

## GERMINAÇÃO PRÉ-COLHEITA DE TRIGO: EFEITOS NA QUALIDADE DO GRÃO E DA FARINHA<sup>1</sup>

ADELAIDE BELEIA<sup>2</sup> e MARIA VICTORIA EIRAS GROSSMANN<sup>3</sup>

**RESUMO** - Amostras de trigo do Paraná e São Paulo, que germinaram antes da colheita de 1986, devido à chuva, foram analisadas quanto às características físico-químicas dos grãos (peso hectolitro, composição química, propriedades de moagem) e propriedades reológicas e funcionais das farinhas. A germinação variou entre zero e 46,1%. O aumento do grau de germinação provocou diminuição do peso hectolitro, menor rendimento na moagem e aumento na produção de farinha de quebra. As propriedades reológicas das massas também foram afetadas, ocorrendo aumento do índice de tolerância (farinógrafo) e extensibilidade (extensógrafo) e diminuição da absorção de água (farinógrafo), resistência à extensão (extensógrafo) e viscosidade máxima (amilógrafo), com o aumento do grau de germinação. Farinhas de trigos com níveis de germinação entre 5 e 20%, produziram pães de boa qualidade, enquanto níveis superiores de germinação afetaram negativamente as características internas e externas dos pães.

Termos para indexação: qualidade de trigo, características físico-químicas do trigo.

### PREHARVEST SPROUTING OF WHEAT: EFFECT ON GRAIN AND FLOUR QUALITY

**ABSTRACT** - The effects of preharvest sprouting on the physical, chemical, milling, rheological and baking characteristics of wheat samples from Paraná and São Paulo, harvested in 1986, were examined. Degree of sprouting varied from zero to 46,1 percent. Increasing degree of germination caused decreasing hectoliter weight, flour extraction and increasing break flour production. Rheological properties of the doughs were also affected showing: higher tolerance index (farinograph) and extensibility (extensograph), while water absorption (farinograph), resistance to extension (extensograph) and peak viscosity (amilograph) decreased, with increasing levels of germination. Flours from wheats with lower degree of sprouting produced breads of acceptable quality, while flours from wheats with more than 20 percent sprouted kernels produced breads of much lower quality.

Index terms: wheat quality, physico-chemical characteristics of wheat.

### INTRODUÇÃO

A ocorrência de chuva durante a última fase de maturação do trigo leva, muitas vezes, à germinação espontânea das sementes ainda na espiga. A germinação pré-colheita ocorre e tem sido estudada em diversos países, como Suécia, Canadá e Estados Unidos, onde a quantidade de grãos germinados presentes na

amostra é fator negativo para a classificação do grão. Em agosto de 1986, quando o trigo das regiões de Londrina, PR e Assis, SP estava sendo colhido, ocorreram chuvas que causaram germinação na espiga, em maior ou menor grau, dependendo do estágio de maturação e do grau de dormência da cultivar.

As conseqüências mais sérias para os produtores são a redução da produtividade e a diminuição do peso hectolétrico (kg/hl) do trigo. O Banco do Brasil, comprador exclusivo, paga o valor máximo para peso hectolétrico 78 e superior, e há desconto para pesos hectolétricos inferiores. Para os moinhos, beneficiadores do produto, a diminuição do peso hectolí-

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 26 de maio de 1990.

<sup>2</sup> Enga.-Agra., Ph.D., Profa. Adj., Dep. Tecnol. de Alim. e Medicamentos, Univ. Estadual de Londrina, Caixa Postal 6001, CEP 86051 Londrina, PR.

<sup>3</sup> Química, Dra., Profa. Adj., Univ. Est. de Londrina, PR.

trico também é indesejável, pois é associada à maior dificuldade de limpeza pré-moagem e à redução do rendimento em farinha.

