



Karlina Silva Oliveira

Licenciada em Engenharia Alimentar

**Stresse térmico em plantas de trigo. Alterações na
composição do grão**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Tecnologia e Segurança Alimentar

Orientadora: Doutora Paula Scotti Lorenzini Borges Campos Afonso
Co-orientador: Professor Doutor Fernando José Cebola Lidon

Júri:

Presidente: Prof^a Doutora Benilde Simões Mendes

Arguente: Doutora Ana Sofia Vieira Dias de Almeida

Vogal: Prof. Doutor Fernando Henrique da Silva Reboredo

“Stresse térmico em plantas de trigo. Alterações na composição do grão” Copyright ©, Karliana Silva Oliveira, FCT/UNL e UNL.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

*Dedico este trabalho à minha mãe Ana
Lúcia, ao meu padrasto Rubens, aos meus
irmãos Cléia e Saymon e ao meu sobrinho
Rui Walter, pelo amor, carinho e incentivo.*

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, por me guiar sempre, por ser minha fortaleza em todas as dificuldades, pelo amor e oportunidades que me concedeu.

Ao meu co-orientador Professor Dr. Fernando Lidon, pela orientação, pelo empenho em ajudar-me, desde a busca pelo estágio até a concretização do mesmo, pelo apoio e confiança durante a realização deste trabalho. Muito obrigada por aceitar ser meu orientador e por contribuir com a minha formação acadêmica.

À minha orientadora Dr^a Paula Scotti, primeiramente por me receber como estagiária e orientanda no Departamento de Fisiologia Vegetal do INIAV – Oeiras, pela sua enorme paciência e dedicação com este trabalho, pelos ensinamentos, pela motivação e pela sua amizade, o meu MUITO OBRIGADA!

À Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa e ao corpo docente do Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar, em especial a Professora Dr^a Benilde Mendes pela oportunidade de ingressar no Mestrado.

Ao Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV) pelo uso das instalações e pela oportunidade que me foi concedida em especial aos funcionários do Departamento de Fisiologia Vegetal e da Estação de Melhoramento de Plantas de Elvas (ENMP).

À Técnica Isabel Pais, por me acompanhar em todo o trabalho laboratorial, pela sua incansável paciência, pela sua dedicação, organização, pelos ensinamentos das técnicas laboratoriais e por sua amizade.

Ao Eng^{os} José Semedo e Mário Santos e a Técnica Paula Vasilenko, pelo auxílio na execução de algumas análises laboratoriais, pelo apoio e harmoniosa convivência.

À D. Graça Pereira, secretária do Departamento de Fisiologia Vegetal, pela colaboração, convívio, apoio e amizade.

À Eng^a Ana Sofia Bagulho, da (ENMP), por ceder as instalações do Departamento de Química para a realização de algumas análises laboratoriais.

Aos meus colegas do Mestrado, em especial, Astre Abel, Joana Sousa, Marta Borges e Madalena Morgado, pelo companheirismo, pela convivência e pelos momentos agradáveis nesta caminhada.

À minha mãe Ana Lúcia, por ser meu porto seguro, por seu amor incondicional, por me apoiar em todos os projetos, por financiar os meus estudos, pelas palavras de encorajamento nos momentos mais difíceis nesta trajetória, por tudo agradeço.

Ao meu padrasto Rubens e aos meus irmãos Cléia e Saymon pelo amor, apoio constante e incentivo em todos os momentos.

A todos os parentes e amigos, que não mencionei, mas que contribuíram de alguma forma para que eu chegasse até aqui.

RESUMO

O trigo mole é muito utilizado no sul de Portugal, onde está sujeito ao calor e à seca no final do seu ciclo, fatores fortemente limitantes da sua produção. A tolerância ao calor é um importante objetivo nos programas de melhoramento. Neste trabalho analisaram-se as alterações ocorridas na produção e na composição de 9 genótipos de trigo mole, previamente sujeitos a stresse térmico (temperaturas elevadas) após a floração (antese). As temperaturas elevadas aumentaram o peso do hectolitro (PH) em Nabão, Grécia e Restauração, e o peso de mil grãos (PMG) em Mocho de Espiga Branca e Transmontano. Em Nabão, Transmontano e Mocho de Espiga Branca ocorreu simultaneamente um acréscimo da produção de grãos (g/planta), refletindo uma maior adaptação ao calor do ponto de vista agronómico. O stresse térmico melhorou a cor e reduziu os teores de cinzas das farinhas de Grécia e Nabão (farinhas mais claras). Induziu o aumento dos açúcares solúveis em Gentil Rosso e Ardila (maior disponibilidade de substrato para as leveduras no processo de panificação). Observou-se uma redução do teor de lípidos e do seu grau de insaturação em Ardila e Mocho de Espiga Quadrada (menor risco de rancidificação). Os ácidos linoleico e linolénico aumentaram em Mocho de Espiga Branca e Mocho de Espiga Quadrada (ácidos gordos essenciais na dieta humana). Apesar da redução no teor proteico, a força do glúten aumentou em Transmontano (melhor elasticidade da massa). Devido à variabilidade nas respostas observadas, não foi possível estabelecer um único genótipo como o mais satisfatório, pois esta escolha também dependerá do objetivo final para a utilização do genótipo e/ou do produto a obter. Vários genótipos se destacam em stresse reunindo diversas características favoráveis relacionadas com a produção, a composição do grão e a qualidade. Os resultados sobre o efeito do calor, bem como a caracterização dos genótipos em controlo e em stresse, poderão ser utilizados no desenvolvimento de estratégias para melhorar a qualidade das culturas produzidas em regiões mais quentes.

Palavras-chave: trigo mole, temperaturas elevadas, produção, composição do grão, qualidade

ABSTRACT

Bread wheat is widely used in Southern Portugal, being subjected to environmental factors such as heat and drought, that strongly limit production at the end of its growing cycle. Heat tolerance is an important aim in breeding programs. This work focused changes occurring in grain production and composition of 9 bread wheat genotypes previously subjected to heat stress after flowering (anthesis). High temperatures increased the hectoliter weight (PH) in Nabão, Grécia and Restauração, and the 1000 grain weight (PMG) in Mocho de Espiga Branca and Transmontano. Nabão, Transmontano and Mocho de Espiga Branca showed concomitant increases in grain production (g/plant), denoting a better adaptation to heat from an agronomic perspective. Heat stress improved flour colour and reduced ashes content in Grécia and Nabão (lightest flours). It induced a higher content of soluble sugars in Gentil Rosso and Ardila (yeast substrate availability during baking process). Lipid content decreased, as well as lipid unsaturation, in Ardila and Mocho de Espiga Quadrada, (lower susceptibility to lipoperoxidation). Linoleic and linolenic acids increased in Mocho de Espiga Branca and Mocho de Espiga Quadrada (essential fatty acids in human diet). In spite of the reduced protein content, gluten strength increased in Transmontano (better dough elasticity). Attending to the variability observed among responses, it was not possible to establish one genotype as the most adequate, since this choice also depends on the final scope for its use and/or the product to be obtained. Several genotypes were highlighted under stress gathering favourable features related to production, grain composition and quality. Results concerning the effects of heat stress, as well as the characterization of these genotypes under control and stress conditions, might be useful to develop strategies to improve crops quality cultivated in hot climate regions.

Key-words: bread wheat, high temperatures, production, grain composition, quality.

LISTA DE GRÁFICO

- Gráfico 1.1. Evolução da produção de trigo em Portugal (Eurostat, 2011). 2
- Gráfico 3.1. Ácidos gordos totais (AGT) nos grãos de 9 genótipos de trigo mole.
Plantas controlo ou submetidas a temperaturas elevadas na pós-antese (stresse). ... 29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Estrutura do grão de trigo (Garofani, 2012).....	6
Figura 1.2. Representação da cor sólida no espaço L*a*b* (Minolta, 1994).....	13
Figura 1.3. Coordenada de cromaticidade da cor CIELAB (Ortolan, 2006).	14
Figura 1.4. Diversidade de produtos alimentares obtidos a partir do trigo (Brites, 2000).	15
Figura 2.1. Plantas de trigo mole (<i>Triticum aestivum</i>) cultivadas em estufa (foto original da autora).	18
Figura 3.1. Efeito da temperatura elevada (pós-antese) na produção de grãos (g/planta) em 9 genótipos de trigo mole, expresso como variação da percentagem em relação ao controlo ($\Delta\%$).....	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1. Classificação do glúten	11
Tabela 3.1. Peso do hectolitro (PH) e peso de mil grãos (PMG) em 9 genótipos de trigo mole. Plantas controlo ou submetidas a temperaturas elevadas na pós-antese (stresse).....	24
Tabela 3.2. Teor total de açúcares solúveis em grãos de 9 genótipos de trigo mole. Plantas controlo ou submetidas a temperaturas elevadas na pós-antese (stresse). ...	26
Tabela 3.3. Teores de açúcares solúveis em grãos de 9 genótipos de trigo mole. Plantas controlo ou submetidas a temperaturas elevadas na pós-antese (stresse). ...	26
Tabela 3.4. Percentagem dos ácidos gordos mais abundantes (> 0.5%) e índice de insaturação (DBI) em grãos de 9 genótipos de trigo mole. Plantas controlo (Ctl) ou submetidas a temperaturas elevadas na pós-antese (Str).	30
Tabela 3.5. Percentagem de proteína e índice de sedimentação, e teor de cinzas em grãos de 9 genótipos de trigo mole. Plantas controlo ou submetidas a temperaturas elevadas na pós-antese (stresse).	34
Tabela 3.6. Determinação da cor do grão pelo sistema CIEL*a*b*, através dos parâmetros de luminosidade (L*) e coordenadas de cromaticidade (a* e b*) em grãos de 9 genótipos de trigo mole. Plantas controlo ou submetidas a temperaturas elevadas na pós-antese (stresse).	35
Tabela 3.7. Determinação da cor da farinha pelo sistema CIEL*a*b*, através dos parâmetros de luminosidade (L*) e coordenadas de cromaticidade (a* e b*) em grãos de 9 genótipos de trigo mole. Plantas controlo ou submetidas a temperaturas elevadas na pós-antese (stresse).	36

