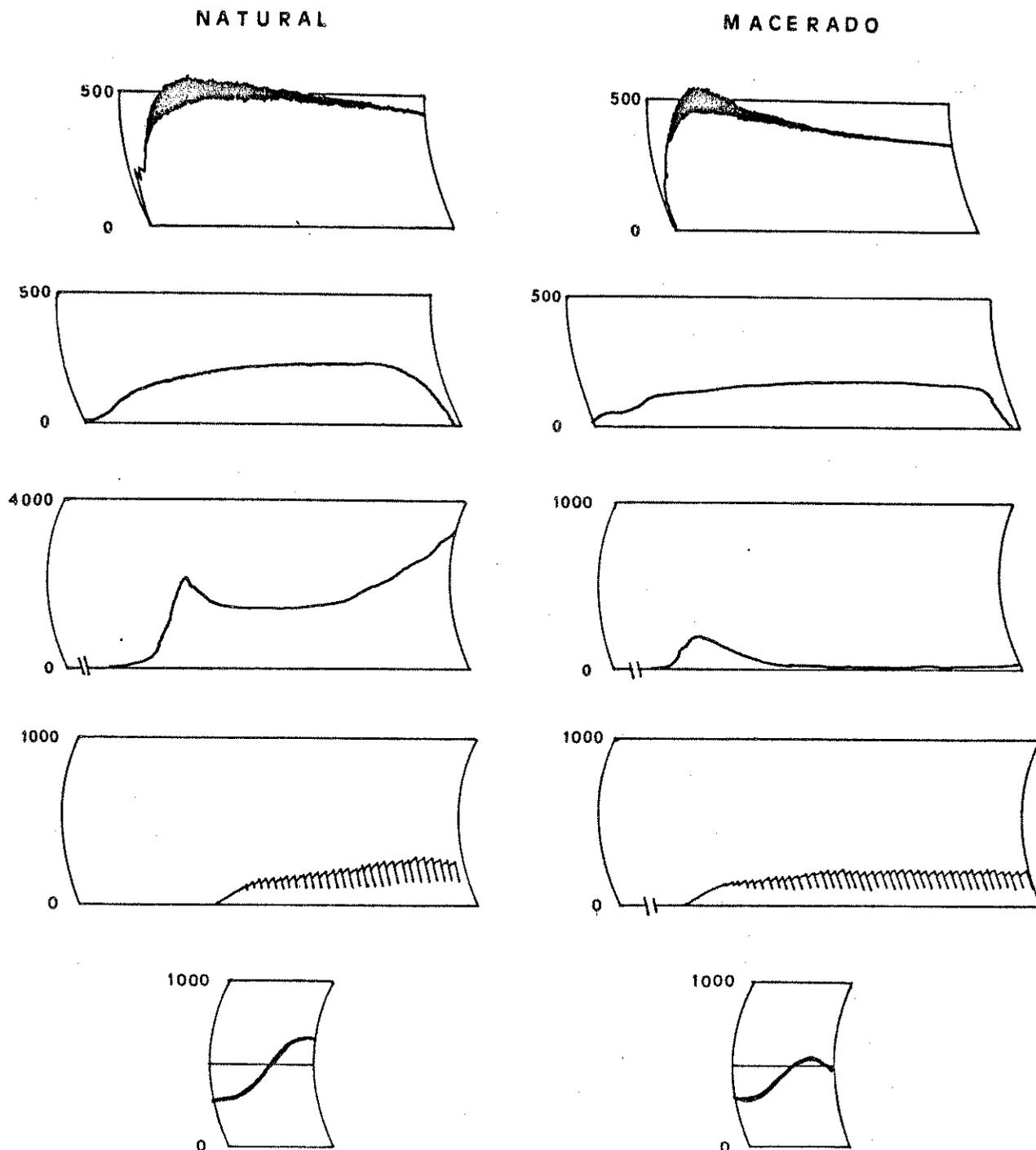


FIGURA 4. Efeito da maceração do trigo sobre as características dos farinogramas (a); extensígramas (b); viscoamilogramas (c); maturogramas (d) e nos perfís das curvas do oven-rise recorder (e).

ceração sobre as propriedades de extensão da massa, após 45, 90 e 135 minutos de descanso da massa, está apresentado na tabela VII.

A maceração do trigo exerceu um efeito pronunciado sobre todos os parâmetros dos extensígramas. Foi observado, para todos os tempos de descanso, um aumento dos valores de extensibilidade e número de oxidação e uma queda dos valores de resistência à extensão, resistência máxima, número proporcional e na energia.

Os resultados obtidos, aumento de extensibilidade e redução de resistência à extensão, são efeitos típicos provocados por rompimento de ligações dissulfídicas entre as moléculas de proteína da rede de glúten, diminuindo as forças associativas dessa rede e conseqüentemente enfraquecendo a farinha como refletido pela diminuição da área sob a curva do extensígrama. Esses efeitos poderiam também ser atribuídos à atividade de enzimas proteolíticas, induzidas pelo processo de maceração do trigo.

#### c) Viscosidade da farinha

As propriedades de pasta das farinhas provenientes de trigo natural e macerado são apresentadas na tabela VIII e ilustrada na figura 4.

A análise dos dados apresentados mostrou, como era previsto, uma brusca diminuição da viscosidade máxima devido à elevada atividade de alfa-amilase presente na farinha de trigo macerado. A temperatura inicial de gelatinização mostrou um leve incremento devido a excessiva atividade de alfa-amilase, durante o processo de secagem do trigo macerado, que provavelmente erodiu parte dos grânulos de amido e conseqüentemente devido a sen-

Tabela VII - Efeito da maceração sobre as propriedades de extensão da massa

Tempo de Teste (min)	Extensibilidade (mm)		Resistência à extensão (U.E.)		Resistência máxima (U.E.)		Número proporcional		Energia (cm <sup>2</sup> )		Número de oxidação	
	NAT <sup>a</sup>	MAC <sup>b</sup>	NAT	MAC	NAT	MAC	NAT	MAC	NAT	MAC	NAT	MAC
45	243	278	160	130	250	180	0,66	0,47	75,9	69,2	115,3	148,0
90	250	278	160	110	240	190	0,64	0,41	77,9	69,2	121,7	167,3
135	246	278	160	120	240	180	0,63	0,46	74,4	67,5	118,0	149,7

Obs.: a. NAT ≡ NATURAL

b. MAC ≡ MACERADA

Tabela VIII - Efeito da maceração sobre as propriedades de pasta da farinha

PARÂMETROS	VALORES	
	NATURAL	MACERADA
Viscosidade máxima (U.A.)	2.280	240
Temperatura inicial de gelatinização (°C)	53,5	56,5
Temperatura de viscosidade máxima (°C)	84,3	70,8
Viscosidade máxima no ciclo de resfriamento à 50°C (U.A.)	3.000	30
Viscosidade mínima à temperatura constante de 95°C (U.A.)	1.500	10
Faixa de gelatinização (°C)	30,8	14,3

sibilidade do aparelho, houve uma demora em registrar os primeiros indícios de viscosidade.

A temperatura de viscosidade máxima foi reduzida, esta redução pode ser devida provavelmente pela hidrólise amilolítica. A viscosidade mínima à temperatura constante (95°C) foi drasticamente reduzida, esta diminuição possivelmente é devida a ação de alfa-amilase que provoca erosão nos grânulos, ocasionando uma maior fragilidade dos grânulos de amido que ficam mais susceptíveis a quebras mecânicas. A viscosidade máxima no ciclo de resfriamento à 50°C sofreu uma redução muito drástica, indicando que a maior parte das moléculas de amido foi transformada em outras com pequena tendência a sofrer retrogradação. Esta elevada taxa de hidrólise pode ser atribuída à ação conjunta de calor e da alta concentração de enzima.

#### d) Características de fermentação e cozimento

##### i. Fermentação

Os maturogramas obtidos das farinhas provenientes de trigo natural e macerado estão ilustrados na figura 4.

O efeito da maceração sobre as características de fermentação da massa está apresentado na tabela IX.

Observando os valores encontrados (tabela IX), a maceração do trigo provocou um leve incremento nos valores de tempo de fermentação e estabilidade à fermentação e uma queda dos valores de elasticidade e nível da massa.

Essas variações das características de fermentação da massa são provavelmente explicadas pelas alterações ocorridas na rede de glúten como refletido pelas modificações nas proprieda-

des de mistura e de extensão da massa.

### ii. Cozimento

As curvas, obtidas do Oven-Rise Recorder, que caracterizam as propriedades de cozimento da massa das farinhas provenientes de trigo natural e macerado estão ilustradas na figura 4.

O efeito da maceração sobre as características de cozimento da massa está apresentado na tabela X.

Observando os valores encontrados (tabela X), a maceração do trigo provocou uma queda nos valores de volume do pão, variação total no volume da massa (oven-rise) e da variação parcial no volume da massa (final-rise) enquanto que, o valor de volume da massa foi praticamente o mesmo encontrado para a farinha de trigo natural.

Essas variações observadas nas propriedades de cozimento da massa de farinha de trigo macerado são provavelmente explicadas pelas alterações da rede de glúten e da alta atividade de alfa-amilase presente nesta farinha.

### e) Qualidade global por teste instrumental de panificação

O efeito da maceração do trigo sobre a qualidade do pão é dado na tabela XI e ilustrado na figura 5.

A análise dos dados obtidos (tabela XI) mostrou que praticamente não houve uma variação na qualidade do pão produzido de farinha de trigo que sofreu o processo de maceração. Houve um aumento do volume do pão e, a massa apresentou uma textura pegajosa e de difícil manuseio devido a atividade de enzimas presentes na farinha de trigo macerado.

Tabela IX - Efeito da maceração sobre as características de fermentação da massa

	FARINHAS	
	NATURAL	MACERADA
Tempo de fermentação (min)	81	86
Estabilidade à fermentação (min)	10	12
Elasticidade (min)	180	130
Nível da massa (U.M.)	300	230

Tabela X - Efeito da maceração sobre as características do cozimento da massa

	FARINHAS	
	NATURAL	MACERADA
Volume da massa (U.O.R.)	270	290
Volume do pão (U.O.R.)	640	490
Variação total no volume da massa (oven-rise) (U.O.R.)	370	200
Variação parcial no volume da massa (final-rise) (U.O.R.)	+ 220	+ 60

Tabela XI - Efeito da maceração sobre a qualidade do pão.

CARACTERÍSTICAS	VALOR MÁXIMO	NATURAL	MACERADO
<u>EXTERNA</u>	<u>40</u>	<u>28,9</u>	<u>29,6</u>
Volume (volume específico x 3,33)	20	9,9	11,6
Cor da crosta	10	10	10
Quebra	5	4	3
Simetria	5	5	5
<u>INTERNA</u>	<u>35</u>	<u>27</u>	<u>27</u>
Características da crosta	5	5	5
Cor do miolo	10	7	7
Est. da célula do miolo	10	7	8
Textura do miolo	10	8	7
<u>AROMA E GOSTO</u>	<u>25</u>	<u>22</u>	<u>22</u>
Aroma	10	9	9
Gosto	15	13	13
<u>CONTAGEM TOTAL</u>	<u>100</u>	<u>77,9</u>	<u>78,6</u>

M A C E R A D O

N A T U R A L

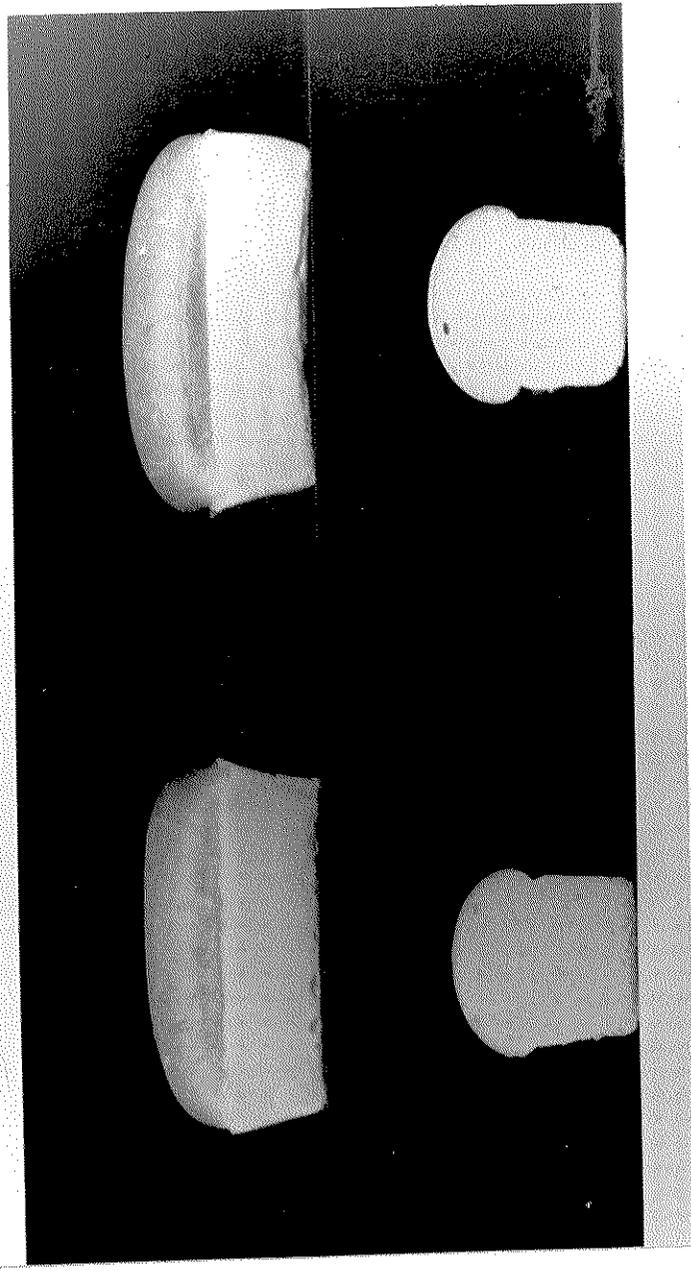


FIGURA 5. Efeito da maceração do trigo na qualidade do pão.

Os testes reológicos realizados, assim como os resultados dos testes de fermentação e cozimento da massa previram uma redução nas qualidades de panificação da farinha de trigo macerado. No entanto, esta acentuada redução de qualidade preconizada pelos testes reológicos não ocorreu quando o teste experimental de panificação foi realizado. As causas mais prováveis para tal fato são:

1) Uma faixa de viscosidade máxima, entre 400 e 625 U. A., é tida como medida da atividade ótima de alfa-amilase na farinha de trigo para produção de pão. Portanto, a falta ou excesso de atividade de alfa-amilase é prejudicial à qualidade do pão e parece, por conseguinte, que a falta de atividade (2280 U.A. ) na farinha de trigo natural foi tão ou mais desfavorável à qualidade do pão do que o excesso de atividade (240 U.A.) na farinha de trigo macerado.

2) Um fator importante que afeta a qualidade do pão é a presença dos ingredientes, normalmente, usados no processo de panificação. Os testes reológicos por serem realizados sem esses ingredientes, não reproduz os efeitos que eles provocam sobre a qualidade do pão, como ocorre no teste experimental de panificação.

3) Todos os elementos básicos de qualidade de uma farinha, que afetam a qualidade do pão, estão envolvidos de uma forma global num teste experimental de panificação enquanto que nos testes reológicos cada um desses elementos é estudado de maneira isolado e, portanto, apesar de serem úteis, não podem por si só fornecerem uma informação definitiva da qualidade global de uma farinha.

## C. Efeito do tempo e umidade de tratamento por microondas sobre as propriedades tecnológicas do trigo

A influência da umidade de trigo e do tempo de irradiação, são dois parâmetros importantes que afetam as propriedades tecnológicas do trigo tratado por microondas. Apesar da intensidade de potência ser também um fator crítico, foi mantida constante. Os resultados obtidos são dados a seguir.

### 1. Temperatura do trigo após irradiação por microondas

O tempo de irradiação por microondas e temperatura do trigo imediatamente após irradiação das amostras estão na tabela XII e figura 6. A amostra com 15% de umidade atingiu uma temperatura máxima de 105,5°C após 360 segundos de irradiação.

### 2. Rendimento em farinha

Os resultados do efeito provocado no rendimento em farinha de trigo tratado por microondas são dados na tabela XIII. O rendimento em farinha total apresentou valores inferiores ao controle para todos os tempos de tratamento do trigo por microondas, e os menores valores encontrados foram ao nível de 18% de umidade sendo o valor mínimo (52,8%) apresentado pela amostra tratada por 180 segundos. As porcentagens de rendimentos em farinha de quebra foi inferior enquanto que farinha de redução foi superior ao controle para todos os tempos de tratamento, apresentando com o aumento do nível de umidade de tratamento, valores decrescentes (quebra) e crescentes (redução) (exceção para a amostra

Tabela XII - Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a temperatura

Umidade (%)	Tempo de tratamento (seg)	0	100	270	360
	TEMPERATURA (°C) <sup>a</sup>				
15	25	25	77,5	91,5	105,5
18	25	25	72,0	90,5	101,5
21	25	25	70,5	88,5	99,0

a. Média de 4 determinações

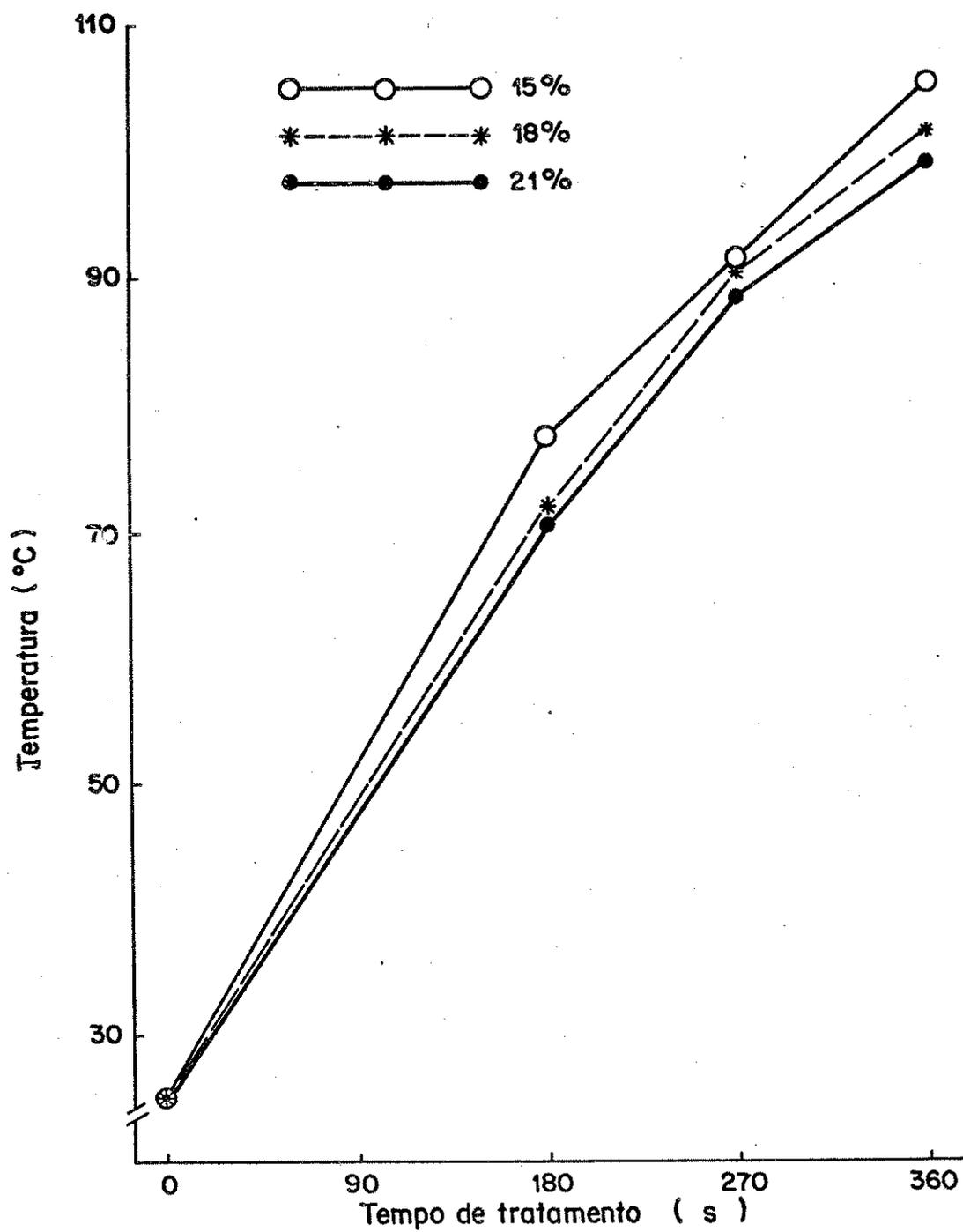


Figura 6. Variação da temperatura dos grãos imediatamente após irradiação do trigo por microondas.

Tabela XIII - Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre o rendimento em farinha

	Tempo de tratamento (seg)									
	0	180	270	360						
	Umidade de tratamento <sup>a</sup> (%)									
	-	15	18	21	15	18	21	15	18	21
Rendimento em farinha total (%)	64,3	56,3	52,8	59,1	57,2	54,8	59,9	57,2	53,8	54,9
Rendimento em farinha de quebra <sup>b</sup> (%)	54	52	49	52	50	49	48	47	46	40
Rendimento em farinha de redução <sup>c</sup> (%)	46	48	51	48	50	51	52	53	54	60

<sup>a</sup> Umidade das amostras na moagem: 12-13%

<sup>b</sup> porcentagem da farinha de quebra na farinha total

<sup>c</sup> porcentagem da farinha de redução na farinha total

tra irradiada por 180 segundos à 18% de umidade). Esses resultados são provavelmente consequência de alterações provocadas nas características físicas do endosperma do trigo tratado por microondas.

### 3. Composição centesimal da farinha produzida do trigo tratado por microondas

A composição centesimal da farinha produzida de trigo tratado por microondas é dada na tabela XIV. O conteúdo de proteína decresceu com o tratamento do trigo por microondas como resultado do decréscimo observado no rendimento da farinha devido a dificuldade de separação da camada de aleurona e sub-camada de aleurona e, portanto, reduzindo a quantidade de farinha e teor de proteína. O teor de cinza aumentou com o aumento do tempo de tratamento, o oposto do esperado com a diminuição do grau de extração da farinha. Observou-se que nas amostras tratadas com 180 segundos e umidade de 15 e 18%, houve um decréscimo no teor de cinzas de acordo com o esperado. Estes resultados estão em concordância com aqueles obtidos por DOTY e BAKER (12).