A maioria dos estudos sobre os efeitos da germinação, na qualidade do trigo e da farinha, têm sido realizados usando-se amostras germinadas em laboratórios, em condições ideais para a germinação, e por períodos de tempo pré-determinados (Lukow & Bushuk 1984, Singh et al. 1987, Lorenz & Valdano 1981). As condições de germinação no campo, entretanto, são bem diferentes, pois dependem de fatores ambientais de umidade e temperatura, que causam maior variação no grau de germinação. Estudos relacionados com os efeitos da germinação no campo apresentam maior interesse, porque refletem a situação encontrada por beneficiadores e consumidores nos anos em que este fenômeno ocorre.

A farinha produzida a partir de grãos que começaram a germinar pode, ou não, produzir pães de boa qualidade, dependendo do nível de produção de enzimas hidrolíticas, que agem principalmente sobre o amido e as proteínas de reserva.

Para as farinhas produzidas a partir de grãos germinados no laboratório, os efeitos negativos sobre a panificação aumentam com o tempo de germinação das amostras (Lukow & Bushuk 1984, Singh et al. 1987, Lorenz & Valdano 1981). No caso de trigos muito fortes e difíceis de produzir massas com boa elasticidade, a hidrólise limitada das proteínas do endosperma é benéfica à qualidade tecnológica da farinha (Lukow & Bushuk 1984). Durante a germinação, a atividade de exo e endoproteases aumenta, a fração protéica de alto peso molecular diminui, e a fração de baixo peso molecular e aminoácidos livres aumenta (Lukow & Bushuk 1984).

Grãos germinados, ou que foram molhados durante a fase de colheita, mesmo sem apresentar indícios de germinação, têm índices altos de atividade amilolítica e podem não ser adequados para a produção de pães (Zeleny 1971).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da germinação pré-colheita sobre as ca-

racterísticas do grão e propriedades tecnológicas (panificação) das farinhas de trigos nacionais, sobre os quais não há dados na literatura.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas 46 amostras de trigo (1.500 g cada amostra) de produtores individuais, no momento da entrega do produto. Na Cooperativa, foi determinada a umidade, o peso hectolítrico e a percentagem de impurezas. Grãos germinados foram considerados como impureza se a radícula havia crescido o suficiente para quebrar durante a secagem ou transporte, por representar perda de peso.

No laboratório foram feitas as seguintes determinações no trigo: peso hectolítrico (em balança Dalle-Molle), umidade (44-15A), cinza (08-01) e nitrogênio bruto (46-11), segundo American Association of Cereal Chemists (1983), peso de 1.000 sementes e percentagem de grãos germinados. A percentagem de grãos germinados foi feita por inspeção visual de 50 g de trigo, separando-se e pesando-se os grãos que apresentaram ruptura do pericarpo sobre o germen, com ou sem exposição de radícula, numa classificação bem mais rigorosa que a feita na Cooperativa.

Após as determinações físicas e químicas nas amostras individuais de trigo, o material foi classificado em cinco níveis de germinação, com base na inspeção visual realizada no laboratório: 5%, de 5 a 10%, 10 a 20%, 20 a 30% e acima de 30%. As amostras separadas em cada nível de germinação foram misturadas uniformemente, condicionadas a 15% de umidade e moídas em moinho experimental Brabender Quadrumat Senior. Empregaram-se propositalmente misturas de trigo de diferentes cultivares para verificar o efeito da germinação sobre a produção geral e não sobre uma determinada cultivar.

As farinhas foram analisadas quanto a teor de cinza (08-01), nitrogênio bruto (46-11) e umidade (44-15A). A qualidade tecnológica foi avaliada por farinógrafo (54-21), extensógrafo (54-10), amilógrafo (22-10) e teste de panificação (10-10A), segundo American Association of Cereal Chemists (1983).