ÍNDICE

Agradecimentos	v
Resumo	vii
Abstract	ix
Lista de Gráfico	xi
Lista de Figuras	xiii
Lista de Tabelas	xv
Índice	xvii
Simbologia e Notações	xxi
1. Introdução	1
1.1. Aspectos gerais e objetivos	1
1.2. Stresse térmico e produção	3
1.3. Componentes do grão e qualidade tecnológica	5
1.4. Peso do hectolitro	7
1.5. Peso de mil grãos	7
1.6. Glúcidos	7
1.7. Lípidos.....	8
1.8. Proteínas	10
1.9. Índice de Sedimentação SDS	11
1.10. Cinzas	12
1.11. Cor	12
1.12. Processo de moagem dos grãos e produção da farinha de trigo	14
2. Materiais e Métodos	17
2.1. Material Vegetal.....	17
2.1.1. Germoplasma.....	17
2.1.2. Condições de obtenção das sementes	17
2.2. Métodos.....	18

2.2.1.	Obtenção da farinha – Moagem.....	18
2.2.2.	Determinação do peso do hectolitro	18
2.2.3.	Determinação do peso de mil grãos	19
2.2.4.	Determinação dos açúcares solúveis	19
2.2.5.	Determinação dos lípidos	19
2.2.6.	Determinação das proteínas totais	20
2.2.7.	Determinação do índice de sedimentação SDS.....	21
2.2.8.	Determinação das cinzas.....	21
2.2.9.	Determinação da cor da farinha e do grão.....	22
2.2.10.	Tratamento estatístico	22
3.	Resultados	23
3.1.	Produção	23
3.2.	Peso do hectolitro.....	23
3.3.	Peso de mil grãos.....	24
3.4.	Açúcares solúveis.....	25
3.5.	Ácidos gordos.....	29
3.6.	Proteína.....	33
3.7.	Índice de sedimentação SDS.....	34
3.8.	Cinzas	34
3.9.	Cor do grão.....	35
3.10.	Cor da farinha.....	36
4.	Discussão.....	39
4.1.	Peso do hectolitro.....	39
4.2.	Peso de mil grãos.....	40
4.3.	Açúcares solúveis.....	42
4.4.	Ácidos gordos.....	45
4.5.	Proteína.....	48
4.6.	Índice de sedimentação SDS.....	50

4.7. Cinzas	51
4.8. Cor do grão e da farinha	52
5. Conclusão	55
6. Bibliografia.....	61

SIMBOLOGIA E NOTAÇÕES

Unidades

µg, g, kg	Micrograma, grama, quilograma
hL	Hectolitro
H	Hora
J	Joule
N	Normal
µL, mL	Microlitro, mililitro
Mm	Milímetro
min.	Minuto
T	Toneladas

Abreviatura

AOAC	“Association of Official Analytical Chemists”
AG	Ácido Gordo
AGI	Ácido Gordo Insaturado
AGS	Ácido Gordo Saturado
AGT	Ácidos Gordos Totais
ANOVA	Análise de Variância
Ctl	Controlo
DBI	Double Bond Index
Ed.	Edição
EDTA	“Ethylenediamine Tetraacetic Acid”
<i>e.g</i>	Por exemplo
et al.	<i>et alii</i> , e outras pessoas
FAO	“Food and Agriculture Organization”
FCT	Faculdade de Ciências e Tecnologia
FIB	“Food Ingredients Brazil”

INRB	Instituto Nacional de Recursos Biológicos
ITAL	Instituto de Tecnologia de Alimentos
IPCC	“Intergovernmental Panel on Climate Change”
HPLC	“High-Performance Liquid Chromatography”
M.E.B.	Mocho de Espiga Branca
M.E.Q.	Mocho de Espiga Quadrada
NP	Norma Portuguesa
PH	Peso Hectolitro
PMG	Peso de Mil Grãos
Ppm	Parte por Milhão
PS	Peso Seco
UV	Ultra Violeta
Str	Stresse
W	Força do Glúten

Capítulo I

1. INTRODUÇÃO

1.1. ASPECTOS GERAIS E OBJETIVOS

Em todo o mundo o trigo é apontado como a terceira planta mais cultivada, sendo superada apenas pelo arroz e pelo milho. Com uma produção mundial de aproximadamente 650 milhões de toneladas em 2010 (FAO, 2012), o trigo é utilizado numa enorme diversidade de produtos, visando prioritariamente a alimentação humana (Scheuer *et al.*, 2011).

Embora sendo originário de climas frios, o uso de cultivares adaptadas possibilita o cultivo do trigo em regiões de clima do tipo Mediterrânico e regiões tropicais (Souza e Ramalho, 2001). A temperatura alta pode ser o maior fator de stresse ambiental limitante da produtividade do trigo (Fokar *et al.*, 1998), sendo a tolerância ao calor um importante objetivo nos programas de melhoramento genético desta cultura (Farooq *et al.*, 2011; Wang *et al.*, 2012).

Como principal agravante do efeito negativo do calor sobre as culturas destaca-se o aquecimento global, situação que tende a evidenciar-se e que revela consequências diretas sobre a produção agrícola (IPCC, 2001), nomeadamente sobre a cultura de trigo (Lal *et al.*, 1998).

A substituição do trigo de inverno pelo trigo de primavera, a introdução de novas variedades, a utilização de cultivares com maior resistência à seca e maior enchimento do grão, e a alteração das épocas de sementeira têm contribuído para a adaptação da agricultura às mudanças climáticas no Sul da Europa (IPCC, 2007).

O trigo mole é muito utilizado nas regiões mediterrânicas, nomeadamente no Sul de Portugal, onde está sujeito ao calor e à seca no final do seu ciclo de desenvolvimento. Nessa fase se dá a formação da semente e os fotoassimilados são translocados para esse órgão em crescimento (Carvalho e Nakagawa, 2012). Nesse período, que vai da floração (antese) até à maturação fisiológica (enchimento do grão), podem ocorrer, de forma persistente, temperaturas elevadas cujos valores se encontram acima da temperatura ótima para o crescimento máximo do grão. Adicionalmente, ocorrem com frequência períodos curtos de temperaturas extremamente elevadas (32-35°C) que traduzem condições de choque térmico, e podem ter efeitos marcados no

desenvolvimento do grão (Almeida, 2007). A produtividade do trigo depende da tolerância dos genótipos a esses fatores adversos.

Embora a composição qualitativa do grão seja determinada geneticamente, a composição quantitativa é significativamente alterada pelas condições ambientais (Jamieson *et al.*, 2004).

As variações de qualidade do grão envolvendo alterações ambientais superam com frequência as vinculadas ao genótipo (Peterson *et al.*, 1998). Dentre os fatores abióticos, com impacto na qualidade, assume particular relevância a temperatura, a precipitação e a radiação solar, tanto no crescimento, quanto no desenvolvimento, na adaptação e na qualidade tecnológica do trigo (Miralles e Slafer, 2000). As condições ambientais após a antese afetam principalmente o tamanho do grão e sua composição (Dupont e Altenbach, 2003; Wang *et al.*, 2012).

No gráfico 1.1 apresenta-se a evolução da produção de trigo em Portugal nos últimos 10 anos. Segundo Bagulho (2008), as produções de trigo em Portugal são em geral baixas e dificilmente competitivas com as da Europa Central e do Norte, devido ao ambiente que caracteriza o Sul de Portugal, em que a um clima quente e seco se associa a acidez e reduzida fertilidade do solo, normalmente desfavorável à cultura dos cereais.

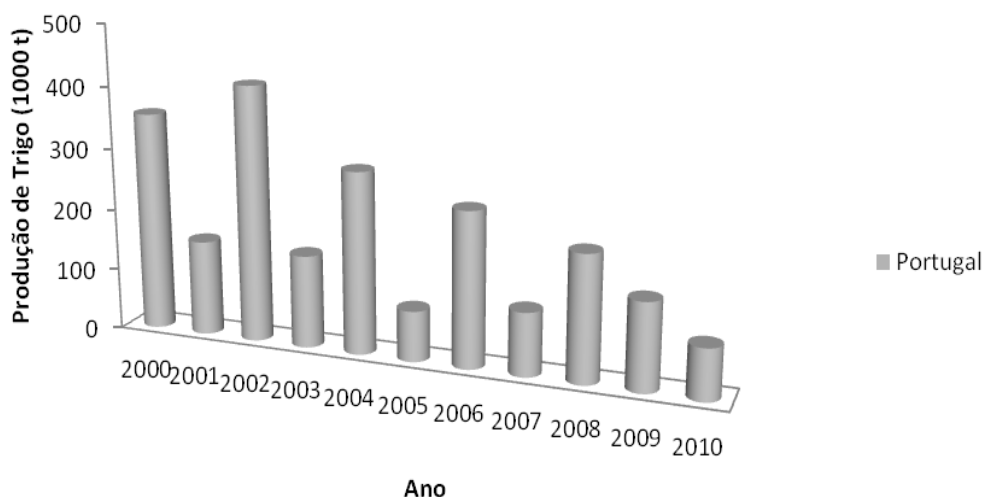


Gráfico 1.1. Evolução da produção de trigo em Portugal (Eurostat, 2011).

O efeito do calor na produtividade das culturas pode ser avaliado em condições ambientais controladas. Longas horas sob temperaturas moderadamente elevadas,

bem como uma exposição curta a temperaturas muito elevadas reduzem a produtividade do trigo (Hawker e Jenner, 1993; Stone e Nicolas, 1994).

O entendimento das interações genótipo x ambiente para a produção e para características associadas à qualidade e ao valor nutricional das sementes permite a seleção de genótipos que previsivelmente apresentarão melhores resultados para uma determinada região (Tonon, 2010).

Neste contexto, a análise da composição dos grãos de trigo é um parâmetro essencial para determinar a qualidade dos grãos obtidos em condições de stresse térmico, visto que tais constituintes influenciarão as propriedades dos produtos derivados do trigo.

Os constituintes do grão de trigo afetam as suas características funcionais e tecnológicas e, juntamente com as propriedades estruturais, definem a qualidade da farinha de trigo (Mousia *et al.*, 2004).