### 4. Atividade de alfa-amilase e viscosidade da farinha

As propriedades de pasta das farinhas observadas durante os diferentes tempos de tratamento do trigo por microondas são apresentadas na tabela XV e ilustrada na figura 7.

A viscosidade máxima, parâmetro relacionado à atividade de alfa-amilase, aumentou com o aumento do tempo de tratamento por microondas (figura 8). O aumento dos valores de viscosida

Tabela XIV - Composição centesimal<sup>a</sup> da farinha de trigo irradiado por microondas

	Tempo de tratamento (seg)										
	0	180	270	360							
	Umidade de tratamento (%)										
	-	15	18	21	15	18	15	21	15	18	21
Proteína (N x 5,7) (%)	15,30	14,50	14,20	14,6	14,80	14,50	14,90	15,10	14,90	14,40	14,40
Cinza (%)	0,50	0,39	0,37	0,52	0,52	0,50	0,61	0,65	0,61	0,58	0,63
Gordura (%)	1,53	1,48	1,18	1,50	1,70	1,28	1,54	1,37	1,54	1,34	1,49
Fibra (%)	0,13	0,12	0,12	0,16	0,18	0,22	0,19	0,19	0,17	0,19	0,28
Carboidratos <sup>b</sup> (%)	82,67	83,63	84,25	83,38	82,98	83,72	82,88	82,95	82,95	83,68	83,48

a. Base seca

b. Por diferença

Tabela XV - Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre as características de pasta das farinhas

	Tempo de tratamento (seg)									
	0	180	270	360						
	Umidade de tratamento (%)									
	-	15	18	21	15	18	21			
Temperatura inicial da gelatinização (°C)	56,5	53,5	52,5	49,0	55,0	53,5	47,5	49,0	52,8	47,5
Temperatura de viscosidade máxima (°C)	70,8	67,8	68,5	69,3	67,8	70,0	78,3	76,0	79,0	82,8
Viscosidade máxima (°C)	240	260	350	470	360	470	1160	1280	2000	3650
Viscosidade máxima no ciclo de resfriamento 50°C (U.A.)	30	50	100	230	90	220	1650	2010	2570	3700
Viscosidade à temperatura constante	10	20	30	50	30	60	420	540	1030	2120

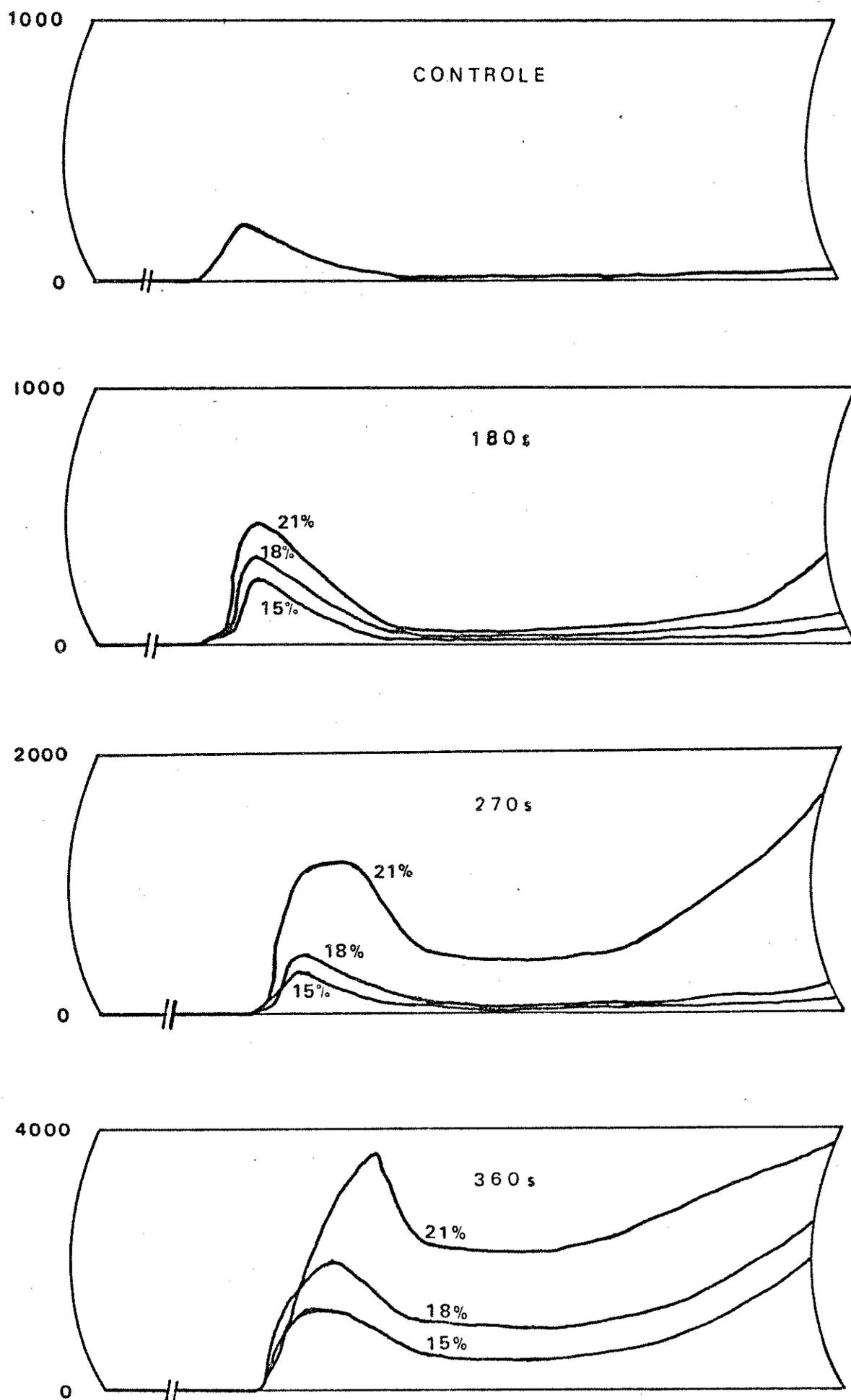


FIGURA 7. Efeito do tempo e unidade de tratamento do trigo por microondas sobre as características dos viscoamilo gramas.

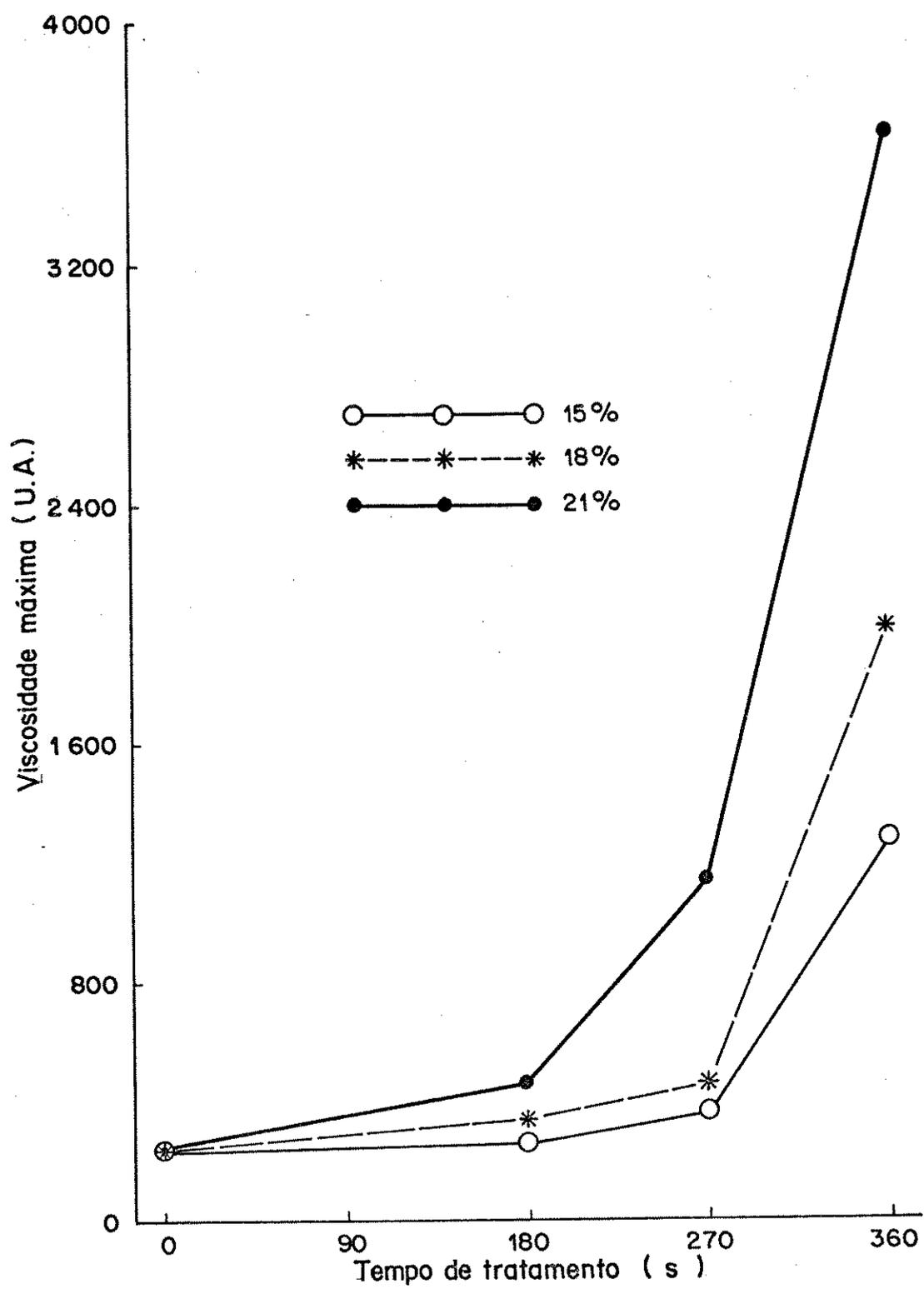


Figura 8. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a viscosidade máxima da farinha.

de máxima foram maiores com o aumento da umidade e do tempo de tratamento como era esperado já que a inativação de enzimas é mais eficiente em meio úmido do que em meio seco.

Os valores de temperatura inicial de gelatinização foram inferiores ao controle para todos os tempos de tratamento em todos os níveis de umidade.

Os valores de temperatura de viscosidade máxima encontrados para as amostras tratadas por 180 segundos em todos os níveis de umidade e para as amostras tratadas por 270 segundos à 15 e 18% de umidade foram praticamente similares ao controle, enquanto que as amostras tratadas por 270 segundos à 21% de umidade e as amostras irradiadas por 360 segundos para todos os níveis de umidade apresentaram valores superiores ao controle devido a maior inativação de alfa-amilase apresentada por estas amostras, e/ou possivelmente estes tratamentos fortaleceram as ligações intra e inter moleculares do grânulo e conseqüentemente retardou o rompimento mecânico dos grânulos de amido.

Os valores de viscosidade no ciclo de resfriamento (50°C) e de viscosidade mínima à temperatura constante (95°), figuras 9 e 10 respectivamente, foram maiores que o controle para todos os tempos de tratamento em todos os níveis de umidade estudado, sendo que houve um aumento drástico quando o tempo de irradiação foi de 360 segundos para todos os níveis de umidade, devido provavelmente, as alterações sofridas pelos componentes do amido durante o tratamento do trigo por microondas como resultado do aumento de temperatura (MACARTHUR e D'APPOLONIA, 39).

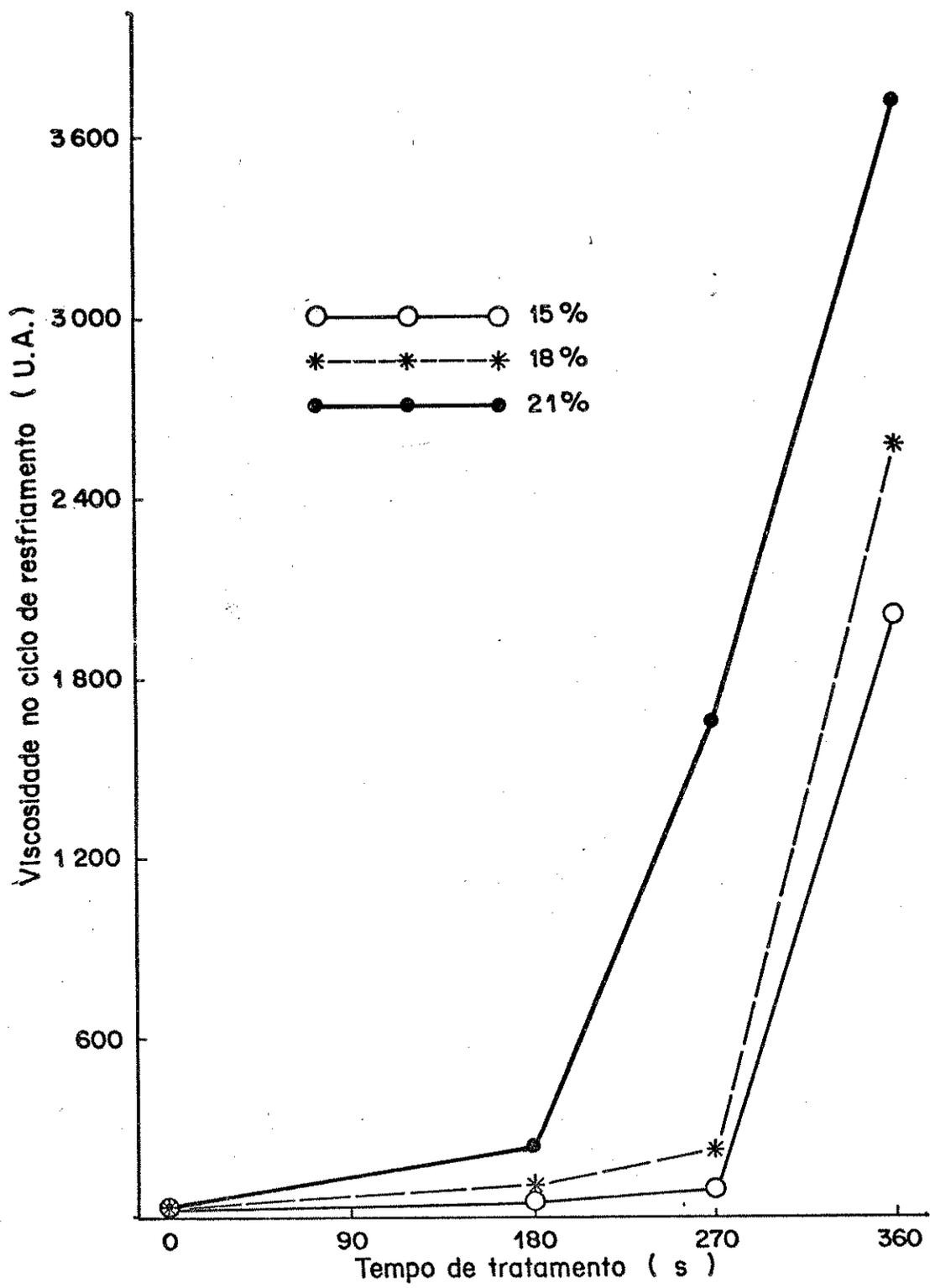


Figura 9. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a viscosidade no ciclo de resfriamento ( 50 °C ).

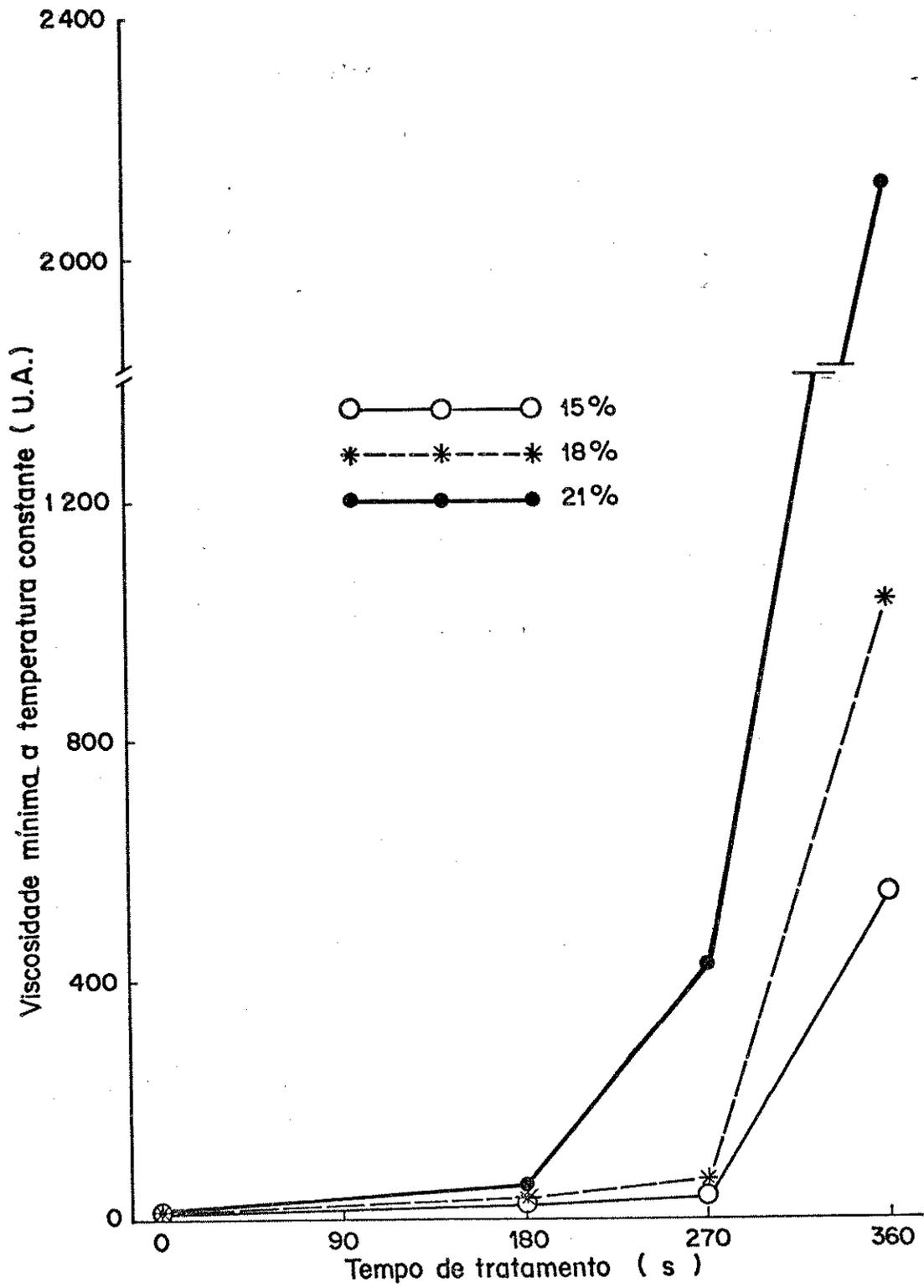


Figura 10. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a viscosidade mínima a temperatura constante ( 95% ).

## 5. Absorção de água e propriedades de mistura da massa

No processo de panificação pelo método convencional, a mistura da massa é geralmente considerada uma etapa crítica que influencia a qualidade global do pão (MECHAM, 44; MECHAM et al., 45). É na mistura que os componentes da farinha são homogeneizados com os outros ingredientes e a rede de glúten é formada e desenvolvida para formar uma massa coesa e elástica própria da farinha de trigo e capaz de reter os gases produzidos nas etapas seguintes do processamento. A farinha deve ser misturada não só para formar a rede de glúten, mas deve atingir o grau ótimo de desenvolvimento desta rede pois tanto a mistura insuficiente quanto a excessiva, tem efeito prejudicial sobre a qualidade.

A absorção de água e as propriedades de mistura da massa estão apresentadas na tabela XVI e ilustradas nas figuras 11 e 12 respectivamente.

Os valores de absorção de água, pelo farinógrafo, foram inferiores ao do controle para todos os tempos de tratamento do trigo em todos os níveis de umidade estudados. O decrêscimo pode estar relacionado com alterações de proteínas do glúten produzida por microondas, reduzindo sua capacidade de absorção de água.

O valor do tempo de chegada é uma medida da velocidade de absorção de água pela farinha e depende principalmente da quantidade e qualidade das proteínas da farinha (BLOSKMA, 5). As farinhas dos trigos tratados com microondas apresentaram uma maior velocidade de absorção de água como mostra o decrêscimo do tempo de chegada das amostras em todos os tempos e umidades de tratamento estudados.