As análises estatísticas de regressão e variância foram feitas segundo Snedecor & Cochran (1967). O nível de significância estabelecido para análises estatísticas foi de 1% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Efeitos sobre o trigo

O peso hectolétrico das amostras variou entre 68,5 e 80,3 kg/hl, e o nível de germinação variou entre zero e 46,1%. A equação de regressão linear que relaciona o grau de germinação (X), variável independente, e peso hectolétrico (Y), variável dependente, foi  $\hat{Y} = 77,4 - 0,191X$ , havendo redução de 0,191 unidades no peso hectolétrico para 1% de aumento no grau de germinação, dentro dos parâmetros analisados. O coeficiente de correlação linear, que mede a dependência entre as variáveis, foi  $R = 0,78$ , ou seja, 78% da variação é explicada pela regressão, mas outros fatores também influem na relação. Como um dos fatores mais importantes na determinação do peso hectolétrico é a densidade do grão (Zeleny 1971), e o componente de maior participação na formação do endosperma, o amido, é também o mais denso, a redução no peso hectolétrico reflete a hidrólise do amido com o aumento do nível de germinação.

Na Tabela 1 encontram-se os valores médios para peso hectolétrico, teor de proteína e de cinza, peso de 1.000 sementes e número de amostras por classe após a separação do trigo nos diferentes níveis de germinação. A tendência de redução de peso hectolétrico com o aumento do nível de germinação pode ser observada nessa tabela. Grãos com até 5% de

germinação tiveram peso hectolétrico médio de 77,4 kg/hl e os grãos com mais de 30% de germinação tiveram peso hectolétrico médio de 71 kg/hl; isto mostra o efeito negativo da germinação sobre a qualidade do grão e sobre a remuneração recebida pelo produtor.

Não se evidenciou a tendência de aumento relativo no teor de proteína e cinza no trigo, com a hidrólise progressiva do endosperma, e as análises de variâncias das médias das diferentes classes para os valores de proteína e cinza não foram significativas. Os conteúdos médios de proteína e cinza, para os diferentes níveis de germinação, variaram entre 12,09 e 12,77 g/100 g e 0,86 e 1,07 g/100 g de trigo, respectivamente.

O peso de 1.000 sementes variou entre 33,5 e 36,0 g, valores que se encontram dentro da faixa de peso para trigos do tipo mole (Zeleny 1971).

### Efeito sobre a moagem

A quantidade de farinha produzida na moagem não foi muito afetada pelo aumento do nível de germinação, embora todos os rendimentos tenham sido baixos (Tabela 2). O maior rendimento foi para o nível mais baixo de germinação. A proporção entre farinha de quebra e de redução, por outro lado, foi alterada. Foi progressivo o aumento da produção de farinha de quebra com o aumento do nível

TABELA 1. Número de amostras, peso hectolétrico, peso de 1.000 sementes, teor de proteína e cinza do trigo<sup>a</sup>.

Germinação	Nº de amostras	P.H. (kg/hl)	Peso de 1.000 sementes (g)	Proteína (g/100 g) <sup>b</sup>	Cinza (g/100 g) <sup>b</sup>
Até 5	25	77,4	34,3	12,43	0,99
5-10	5	77,0	36,0	11,88	0,86
10-20	7	74,7	33,5	13,14	0,97
20-30	5	71,1	34,5	13,34	1,07
Acima de 30	4	71,0	35,4	13,01	0,91

<sup>a</sup> Valores médios.

<sup>b</sup> 14% de umidade.

de germinação, a maior diferença ocorrendo entre os níveis de até 5% e entre 5 e 10%, diminuindo entre as outras classes. A hidrólise do endosperma torna o grão mais friável e permite que mais farinha seja produzida, apenas pela ação dos rolos de quebra.

O conteúdo de proteína na farinha aumentou com o aumento do nível de germinação, provavelmente devido a redução relativa da quantidade de amido, que é preferencialmente usado no processo respiratório do grão em germinação. Estes resultados diferem de Lukow & Bushuk (1984), que detectaram redução do teor de proteína em trigos tipo duro (hard), germinados em laboratórios, mas concordam com os resultados encontrados por Kulp et al. (1983) para trigos que germinaram no campo.

O teor de cinza diminuiu de 0,60 para 0,28 g/100 g de farinha entre as classes até 5% e 30% de germinação. Trigos com mais de 30% de grãos germinados produziram farinhas com teor de cinza 0,35 g/100 g de farinha, apesar da baixa extração, provavelmente porque houve maior contaminação com pericarpo devido ao avançado estado de esvaziamento do endosperma.