Quimicamente as células do endosperma fornecem as reservas necessárias ao desenvolvimento da semente quando ocorre a germinação do embrião: os glúcidos, as proteínas e os componentes minoritários, lípidos e minerais (Bagulho, 2008). Contudo, os constituintes químicos podem variar de acordo com o genótipo, as práticas culturais, as condições de armazenamento, a idade das sementes e o processo de preparação destas para o consumo humano (Carvalho e Nakagawa, 2012).

Num ensaio prévio verificou-se que 9 genótipos de trigo mole (*Triticum aestivum*) diferiam na sua produção em condições de calor. O presente trabalho teve como objetivo analisar as alterações ocorridas na produção e composição do grão desses genótipos, previamente sujeitos a temperaturas elevadas (stresse térmico) na pós-antese. Os parâmetros analisados foram a produção de grão (g/planta), o peso do hectolitro (PH), o peso de mil grãos (PMG), a cor do grão e da farinha, os açúcares solúveis, os lípidos, as proteínas totais, o índice de sedimentação (SDS) e as cinzas. Com base nestes parâmetros avaliou-se o impacto das temperaturas elevadas na produção e em características associadas à qualidade. Os genótipos foram comparados em condições de stresse e controlo de forma a valorizar aqueles que apresentam características mais favoráveis naquelas condições.

1.2. STRESSE TÉRMICO E PRODUÇÃO

O stresse térmico (temperaturas elevadas) resulta da intensidade, duração e taxa de aumento da temperatura para além de um limiar crítico para o desenvolvimento das culturas. Geralmente considera-se choque térmico ou stresse térmico uma subida de

10-15°C acima da temperatura ambiente, podendo causar danos fisiológicos irreversíveis para a planta e que se refletem na quebra da produtividade (Peet e Willits, 1998).

As emissões gasosas devido às atividades humanas têm aumentado significativamente as concentrações de gases de efeito estufa, e com isso as temperaturas ambientais, sendo o stresse térmico uma séria ameaça à produção vegetal em todo o mundo (Hall, 2001).

As condições climáticas da fase final do ciclo vegetativo das plantas são as que mais se refletem na qualidade, por estarem diretamente relacionadas com a formação do grão. A falta de humidade associada a temperaturas elevadas obriga a uma maturação forçada, com consequências na composição química e qualidade do grão (Bagulho, 2008).

Num cenário de aquecimento global é de prever que as culturas completem o seu ciclo mais rapidamente, podendo comprometer a produtividade em particular pela redução da fase de enchimento do grão (Braga e Pinto, 2009). Como consequência, ocorre uma redução na síntese de amido e na sua deposição nos grãos, afetando negativamente a produtividade (Harding *et al.*, 1990).

Os efeitos do stresse dependem do momento em que este ocorreu e da respectiva duração (Corbellini *et al.*, 1997,1998). Quanto mais tarde ocorre o stresse por calor, maior será a quantidade de matéria seca acumulada (Panozzo *et al.*, 1998).

O trigo é uma espécie originária de clima frio, e por esta razão o seu desempenho produtivo é melhor em regiões com temperaturas mais amenas (Oliveira *et al.*, 2011). Para cada fase de desenvolvimento da planta de trigo existe uma faixa de temperatura ótima (McMaster, 1997). Segundo Dupont e Altenbach (2003), a temperatura ótima para alcançar o máximo rendimento do grão de trigo deve oscilar entre 15 a 20°C durante o crescimento dos grãos.

A breve exposição das plantas a altas temperaturas durante o enchimento das sementes pode acelerar a senescência, diminuir a produção e o peso das sementes, e reduzir o rendimento. Nestas condições, a fotossíntese é limitada, havendo na planta menos recursos disponíveis para o desenvolvimento reprodutivo (Siddique *et al.*, 1999).

Sob o efeito de temperaturas muito elevadas podem verificar-se em poucos minutos danos celulares e/ou até mesmo morte celular, situação que tem sido atribuída a um

colapso “catastrófico” na organização celular (Schoffl *et al.*, 1999). Acresce ainda que mesmo um breve período de exposição a temperaturas ambientais elevadas (> 35°C) pode ser prejudicial ao grão (Hawker e Jenner, 1993; Stone e Nicolas, 1994).

Em geral, é evidente que a alta temperatura afeta consideravelmente as estruturas anatômicas no tecido, mas compromete também estruturas ao nível celular e sub-celular. O efeito acumulado de todas essas mudanças ocorridas sob stresse térmico pode resultar num baixo crescimento da planta e produtividade dos grãos.

Além disso, as temperaturas elevadas durante o enchimento dos grãos podem modificar a farinha e a qualidade do pão entre outras propriedades físico-químicas das sementes (Perrotta *et al.*, 1998).

No entanto, alguns genótipos podem apresentar tolerância ao stresse. Esta é uma resposta complexa, controlada por vários genes que controlam inúmeras alterações fisiológicas e bioquímicas, nomeadamente alterações nas estruturas membranares e nas funções das mesmas, no conteúdo de água dos tecidos, na composição de proteínas, lípidos e metabolitos primários e secundários (Dupont *et al.*, 2006; Fu-Tai Ni *et al.*, 2009). Nenhuma característica por si só explica totalmente a razão por que algumas variedades de trigo são capazes de dar rendimentos mais elevados, mesmo quando sujeitas ao stresse térmico (Khurana *et al.*, 2011).

1.3. COMPONENTES DO GRÃO E QUALIDADE TECNOLÓGICA

O grão de trigo é constituído pelo pericarpo (12-18%), pelo endosperma (80-85%) e pelo gérmen (2-3%), sendo o endosperma de maior importância por dar origem à farinha depois de separado dos restantes componentes durante o processo de moagem (Bagulho, 2008) (figura 1.1.).

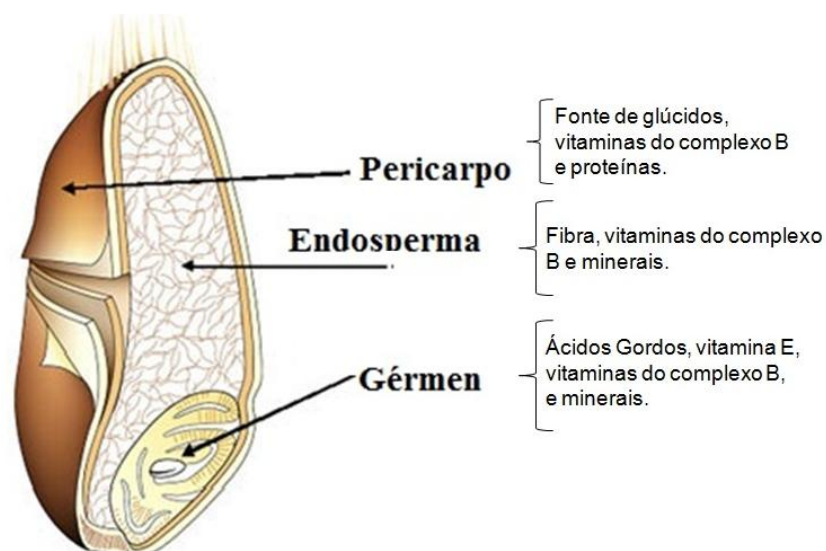


Figura 1.1. Estrutura do grão de trigo (Garofani, 2012).

Os principais nutrientes encontrados no grão de trigo estão referidos na figura 1.1.

No trigo distinguem-se duas classes de dureza do grão, de acordo com a espécie cultivada: trigo mole (*Triticum aestivum*) e trigo duro (*Triticum durum*). Os termos duro e mole estão relacionados com a textura da semente. Trigos duros requerem maior força para se desintegrarem e apresentam maior tamanho de partículas em relação aos trigos moles (Atwell, 2001).

O conhecimento da qualidade tecnológica dos trigos, para a indústria da panificação no caso dos trigos moles e para a indústria das massas alimentares no caso dos trigo duros, é de grande utilidade, tanto para os agricultores como para a indústria, um vez que possibilita a escolha dos genótipos mais adequados em função das características pretendidas no produto a comercializar. A aptidão dos genótipos de trigo para os diferentes usos industriais é determinada por várias características do grão e da farinha, que são dependentes do genótipo e das condições ambientais, como o clima, o solo, a incidência de doenças e de pragas, e práticas culturais (Bequette, 1989).

O conceito de qualidade do trigo está relacionado com o seu uso e difere entre os setores que o avaliam. Dessa forma, para o setor da moagem, a qualidade significa matéria-prima uniforme em tamanho e forma, peso do hectolitro e rendimento em farinha elevados, bem como uma coloração desejável do produto final. Os parâmetros de qualidade variam se a mesma for destinada à panificação, produção de massas alimentícias, de bolos ou biscoitos (Pirozi, 1995; Rossi e Neves, 2004).

As características tecnológicas da farinha de trigo, como uma elevada capacidade de absorção de água, coloração clara, boa tolerância ao amassamento, são parâmetros de qualidade desejáveis pelo panificador. O moageiro só poderá atender a estes requisitos se adquirir matéria-prima de qualidade (Rossi e Neves, 2004).

Neste contexto, a qualidade é uma característica explorada pelos melhoradores, que têm ainda como objetivos a produção e a sua regularidade, selecionando variedades capazes de se adaptarem bem à especificidade do clima de cada região (Bagulho, 2008).

1.4. PESO DO HECTOLITRO

O peso do hectolitro (PH) é a massa de 100 litros de trigo, expressa em quilogramas. É utilizado como medida tradicional de comercialização em vários países e reflete indiretamente atributos de qualidade dos grãos, em especial os relacionados com a moagem. Esta medida pode contribuir para a avaliação da qualidade do grão, um vez que se relaciona com fatores como grãos mal formados e impurezas (Munstock, 1999). Valores muito baixos de PH podem traduzir problemas que ocorreram durante o enchimento dos grãos (Guarienti, 1996).

1.5. PESO DE MIL GRÃOS

O peso de mil grãos é parâmetro que está relacionado com a produtividade e com a qualidade dos grãos. É um dos parâmetros utilizados em ensaios agronômicos para a avaliação de genótipos. Através deste índice, é possível caracterizar um genótipo e evidenciar desequilíbrios ocorridos no processo de formação dos grãos, bem como estudar a influência das condições climáticas e das práticas culturais durante o desenvolvimento da cultura (Mandarino, 1993).