Tabela XVI - Efeito do tempo e unidade de tratamento do trigo por microondas sobre as propriedades de mistura da massa

	Tempo de tratamento (seg)												
	0	15	18	21	15	18	21	15	18	21	15	18	21
	180							270					360
	Unidade de tratamento (%)												
	0	15	18	21	15	18	21	15	18	21	15	18	21
Absorção de água (%)	61,3	58,3	57,7	57,4	57,6	57,0	58,2	59,2	58,3	56,2	59,2	58,3	56,2
Tempo de chegada (min)	2,5	2,0	2,0	2,0	1,0	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tempo de desenvolvimento máximo (min)	3,5	3,5	5,5	8,0	2,0	1,0	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	1,0	1,5
Estabilidade (min)	3,0	7,5	7,5	12,0	5,5	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tempo de saída (min)	5,5	9,5	9,5	14,0	8,5	3,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Índice de tolerância (U.F.)	90	50	50	20	50	40	100	100	70	100	100	70	100
Tempo de quebra (min)	5,5	9,5	10,0	14,5	6,5	4,0	1,5	2,5	3,5	2,5	2,5	3,5	2,5
Queda após 20 min (U.F.)	160	130	120	70	60	60	100	120	70	100	120	70	20
Leitura do valorímetro	45	49	57	68	52	45	38	40	45	38	40	45	43

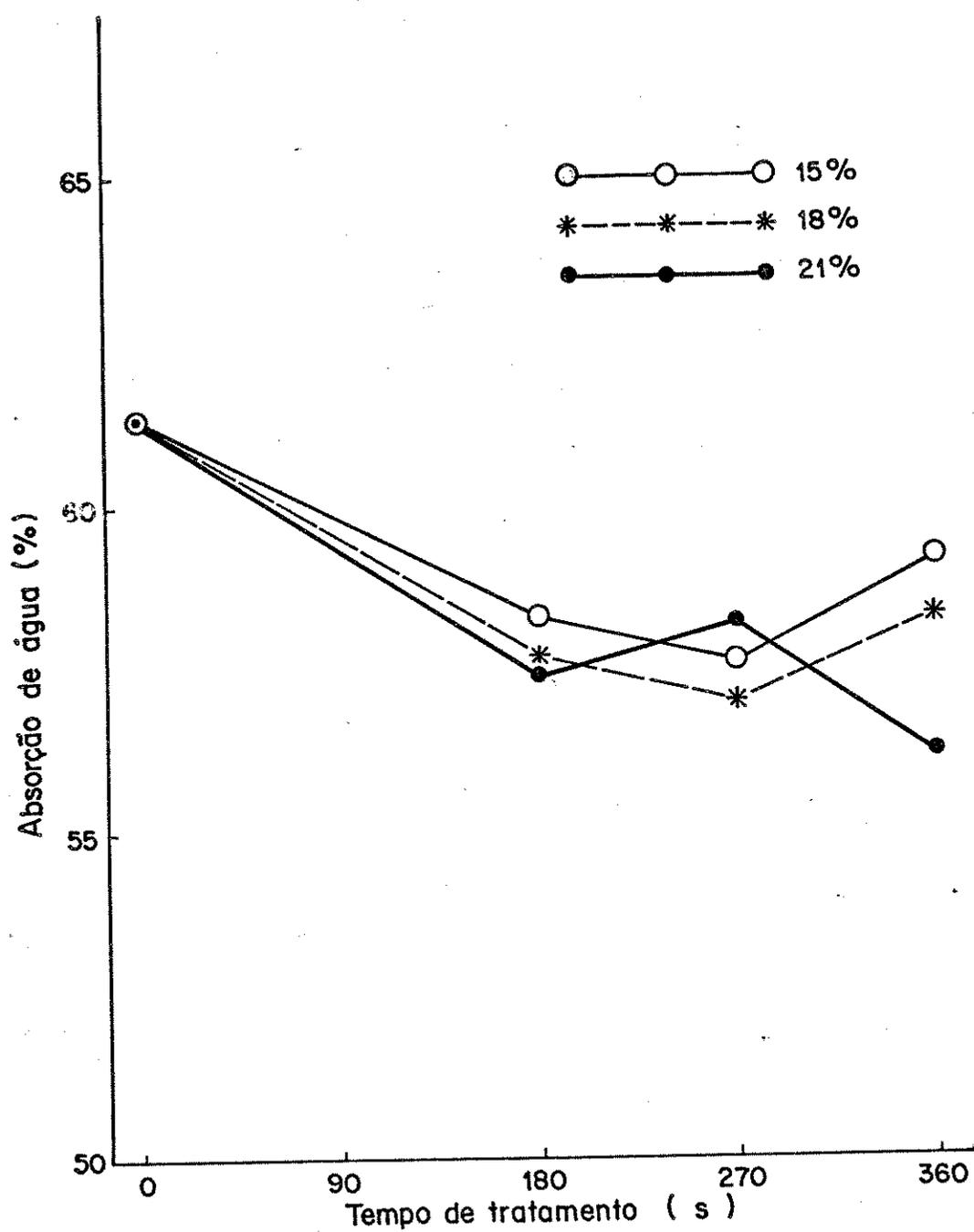


Figura 11. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a absorção de água da farinha.

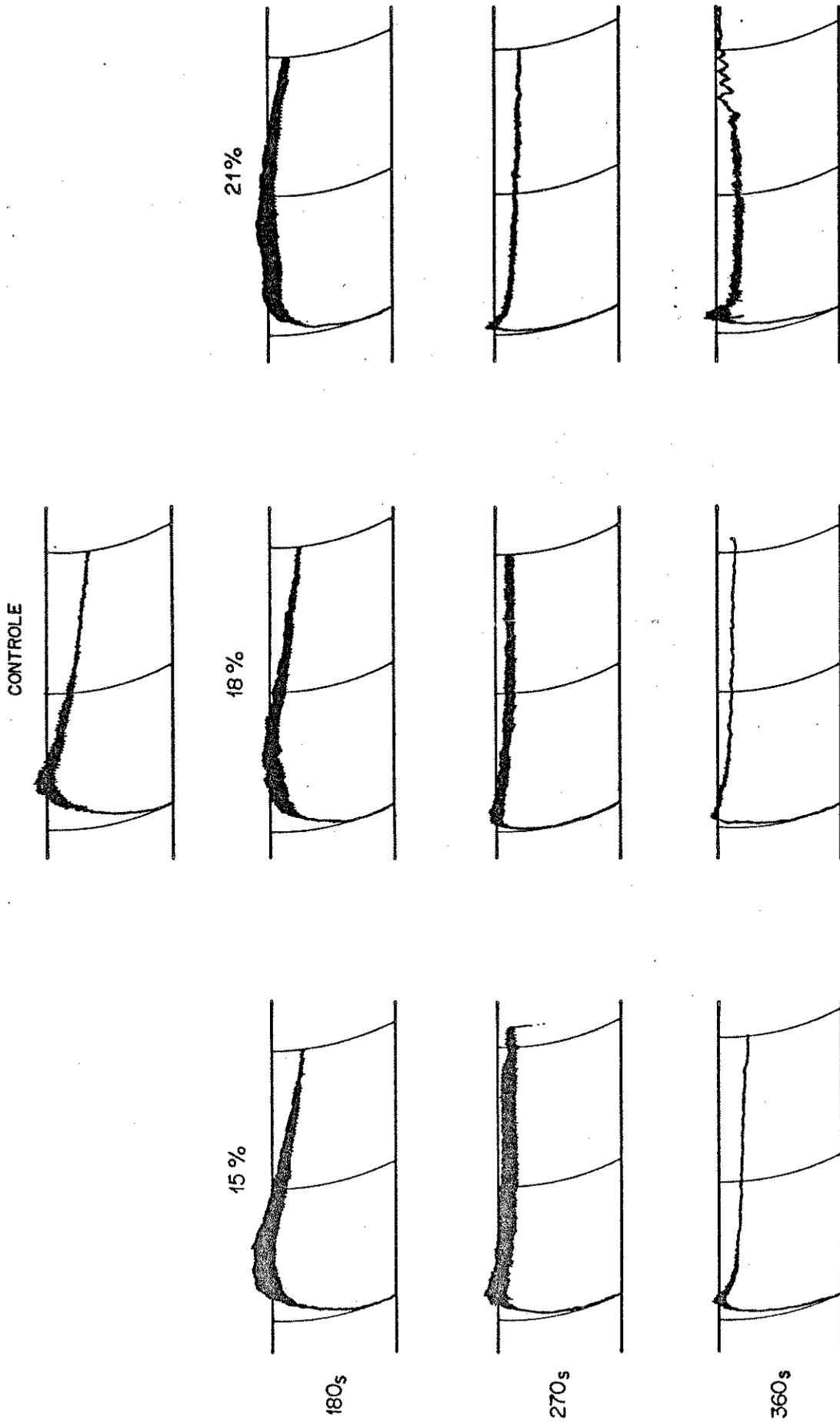


FIGURA 12. Efeito do tempo e unidade de tratamento do trigo por microondas sobre as características dos farinogramas.

O tempo de desenvolvimento máximo da massa está relacionado com o tempo ótimo de mistura. Segundo TANAKA e TIPPLES (59), este parâmetro dá uma melhor indicação do ponto ótimo de energia necessária para o desenvolvimento mecânico da massa. O tempo de desenvolvimento máximo da massa (figura 13), não foi alterado para a amostra irradiada por 180 segundos à 15% e foi superior ao controle, nesse tempo, para as amostras irradiadas com 18 e 21% de umidade, indicando uma maior exigência de energia de mistura para desenvolver a estrutura da rede de glúten. Foi observado ainda que a amostra irradiada por 180 segundos à 21% de umidade apresentou uma curva farinográfica com dois picos (figura 12).

Existe uma relação entre a qualidade das proteínas da farinha e a estabilidade da massa, sendo esta, portanto, uma indicação da qualidade da farinha. A estabilidade da massa (figura 14) para as amostras tratadas por 180 segundos em todos os níveis de umidade estudado e para a amostra tratada por 270 segundos à 15% de umidade, foi superior ao controle indicando um forte efeito melhorador da energia de microondas na qualidade da farinha.

O tempo de saída, para as amostras tratadas por 180 segundos em todos os níveis de umidade estudado e para a amostra tratada por 270 segundos à 15% de umidade, foi superior ao controle provavelmente devido ao aumento de estabilidade da rede do glúten provocada pela irradiação de microondas, visto que a estabilidade da massa à mistura aumentou para estas amostras.

O índice de tolerância mecânica (figura 15), medida da quebra da estrutura da massa após o desenvolvimento máximo, para as amostras irradiadas por 180 segundos em todos os níveis de umidade estudado e 270 segundos à 15 e 18% de umidade apresentou valores inferiores ao controle indicando um fortalecimento da rede

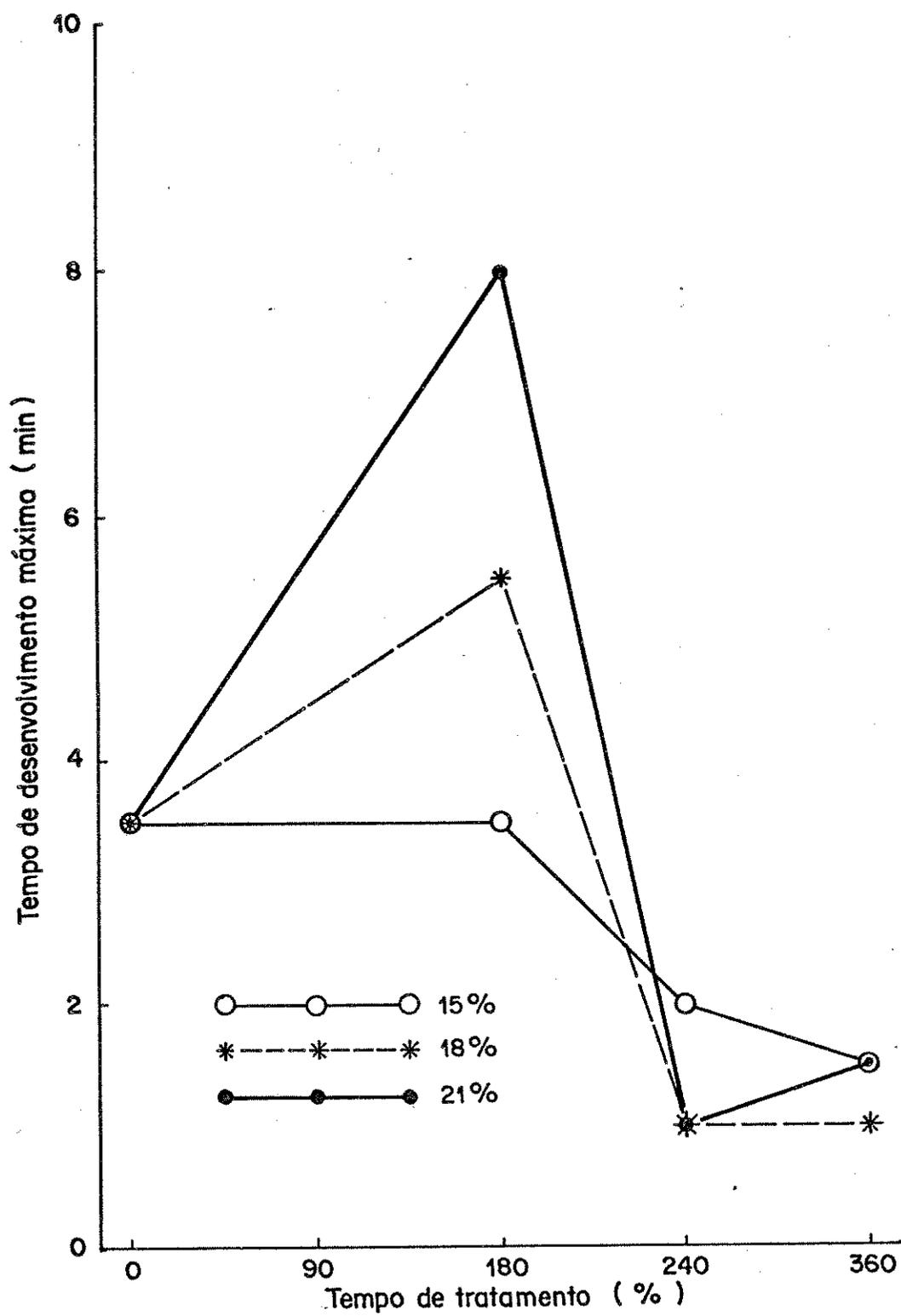


Figura 13. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre o tempo de desenvolvimento máximo da massa.

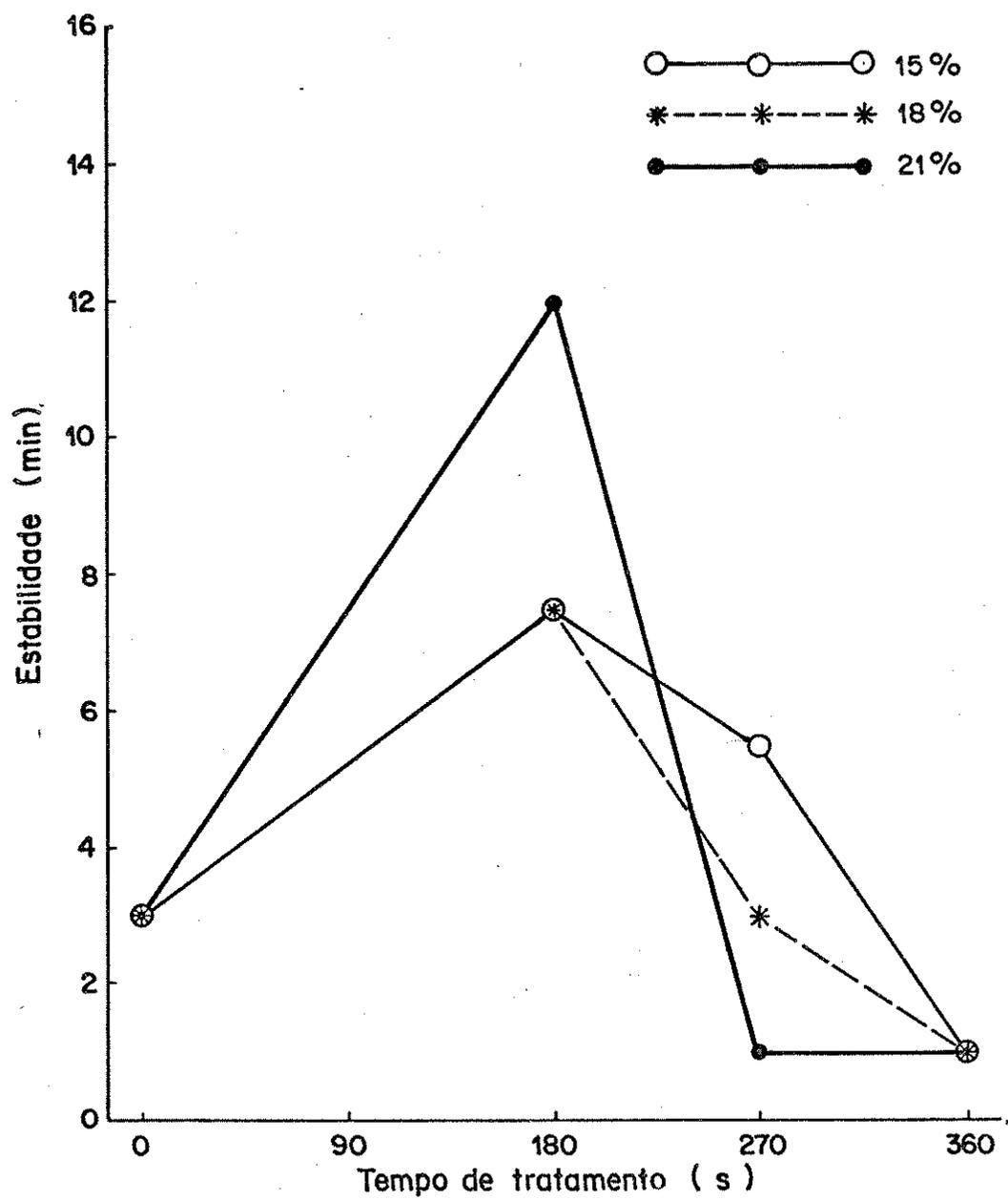


Figura 14. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a estabilidade da massa.

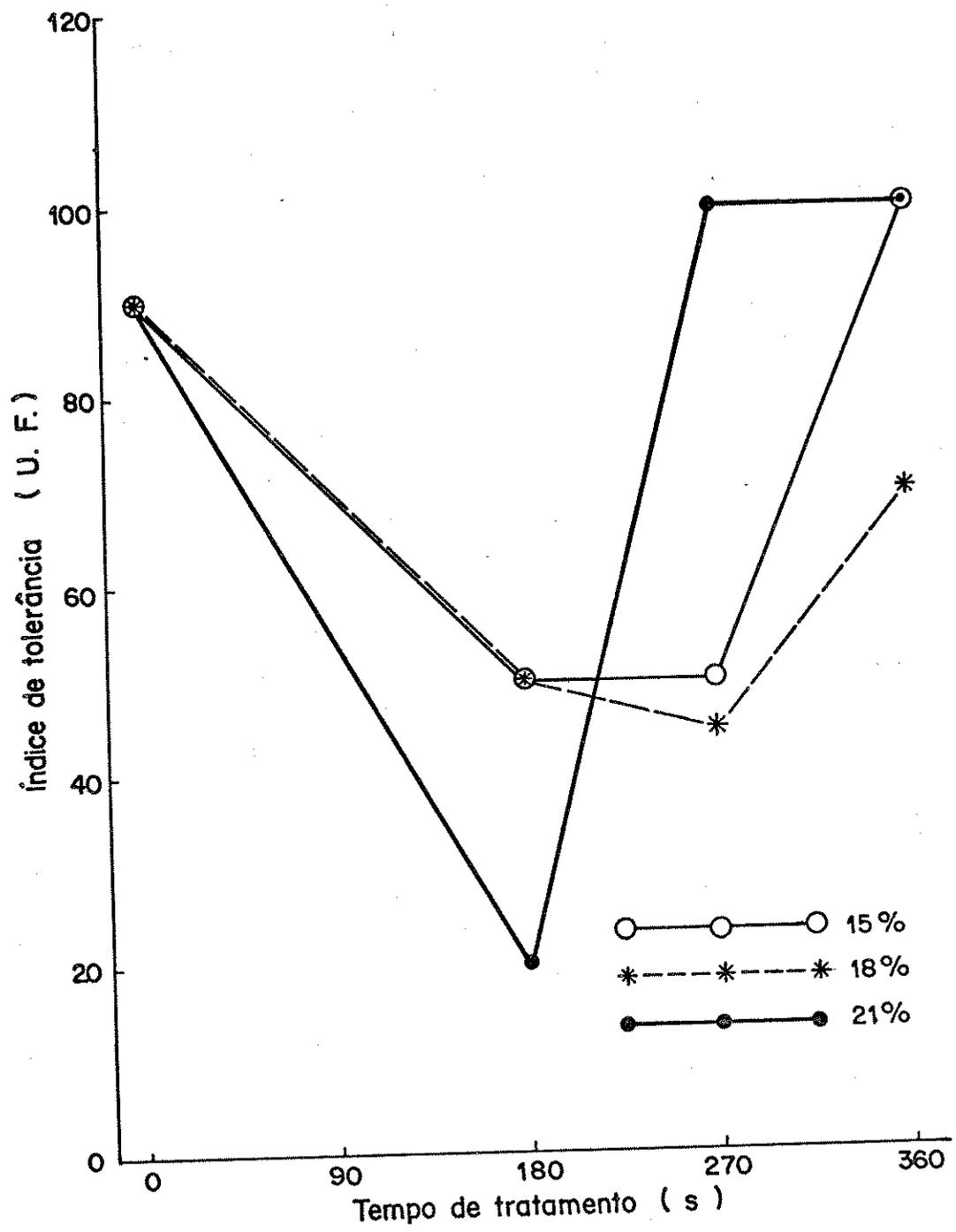


Figura 15. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre o índice de tolerância da massa.

de glúten.

O aumento do tempo de quebra, em relação ao controle, para as amostras tratadas por 180 segundos em todos os níveis de umidade estudado e o valor igual apresentado pela amostra tratada por 270 segundos à 15% de umidade indica uma melhoria nas propriedades da massa.

Um menor valor na queda após 20 minutos, normalmente indica uma melhoria na propriedade de mistura da massa e consequentemente uma melhor qualidade da farinha. Foi observado uma diminuição nesta característica para todos os níveis de tempo e umidade estudados.

A leitura do valorímetro (figura 16) que é um dado empírico de qualidade baseado no tempo de desenvolvimento e na tolerância à mistura mostrou valores superiores ao controle para as amostras irradiadas por 180 segundos em todos os níveis de umidade e para a amostra irradiada por 270 segundos à 15% de umidade, indicando que a qualidade apresentada pelas farinhas dessas amostras é superior ao controle.

Face aos resultados obtidos, observa-se que as amostras irradiadas por 180 segundos à 15, 18 e 21% de umidade assim como a amostra tratada por 270 segundos à 15% de umidade, sofreram um pronunciado efeito provocado pela energia de microondas melhorando sensivelmente suas propriedades de mistura e em consequência uma melhoria na qualidade da farinha provenientes dessas amostras.