### Efeito sobre as propriedades reológicas e de panificação

Na Tabela 3 e Fig. 1 estão os resultados da avaliação as propriedades de mistura da massa

**TABELA 2. Rendimento das frações da moagem, teor de proteína e cinza das farinhas.**

Germinação (%)	Farinha		Farinha total (%)	Proteína (g/100 g) <sup>a</sup>	Cinza (g/100 g) <sup>a</sup>
	de quebra (%)	de redução (%)			
Até 5	28,6	71,4	61,9	10,6	0,60
5-10	33,2	66,7	58,1	10,5	0,53
10-20	36,1	63,9	61,3	12,1	0,46
20-30	37,4	62,6	59,1	12,5	0,28
Acima 30	38,6	61,4	56,5	12,2	0,53

<sup>a</sup> 14% de umidade.

no farinógrafo. A absorção de água diminuiu com o aumento do nível de germinação, embora entre os níveis mais baixos a diferença fosse muito pequena, mostrando propriedades similares para as massas. A diminuição da capacidade de absorção de água foi atribuída à degradação hidrolítica do glúten, pela ação de proteases, durante a germinação (Lukow & Bushuk 1984). Esta degradação da proteína afetou principalmente o índice de tolerância, enquanto que o efeito da germinação sobre o tempo de desenvolvimento e estabilidade não mostrou tendência uniforme, pois variou a cada nível. A degradação das propriedades reológicas após o desenvolvimento máximo, medida pelo índice de tolerância, aumentou com o aumento do nível de germinação, mostrando que a massa se torna menos estável ao trabalho mecânico.

A germinação afetou também as propriedades de extensão das massas (Tabela 4), determinadas no extensógrafo. Com o aumento do nível de germinação, houve aumento da extensibilidade e do número de oxidação, enquanto a resistência à extensão, a resistência máxima e a energia diminuíram. Nas amostras com mais de 20% de germinação, a extensibilidade foi superior à sensibilidade do aparelho, enquanto a resistência à extensão foi inferior, não sendo, portanto, determinadas. Estes resultados reforçam a idéia de que as proteínas do glúten sofreram degradação e mostram a tendência das massas a tornarem-se difíceis de manusear.

**TABELA 3. Efeito da germinação nas propriedades de mistura de massa.**

Germinação (%)	Absorção de água (%)	Tempo de desenvolvimento (min.)	Estabilidade (min.)	Índice de tolerância (U.F.)*
Até 5	60,2	2,0	6,0	50
5-10	60,5	1,5	4,0	60
10-20	58,8	3,5	10,0	50
20-30	58,9	2,0	4,0	140
Acima 30	57,4	3,0	5,0	140

\* U.F. = Unidades farinográficas.