1.6. GLÚCIDOS

Os glúcidos são macromoléculas com a representação química geral $C_m(H_2O)_n$. Os glúcidos de estrutura mais simples, também designados de açúcares, são os monossacáridos (glucose, frutose), os dissacáridos (sacarose, maltose, galactose) e os trissacáridos (rafinose). Associações entre estas moléculas geram moléculas mais complexas, os polissacáridos (amidos, algumas gomas, celulose, etc.) (Campos, 1999; ITAL, 2009).

Os cereais, especialmente o trigo, constituem uma fonte rica de polissacáridos complexos, sendo a mais abundante e económica fonte de energia para o homem (Shelton e Lee, 2000). Dentre os polissacáridos, o trigo apresenta o amido como o seu principal constituinte. O amido é responsável por 65-75% do peso do grão de trigo e pode exceder 80% do peso do endosperma. Os principais componentes do amido são polímeros de glucose: a amilose e a amilopectina (Svihus *et al.*, 2005). As propriedades funcionais do amido, particularmente a capacidade do amido ou farinha para absorver água e formar uma massa, são afetados por variações nas proporções de amilose para amilopectina e na distribuição e tamanho dos grânulos de amido (Dengate, 1984).

Além destes polímeros de glucose, no grão ocorrem também mono, di e trissacáridos em pequenas quantidades, usualmente expressas em percentagem de matéria seca (frutose, 0,06%; glucose, 0,08%; galactose, 0,02%; sacarose, 0,54%; maltose, 0,05% e rafinose, 0,19%) (Hoseney, 1994; Matz, 1999). Estes açúcares solúveis desempenham um papel fundamental no processo de panificação, nas etapas de fermentação e cozedura. Na fermentação eles constituem o substrato para a ação das leveduras, que transformam os açúcares em dióxido de carbono, fazendo levedar a massa. Os açúcares não transformados na fermentação participam na etapa de cozedura do pão, produzindo cor e aroma, aspecto que se associa às reações de *Maillard* e de caramelização (Gutkoski, 2009).

1.7. LÍPIDOS

Os stresses abióticos, decorrentes das alterações climáticas, representam uma das principais limitações ao desenvolvimento do trigo, podendo conduzir a modificações fisiológicas e bioquímicas (Barnabás *et al.*, 2008) e alterar o conteúdo lipídico do grão (Konopka *et al.*, 2006).

Nos grãos dos cereais os lípidos encontram-se na sua maioria como triacilgliceróis ou lípidos de reserva, sendo os ácidos gordos uma importante fração dos mesmos. No entanto, os ácidos gordos existem também em diversas estruturas celulares, sob a forma de lípidos membranares (Becker, 2007).

Os lípidos não estão distribuídos de forma homogénea no grão (Ortolan, 2006), e constituem 3-4% do peso do grão sendo que, destes, 30% estão presentes no gérmen e 25% e 45% se encontram na aleurona e no endosperma, respectivamente. Os

lípidos presentes no endosperma, por outro lado, estão divididos em amídicos (16%) e não-amídicos (29%) (Araújo, 1990).

Os lípidos naturais da farinha de trigo têm sido considerados de importância vital no comportamento do glúten, apesar de estarem presentes em baixas concentrações (Vitti, 1982). Entre os lípidos presentes na farinha de trigo, os lípidos amídicos existem como um complexo amilose-lipídico dentro do grânulo de amido e dificilmente são extraídos. A extração destes lípidos ocorre apenas com tratamentos químicos mais drásticos ou com o rompimento do grânulo de amido. Os lípidos não amídicos participam nas reações físicas, químicas e bioquímicas da massa, contribuindo significativamente para o comportamento da massa na mistura e na panificação, principalmente quando são usados processos com maior *input* tecnológico para a obtenção da massa (Chung, 1986).

A nível alimentar, os lípidos estão envolvidos no desenvolvimento de características de aroma e sabor e também exercem influência sobre a textura. Eles podem sofrer degradações (oxidação, hidrólise, polimerização, etc.) durante o processamento, favorecendo ou prejudicando as características sensoriais do produto. Além disso, a degradação dos lípidos pode comprometer a sua disponibilidade nutricional (Sgarbieri, 1987; Araújo, 1995).

Os lípidos do grão de trigo contém ácidos gordos essenciais para a saúde, entre os quais se destacam os ácidos palmítico (C16:0), oleico (C18:1) e linoleico (C18:2) (El-Dash *et al.*, 1982; Sgarbieri, 1987), que são extraídos a partir do gérmen do trigo.

Do ponto de vista tecnológico, durante a mistura da massa ocorrem paralelamente dois processos, em que os lípidos intervêm: o primeiro ocorre com os lípidos unidos à superfície do glúten, que atuam como lubrificantes, permitindo o deslizamento das suas camadas durante a homogeneização e o afastamento das mesmas na massa pronta (Bobbio e Bobbio, 2001). O segundo ocorre com os ácidos gordos polinsaturados, que são oxidados pela lipoxigenase do trigo, produzindo hidroperóxidos e radicais livres, compostos que por sua vez podem oxidar outros constituintes, tais como proteínas e carotenóides, afetando as propriedades reológicas da massa e a sua cor (Hoseney, 1994)

Os lípidos, apesar de presentes em níveis baixos no grão e na farinha de trigo, são responsáveis pelos problemas de rancificação (rancidez hidrolítica e oxidativa) nestes produtos (Galliard e Gallagher, 1988). Quanto maior a quantidade de lípidos na farinha, mais rápida a sua deterioração, sendo por isso maior a suscetibilidade da

farinha integral aos processos de lipoperoxidação. A deterioração pode ser causada pela lipoxigenase, como acima referido, mas também lipoperoxidação hidrolítica, causada pela enzima lípase, que produz glicerol e ácidos gordos. A ocorrência de rancidificação é reduzida pela ação de antioxidantes naturais, destacando-se os tocoferóis, presentes na farinha de trigo (Gutkoski, 2009).

1.8. PROTEÍNAS

As proteínas que constituem o glúten, presentes no endosperma da semente, representam 85% das proteínas da farinha e são as principais responsáveis pela qualidade panificativa do trigo (Brammer, 2000). Essas proteínas são classificadas em dois grupos: as gluteninas, responsáveis pela elasticidade, e as gliadinas, responsáveis pelas características de viscosidade.

Nos genótipos cujo destino principal é a panificação e a elaboração de massas, o aumento na percentagem de proteína conduz à melhoria da força da massa (Matsuo *et al.*, 1972). A expressão “força de glúten” normalmente é utilizada para designar a maior ou menor capacidade de uma farinha sofrer um tratamento mecânico ao ser misturada com água. Também é associada à maior ou menor capacidade de absorção de água pelas proteínas formadoras de glúten, que combinadas com a capacidade de retenção do dióxido de carbono melhoram o volume e a textura interna do pão (Tipples, 1982). Se durante o enchimento de grão a temperatura superar os 30°C, a relação positiva entre percentagem de proteína e força da massa pode deixar de existir ou tornar-se negativa (Ciaffi *et al.*, 1996). Nalguns casos, mesmo sem a modificação do conteúdo proteico do grão, o stresse térmico conduz à diminuição do volume do pão (Peterson *et al.*, 1998).

Em Itália, experiências realizadas com trigo para pão e trigo para massas, demonstraram que a ocorrência de temperaturas muito altas (35-40°C) durante o enchimento do grão afeta substancialmente a acumulação de matéria seca e de proteína (Corbellini *et al.*, 1997).

A proteína no grão é acumulada lentamente nos tecidos do endosperma do trigo após a antese. Nos primeiros 20 dias, 40% da proteína é composta por gluteninas e gliadinas, consideradas as maiores classes de proteínas de reserva do grão. Aos 45 dias o teor de proteína do grão atinge o limite máximo (Clarke *et al.*, 2001).

A extensibilidade (capacidade de uma massa deformar sem quebrar) e a viscosidade são características desejáveis para os produtos de panificação e são muito

influenciadas pelo teor e composição proteica. Isso é necessário nos produtos de panificação, onde o gás gerado pelas leveduras (fermento biológico) deve ser retido pela massa para que ela se expanda e se obtenham produtos leves (Gutkoski, 2009).

Entre todos os cereais, as proteínas do trigo são as únicas capazes de promover a formação de massa (rede do glúten), o que torna a farinha de trigo inigualável para aplicações em panificação (Sgarbieri, 1996).

A qualidade tecnológica dos grãos está intrinsecamente relacionada com a composição proteica dos mesmos, pelo que esta característica é importante do ponto de vista do melhoramento (MacRitchie e Lafiandra, 1997).

1.9. ÍNDICE DE SEDIMENTAÇÃO SDS

A força do glúten é uma característica importante que define, em grande parte, a qualidade industrial dos trigos moles e duros, sendo por isso uma ferramenta muito utilizada pelos melhoradores (Almeida, 2007).

O índice de sedimentação SDS mede a força do glúten e baseia-se na capacidade de hidratação das proteínas, quando sujeitas a agitação com uma solução de dodecil sulfato de sódio (SDS) e ácido láctico. Traduz-se num volume de sedimentação que está correlacionado com a força do glúten (Mandarino, 1993)

Na determinação deste índice não há interferência do grau de extração da farinha (grau de moagem) podendo ser utilizado para a farinha integral.

Através da leitura do volume do sedimento da farinha de trigo na proveta, o glúten dos diferentes genótipos é classificado da seguinte forma:

Tabela 1.1. Classificação do glúten.

Volume de sedimento (mL)	Tipo de glúten
≤ 12,0	Fraco
12,5 - 18,5	Intermédio
19,0 - 21,0	Forte
≥ 21,5	Muito forte

Fonte: Mandarino, 1993.

1.10. CINZAS

A cinza é constituída pelos sais minerais presentes no grão ou na farinha. É o resíduo inorgânico obtido após a incineração ou calcinação do material. Os minerais concentram-se nas camadas mais externas do grão e, por isso, o teor de cinza do grão é mais elevado que o da farinha branca, já que essas camadas são retiradas na moagem (Germani, 2008).