## 6. Propriedades de extensão da massa

A qualidade tecnológica de uma farinha de trigo é, em

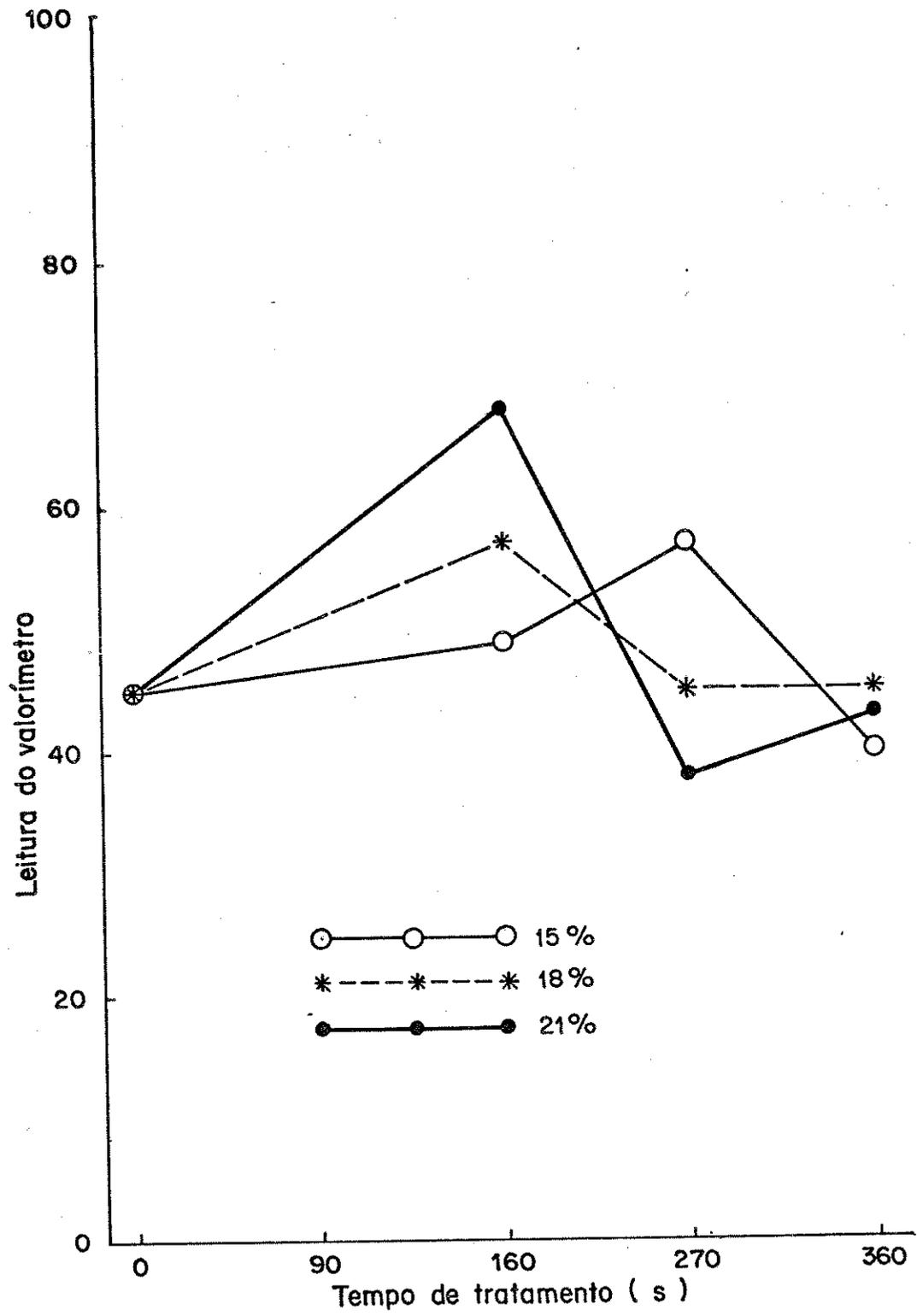


Figura 16. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a leitura do valorímetro.

parte, reflexo das propriedades que caracterizam o glúten: resistência à extensão e extensibilidade. A resistência à extensão indica a habilidade que o glúten possui de reter os gases produzidos durante a fermentação e extensibilidade indica a capacidade da massa à extensão na fermentação. Entretanto, uma farinha de trigo terá boa qualidade de panificação se tiver uma relação adequada entre resistência à extensão e extensibilidade, isto é, que possa reter os gases produzidos mas que tenha extensibilidade para permitir o aumento do volume da massa durante a fermentação.

O efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas nas propriedades de extensão da massa após 45, 90 e 135 minutos de descanso está apresentado nas tabelas XVII, XVIII e XIX respectivamente.

Os extensígramas (135 minutos de descanso) obtidos das farinhas provenientes do trigo tratado com energia de microondas estão ilustrados na figura 17.

O efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas nas propriedades de extensão da massa após 45, 90 e 135 minutos de descanso, de modo geral, apresentou a mesma tendência, ou seja, redução de extensibilidade, aumento de resistência à extensão, aumento da resistência máxima, aumento do número proporcional e diminuição do número de oxidação.

As modificações das propriedades de extensão da massa, após 135 minutos de descanso, como consequência do tratamento do trigo por microondas estão descritos a seguir.

Os valores de extensibilidade da massa diminuíram para todas as amostras, em relação ao controle, à medida que o tempo de tratamento do trigo aumentou (figura 18), atingindo valores muito baixos para as amostras irradiadas por 270 segundos e extremamente baixos para todas as amostras irradiadas por 360 segundos. Foi observado que os valores foram decrescendo à medida

Tabela XVII - Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre as propriedades de extensão da massa após 45 minutos de descanso.

	Tempo de tratamento (seg)									
	0	180	270	360						
	Umidade de tratamento (%)									
	15	18	21	15	18	21				
Extensibilidade (E) (mm)	278	227	216	175	124	100	86	65	60	60
Resistência à extensão (R) (U.E.)	130	210	250	320	430	380	280	230	190	80
Resistência máxima (RM) (U.E.)	180	420	450	500	470	400	290	310	350	430
Número proporcional (D) (D = R/E)	0,47	0,93	1,16	1,83	3,43	3,75	3,26	3,54	3,25	1,33
Energia (cm <sup>2</sup> ) (A)	69,2	114,7	122,1	104,2	69,8	44,7	27,7	21,9	24,6	23,5
Número de oxidação (O) (O = A x E/R)	148,0	124,0	105,5	57,0	20,4	11,9	8,5	6,2	7,6	17,6

Tabela XVIII - Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre as propriedades de extensão da massa após 90 minutos de descanso.

	Tempo de tratamento (seg)									
	0	180	270	360						
	Umidade de tratamento (%)									
	-	15	18	21	15	18	21			
Extensibilidade (E) (mm)	278	227	215	148	111	90	83	71	68	65
Resistência à extensão (R) (U.E.)	110	240	260	400	510	440	250	240	210	80
Resistência máxima (RM) (U.E.)	190	450	440	640	570	450	260	320	315	420
Número proporcional (D) (D = R/E)	0,41	1,08	1,21	2,74	4,59	4,83	3,01	3,45	3,09	1,38
Energia (cm <sup>2</sup> ) (A)	69,2	130,3	116,7	107,8	75,8	44,8	25,0	25,0	21,4	21,3
Número de oxidação (O) (O = A x E/R)	167,3	120,7	96,5	39,4	16,5	9,3	8,3	7,2	6,9	15,4

Tabela XIX - Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre as propriedades de extensão da massa após 135 minutos de descanso

	Tempo de tratamento (seg)									
	0	180	270	360						
	Umidade de tratamento (%)									
	15	18	21	15	18	21				
Extensibilidade (E) (mm)	278	226	226	162	115	112	92	76	65	55
Resistência à extensão (R) (U.E.)	120	230	270	420	530	410	250	230	190	70
Resistência máxima (RM) (U.E.)	180	460	490	640	600	430	260	320	300	420
Número proporcional (D) (D = R/E)	0,46	1,04	1,19	2,59	4,61	3,66	2,66	2,96	2,92	1,27
Energia (cm <sup>2</sup> ) (A)	67,3	128,0	136,9	118,8	77,5	52,2	26,6	26,8	20,0	20,0
Número de oxidação (O) (O = A x E/R)	149,7	123,1	114,3	45,8	16,8	14,3	10,0	9,1	6,8	15,7

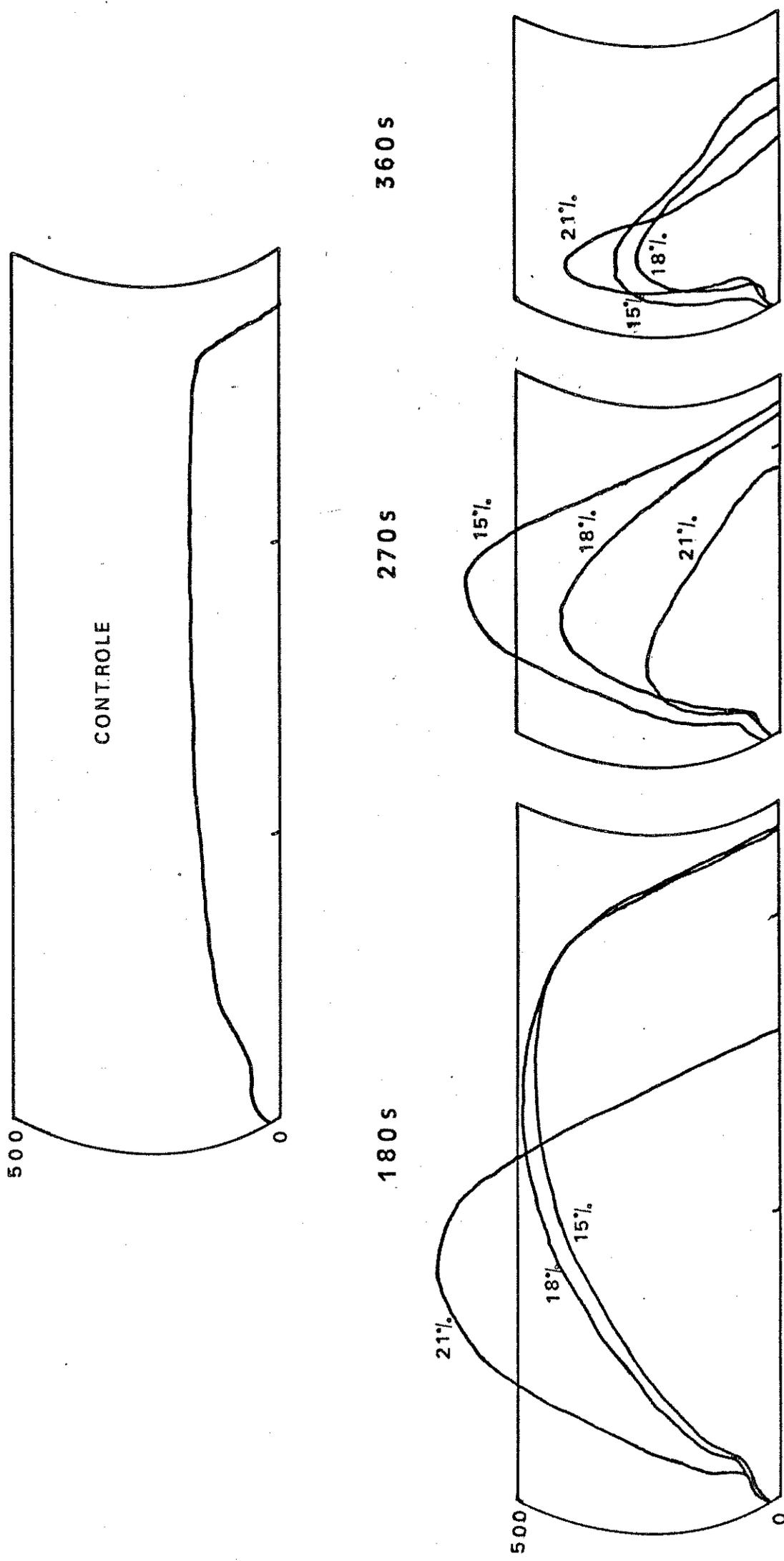


FIGURA 17. Efeito do tempo e umidade de tratamento do triço por microondas sobre as características dos extensíogramas após 135 minutos de descanso.

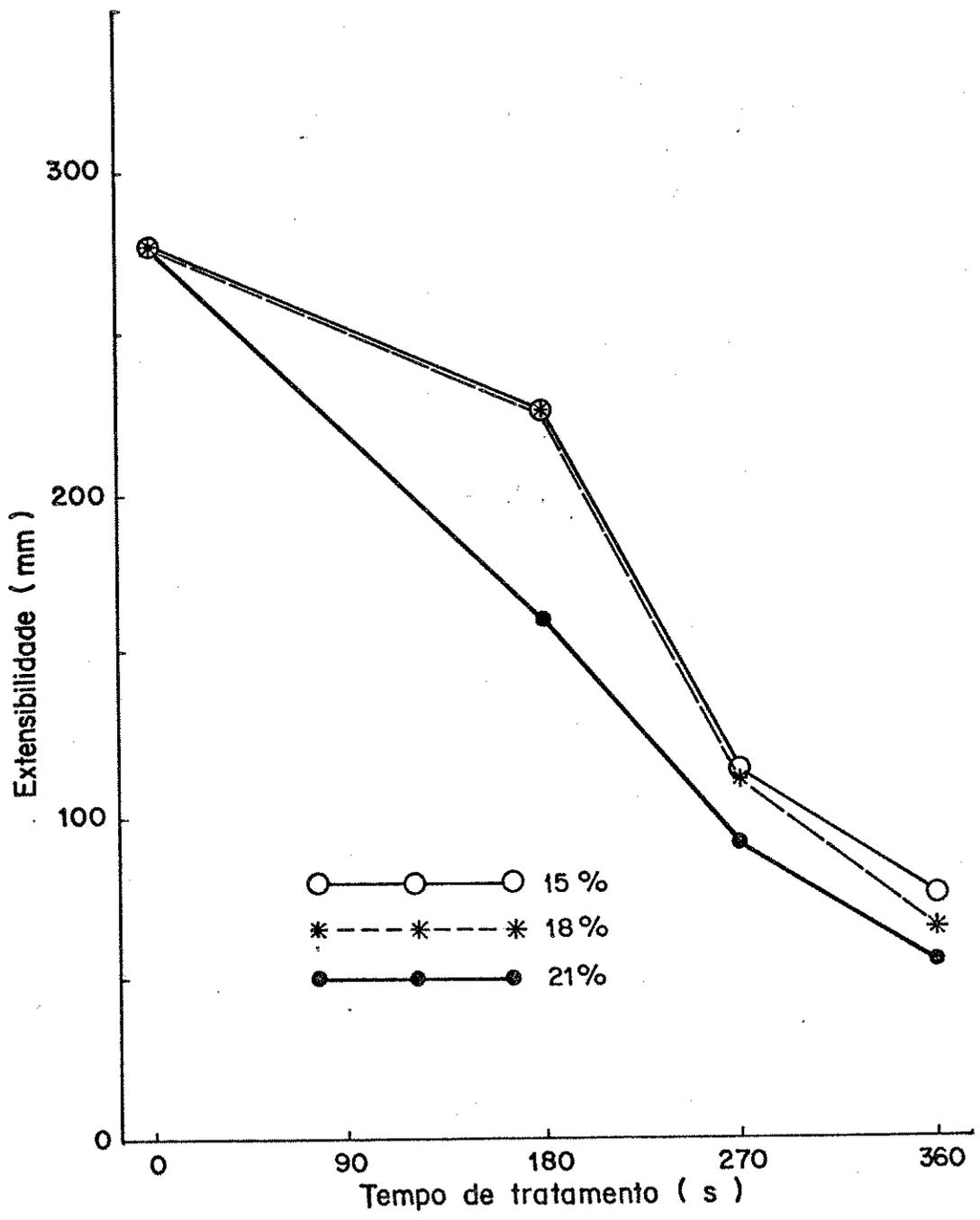


Figura 18. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a extensibilidade da massa após 135 minutos de fermentação.

que se elevou o nível de umidade do trigo, para cada tempo de exposição do trigo à microondas.

A resistência à extensão da massa apresentou valores superiores ao controle para todos os tempos e em todos os níveis de umidade pesquisados, exceto para a amostra irradiada por 360 segundos à 21% de umidade (figura 19). Foi observado que para o tempo de tratamento de 180 segundos, os valores foram crescentes à medida que elevou-se o nível de umidade de tratamento atingindo um valor de 420 U.E. para a amostra irradiada com 21% de umidade. Entretanto, para as amostras irradiadas por 270 e 360 segundos, os valores foram decrescentes à medida que elevou-se o nível de umidade de tratamento, atingindo um valor (70 U.E.), inferior ao controle, para a amostra irradiada por 360 segundos à 21% de umidade.

A resistência máxima apresentou valores superiores ao controle, para todos os tempos e em todos os níveis de umidade pesquisados (figura 20). Foi observado que os valores de resistência máxima da massa, para os tempos de tratamento de 180 e 360 segundos foram crescentes à medida que elevou-se a nível de umidade de tratamento, atingindo um valor de 640 e 415 U.E., respectivamente, para as amostras irradiadas com 21% de umidade. Enquanto que, as amostras tratadas por 270 segundos, a resistência máxima apresentou valores decrescentes à medida que elevou-se o nível de umidade de tratamento.

O número proporcional apresentou valores superiores ao controle, para todos os tempos e em todos os níveis de umidade pesquisados. Nas amostras irradiadas por 180 segundos os valores foram crescentes à medida que elevou-se o nível de umidade, atingindo o valor de 2,59 com 21% de umidade. Entretanto, nos demais

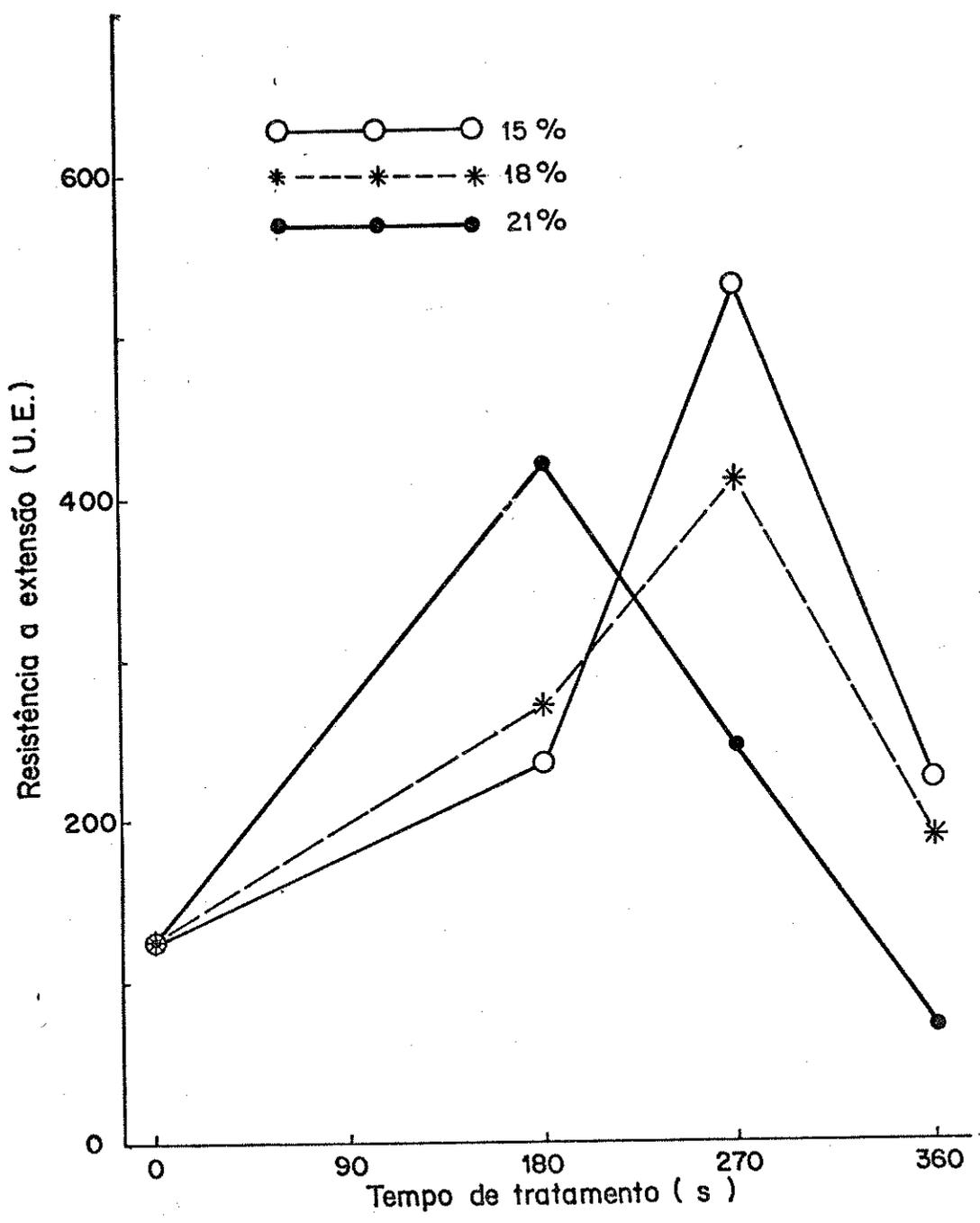


Figura 19. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a resistência à extensão da massa após 135 minutos de fermentação.