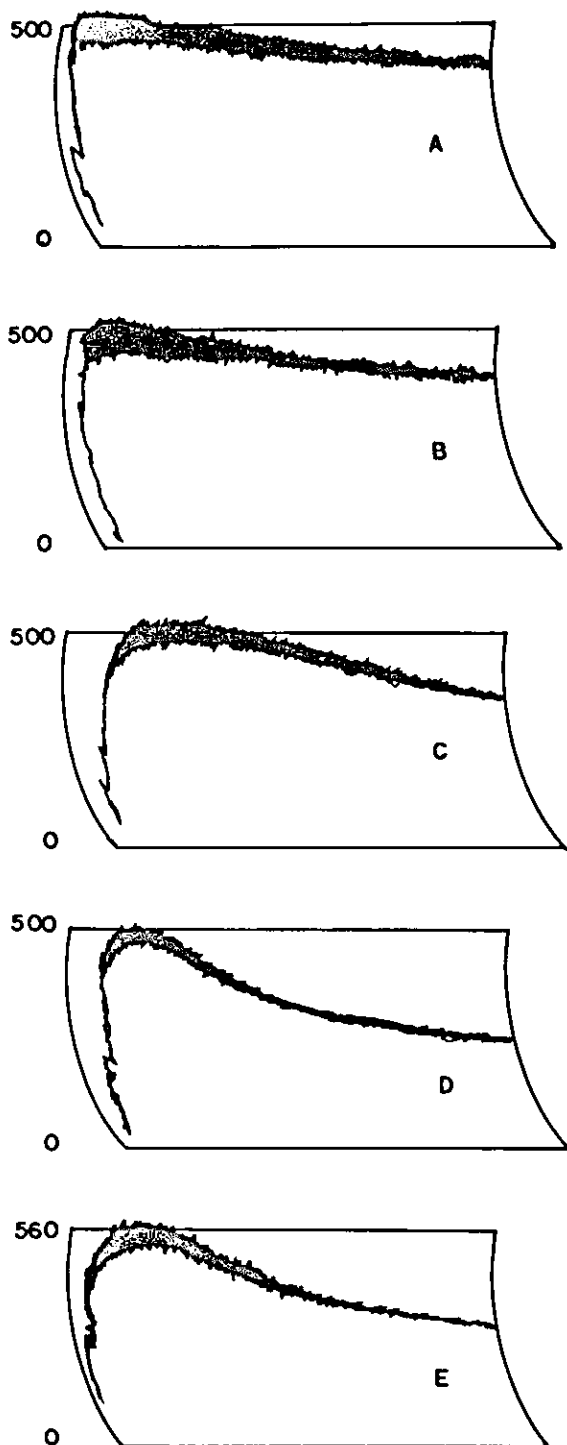


FIG. 1. Propriedades de mistura da massa.

A viscosidade máxima no amilógrafo (Tabela 5) foi baixa, mesmo para a farinha de trigo com o menor índice de germinação, e reduziu-se ainda mais com o aumento do grau de germinação. Esta mesma tendência foi detectada na viscosidade a 95°C e 50°C. Esse comportamento, aliado à diminuição da temperatura de viscosidade máxima, indica aumento do nível de alfa-amilase e enfraquecimento da estrutura dos grânulos do amido. O incremento no nível de alfa-amilase e a maior susceptibilidade enzimática do amido, como consequência da germinação, já foi constatada por outros pesquisadores em diferentes cereais (Lorenz 1980, Lorenz et al. 1983, Lukow & Bushuk 1984).

Pela avaliação dos dados das Tabelas 3, 4 e 5, mesmo a farinha com o menor grau de germinação, que poderia ser considerada como padrão, não possuía as características reológicas consideradas ideais para a produção de pães. Ao mesmo tempo, o aumento no grau de germinação até 20% melhorou as características reológicas, permitindo prever a obtenção de pães com melhor qualidade.

#### Testes de panificação

As características internas e externas dos pães são mostradas nas Fig. 2 e 3, e sua avaliação, na Tabela 6. As farinhas dos grãos que apresentaram níveis de germinação entre 5 e 20% forneceram pães com maior volume e melhor textura, estrutura da célula do miolo e cor da crosta que aquelas com menos de 5% de germinação. Por outro lado, quando a germinação foi superior a 20%, ocorreu um efeito negativo nas propriedades da panificação. As massas tornaram-se pegajosas e difíceis de manusear, resultando pães com miolo úmido, células do miolo muito abertas e crosta excessivamente escura. Efeitos semelhantes foram verificados por outros pesquisadores, em trigos germinados no campo (Lorenz et al. 1983) e no laboratório (Ibrahim & D'Appolonia 1979, Singh et al. 1987).

Conforme já relatado por Finney et al. (1981) e Ibrahim & D'Appolonia (1979), o

**TABELA 4. Efeito da germinação nas propriedades de extensão da massa.**

Germinação (%)	Tempo de teste (min.)	Estensibilidade (mm)	Resistência (U.E.)*	Resistência máxima (U.E.)	Energia (cm <sup>2</sup> )	Número de oxidação
Até 5	45	215	255	370	112,8	95,1
	90	207	265	400	117,5	91,8
	135	207	255	370	103,3	83,8
5-10	45	244	180	275	89,7	121,6
	90	247	185	345	113,6	151,7
	135	218	225	345	108,2	104,8
10-20	45	262	135	200	77,3	150,0
	90	238	120	165	55,9	110,9
	135	248	115	160	56,0	120,7
20-30						
n.d.**						
Acima de 30						
n.d.**						

\* U.E. = Unidades extensiográficas.