Os minerais encontram-se distribuídos em quantidades pequenas ou vestigiais no grão de trigo, e localizam-se principalmente na camada de aleurona e no pericarpo (Alonso *et al.*, 1997; Posner, 2000). Na dieta humana o trigo é considerado uma fonte importante de minerais como o ferro, o zinco, o cobre e o magnésio (Fan *et al.*, 2008).

O teor de minerais no grão está relacionado com diversos fatores, tais como o genótipo, o tipo de solo e as práticas culturais (Gutkoski, 2009).

Segundo Bock (2000), 100 g de trigo apresentam na sua constituição cerca de 410 mg de fósforo, 580 mg de potássio, 60 mg de cálcio, 180 mg de magnésio, 6 mg de ferro, 0,8 mg de cobre, 5,5 mg de manganês, 4,4 mg de zinco e 4,6 mg de sódio.

Industrialmente o teor de cinzas é utilizado para o cálculo da curva de cinzas, a qual mede a eficiência do processo de moagem (Guarienti, 1996; Posner, 2000).

1.11. COR

A cor da farinha é um aspeto ao qual o consumidor dá bastante importância, preferindo as farinhas mais brancas, embora nem sempre a mais branca seja a de melhor qualidade. A cor resulta de vários fatores, alguns dos quais dependem do genótipo, como o teor de pigmentos (Germani e Carvalho, 2004).

A cor da farinha também pode ser afetada pelo processo de moagem (grau de extração, condicionamento do trigo antes da moagem, tamanho das partículas e teor de cinzas), pelas condições de armazenamento da farinha e pelos tratamentos de branqueamento. As condições climáticas e o local onde o trigo é produzido podem também influenciar a cor da farinha. (Pomeranz, 1988).

A cor da farinha deriva, principalmente, do seu teor de carotenóides, proteínas, fibras e da presença de impurezas na moagem (quanto mais periférica a farinha, mais próxima do castanho será a sua tonalidade), sendo um importante atributo de qualidade, que se reflete diretamente na aparência do produto final (Ortolan, 2006). Os pigmentos carotenóides são responsáveis pela coloração amarelada da farinha. Por outro lado,

as enzimas presentes são responsáveis por reações que promovem o escurecimento da farinha, como no caso da enzima polifenoloxidase, ou a sua descoloração tornando-a mais clara, como no caso da enzima lipoxigenase, que oxida os pigmentos da mesma (Ciacco e Chang, 1982).

Segundo Huchttings (1997), a aparência de um alimento concorre grandemente para a sua aceitabilidade, razão pela qual a cor é uma das propriedades sensoriais mais importantes dos alimentos, tanto naturais como processados.

A cor pode ser controlada por colorimetria. Os colorímetros Hunter Lab e Minolta são os mais utilizados e apresentam os resultados em diversas faixas de cores, no sistema $L^*a^*b^*$. (Ver figura 1.2): L mede a intensidade da cor e varia de 0 a 100, sendo o 0 preto total e 100 branco total; a+: tonalidade predominante para o vermelho; a-: tonalidade predominante para o verde; b+: tonalidade predominante para o amarelo; b-: tonalidade predominante para o azul (Gutkoski, 2009).



Figura 1.2. Representação da cor sólida no espaço $L^*a^*b^*$ (Minolta, 1994).

A determinação da cor através da luminosidade é baseada na medida de luz refletida pela farinha dentro da extensão do espectro visível (Rasper e Walker, 2000), indicando uma tendência ao branqueamento ou ao escurecimento, dependendo da quantidade de luz que é refletida ou absorvida (Yasunaga e Uemara, 1962).

Ao determinar os valores das coordenadas a^* e b^* , obtém-se a cromaticidade de um objeto e ao determinar o valor de L^* , obtém-se um diagrama que corresponde a cromaticidade “versus” a luminosidade do objeto, tornando a informação mais completa (figura 1.3) (Hecktheuer, 1996).

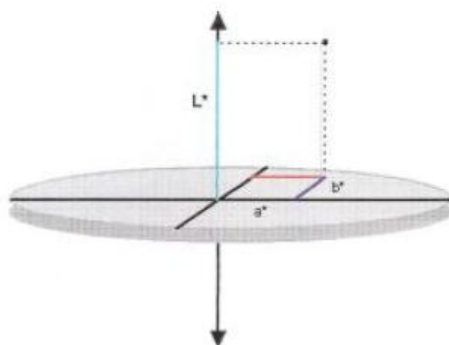


Figura 1.3. Coordenada de cromaticidade da cor CIELAB (Ortolan, 2006).

1.12. PROCESSO DE MOAGEM DOS GRÃOS E PRODUÇÃO DA FARINHA DE TRIGO

O grão de trigo integral pode ser considerado uma fonte de fibras, proteínas e de alguns micronutrientes, como vitaminas do complexo B (B1 – tiamina; B2 – riboflavina e B6 – piridoxina) e alguns minerais (nomeadamente, ferro, zinco, cálcio) (Fan *et al.*, 2008). No entanto, o trigo enquanto grão é pouco consumido. A farinha de trigo é muito mais consumida pelo homem, sendo utilizada na produção de diversos produtos de panificação.

O processo utilizado pelas indústrias na moagem do trigo é composto de quatro etapas principais: a limpeza dos grãos, tendo como finalidade separar suas impurezas; o condicionamento, permitindo que os grãos atinjam teor de humidade ideal para a máxima extração da farinha; a moagem propriamente dita e a classificação, realizada por peneiras em que são obtidas as farinhas desejadas (Amorim, 2007).

O processo de moagem para obtenção da farinha de trigo branca consiste na redução do endosperma a farinha, precedido da separação do farelo (pericarpo) e do gérmen, com o objetivo de elaborar produtos mais agradáveis ao paladar (Atwell, 2001) e com maior qualidade. O gérmen é separado para reduzir o conteúdo de lípidos, diminuindo assim a rancidificação da farinha e preservando as suas características durante o armazenamento (Medeiros, 2001). A camada externa do grão (pericarpo) também é retirada para tornar a farinha mais clara, reduzir o teor de fibras e melhorar as características tecnológicas (Castelo *et al.*, 1998).

Na farinha de trigo o tamanho das partículas, ou seja, a granulometria, é uma das propriedades físicas mais importantes que afetam o seu escoamento, além de estar negativamente relacionadas com a coesividade (Kuakpetoon *et al.*, 2001) e influenciar

o processo tecnológico e as características do produto final (Stasio *et al.*, 2007). Diferentes perfis granulométricos estão ainda relacionados principalmente com o comportamento dos genótipos durante o processo de moagem (Mousia *et al.*, 2004).

O trigo mole proporciona farinha muito fina, de coloração branca, formada por fragmentos irregulares das células do endosperma e partículas planas que aderem umas às outras (Léon, 2007). Uma vez que existe uma grande diversidade de produtos finais, a qualidade do trigo mole é especificada de acordo com os mesmos (figura 1.4).

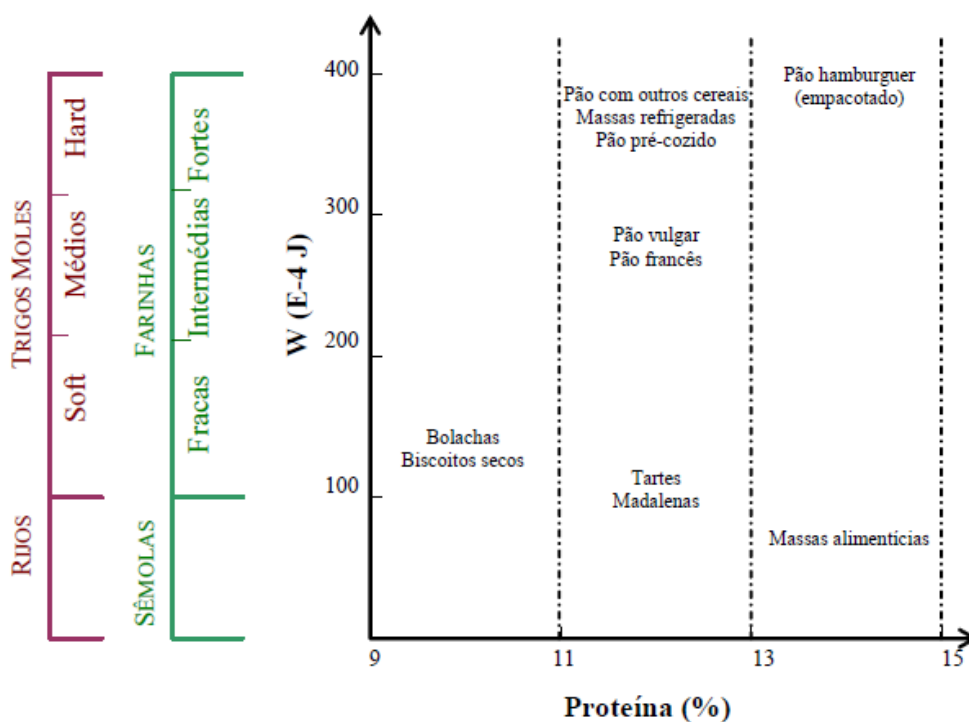


Figura 1.4. Diversidade de produtos alimentares obtidos a partir do trigo (Brites, 2000).

Capítulo II

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido nos laboratórios de Fisiologia Vegetal do Instituto Nacional de Recursos Biológicos (INRB Oeiras), e na Estação Nacional de Melhoramento de Plantas (INRB Elvas).

2.1. MATERIAL VEGETAL

2.1.1. Germoplasma

Neste trabalho utilizaram-se sementes de 9 genótipos de trigo mole (*Triticum aestivum*): Ardila, Gentil Rosso, Grécia, Nabão, Mocho de Espiga Branca, Mocho de Espiga Quadrada, Restauração, Ruivo e Transmontano. Alguns destes genótipos fazem parte de uma coleção de trigos tradicionais portugueses (Vasconcelos, 1933) atualmente em estudo no INRB.