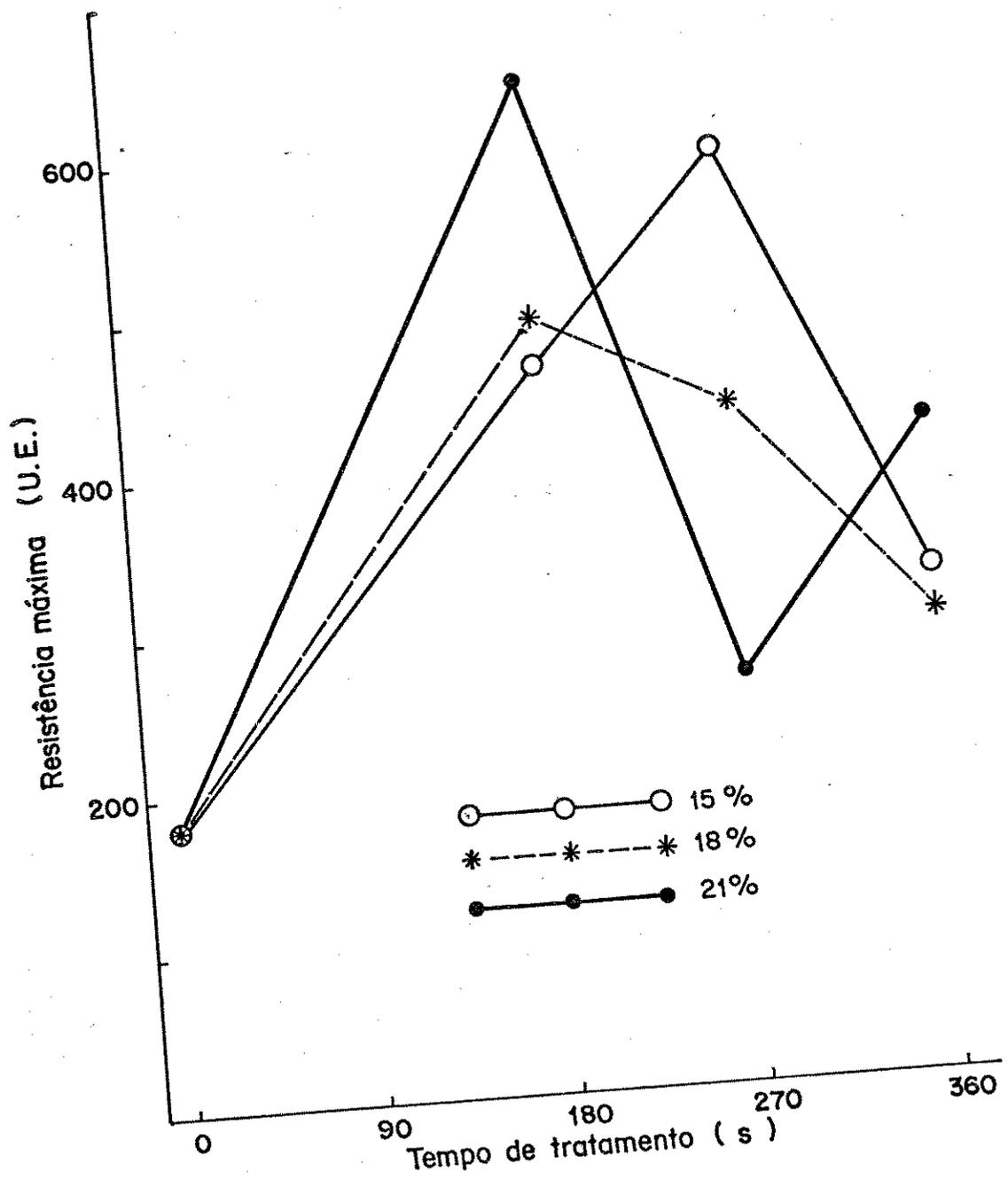


Figura 20. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a resistência máxima da massa após 135 minutos de fermentação.

tempos de tratamento, os valores foram decrescentes à medida que elevou-se a umidade, atingindo valores de 2,66 e 1,27 para os tempos de 270 e 360 segundos respectivamente à 21% de umidade.

Número de oxidação, que dá uma idéia das exigências de oxidação da massa, apresentou valores inferiores ao controle para todos os tempos e umidade de tratamento pesquisados. Nas amostras irradiadas por 180 segundos, os valores foram decrescentes com o aumento do nível de umidade do trigo atingindo à 21% de umidade um valor de 45,8 considerando ideal para farinhas fortes. As amostras irradiadas por 270 e 360 segundos, em todos os níveis de umidade, apresentaram valores extremamente baixos indicando a existência de uma oxidação excessiva da massa, isto é, um excesso de ligações entre as moléculas do glúten.

Energia, medida pela área sob a curva e que fornece uma idéia da força da farinha, apresentou valores superiores ao controle somente para as amostras irradiadas por 180 segundos em todos os níveis de umidade e amostra tratada por 270 segundos a 15% de umidade (figura 21). A amostra tratada por 360 segundos apresentou valores para energia extremamente baixos em todos os níveis de umidade, indicando um decréscimo de qualidade.

Concluiu-se, em face aos resultados obtidos, que os efeitos do tratamento do trigo por microondas, nas propriedades de extensão da massa foram pronunciados alterando de forma marcante os perfís das curvas dos extensígramas. A redução da extensibilidade e o aumento da resistência à extensão são típicos efeitos de oxidação, isto é, podem ser atribuídos a um aumento das forças de associação entre as moléculas de proteínas da rede de glúten. Parece, por conseguinte, ser esses os tipos de efeitos

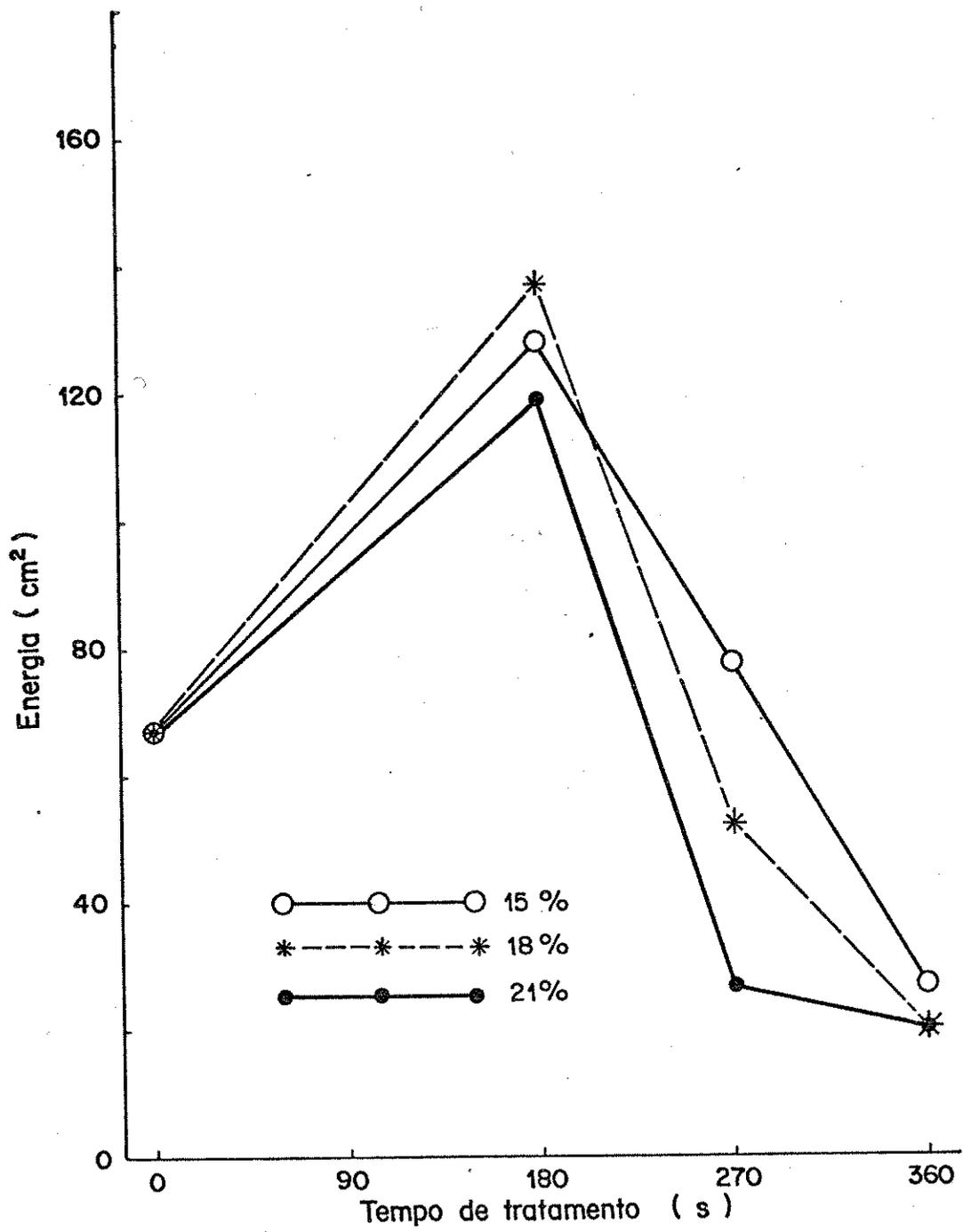


Figura 21. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a energia da massa após 135 minutos de fermentação.

provocados pela energia de microondas nesta variedade de trigo.

O efeito da energia de microondas parece ser dependente, pelos resultados obtidos, do tempo de exposição assim como do nível de umidade de tratamento. O aumento simultâneo da exposição e da umidade aumenta as forças de associação entre as moléculas da rede de glúten, de tal forma que provoca um fortalecimento excessivo da farinha causando um efeito marcante na qualidade tecnológica do trigo.

Como os maiores valores da área total dos extensígramas normalmente indicam melhor qualidade da massa, o efeito melhorador da energia de microondas é demonstrado pelo aumento da área total das amostras irradiadas por 180 segundos nas amostras com 15, 18 e 21% de umidade e para amostra tratada por 270 segundos à 15% de umidade. Esses resultados são consistentes com aqueles obtidos por DOTY e BAKER (12) e McARTHUR e D'APPOLONIA (39), embora eles tenham trabalhado com trigo e farinha, respectivamente, considerados de boa qualidade de panificação e a um nível ao redor de 15% de umidade.

## 7. Características de fermentação e cozimento da massa

A utilização combinada dos aparelhos Maturógrafo e Oven-Rise Recorder possibilita que se registre importantes fases do processo de panificação, permitindo a obtenção de diversas características da massa nas etapas de fermentação e cozimento respectivamente. A existência de instrumentos que testam as propriedades físicas da massa tais como: Farinógrafo, Extensógrafo, etc., nem sempre podem seguramente predizer a real qualidade de panificação de uma farinha em particular. Entre as vantagens apresen-

tadas pelo Maturógrafo e Oven-Rise Recorder, em relação aos testes reológicos da massa, está a possibilidade de testar a qualidade global da farinha e o fato de que a massa usada nos testes destes aparelhos possuir a mesma formulação utilizada nos testes experimentais de panificação (SEIBEL, 55).

O Maturógrafo registra, durante a etapa de fermentação, o comportamento da massa especialmente aquele relacionado com a capacidade de produção e retenção de gás, assim como da elasticidade da massa. As características de fermentação avaliadas do maturograma foram: tempo de fermentação, estabilidade à fermentação, elasticidade e nível da massa.

O Oven-Rise Recorder registra as variações ocorridas no volume da massa durante o processo de cozimento da massa. Este tipo de aparelho permite também avaliar a produção e retenção de gás na etapa de fermentação (MAREK e BUSHUK, 41) e na etapa de descanso da massa (MAREK *et al.*, 42). As características de cozimento da massa avaliadas das curvas obtidas do Oven-Rise Recorder foram: volume da massa, volume do pão, variação total no volume da massa (oven-rise) e variação parcial no volume da massa (final-rise).

A temperatura aplicada à massa durante os testes experimentais de panificação não é gradual como é o caso do Oven-Rise Recorder e, a imersão da massa em óleo em oposição ao ar quente úmido de um forno convencional, não permite uma exata duplicação do processo de panificação, portanto, estes fatos devem ser considerados na performance do teste.

#### 1. Fermentação

O efeito do tratamento do trigo por microondas sobre

as características de fermentação está apresentado na tabela XX e ilustrado na figura 22.

O tempo de fermentação (figura 23), indica o tempo necessário para se obter a completa maturidade de fermentação da massa. A amostra com 15% de umidade apresentou valores crescentes e superiores ao controle até o tempo de tratamento de 270 segundos, diminuindo em seguida a um valor abaixo do controle para o tempo de tratamento de 360 segundos. Enquanto que, a amostra com 18% de umidade, o tempo de fermentação foi superior ao controle para o tempo de tratamento por 180 segundos permanecendo, contudo, praticamente neste mesmo valor para 270 segundos e diminuindo a um valor inferior ao controle para 360 segundos de irradiação. Entretanto, a amostra com 21% de umidade, o tempo de fermentação somente foi superior quando a amostra foi irradiada por 180 segundos, decrescendo de forma mais acentuada em relação às outras umidades em questão, atingindo um valor mínimo à 360 segundos de irradiação.

A estabilidade à fermentação, indica a tolerância, em tempo, para que a massa seja colocada no forno e ainda produzir o mesmo volume do pão. Os valores de estabilidade permaneceram praticamente os mesmos, em todas as umidades, até o tempo de tratamento de 270 segundos, sofrendo uma queda brusca para o tempo de tratamento de 360 segundos.

O efeito do tempo de tratamento do trigo por microondas sobre a elasticidade da massa é mostrada na figura 24. Na amostra com 15% de umidade, o valor de elasticidade foi crescente e superior ao controle até o tempo de tratamento de 270 segundos, diminuindo a um valor inferior ao controle para 360 segundos de irradiação. A amostra com 18% de umidade apresentou valor

Tabela XX - Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre as características de fermentação da massa

	Tempo de tratamento (seg)						
0	180	270	360				
	Umidade de tratamento (%)						
-	15	18	21	15	18	21	15
				15	18	21	15
				21	18	15	21
				108	93	74	59
				111	108	93	74
				95	93	74	59
				97	93	74	59
				86	93	74	59
Tempo de fermentação (min)	86	97	95	111	108	93	74
				12	10	12	4
Estabilidade à fermentação (min)	12	12	12	10	10	12	4
				130	250	140	90
Elasticidade (U.M.)	130	190	190	250	250	140	90
				230	680	290	190
Nível da massa (U.M.)	230	330	300	550	680	290	190
							200
							200
							180

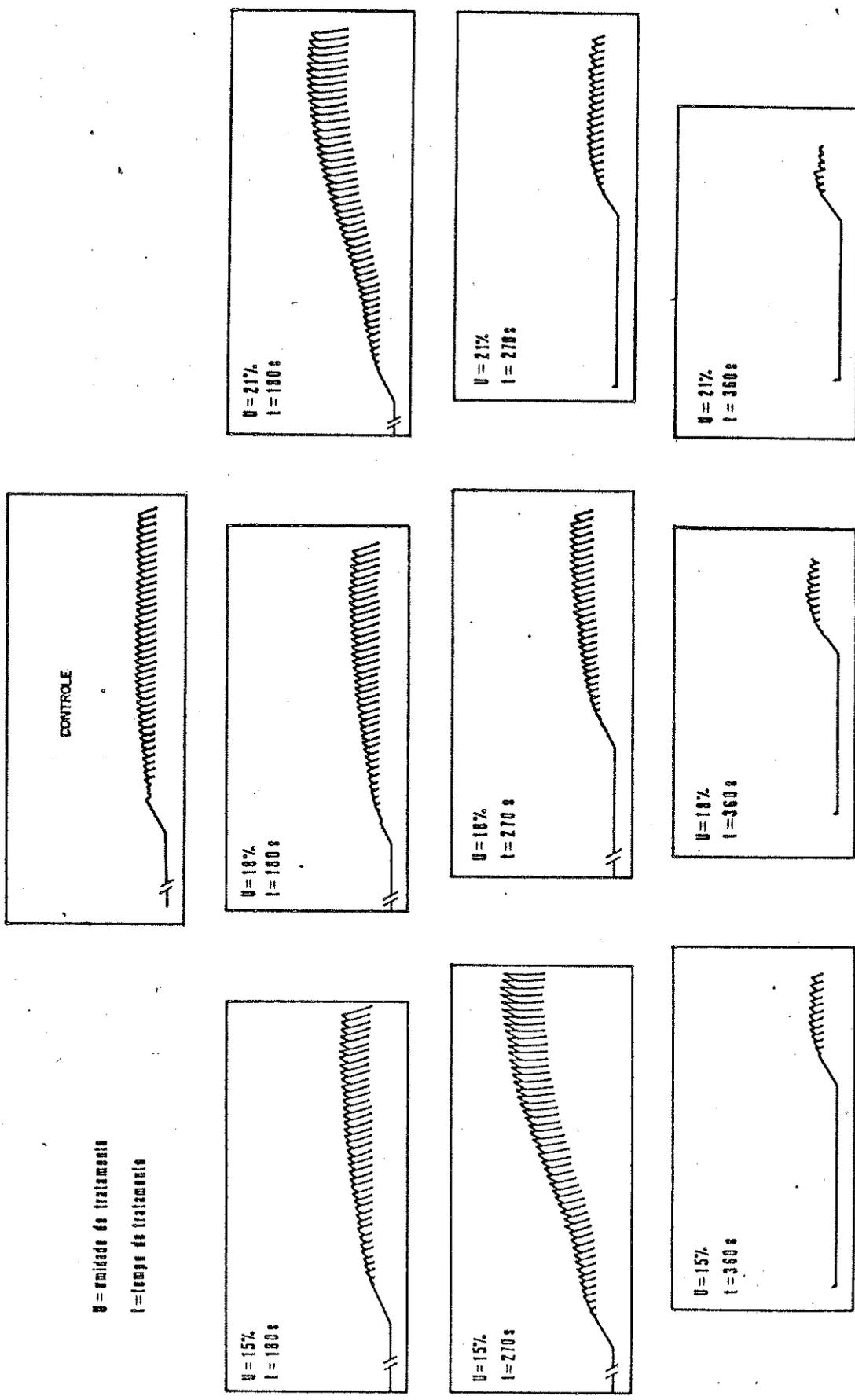


FIGURA 22. Efeito do tempo e unidade de tratamento do trigo por microondas sobre as características dos naturogramas.

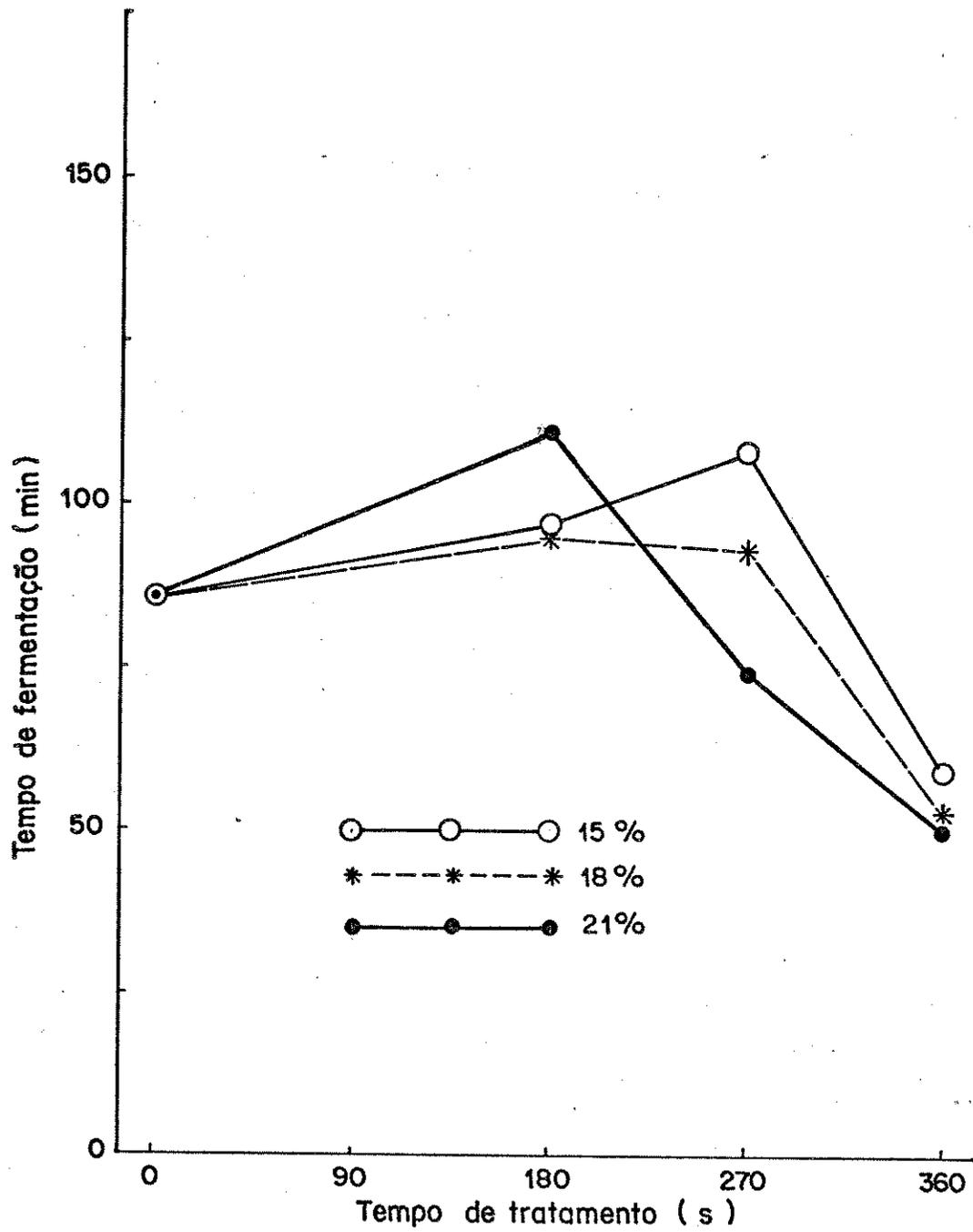


Figura 23. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre o tempo de fermentação da massa.