\*\* n.d. = Não-detectável.

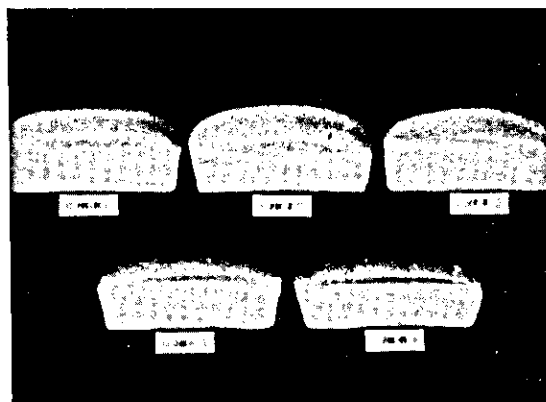
**TABELA 5. Características viscoamilográficas das farinhas de trigos germinados.**

Germinação (%)	Temp. de pasta (°C)	Viscos. máxima (U.A.)*	Temp. de viscos. máx. (°C)	Viscos. 50°C (U.A.)
Até 5	55,0	90	62,5	40
5-10	56,5	50	65,5	30
10-20	56,5	40	65,5	20
20-30	56,5	20	61,0	10
Acima 30	55,0	20	61,0	10

\* U.A. = Unidades amilográficas.

efeito negativo do alto nível de germinação nas características do miolo e da cor da crosta pode ser atribuído à excessiva degradação do amido, com liberação de açúcares e dextrinas. A alta produção de gás, a partir dos açúcares fermentáveis, aliada à fragilidade do glúten, seria responsável pelas células abertas (Lorenz et al. 1983, Singh et al. 1987).

O volume dos pães não foi muito afetado pelos altos níveis de germinação, como seria

**FIG. 2. Características externas dos pães.**

esperado em função das características reológicas das farinhas. Provavelmente isto ocorreu porque a menor qualidade do glúten foi compensada com maior produção de gás. No entanto, a qualidade geral do miolo diminuiu para pães produzidos com farinha com mais de 20% de germinação. Lorenz et al. (1983) produziram pães com farinhas provenientes de

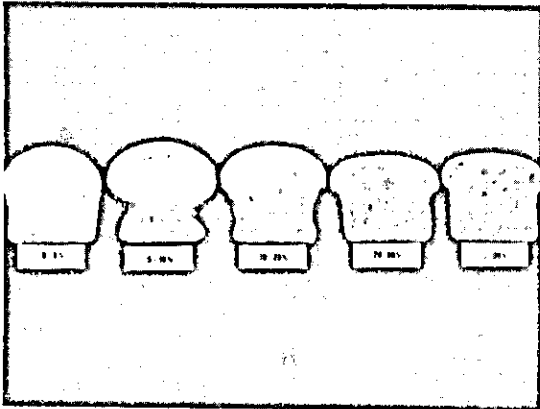


FIG. 3. Características internas dos pães.

TABELA 6. Efeito da germinação sobre a qualidade do pão.

Germinação (%)	Volume <sup>a</sup>	Características internas <sup>b</sup>	Características externas <sup>c</sup>	Total de pontos <sup>d</sup>
Até 5	10,1	27	15,1	52,2
5-10	10,7	30	20,0	60,7
10-20	11,0	31	20,0	62,0
20-30	10,3	14	12,0	36,3
Acima 30	10,3	14	13,0	37,3

<sup>a</sup> (Volume específico x 3,33. Valor máximo = 20).

<sup>b</sup> (Características da crosta, cor do miolo, estrutura da célula do miolo, textura do miolo. Valor máximo = 35).