2.1.2. Condições de obtenção das sementes

As sementes objeto deste estudo resultaram de um ensaio em estufa com condições ambientais controladas (INRB-Oeiras - Figura 2.1), para testar o efeito de diferentes temperaturas aplicadas na fase de floração (antese) sobre a produção, conforme descrito em Scotti-Campos *et al.* (2011)

A sementeira foi feita em vasos. As plantas foram mantidas em condições ótimas de desenvolvimento até à antese (médias diurnas de temperaturas e humidade relativa de 23-26°C e 50-60%, respectivamente). Após avaliação visual da antese, as plantas foram submetidas à ação de temperaturas elevadas durante uma semana (temperatura máxima diurna de 40°C durante ca. de 4h). No final do ciclo procedeu-se à colheita das espigas para avaliação da produção.

Foi realizada uma secagem prévia das espigas em estufa a 35°C com ventilação, durante 48h, seguida da debulha manual. Efetuou-se uma pesagem individualizada das espigas, procedendo-se posteriormente à separação dos grãos e da palha, seguindo-se a contagem e pesagem dos mesmos. Obteve-se então a produção média de grãos por planta, podendo-se comparar a produção dos genótipos sob efeito das temperaturas elevadas (Figura 3.1).



Figura 2.1. Plantas de trigo mole (*Triticum aestivum*) cultivadas em estufa (foto original da autora).

2.2. MÉTODOS

2.2.1. Obtenção da farinha – Moagem

A moagem foi realizada num moinho de pás (Polymix, Wk 1623704). Fez-se um estudo preliminar para testar a eficiência da moagem, que foi de 90% (pesou-se o grão e depois a farinha obtida). Uma amostra de aproximadamente 20 g de grãos de trigo foi moída com um crivo de 1mm, obtendo apenas uma fração, farinha integral. A farinha foi armazenada em recipientes de plástico com tampa, dispostos num exsiccador.

Realizou-se apenas uma moagem para cada variedade e tratamento. Nas farinhas resultantes efetuaram-se determinações de cor, açúcares solúveis, lípidos, proteínas, SDS e cinzas.

2.2.2. Determinação do Peso do hectolitro

Para a determinação do peso do hectolitro dos grãos de trigo, foi utilizada uma balança para peso específico (Mettler Toledo, AG204). Encheu-se uma proveta de 25 mL com grãos, sendo depois essa amostra pesada (mg/mL). Foram realizadas 3 pesagens para cada variedade e tratamento. O resultado foi obtido com base na média das pesagens. Os resultados foram expressos em Kg/hL

2.2.3. Determinação do peso de mil grãos

Para cada variedade e tratamento realizou-se a pesagem de mil grãos em triplicado. Nas variedades com menor produção de grãos, o peso de uma amostra menor foi extrapolado para mil grãos.

2.2.4. Determinação dos açúcares solúveis

Os açúcares solúveis foram extraídos a frio segundo o método de Medicott e Tompson (1985). Foi pesada uma amostra de 400 mg de farinha para um tubo de centrífuga, à qual se adicionaram 10 mL de água fria e um magneto. Os tubos foram colocados num copo com gelo sobre uma placa de agitação, durante 30 minutos. Em seguida os tubos foram colocados num aparelho de ultrassons durante 5 minutos. Procedeu-se a uma centrifugação a 15.000g (20 minutos, 4°C). O sobrenadante foi recolhido para um frasco de vidro. Repetiu-se o processo nas mesmas condições, para uma lavagem do precipitado. Juntaram-se os extratos da primeira e segunda extração e procedeu-se à filtração dos mesmos (filtros Whatman nº 4) a frio. Após esta etapa submeteu-se o extrato aquoso a mais uma filtração (Filtros Millex 0.45 µm) para um tubo *ependorf* de 1,8 mL.

Os açúcares foram analisados num HPLC – Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (Waters, EUA), acoplado a um detector refratométrico (Waters, 2414), equipado com uma coluna SugarPak 1 (Waters 6,5 X 300 mm).

Foram feitos 3 extratos para cada genótipo nos dois tratamentos, e procedeu-se a duas injeções de cada extrato. A quantificação foi efetuada com base nas curvas padrão dos açúcares em análise.

2.2.5. Determinação dos lípidos

2.2.5.1. Extração dos lípidos totais

Procedeu-se à extração dos lípidos totais da farinha segundo o método de Zayas e Lin (1989) adaptado. Foram pesados aproximadamente 1 g farinha por amostra e colocados num tubo de centrífuga ao qual se adicionaram também 20 mL de hexano e um pequeno magneto. Os tubos foram colocados dentro de um copo e as amostras foram agitadas durante 15 minutos sobre uma placa de agitação (Selecta, Agimatic 5) a 700 rpm, à temperatura ambiente. Após esta etapa, as amostras foram centrifugadas

(Centrifuga Heraeus, Biofuge 28RS) a 4500 g, a 15°C, durante 10 minutos. Seguidamente o sobrenadante (hexano) foi recolhido com uma pipeta de Pasteur. Adicionaram-se ao *pellet* mais 20 mL de hexano e procedeu-se novamente a agitação e centrifugação nas condições já descritas. Os extratos da primeira e da segunda extração foram combinados e secos sob fluxo de azoto em banho-maria (40°C). O extrato seco foi ressuspendido em 600 µL de etanol:tolueno (1:4). Para cada variedade e tratamento foram feitos 3 extratos.

2.2.5.2. Saponificação de lípidos e metilação de ácidos gordos

Procedeu-se à saponificação e metilação dos lípidos totais com base no método de Metcalfe *et al.* (1966), com adição de ácido heptadecanóico (C17:0, padrão interno) e 2 mL de metanol - BF3 em cada tubo. Procedeu-se 2 metilações para cada extrato.

Os ácidos gordos metilados foram analisados num cromatógrafo gás-líquido (Varian CP-3380, USA) acoplado a um detector de ionização de chama. Para a separação dos ácidos gordos utilizou-se uma coluna capilar DB-Wax (J&W Scientific) 30 m, com 0.25 mm de diâmetro interno e 0.25 µm de espessura do filme.

O injetor e o detector foram mantidos a 200°C e 250°C, respectivamente. Utilizou-se hidrogénio como gás de arraste (1 mL/min), e uma partição de fluxo de 1/50. A identificação dos picos cromatográficos ocorreu pela comparação dos tempos de retenção de cada éster metílico de ácido gordo com misturas de padrões (Sigma, Supelco e Restek). Os resultados foram apresentados como % de cada ácido gordo identificado na fração lipídica.

2.2.6. Determinação das proteínas totais

A proteína bruta foi determinada por quantificação do azoto total pelo método de Kjeldhal (NP 1996:2000) e convertendo este valor em proteína bruta considerando que a totalidade do azoto está na forma proteica. A estimativa do teor em proteína bruta é obtida através da multiplicação da percentagem de azoto total por um fator de conversão baseado na percentagem de azoto na proteína. Neste caso o valor de conversão foi de 5,7.

Numa balança analítica (Mettler, PC 180), pesou-se cerca de 1 g de amostra, num tubo de digestão. Adicionou-se 12,5 mL de ácido sulfúrico (95-97%) e o catalisador (sulfato de potássio + selénio). A digestão foi realizada numa placa de aquecimento

(Bicasa Milano, Mod – BE 97) a $420^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ durante 2 horas (no mínimo) para permitir a mineralização completa da amostra (até que a solução se apresente límpida, incolor ou verde pálida). Deixou-se arrefecer durante várias horas. Em seguida procedeu-se, à destilação por arrastamento de vapor numa unidade destiladora (Kjeltec 2200 - Auto Destillation) até que todo o amoníaco tivesse sido destilado, obtendo-se cerca de 150 mL do destilado. No recipiente de recolha, foram previamente introduzidos 50 mL de ácido bórico (4 % p/v) e algumas gotas do indicador (vermelho de metilo). Após a destilação, efetuou-se uma titulação (Titulador Automático Tim 850 – Titration Manager) com uma solução de ácido clorídrico (0,1N) até atingir o ponto de viragem, seguida de leitura.

As análises foram realizadas em triplicado para cada genótipo nos dois tratamentos.

2.2.7. Determinação do índice de sedimentação SDS

Este método é uma boa estimativa da força do glúten e baseia-se na medida do volume de sedimentação que uma farinha desenvolve face à agitação com uma solução de dodecil sulfato de sódio (SDS) e ácido láctico.

Foram preparadas as seguintes soluções:

- A - Solução de azul de bromofenol em água (0,001% p/v)
- B - Solução de ácido láctico (9,5% v/v)
- C - Solução de SDS em água destilada (2% p/v)
- D - Mistura da solução B e da solução C na proporção de 1:28

A determinação do índice de sedimentação foi determinada em amostras de 1g de farinha integral. O método foi segundo, Dick e Quick, 1983.

2.2.8. Determinação das cinzas

A percentagem de cinzas foi aferida segundo a norma NP 519:1993 (Ed. 4). As amostras de farinha foram pesadas (5 g) numa balança analítica (Mettler, PC 180), em cadinhos previamente calcinados e tarados, e depois incinerados em mufla a 900°C , até o resíduo da inceneração apresentar coloração branca ou ligeiramente acinzentada.

Decorrido este tempo, os cadinhos foram colocados em exsicador até atingir peso constante de acordo com método utilizado. Os resultados foram expressos em

percentagem de cinzas sobre a base seca, através de cálculos gravimétricos (medidos pela diferença entre os pesos inicial e final).

Foi realizada em triplicado para cada genótipo nos dois tratamentos.

2.2.9. Determinação da cor da farinha e do grão

A cor da farinha e do grão foi medida usando um colorímetro (Minolta *Chromameter* CR-300, Japão), com base na reflectância da luz (Shewfelt *et al.*, 1988). Os valores foram expressos sobre a *Comission Internationale de Éclairage*, L^* , a^* , b^* espaço de cor (também chamado CIELAB), criado em 1976, em que L^* representa luminosidade, enquanto o eixo de cromaticidade a^* indica vermelho quando positivo e verde quando negativo, e o eixo b^* pontos de amarelo quando positiva e azul quando negativa. O equipamento foi previamente calibrado [branco nº15233011, L^* 93.5, a^* 0.3164 e b^* 0.3325] antes da análise da cor. A partir dos valores do ângulo Hue [$^\circ H = 180^\circ + \tan^{-1}(b^*/a^*)$] e do *Colour Index* [$IC = (1000 \times a^*) / (L^* \times b^*)$] foram calculados os parâmetros (Voss, 1992; Camelo e Gómez, 2004; Spósito *et al.*, 2004).