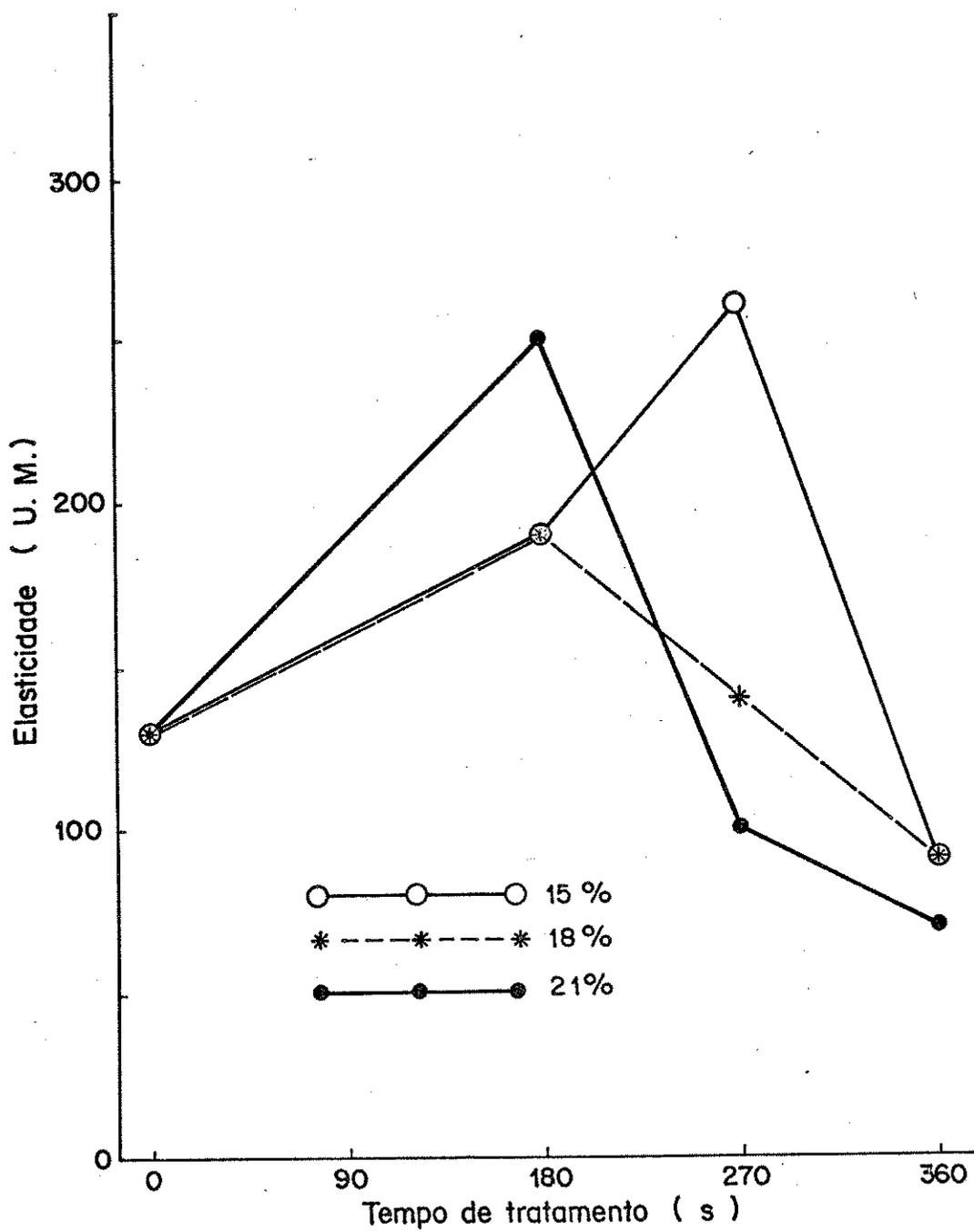


Figura 24. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a elasticidade da massa.

de elasticidade superior ao controle para 180 segundos de irradiação, decrescendo em seguida mas observando que aos 270 segundos a elasticidade foi praticamente a mesma do controle sendo inferior para 360 segundos de irradiação. A amostra com 21% de umidade apresentou valor superior ao controle somente para o tempo de tratamento de 180 segundos, sendo inferior ao controle para os tempos de 270 e 360 segundos quando atingiu um valor mínimo para esta característica de fermentação.

O efeito do tempo de tratamento do trigo por microondas sobre o nível da massa é mostrado na figura 25. Na amostra com 15% de umidade, os valores do nível da massa foram crescentes e superiores ao controle até o tempo de tratamento de 270 segundos, diminuindo a um valor inferior ao controle para o tempo de tratamento de 360 segundos. A amostra com 18% de umidade apresentou valores praticamente iguais, mas superiores ao controle, para os tempos de 180 e 270 segundos, e inferior ao controle para 360 segundos de irradiação. A amostra irradiada com 21% de umidade apresentou um valor superior ao controle para 180 segundos de tratamento, decrescendo em seguida para valores inferiores ao controle para 270 e 360 segundos de irradiação.

Os resultados indicam que as características de fermentação da massa foram influenciadas pela exposição do trigo à microondas. A irradiação do trigo por 180 segundos provocou uma melhora nestas características para todas as umidades pesquisadas, principalmente com 21% de umidade. O aumento para 270 segundos de irradiação, provocou uma melhora dessas características quando a umidade foi de 15%, praticamente não foram modificadas com 18% de umidade e houve uma piora quando a umidade foi de 21% de umidade. Na irradiação por 360 segundos observou-se uma degradação total das características de fermentação da massa em todos

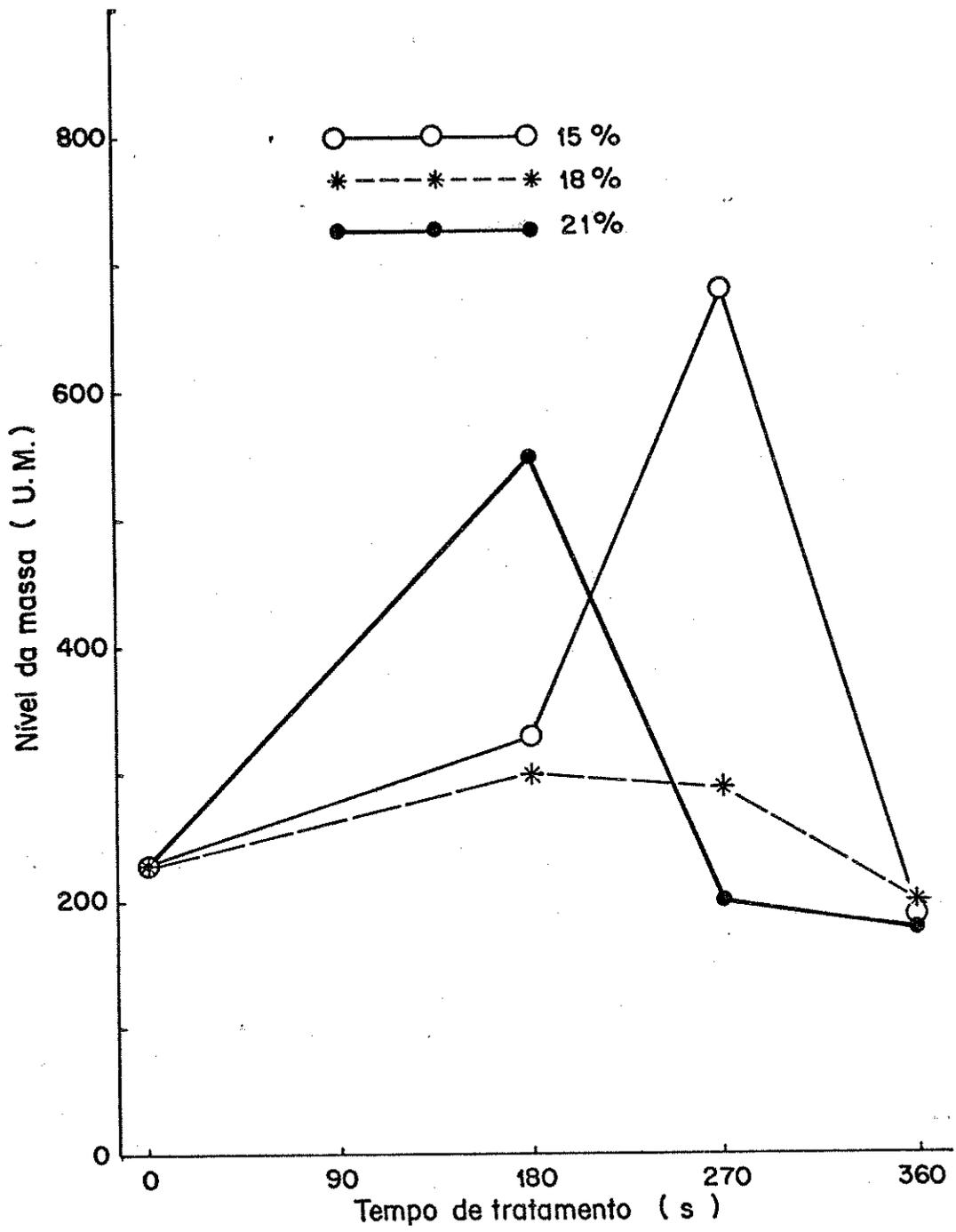


Figura 25. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre o nível da massa.

os níveis de umidade.

Estas variações observadas nas características de fermentação da massa provavelmente são explicadas pelas alterações verificadas no glúten e/ou inativação de alfa-amilase ou outras enzimas ocorridas nas farinhas dos trigos expostos à energia de microondas.

#### *ii.* Cozimento

As curvas, obtidas do Oven-Rise Recorder, que caracterizam as propriedades de cozimento da massa das farinhas dos trigos expostos à microondas estão ilustradas na figura 26.

O efeito do tempo de tratamento do trigo por microondas sobre as características de cozimento da massa de suas farinhas está apresentado na tabela XXI.

O volume inicial da massa (figura 27), valor obtido no instante em que se inicia o teste para a amostra de trigo com 15% de umidade apresentou valores crescentes e superiores ao controle até o tempo de tratamento de 270 segundos, diminuindo em seguida a um valor abaixo do controle para o tempo de tratamento de 360 segundos. Nas amostras de trigo com 18 e 21% de umidade, o volume da massa apresentou valores superiores ao controle somente quando o tempo de tratamento foi de 180 segundos. Nos demais tempos de tratamento, além dos valores terem sido inferiores ao controle foi observado uma queda mais brusca para a amostra irradiada por 270 segundos à 21% de umidade. Os valores mais altos de volume da massa foram 460 e 380 U.O.R. respectivamente para as amostras de trigo tratadas por 270 segundos à 15% de umidade e 180 segundos à 21% de umidade.

O volume do pão (figura 28), valor obtido no final do



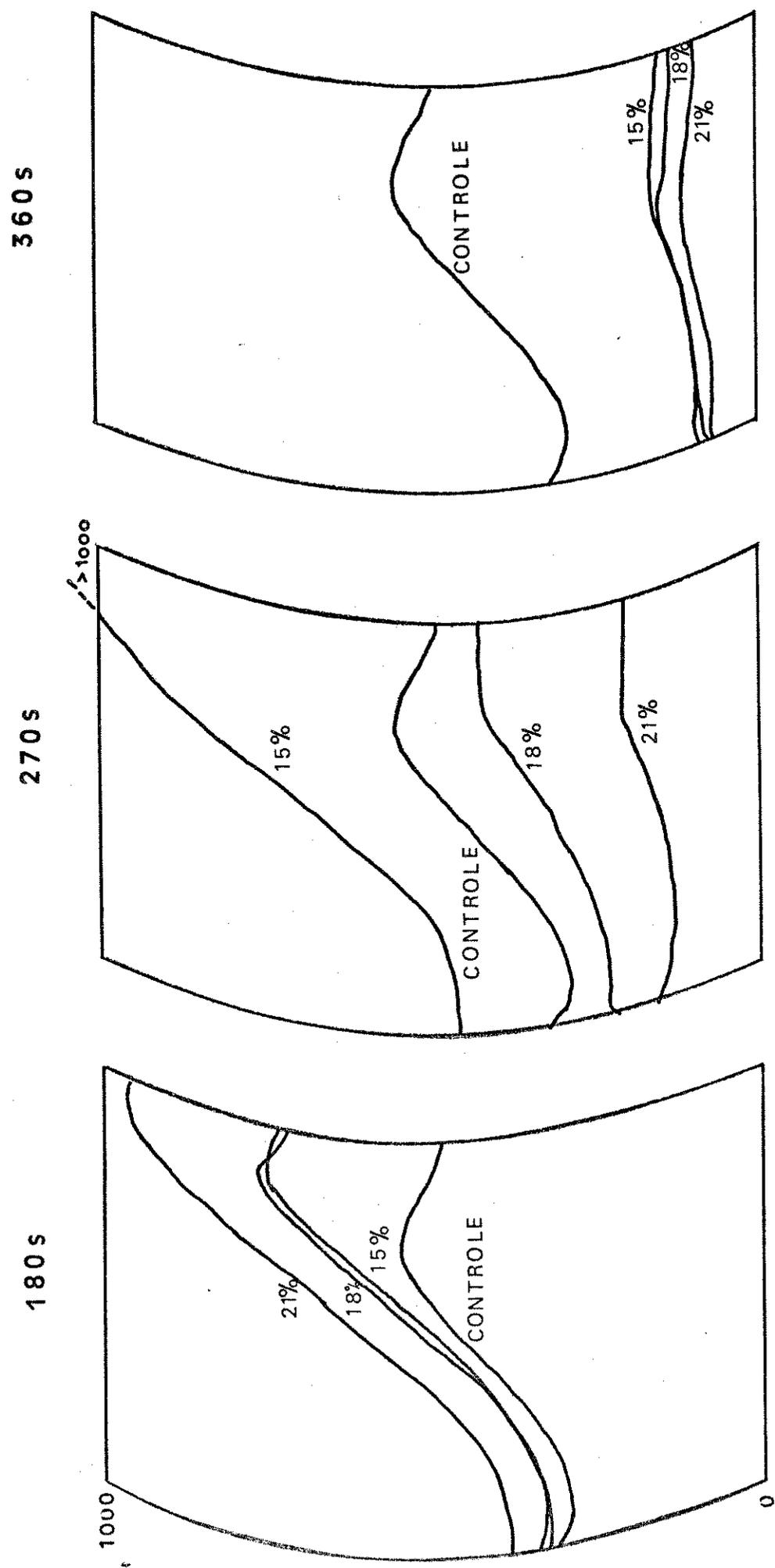


FIGURA 26. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre os perfis das curvas do oven-rise recorder.

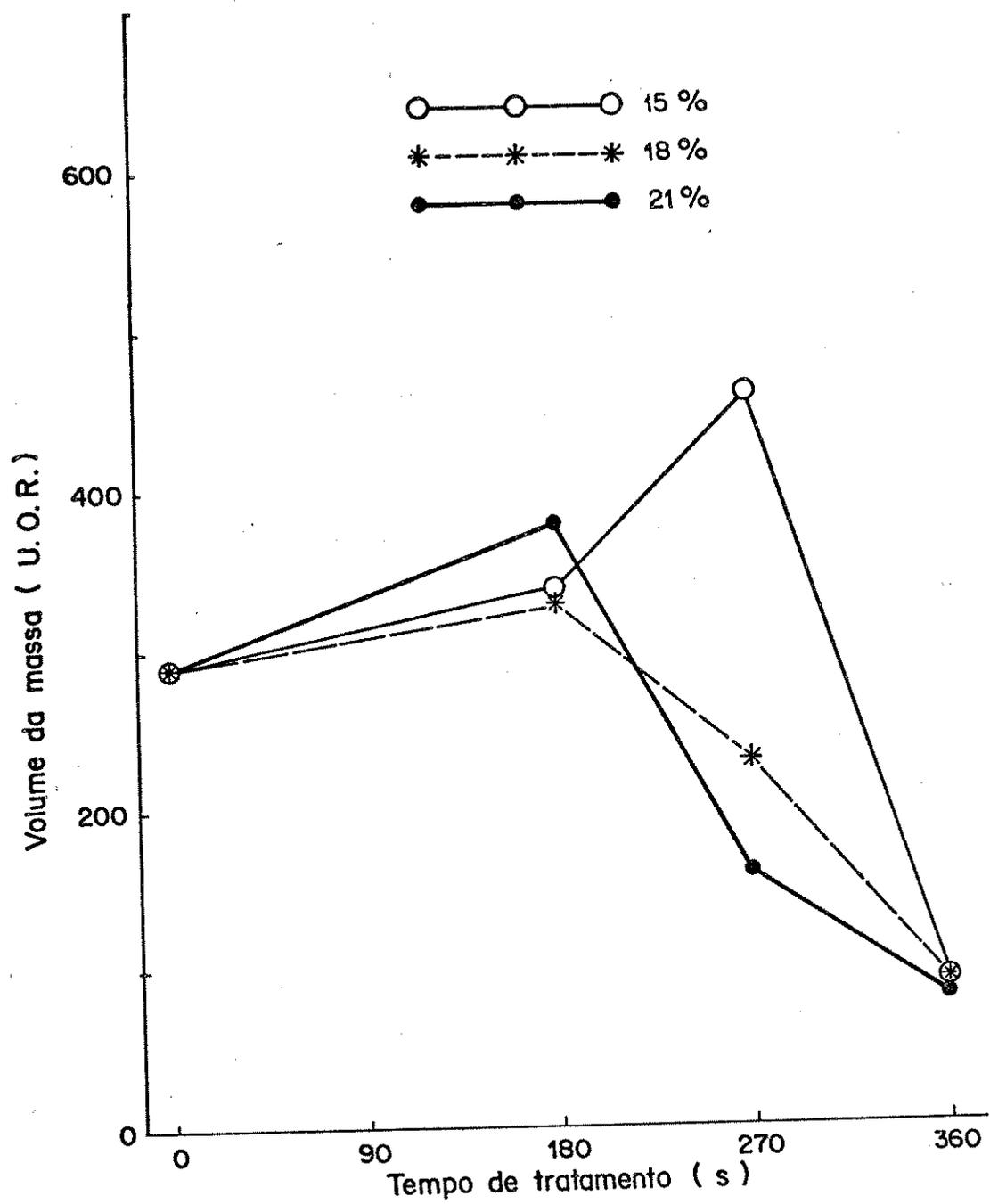


Figura 27. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre o volume da massa.

teste, apresentou a mesma tendência verificada no volume da massa, aumento dos valores até 270 segundos de irradiação à 15% de umidade e nas amostras com 18 e 21% de umidade, valores superiores ao controle somente para o tempo de tratamento de 180 segundos, observando o mesmo tipo de queda brusca no valor do volume do pão para a amostra irradiada por 270 segundos à 21% de umidade. Novamente foi observado que os valores mais altos para volume do pão foram para as amostras irradiadas por 270 segundos à 15% de umidade e 180 segundos à 21% de umidade respectivamente >1000 e 950 U.O.R.

A variação total no volume da massa (oven-rise) por ser uma medida da diferença entre volume do pão e o volume da massa, apresentou um comportamento idêntico àquele observado para estas características.

A variação parcial no volume da massa (final-rise) indica a variação no volume entre 11 e 22 minutos, portanto, na segunda metade do teste e de acordo com SEIBEL (55) esta característica fornece uma importante informação sobre a qualidade da farinha. Na amostra de trigo com 15% de umidade, os valores foram crescentes e superiores ao controle até 270 segundos de tratamento, diminuindo a um valor inferior ao controle, mas ainda positivo, para o tempo de irradiação de 360 segundos. Nas amostras com 18 e 21% de umidade, os valores foram superiores ao controle para o tempo de irradiação de 180 segundos, diminuindo para os demais tempos, atingindo valores negativos para o tempo de irradiação de 360 segundos.

Os resultados indicam que as características de cozimento da massa foram influenciadas pela exposição do trigo à microondas. A irradiação do trigo por 180 segundos provocou uma melhora nestas características para todas as umidades pesquisadas.

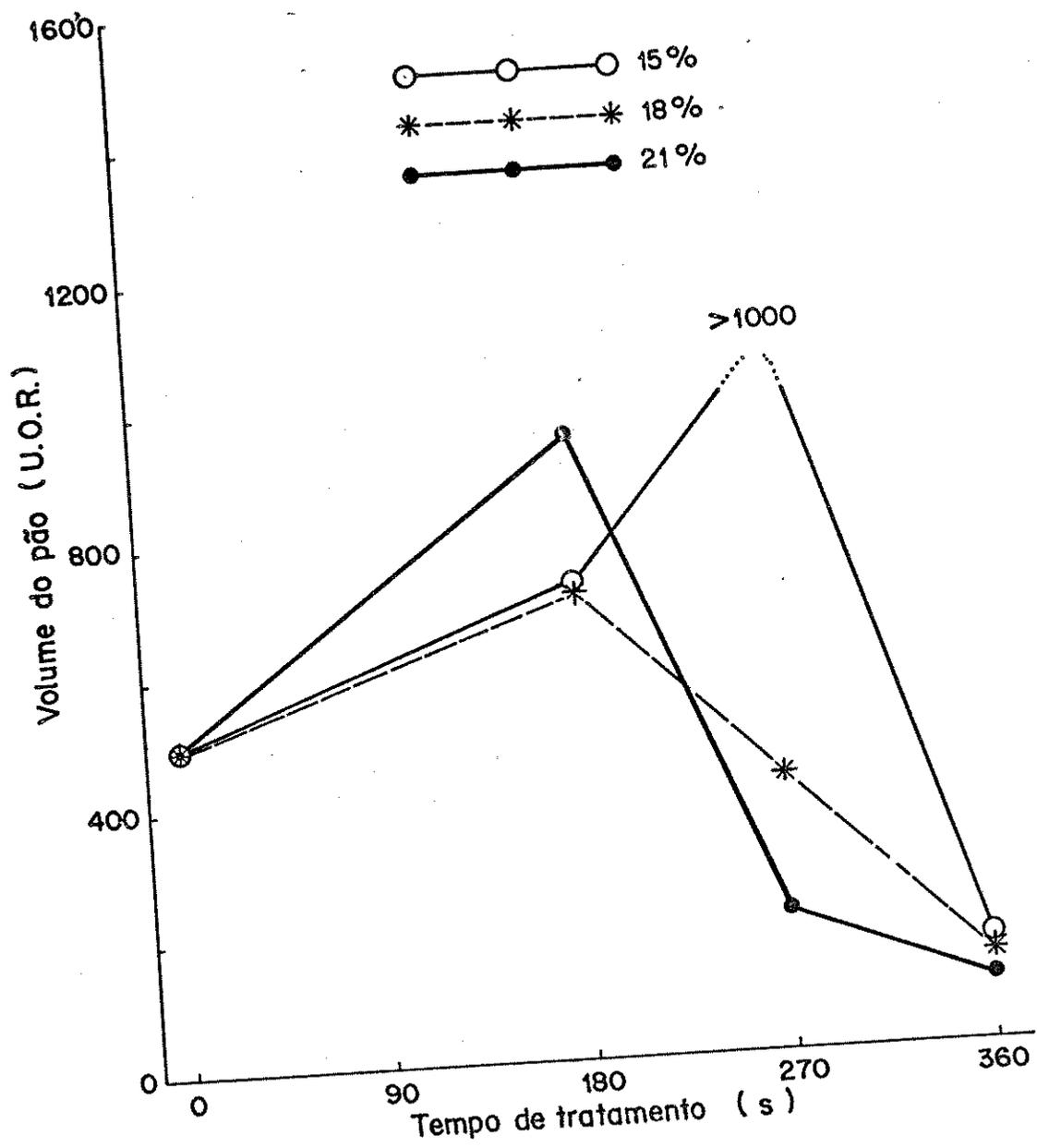


Figura 28. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre o volume do pão.