<sup>c</sup> (Cor da crosta, quebra, simetria. Valor máximo = 20).

<sup>d</sup> Valor máximo = 75.

trigos com até 80% de germinação, e o volume dos pães não foi afetado, embora as outras características o fossem.

As características internas e externas, para farinhas com até 20% de germinação, foram as que receberam as notas mais altas na avaliação dos pães. É possível que os grãos estivessem em estágios iniciais do processo, de tal modo que as modificações causadas às proteínas e ao amido favoreceram as complexas interações que ocorrem durante a panificação.

É importante salientar que a avaliação dos níveis de germinação dos trigos que produzi-

ram farinhas com boas qualidades de panificação não se compara com a avaliação feita pela Cooperativa na hora da recepção do grão, e que o nível de germinação tolerado na aquisição do grão, até 5% germinado, provavelmente se enquadraria em classes mais altas de germinação pela avaliação visual do laboratório.

## CONCLUSÕES

1. As propriedades físicas do grão, assim como as propriedades reológicas e de panificação das farinhas, foram afetadas pela germinação pré-colheita.

2. O efeito da germinação sobre a produção de farinha afetou mais a proporção de farinha de quebra: farinha de redução, que a quantidade total de farinha produzida.

3. Os melhores pães foram produzidos com farinhas de trigo com até 20% (\*) de grãos germinados.

4. Níveis de germinação superiores a 20% (\*) tiveram acentuado efeito detrimental sobre o trigo, a farinha e os pães produzidos.

5. Os dados obtidos sugerem que a perda de qualidade de panificação ocorre pela ação conjunta de enzimas proteolíticas e amilolíticas, que agem sobre as proteínas e amido do endosperma.

## AGRADECIMENTOS

À aluna Nancy Ferrari pela realização das análises e ao laboratório de Tecnologia de Cereais da EMBRAPA (CTAA) pela colaboração nos testes reológicos e de panificação.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS, St. Paul, EUA. **Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists**, 7.ed. St. Paul, Minnesota, 1983.

\* De acordo com a determinação feita no laboratório, que difere da avaliação comercial.

- FINNEY, K.F.; NATSNAKI, O.; BOTLE, L.C.; MATHEWSON, P.R.; POMERANZ, Y. Alpha-amylase in field sprouted wheat. **Cereal Chem.**, **58**:55-9, 1981.
- IBRAHIM, Y. & D'APPOLONIA, B.L. Sprouting in hard red spring wheat. **Bakers Dig.**, **53**(5):17-9, 1979.
- KULP, K.; ROEWE-SMITH, P.; LORENZ, K. Preharvest sprouting of winter wheat. I. Rheological properties of flours and physico-chemical characteristics of starches. **Cereal Chem.**, **60**:355-9, 1983.
- LORENZ, K. Cereal sprouts: composition, nutritive value, food applications. **CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, **13**(4):353-85, 1980.
- LORENZ, K. & VALDANO, R. Functional characteristics of sprout damaged soft white flour. **J. Food Sci.**, **46**:1018-20, 1981.
- LORENZ, K.; ROEWE-SMITH, P.; BATES, L. Preharvest sprouting of winter wheat. II. Amino acid composition and functionality of flour and flour fractions. **Cereal Chem.**, **60**:360-6, 1983.
- LUKOW, O.M. & BUSHUK, W. Influence of germination on wheat quality. I. Functional (breadmaking) and biochemical properties. **Cereal Chem.**, **61**:336-9, 1984.
- SINGH, N.; SEKHOW, K.S.; NAGI, H.P.S. Laboratory sprout damage and effect of heat treatment on milling and baking properties of Indian wheats. **J. Food Sci.**, **52**:176-9, 1987.
- SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G. **Statistical Methods**. Ames, Iowa, The Iowa State University Press, 1967. 593p.
- ZELENY, L. Criteria of wheat quality. In: POMERANZ, Y., ed. **Wheat Chemistry and Technology**. St. Paul, AACC, 1971. p.19.