Para tal as amostras foram colocadas num copo específico para a leitura de cor. (Realizaram-se 5 repetições de leitura para o grão e 3 repetições de leitura para a farinha de trigo.

2.2.10. Tratamento estatístico

Para avaliação dos resultados experimentais, foi utilizada a análise de variância (ANOVA) com duas variáveis e determinada a significância pelo teste F tendo-se usado o teste de Tukey ($p \leq 0.05$) para estudo comparativo das médias.

Capítulo III

3. RESULTADOS

3.1. PRODUÇÃO

A figura 3.1 refere-se ao efeito do stresse térmico na produção das plantas (g/planta). Distinguiram-se dois grupos, os que aumentaram e os que reduziram a sua produção. Os genótipos que apresentaram aumentos superiores a 10% foram Mocho de Espiga Quadrada, Transmontano, Nabão e Mocho de Espiga Branca, sendo o aumento mais expressivo observado em Mocho de Espiga Quadrada (38,5%). No grupo dos que apresentaram reduções acima de 10%, estão os genótipos Grécia, Ruivo e Ardila, sendo este último o genótipo com a redução mais forte (21%)

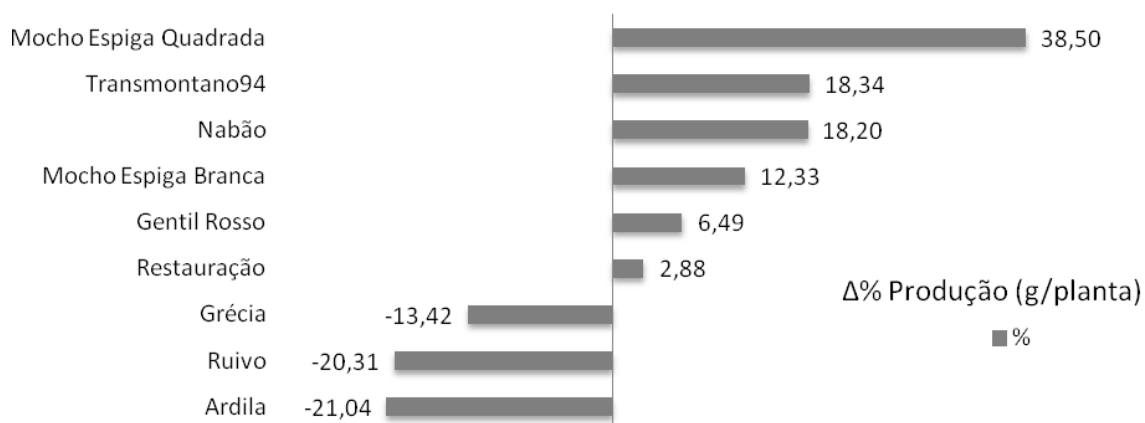


Figura 3.1. Efeito da temperatura elevada (pós-antese) na produção de grãos (g/planta) em 9 genótipos de trigo mole, expresso como variação da percentagem em relação ao controlo ($\Delta\%$).

3.2. PESO DO HECTOLITRO

Ocorreram diferenças significativas entre os genótipos relativamente ao peso do hectolitro (PH) nas amostras controlo e stresse (tabela 3.1), verificando-se o valor mais elevado em controlo para Ardila e Grécia (77,8 e 74,1 kg/hL, respectivamente), enquanto que Transmontano apresentou o valor mais baixo (62,6 kg/hL). Em condições de stresse térmico, os valores mais elevados ocorreram em Nabão e Grécia (77,6 kg/hL), e os valores mais baixos em Mocho de Espiga Branca (63,2 kg/hL).

Tabela 3.1. Peso do hectolitro (PH) e peso de mil grãos (PMG) em 9 genótipos de trigo mole. Plantas controlo ou submetidas a temperaturas elevadas na pós-antese (stresse).

Genótipos de trigo	PH (kg/hL)		PMG (g)	
	Controlo	Stresse	Controlo	Stresse
Ardila	77,89 a r	75,00 ab s	38,23 b r	33,57 bc s
Gentil Rosso	69,79 cd r	71,00 bc r	46,27 a r	46,57 a r
Grécia	74,13 ab r	77,62 a s	33,57 b r	36,50 b r
Mocho de Espiga Branca	66,45 d r	63,27 d s	25,01 d r	37,95 b s
Mocho de Espiga Quadrada	69,00 cd r	67,69 c r	32,13 c r	23,70 d s
Nabão	71,86 b r	77,66 a s	25,37 d r	28,63 cd r
Restauração	71,51 b r	74,32 ab s	37,52 bc r	38,10 b r
Ruivo	72,89 bc r	72,49 b r	18,45 e r	18,92 e r
Transmontano	62,62 d r	64,37 d r	18,87 e r	25,74 d s

Letras a,b,c,d,e: diferenças significativas entre genótipos para o mesmo tratamento; letras r,s: diferenças significativas entre tratamentos para o mesmo genótipo. Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Relativamente ao efeito do stresse térmico nos genótipos (tabela 3.1), observaram-se aumentos significativos do PH em Nabão, Grécia e Restauração (8, 5 e 4%, respectivamente). Por outro lado, as variedades Mocho de Espiga Branca e Ardila apresentaram uma redução de 5% e 4% no PH quando sujeitas ao stresse.

Os genótipos Ruivo, Mocho de Espiga Quadrada, Gentil Rosso e Transmontano não apresentaram alterações significativas em condições de stresse.

3.3. PESO DE MIL GRÃOS

Comparando o peso de mil grãos (PMG) dos genótipos em condições controlo (tabela 3.1) observou-se que Gentil Rosso apresenta valores mais elevado (46,2 g) que os restantes e Ruivo apresenta o valor mais baixo (18,4 g). Em condições de stresse os genótipos Gentil Rosso e Ruivo mantiveram os valores de PMG mais alto e mais baixo, respectivamente. Gentil Rosso e Ruivo, Grécia e Restauração não foram afetados pelo stresse apresentando valores semelhantes aos do controlo.

O stresse térmico influenciou positivamente o PMG dos genótipos Mocho de Espiga Branca, Transmontano, Nabão, que apresentaram aumentos de 51,7%, 36,4% e 12,84%, respectivamente, embora em Nabão esse aumento não tenha sido significativo. Sob o efeito do calor, Mocho de Espiga Quadrada e Ardila apresentaram uma redução no PMG (26,2 e 12,1%, respectivamente) em relação ao controlo.

3.4. AÇÚCARES SOLÚVEIS

No controlo, o valor mais elevado do teor total de açúcares solúveis (48,9 mg/g PS) foi observado no genótipo Mocho de Espiga Quadrada, e o mais baixo (26,5 mg/g PS) no Ardila. Ruivo, Nabão e Grécia apresentaram resultados semelhantes em condições de controlo.

Tabela 3.2. Teor total de açúcares solúveis em 9 genótipos de trigo mole. Plantas controlo ou submetidas a temperaturas elevadas na pós-antese (stresse).

Genótipos	Açúcares Totais em mg/g PS	
	Controlo	Stresse
Ardila	26,57 f r	27,03 e r
Gentil Rosso	29,27 e r	31,53 cd s
Grécia	36,49 b r	35,79 b r
M.E.B.	31,81 d r	31,31 c r
M.E.Q.	48,94 a r	38,64 a s
Nabão	37,08 b r	32,41 c s
Restauração	31,26 d r	30,95 d r
Ruivo	37,58 b r	35,35 b s
Transmontano	33,27 c r	31,81 c s

Letras a,b,c,d,e,f: diferenças significativas entre genótipos para o mesmo tratamento; letras r,s: diferenças significativas entre tratamentos para o mesmo genótipo. Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em condições de stresse térmico, o maior teor total de açúcares solúveis permaneceu no genótipo Mocho de Espiga Quadrada (38,6 mg/g PS), e o menor no Ardila (27,0 mg/g PS).

Como resultado das temperaturas elevadas na pós-antese, observou-se um aumento (7,7%) no teor total de açúcares solúveis em Gentil Rosso, enquanto Mocho de Espiga Quadrada, Nabão, Ruivo e Transmontando sofreram decréscimos (21,0%, 12,5%, 5,9% e 4,3%, respectivamente). Os genótipos Ardila, Grécia, Mocho de Espiga Branca e Restauração, não sofreram alterações em condições de stresse térmico.

Tabela 3 3. Teores açúcares solúveis em amostras de trigo mole. Plantas controlo ou submetidas a temperaturas elevadas na pós-antese (stresse).

Genótipos	Açúcares mg/g PS											
	Estaquiose		Rafinose		Sacarose		Glucose		Frutose		Manitol	
	Ctl	Str	Ctl	Str	Ctl	Str	Ctl	Str	Ctl	Str	Ctl	Str
Ardila	2,07 d r	2,45 c s	6,80 f r	7,65 f s	15,07 de r	14,39 d s	1,32 g r	1,40 f r	0,89 e r	0,69 d s	0,41 d r	0,42 d r
Gentil Rosso	3,00 b r	3,04 a r	10,02 e r	9,61 de s	13,25 f r	15,58 c s	1,66 f r	1,67 cd r	0,96 e r	1,10 c r	0,35e r	0,51 bc s
Grécia	2,88 b r	2,77 b s	11,04 c r	10,07 d s	18,52 b r	18,64 a r	1,84 e r	2,10 b s	1,48 cd r	1,54 b r	0,72 a r	0,66 a s
M.E.B.	2,18 d r	1,99 e s	9,41 e r	9,20 e r	16,38 c r	16,71 b r	2,04 cd r	1,76 c s	1,36 d r	1,23 c r	0,43 d r	0,39 d s
M.E.Q.	4,20 a r	3,21 a s	14,86 a r	12,57 a s	22,24 a r	18,18 a s	3,85 a r	2,13 b s	3,15 a r	2,00 a s	0,62 b r	0,54 b s
Nabão	2,42 c r	1,93 e s	12,34 b r	11,49 b s	18,18 b r	15,81 c s	1,97 de r	1,41 f d s	1,64 c r	1,28 c s	0,51 c r	0,46 cd s
Restauração	2,20 d r	2,02 e s	10,89 cd r	11,16 bc r	14,76 e r	14,55 d r	1,52 f r	1,56 d r	1,27 d r	1,20 c r	0,60 b r	0,42 d s
Ruivo	1,95 e r	2,52 c s	9,27 e r	10,84 c s	21,83 a r	17,28 b s	2,20 c r	2,42 a s	1,73 bc r	1,82 a r	0,59 b r	0,45 c s
Transmontano	2,24 c,d r	1,62 f s	10,39 de r	9,59 de s	15,52 d r	15,84 c r	2,60 b r	2,35 a s	1,95 b r	1,83 a r	0,55 bc r	0,55 b r

Letras a,b,c,d,e,f,g: diferenças significativas entre génotipos para o mesmo tratamento; letras r,s: diferenças significativas entre tratamentos para o mesmo génotipo. Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Ctl: controlo; Str: Stresse Térmico.