O aumento para 270 segundos de irradiação acentuou, ainda mais, a melhora dessas características para a umidade de 15%, porém as amostras com 18 e 21% de umidade apresentaram uma piora, atingindo inclusive níveis inferiores ao controle. Na irradiação por 360 segundos, observou-se uma degradação total das características de cozimento da massa em todos os níveis de umidade pesquisados.

Estas variações observadas nas características de cozimento da massa, provavelmente são explicadas pelas alterações do glúten, de amido e/ou inativação de alfa-amilase ocorridas quando da exposição do trigo à energia de microondas.

#### 8. Qualidade tecnológica global da farinha

Uma informação definitiva sobre a qualidade tecnológica global da farinha de trigo somente pode ser dada através de um teste de panificação, pois é o único teste que pode avaliar a complexa combinação da influência de todos os elementos de qualidade da farinha, apesar das informações úteis fornecidas pelos vários testes físicos da massa.

O teste instrumental de panificação usado neste trabalho, possibilita controlar os requisitos de mistura, a absorção de água e a consistência da massa, além de propiciar uma precisa descrição científica dos vários parâmetros (EL-DASH, 16). Assim, as variações observadas na qualidade do pão foram atribuídas aos efeitos provocados por energia de microondas sobre o trigo que foi tratado por este tipo de energia.

A qualidade do pão foi avaliada pelas características externas e internas do pão e aroma e gosto. O volume específico do pão é a determinação de qualidade mais objetiva e ele é impor

tante na avaliação pois é afetado por inúmeros fatores, entre eles o processamento do trigo e/ou farinha, assim como pelo conteúdo de proteína da farinha sendo que, uma das frações das proteínas de glúten, a gliadina, é quem controla o volume do pão (FINNEY et al., 20; HOSENEY et al., 25, 26).

As características externas avaliadas foram: volume (volume específico x 3,33), cor da crosta, quebra e simetria, enquanto que os parâmetros das características internas foram: cor do miolo, estrutura da célula do miolo e textura.

O tempo de fermentação da massa foi obtido através do maturôgrafo, deste modo, para cada amostra foi obtido o tempo de fermentação ótimo, a ser utilizado no teste de panificação.

Os resultados da avaliação da qualidade dos pães produzidos das farinhas dos trigos irradiados por microondas estão dados na tabela XXII.

O volume específico (figura 29) para a amostra de trigo com 15% de umidade apresentou valores crescentes e superiores ao controle até o tempo de tratamento de 270 segundos, diminuindo em seguida, a um valor abaixo do controle para o tempo de tratamento de 360 segundos. Nas amostras com 18 e 21% de umidade, o volume específico apresentou valores superiores ao controle somente quando o tempo de tratamento foi de 180 segundos, nos demais tempos de tratamento, além dos valores terem sido inferiores ao controle foi observado uma queda mais brusca para a amostra irradiada com 21% de umidade.

O escore de qualidade dos pães para as características externas e internas e aroma e gosto e a contagem total é dado na tabela XXIII.

O escore de qualidade relativo a característica exter-

Tabela XXII - Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre os parâmetros de qualidade das características externas e internas, aroma e gosto do pão

Características	Tempo de tratamento (seg)										
	0	15	18	21	15	18	21	15	18	21	360
Valor	0		180		270		360				
Máximo											
<u>EXTERNAS</u>	40										
. Volume (volume específico x 3,33)	20	11,6	13,3	13,2	16,7	15,7	8,7	6,7	4,7	5,7	4,3
. Cor da crosta	10	10	10	10	10	10	5	5	0	0	0
. Quebra	5	3	4	5	5	5	0	0	0	0	0
. Simetria	5	5	5	5	5	5	1	1	0	0	0
<u>INTERNAS</u>	35										
. Característica da crosta	5	5	5	5	5	5	1	1	0	0	0
. Cor do miolo	10	7	9	10	10	8	1	1	5	5	0
. Estrutura da célula do miolo	10	7	9	9	10	8	0	0	0	0	0
. Textura do miolo	10	8	8	9	10	9	0	0	0	0	0
<u>AROMA E GOSTO</u>	25										
. Aroma	10	9	6	9	9	7	3	3	2	2	2
. Gosto	15	13	12	14	14	14	5	2	0	0	0

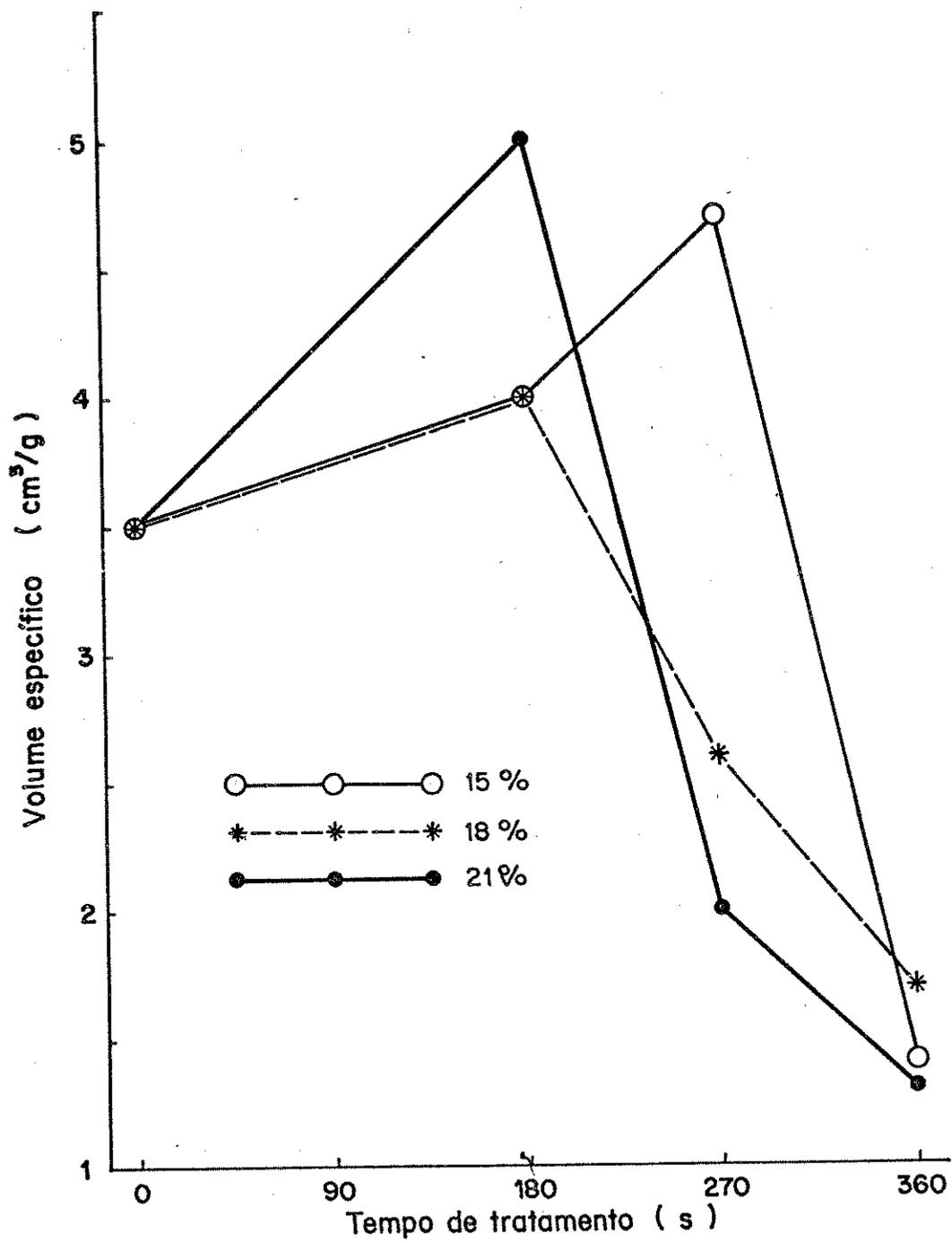


Figura 29. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre o volume específico do pão.

Tabela XXIII - Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a qualidade dos pães

	Tempo de tratamento (seg)										
	0	180	270	360							
Valor Máximo	Umidade de tratamento (%)										
-	15	18	21	15	18	21					
Características Externas	40	29,6	32,3	33,2	36,7	35,7	14,7	12,7	4,7	5,7	4,3
Características Internas	35	27	31	33	35	30	10	2	5	5	0
Aroma e Gosto	25	22	18	23	23	21	13	8	2	2	2
Contagem Total	100	78,6	81,3	89,2	94,7	86,7	37,7	22,7	11,7	12,7	6,3

na (figura 30), para a amostra com 15% de umidad foi crescente e superior ao controle até o tempo de tratamento de 270 segundos, diminuindo bruscamente, a um nível inferior ao controle, para o tempo de 360 segundos de irradiação. As amostras com 18 e 21% de umidade, somente foi superior para o tempo de tratamento de 180 segundos, diminuindo de forma drástica, a valores inferiores ao controle, para os tempos de 270 e 360 segundos.

O escore de qualidade relativo a característica interna (figura 31) foi superior ao controle para o tempo de tratamento de 180 segundos, em todos os níveis de umidade pesquisados e quando o tempo de tratamento foi de 270 segundos, houve uma diminuição nos pontos de qualidade da característica interna para todos os níveis de umidade, embora a amostra com 15% de umidade ainda apresentasse valor superior ao controle e para as amostras com 18 e 21% de umidade, a queda foi brusca e drástica e a níveis inferiores ao controle. Aos 360 segundos de irradiação houve uma deterioração total da característica interna para todos os níveis de umidade.

Foi observado que o escore de qualidade relativo a aroma e gosto (figura 32) somente foi superior ao controle para as amostras irradiadas por 180 segundos à 18 e 21% de umidade, sendo inferior em todas as outras condições.

Os pontos de contagem total de qualidade (figura 33) mostrou que aos 180 segundos de irradiação, além dos valores terem sido superiores ao controle, foram também crescentes com o aumento da umidade de tratamento. Entretanto, aos 270 segundos de tratamento, somente a amostra irradiada com 15% de umidade apresentou qualidade de pão superior ao controle, decrescendo de forma abrupta com o posterior aumento de umidade. O tempo de 360 segundos de irradiação provocou uma deterioração total na qualida-

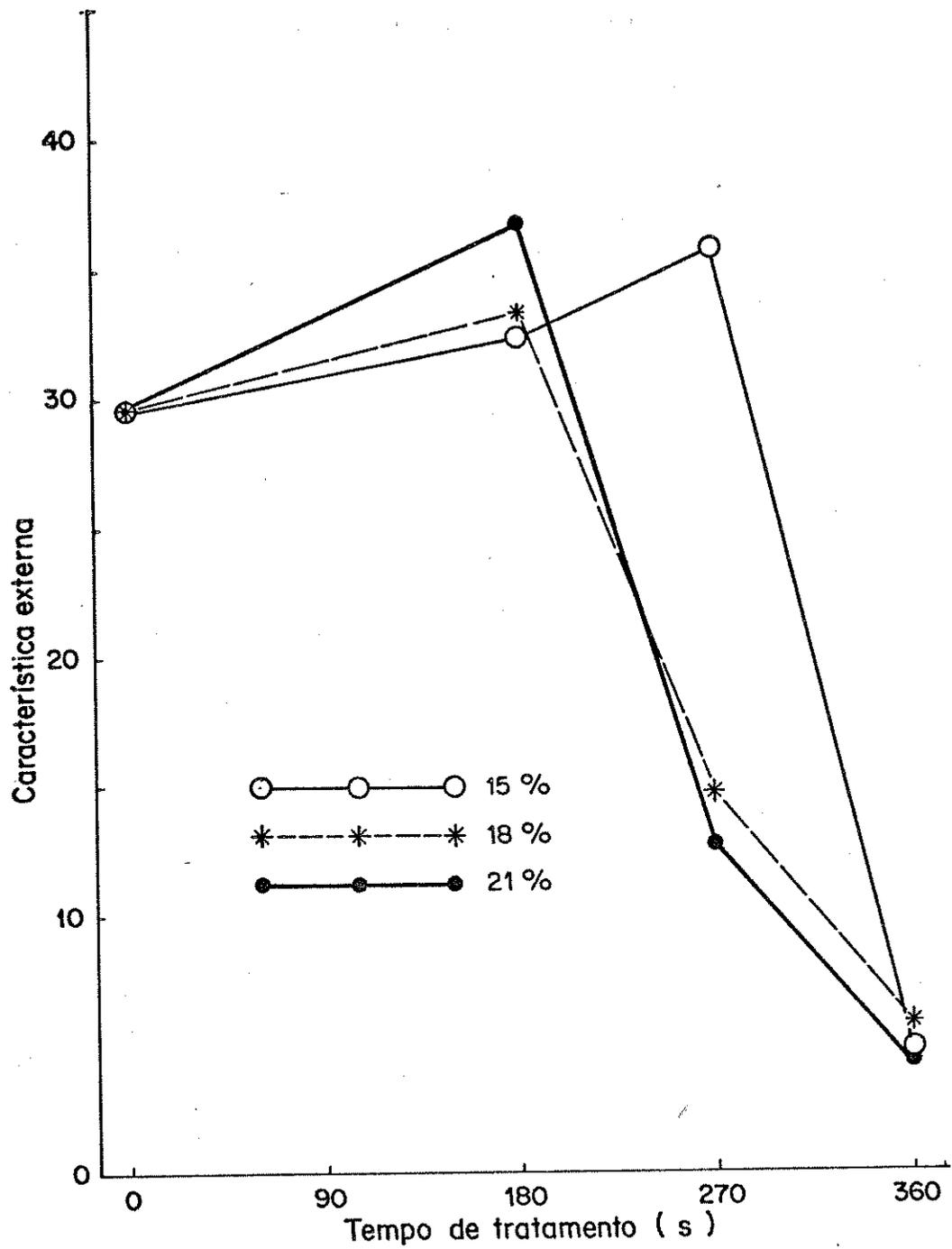


Figura 30. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a característica externa do pão.

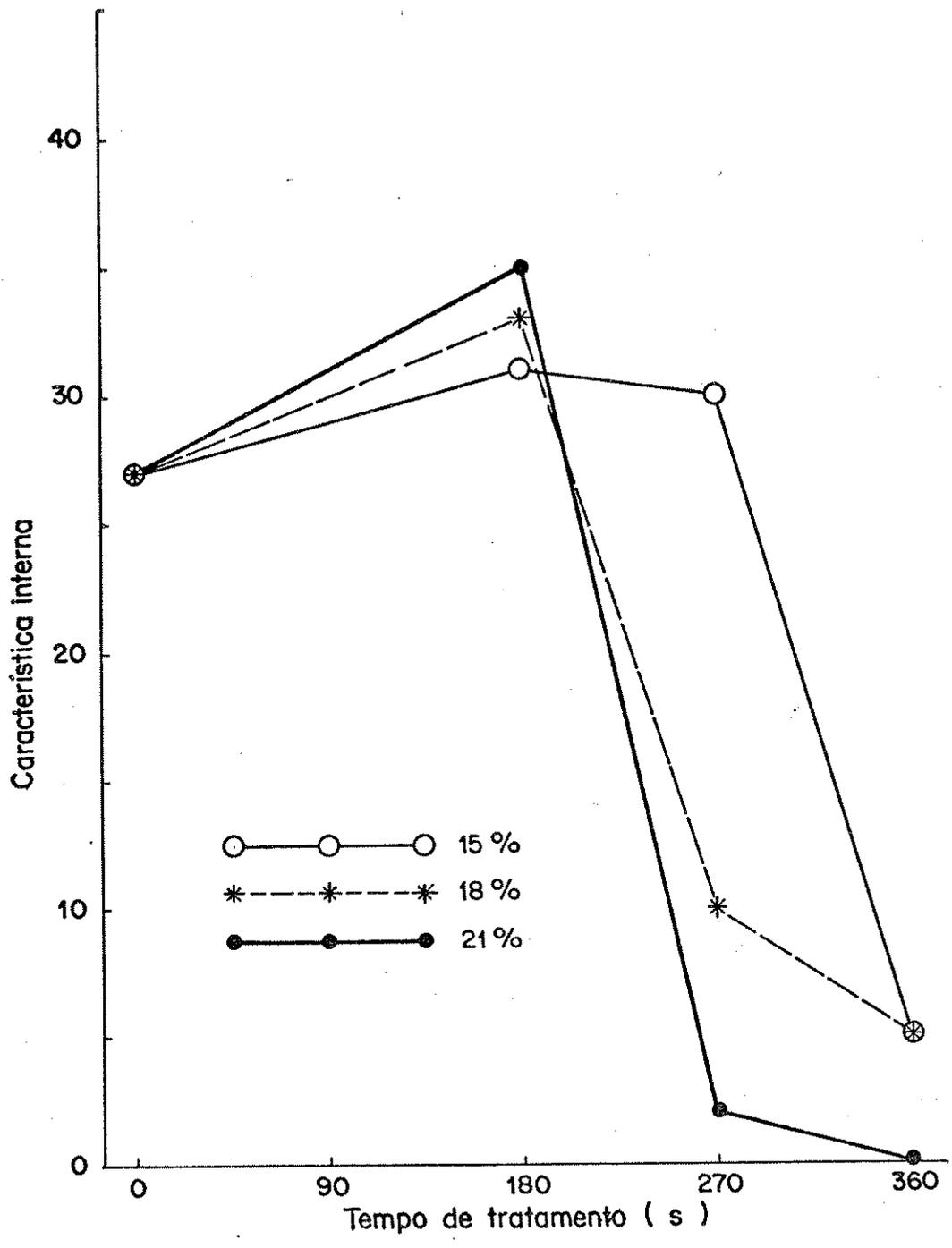


Figura 31. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a característica interna do pão.

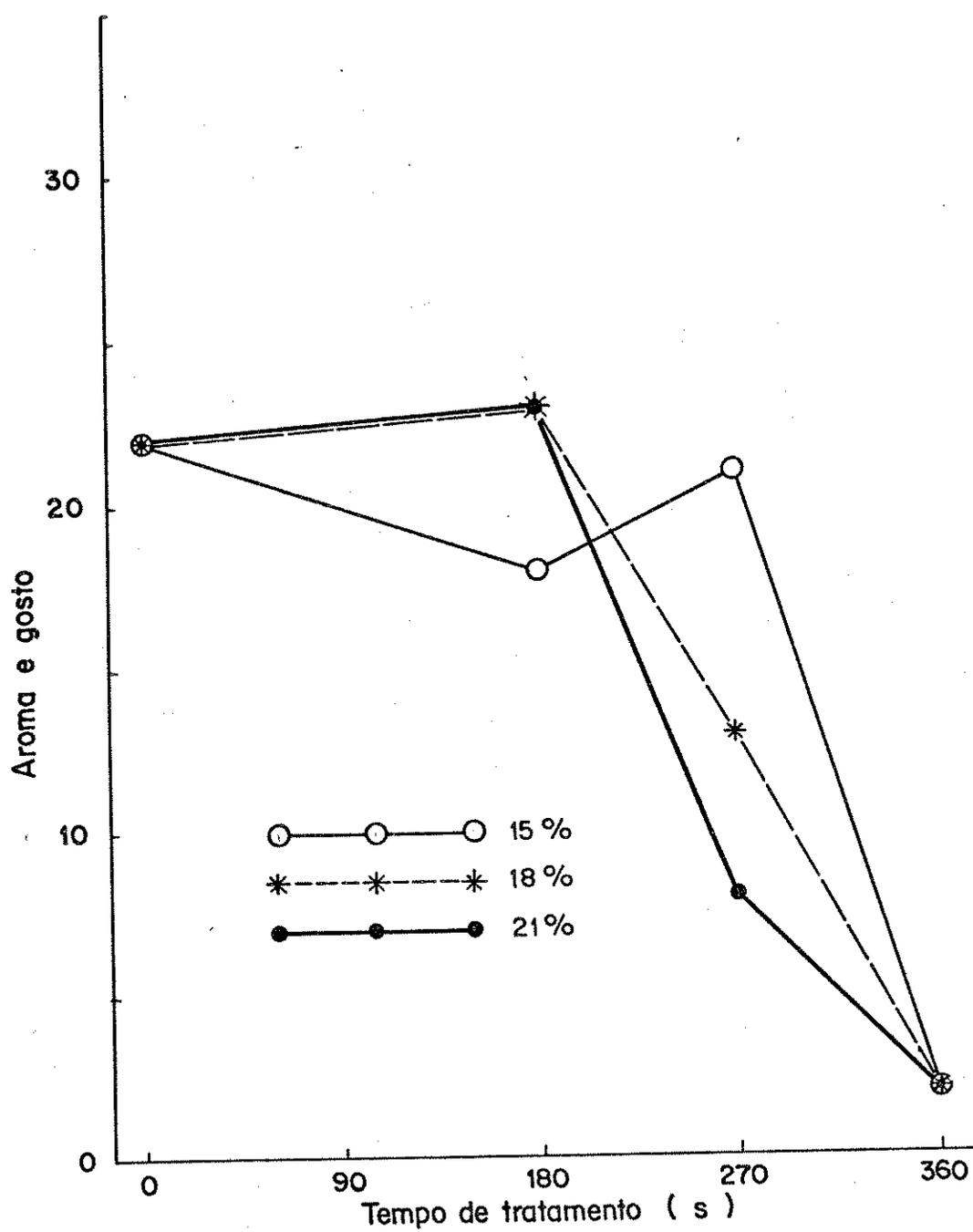


Figura 32. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre aroma e gosto do pão.

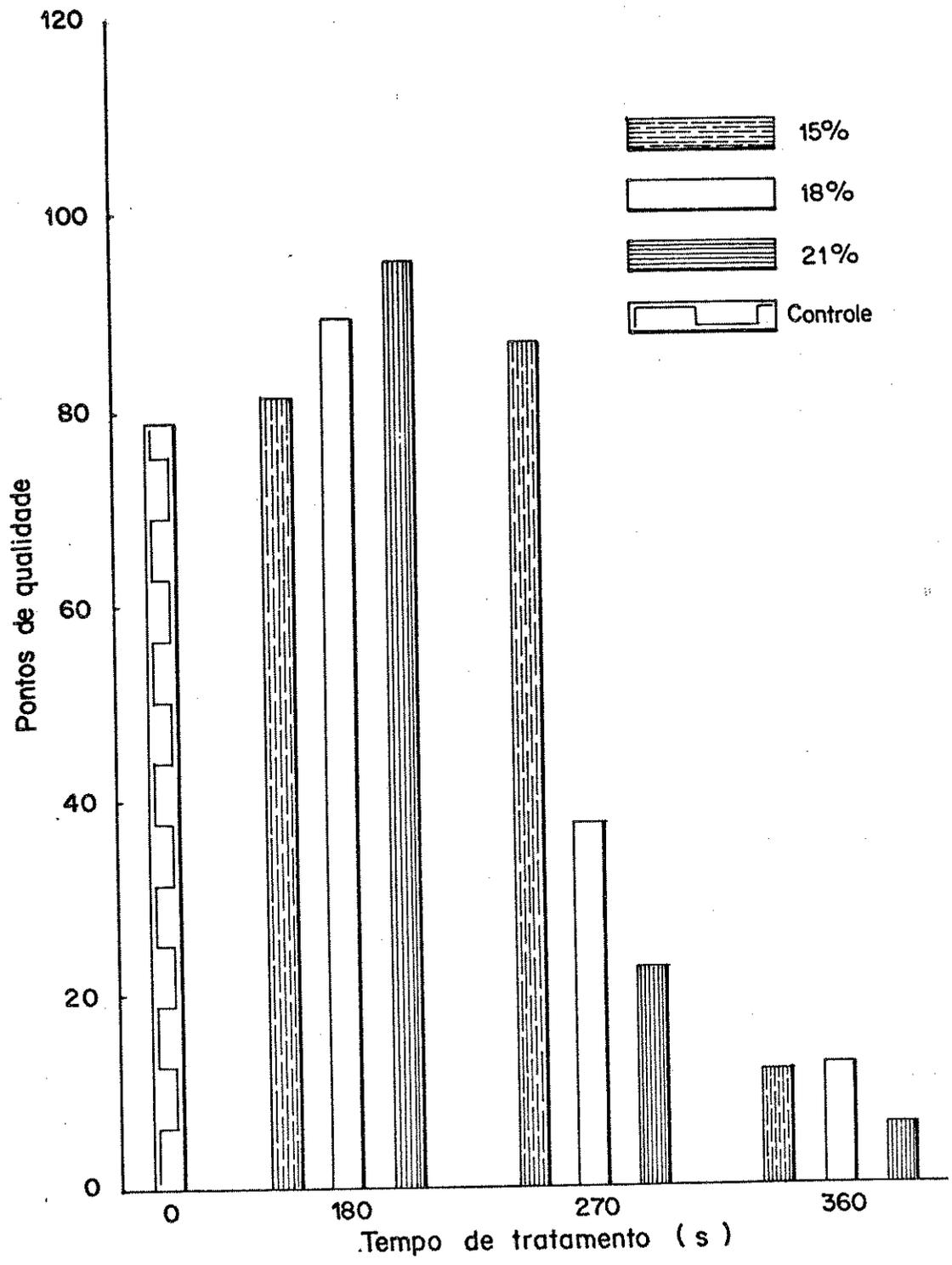


Figura 33. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas sobre a contagem total dos pontos de qualidade dos pães.

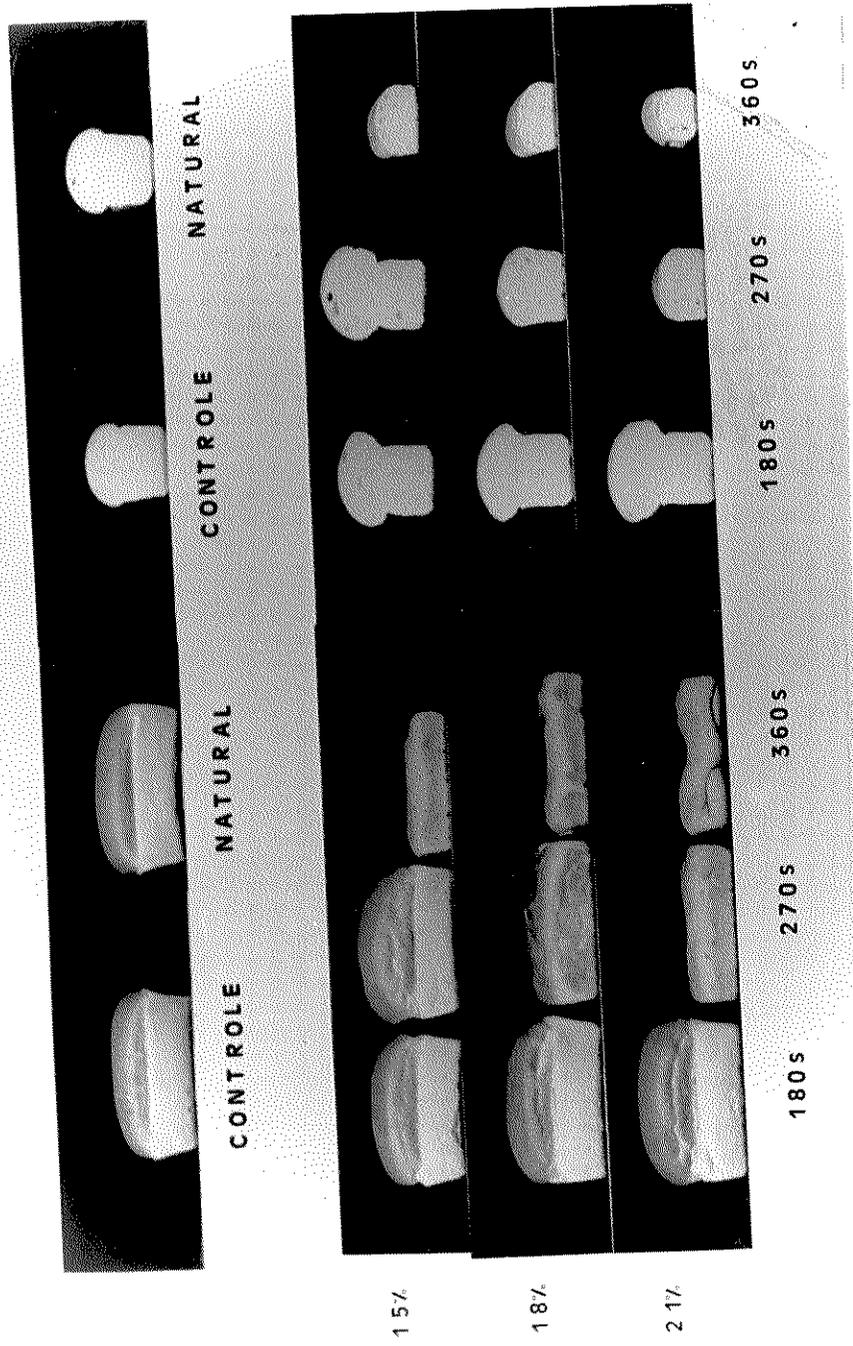


FIGURA 34. Efeito do tempo e umidade de tratamento do trigo por microondas na qualidade do pão.

de dos pães em todos os níveis de umidade pesquisados.

A irradiação do trigo por microondas, por um período de tempo de 180 segundos das amostras contendo 15, 18 e 21% de umidade e da amostra irradiada por 270 segundos à 15% de umidade, resultou numa melhora na qualidade do pão, por outro lado, uma excessiva irradiação reduziu todos os parâmetros de qualidade do pão, resultando num produto muito inferior a aquele produzido com o controle como mostra a figura 34.

É interessante notar que os resultados obtidos estão em concordância com aqueles obtidos por DOTY e BAKER (12) e por MACARTHUR e D'APPOLONIA (39), que obtiveram o mesmo tipo de tendência na qualidade do pão, para amostra irradiada com cerca de 15% de umidade, melhorando-a até 180 segundos de irradiação e, posteriormente, uma queda acentuada, notando ainda que eles trabalharam com trigo (12) e farinha (39) de qualidade tecnológica considerada boa para panificação. Entretanto, o mesmo tipo de resultado foi obtido, neste trabalho, utilizando um trigo de qualidade tecnológica fraca para panificação, observando que a amostra com menor umidade de tratamento (15%) teve a qualidade do pão ainda superior ao controle quando o tempo de irradiação do trigo foi de 270 segundos.

## V - CONCLUSÕES

A maceração do trigo provocou um aumento da atividade de alfa-amilase refletida pela diminuição da viscosidade máxima.

A maceração do trigo afetou adversamente as características de mistura, extensão, fermentação e cozimento da massa.

A farinha de trigo macerado produziu um pão com maior volume, contudo a massa apresentou textura pegajosa e de difícil manuseio. O escore de qualidade do pão produzido de farinha de trigo macerado foi praticamente o mesmo encontrado para a farinha de trigo natural em oposição aos resultados obtidos dos testes físico-químicos que previam uma maior redução na qualidade do pão.

A irradiação do trigo com microondas provocou um aumento de temperatura dos grãos, atingindo um máximo (105,5°C) para a amostra tratada com 15% de umidade e 360 segundos de exposição.

As amostras de trigo irradiadas com microondas apresentaram rendimento em farinha total menor do que o controle, para todos os tempos de tratamento em todos os níveis de umidade pesquisados.

A irradiação do trigo com microondas reduziu a atividade de alfa-amilase refletida pelo aumento de viscosidade máxima com o incremento do tempo e umidade de tratamento.

A exposição a microondas das amostras de trigo, diminuiu a capacidade e aumentou a velocidade de absorção de água da farinha.

As amostras de trigo irradiadas com microondas por 180 segundos em todos os níveis de umidade pesquisados, apresentaram um aumento de tempo de desenvolvimento, estabilidade e tempo de saída enquanto que índice de tolerância mecânica foi reduzido, indicando a formação de uma massa mais estável e tolerante à mistura.

As amostras de trigo irradiadas por 180 segundos à 15, 18 e 21% de umidade e por 270 segundos à 15% de umidade, apresentaram um aumento da energia total necessária para esticar a massa até o ponto de ruptura sendo acompanhada por um decréscimo na extensibilidade e um aumento na resistência à extensão, indicando uma melhora na qualidade das farinhas.

As características de fermentação e cozimento da massa apresentadas pelas amostras de trigo irradiadas com microondas por 180 segundos à 15, 18 e 21% de umidade e por 270 segundos à 15% de umidade foram superiores ao controle, indicando que houve uma melhora na qualidade dessas farinhas.

A irradiação do trigo com microondas por 180 segundos à 15, 18 e 21% de umidade e por 270 segundos à 15% de umidade resultou numa melhora da qualidade do pão. Essas amostras além de mostrarem acréscimos de 3 à 20%, em relação ao padrão, na contagem total dos pontos de qualidade do pão, atingiram ainda, valores característicos de uma farinha com boa qualidade de panificação. Por outro lado, uma excessiva irradiação do trigo reduziu todos os parâmetros de qualidade do pão, resultando num produto muito inferior a aquele produzido com o controle.

## VI - BIBLIOGRAFIA

1. AACC. - Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. 7 ed. St. Paul, 1976.
2. ALEXANDER, J. - Chemical oxidizing and reducing agents in milling and baking. Milling 453(6): 32-37, 1971.
3. AREF, M.M.; NOEL, J.G.; MILLER, H. - Inactivation of alpha-amylase in wheat flour with microwave. J. of Microwave Power 7(3): 215-221, 1972.
4. BAKER, C.W. & DOTY, N.C. - Microwave conditioning of durum wheat. 2. Optimization of semolina yield and spaghetti quality. J. Agric. Food Chem. 25(4): 819-822, 1977.
5. BLOKSMA, A.H. - Rheology and chemistry of dough. In: POMERANZ, Y., ed. Wheat chemistry and technology. St. Paul, A.A.C.C., 1978. p. 523-584.
6. BRABENDER MATUROGRAF; instruction manual. Duisburg, Brabender OHG, s.d. 20 p.
7. BRABENDER OVEN-RISE RECORDER; instruction manual. Duisburg, Brabender OHG, s.d. 19 p.
8. CHAMBERLAIN, N. - Microwave energy in the of bread. Food Trade Review 43(9): 8-12, 1973.

9. COPSON, D.A. - Microwave heating: in freeze-drying, electronic ovens, and other applications. Westport, AVI Publishing, 1962 433p.
10. CURNUTTE, B. - Principles of microwaves radiation. J. of Food Protection 43(8): 618-624, 1984.
11. DERERA, N.F.; BHATT, G.M.; McMASTER, G.J. - On the problem of pre-harvest sprouting of wheat. Euphitica 26: 299, 1977.
12. DOTY, N.C. & BAKER, C.W. - Microwave conditioning of hard red spring wheat. I. Effects of wide power range on flour and bread quality. Cereal chem. 54(4): 717-727, 1977.
13. EDWARDS, G.H. - Effects of microwave radiation on wheat and flour. The viscosity of the flour pastes. J. Sci. Food Agric. 15(2): 108-114, 1964.
14. EL-DASH, A.A. - Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test. Cereal Chem. 55(4): 436-446, 1978.
15. EL-DASH, A.A. - Qualidade tecnológica do trigo nacional brasileiro: I. O problema da presença de  $\alpha$ -1,4-GLUCAN-4-Glucohydrolase (alfa-amilase). Ciência e Cultura 29(6): 684-688, 1967.
16. EL-DASH, A.A. - Análise e desenvolvimento de um novo sistema de testagem da qualidade tecnológica da farinha. Campi-

nas, 1978. 148p. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola - Universidade Estadual de Campinas, Brasil.

17. EL-DASH, A.A.; CAMARGO, C.O.; MANCILLA, N.D. - Fundamentos da tecnologia de panificação. São Paulo, Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. p. 349 (série Tecnologia Agroindustrial, 06).
18. FAN, L.T.; LAI, F.S.; WANG, R.H. - Cereal grain handling system. In: POMERANZ, Y. ed. Advances in cereal science and technology. St. Paul, A.A.C.C., 1976. p. 49-118.
19. FERRARI, C.H. & BAILEY, C.H. - Carotenoid pigments of flour. Cereal Chem. 6: 218-240, 1929.
20. FINNEY, K.F.; JONES, B.L.; SHOGREN, M.D. - Functional (bread-making) properties of wheat protein fractions obtained by ultracentrifugation. Cereal Chem. 59(6): 449-453, 1982.
21. FUNG, D.Y.C. & CUNNINGHAM, F.E. - Effect of microwaves on microorganisms in foods. J. of Food Protection 43(8): 641-650, 1980.
22. GOLDBLITH, S.A. - Basic principles of microwave and recent developments. Advances in Food Research 15(7): 227-297, 1966.
23. GOLDBLITH, S.A.; TANNENBAUM, S.R.; WANG, D.I.C. - Thermal and 2450 MHz microwave energy effect on the destruction of thiamine. Food Technol. 22(10): 1266-1268, 1968.

24. GREENAWAY, W.T. - The sprouted wheat problem: The search for a solution. Cereal Sci. Today 14(12): 390-395, 1969.
25. HOSENEY, R.C.; FINNEY, K.F.; SHOGREN, M.D.; POMERANZ, Y. - Functional (Breadmaking) and biochemical properties of wheat flour components. III. Characterization of gluten protein fraction obtained by ultra centrifugation. Cereal Chem. 46(2): 126-135, 1969.
26. HOSENEY, R.C.; FINNEY, K.F.; POMERANZ, Y.; SHOGREN, N.D. - Functional (breadmaking) and biochemical properties of wheat flour components. IV. Gluten protein fractionation by solubilizing in 70% ethyl alcohol and dilute lactic acid. Cereal Chem. 46(5): 495-502, 1969.
27. IBRAHIM, Y. & D'APPOLONIA, B.L. - Sprouting in hard red spring wheat. Baker's Digest 53(5): 17-19, 1979.
28. JOHNSON, J.A.; MILLER, D.; FRYER, H.C. - Acetone peroxide-a new bleaching and maturing agent for flour. Ker's Digest 36(6): 50-53, 1962.
29. KALAFAT, S.R. & KROGER, M. - Microwave heating of foods - use and safety considerations. CRC Crit. Rev. Food Technol. 4(2): 141-151, 1973.
30. KAMER, J.H. Van de & GINKEL, L.V. - Rapid determination of crude fiber in fiber in cereals. Cereal Chem. 29(4): 239-251, 1952.

31. KASARDA, D.D.; BERNADIN, J.E.; NIMMO, C.C. - Wheat at proteins. In: POMERANZ, Y. ed. Advances in cereal science and technology. St. Paul, A.A.C.C., 1976. p. 158-236.
32. KENT-JONES, D.W. & AMOS, A.J. - Modern cereal chemistry. 6nd ed. London, Food Trade Press Ltd., 1967.
33. KRUGER, J.E. - Changes in the amylase of hard red spring wheat during growth and maturation. Cereal Chem. 49(4): 379-390, 1972.
34. KRUGER, J.E. - Changes in the amylase of hard red spring wheat during germination. Cereal Chem. 49(4): 391-398, 1972.
35. LAMBERT, J.P. - Biological hazards of microwaves radiation. J. of Food Protection 43(8): 625-628, 1980.
36. LORENZ, K.; ROEWE-SMITH, P.; KULP, K.; BATES, L. - Preharvest sprouting of winter wheat. II. Amino acid composition and functionality of flour and flour fractions. Cereal Chem. 60(5): 360-366, 1983.
37. LORENZ, K.; CHARMAN, E.; DILSAVER, W. - Baking with microwave energy. Food Techn. 27(12): 28-36, 1973.
38. LUKOW, O.M. & BUSHUK, W. - Influence of germination on wheat quality. I. Functional (breadmaking) and biochemical properties. Cereal Chem. 61(4): 336-339, 1984.

39. MacARTHUR, L.A. & D'APPOLONIA, B.L. - Effects of microwaves radiation and storage on hard red spring wheat flour. Cereal Chem. 58(1): 53-56, 1981.
40. MANCILLA, N.D. - Efeito do processamento convencional e do tratamento térmico por microondas sobre o teor de nutrientes e qualidade do pão. Campinas, 1982. Tese (Doutoramento) - Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola - Universidade Estadual de Campinas, Brasil.
41. MAREK, C.J. & BUSHUK, W. - Study of gas production and retention in doughs with a modified Brabender oven-rise recorder. Cereal Chem. 44(3): 300-307, 1967.
42. MAREK, C.J.; BUSHUK, W.; IRVINE, G.N. - Gas production and retention during proofing of bread doughs. Cereal Sci. Today 13(1): 4-6, 1968.
43. MARSTON, P.E.; WANNAN, T.L. - Bread baking: the transformation from dough to bread. Baker's Digest 57(4): 59-64, 1983.
44. MECHAM, D.K. - Changes in flour protein during dough mixing. Cereal Sci. Today 13(10): 371-373, 394 1968.
45. MECHAM, D.K.; COLE, E.G.; PENCE, J.W. - Dough-mixing properties of crude and purified glutens. Cereal Chem. 42(4): 409-420, 1965.
46. MINETT, P.J. & WITT, J.A. - Radio frequency and microwave. Food Proc. Ind. 45(3): 36-41, 1976.

47. POMERANZ, Y. - Composition and functionality of wheat-flour components. In: ————. Wheat chemistry and technology. St. Paul, A.A.C.C., 1978. p. 585-674.
48. PRATT Jr., D.B. - Critéria of flour quality. In: POMERANZ, Y., ed. Wheat chemistry and technology. St. Paul, A.A.C.C., 1978. p. 201-225.
49. PYLER, E.J. - Baking science and technology. 2nd ed. Chicago, Seibel Publishing, 1973.
50. REED, G. & THORN, J.A. - Enzymes. In: POMERANZ, Y. ed. Wheat chemistry and technology. St. Paul, A.A.C.C., 1978, p. 453-491.
51. REDDY, L.V.; CHING, T.M.; METZGER, R.J. - Alpha-amilase activity in wheat kernels matured and germinated under different temperature conditions. Cereal Chem. 61(3): 228-231, 1984.
52. ROSEN, C.G. - Effects of microwaves on food related materials. Food Technol. 26(7): 36-40, 1972.
53. SALE, A.J.H. - Microwave applications in the food industry. Food Technol. 20(8): 34-36, 1966.
54. SCHIFFMANN, R.F. - Microwave challenge-today's heat processing. Food Eng. 29(11): 72-76, 1975.
55. SEIBEL, W. - Experiencies with the maturograph and oven-rise recorder. Baker's Digest 42(1): 44-48, 1968.

56. SULLIVAN, J.W. & JOHNSON, J.A. - Measurement of starch gelatinization by enzyme susceptibility. Cereal Chem. 41(3): 73-79, 1964.
57. TAKASHIMA, S. - Studies on the effect of radio-frequency waves on biological macromolecules. IEEE Transactions on Bio-Medical Eng. 13(1): 28-31, 1966.
58. TAKASHIMA, S. - Dielectric properties of water of adsorption on protein crystal. J. of Polymer Sci. 62: 233-240, 1962.
59. TANAKA, K. & TIPPLES, K.H. - Relation between farinograph mixing curves and mixing requirements. Cereal Sci. Today 14(9): 296-300, 1969.
60. TAPE, N.W. - Application of microwave energy in food manufacture. Can. Inst. Food Technol. J. 3(2): 39-43, 1970.
61. TIPPLES, K.H.; KILBORN, R.H.; BUSHUK, W. - Effect of malt and sprouted wheat. Cereal Sci. Today 11(9): 362-375, 1966.
62. ZELENEY, L. - Criteria of wheat quality. In: POMERANZ, Y., ed. Wheat chemistry and technology. St. Paul, A.A.C.C., 1978. p. 19-49.
63. ZIEGLER, E. & GREER, E.N. - Principles of milling. In: POMERANZ, Y., ed. Wheat chemistry and technology. St. Paul, A.A.C.C., 1978. p. 115-199.

64. WILLIAMS, P.C. & CORDEIRO, H.M. - Determination of protein and moisture in hard red spring wheat by near-infrared reflectance spectroscopy. Influence of degrading factors, dockage, and wheat variety. Cereal Foods World 26(3): 124-128, 1981.