Relativamente à composição dos açúcares solúveis analisados, a sacarose revelou-se como o mais abundante (22-30%), seguido da rafinose (13-18%), da estaquiose (2,7-4,9%), da glucose (2,5-4,5%), da frutose (1,5-4%) e do manitol (0,6-1,0%).

Analisando os teores dos açúcares individualmente (tabela 3.3), em condições controlo os valores mais elevados para a estaquiose ocorreram em Mocho de Espiga Quadrada (4,2 mg/g PS), enquanto o teor mais baixo se observou em Ruivo (1,9 mg/g PS). Em condições de stresse o menor teor de estaquiose foi observado em Transmontano (1,62 mg/g PS). Os teores mais elevados de estaquiose mantiveram-se em Mocho de Espiga Quadrada, apesar de ter ocorrido uma redução de 23,6% em relação ao controlo, em condições de stresse os genótipos Transmontano, Mocho de Espiga Quadrada, Nabão, Mocho de Espiga Branca, Restauração e Grécia também reduziram (27,6%, 23,6%, 20,1%, 8,7%, 8%, 4%, respectivamente), enquanto Ruivo e Ardila apresentaram aumentos de 29 e 18%, respectivamente. Gentil Rosso manteve-se inalterado.

No que diz respeito à rafinose, em condições controlo, Mocho de Espiga Quadrada apresentou o maior valor (14,8 mg/g PS) e Ardila o valor mais baixo (6,8 mg/g PS). Gentil Rosso, Mocho de Espiga Branca, Ruivo e Transmontano apresentaram valores semelhantes.

Em condições de stresse térmico observou-se um aumento da rafinose para Ruivo e Ardila (16,9 e 12,5%, respectivamente), à semelhança do ocorrido para a estaquiose. Por outro lado constatou-se que a Gentil Rosso, Grécia, Mocho de Espiga Quadrada, Nabão e Transmontano reduziram o teor de rafinose em condições de stresse térmico, observando-se as maiores reduções para Mocho de Espiga Quadrada e Grécia (15,4% e 8,8%, respectivamente).

Na sacarose (controlo) os maiores valores foram observados nos genótipos Mocho de Espiga Quadrada (22,2 mg/g PS) e Ruivo (21,8 mg/g PS). A menor quantidade de sacarose observou-se em Gentil Rosso (13,2 mg/g PS). Para as condições de stresse térmico, Grécia e Mocho de Espiga Quadrada apresentaram os teores mais elevados (ca.18 mg/g PS), sendo o valor mais baixo observado em Ardila (14,3 mg/g PS).

O stresse térmico provocou um aumento do teor de sacarose apenas no genótipo Gentil Rosso com um acréscimo de 17,54%. Ruivo, Mocho de Espiga Quadrada, Nabão e Ardila mostraram decréscimos do teor sacarose relativamente ao controlo (20,8%, 18,2%, 13,0% e 4,4%, respectivamente).

O teor de glucose nas amostras (controlo) de trigo apresentou grandes variações. No Mocho de Espiga Quadrada observou-se o maior índice (3,8 mg/g PS), sendo o valor mais baixo encontrado para Ardila (1,3 mg/g PS).

Em condições de altas temperaturas os génotipos Ruivo e Transmontano apresentaram os valores mais elevados de glucose (2,4 mg/g PS). Assim como no controlo, o génotipo Ardila obteve o menor teor deste açúcar (1,4 mg/g PS) não diferindo estatisticamente de Nabão.

O stresse térmico provocou aumentos significativos nos teores de glucose para Grécia, Ruivo e Ardila (14,2%, 10,3% e 6,4%, respectivamente). No entanto, afetou negativamente os génotipos Mocho de Espiga Quadrada, Nabão, Mocho de Espiga Branca e Transmontano com decréscimos de 44,5%, 28,5%, 13,4% e 9,7%, respectivamente.

No que diz respeito aos teores em frutose, em condições controlo Mocho de Espiga Quadrada apresentou o valor mais alto (3,1 mg/g PS). O menor índice de frutose ocorreu em Ardila (0,9 mg/g PS) e Gentil Rosso (0,9 mg/g PS).

Em condições de stresse térmico, Mocho de Espiga Quadrada permaneceu com o maior teor de frutose (2,0 mg/g PS), embora não diferindo estatisticamente dos génotipos Transmontano e Ruivo. O génotipo Ardila com o menor valor (0,7 mg/g PS) apresentou uma redução de 22,0% quando submetido ao stresse. O calor também provocou uma redução no teor de frutose em Mocho de Espiga Quadrada e Nabão (36,6 e 21,6%, respectivamente). No entanto o génotipo Gentil Rosso apresentou um aumento (não significativo) de 14,8% quando submetido ao stresse.

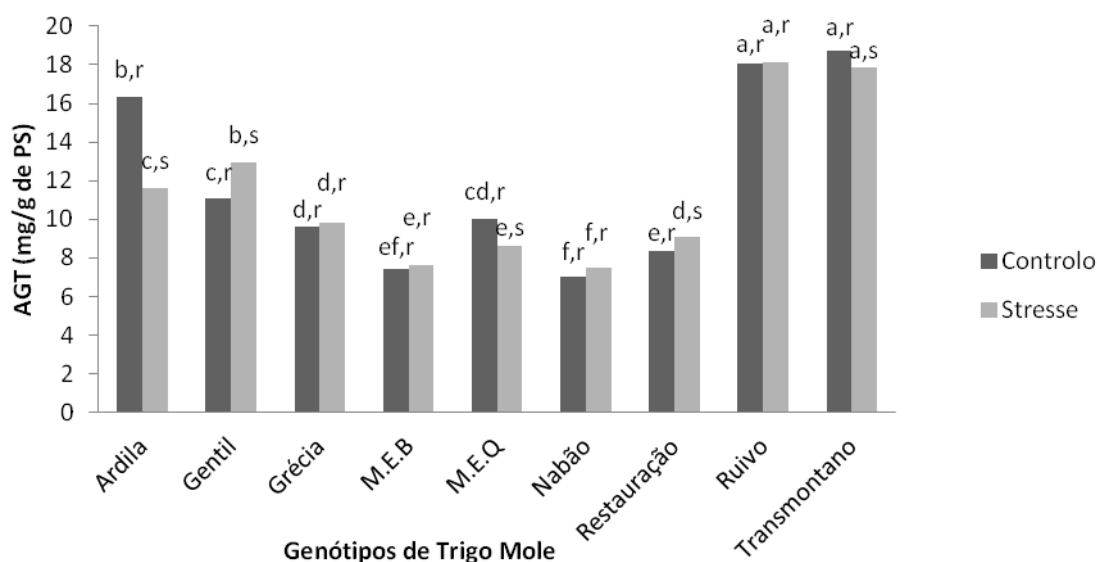
Para os teores de manitol, Grécia apresentou o valor mais elevado (controlo) (0,7 mg/g PS). Por outro lado, em Gentil Rosso observou-se o menor teor deste açúcar (0,3 mg/g PS).

Sob condições de stresse, a Grécia apresentou o maior teor de manitol (0,65 mg/g PS), sendo o menor observado em Mocho de Espiga Branca (0,39 mg/g PS). Gentil Rosso foi o único que apresentou um aumento dos teores de manitol relativamente ao controlo (45,9%). Os decréscimos mais acentuados (29,2% e 22,8%) foram encontrados em Restauração e Ruivo, respectivamente. Nabão e Grécia mostraram as reduções mais suaves (8,8% e 8%, respectivamente).

3.5. ÁCIDOS GORDOS

Em condições controlo os teores mais elevados de ácidos gordos totais (AGT) foram observados em Transmontano (18,7 mg/g PS) e Ruivo (18,0 mg/g PS), tendo os valores mais baixos ocorrido em Nabão (7,0 mg/g PS) e Mocho de Espiga Branca (7,4 mg/g PS). Em condições de stresse térmico, os teores mais altos permaneceram em Ruivo e Transmontano (18,1 e 17,8 mg/g PS) apesar de, nessas condições, Transmontano ter sofrido um ligeiro decréscimo. O genótipo Nabão apresentou o menor teor (7,4 mg/g PS), logo seguido de Mocho de Espiga Branca (7,6 mg/g PS) e Mocho de Espiga Quadrada (8,6 mg/g PS).

Gráfico 2.1. Ácidos gordos totais (AGT) nos grãos de 9 genótipos de trigo mole. Plantas controlo ou submetidas a temperaturas elevadas na pós-antese (stresse).



Letras a,b,c,d,e,f: diferenças significativas entre genótipos para o mesmo tratamento; letras r,s: diferenças significativas entre tratamentos para o mesmo genótipo. Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Analisando o efeito do stresse térmico relativamente ao controlo em cada genótipo, verificou-se que as temperaturas altas provocaram aumentos significativos de ácidos gordos totais nos grãos de Gentil Rosso (17,0%) e Restauração (8,7%). Os genótipos Ruivo, Grécia e Mocho de Espiga Branca não foram afetados. As temperaturas elevadas resultaram em reduções dos AGT nos grãos de Ardila, Mocho de Espiga Quadrada e Transmontano (28,6% e 13,8%, 4,7%, respectivamente).

Tabela 3.4. Percentagem dos ácidos gordos mais abundantes (> 0.5%) e índice de insaturação (DBI) em grãos de 9 genótipos de trigo mole. Plantas controlo (Ctl) ou submetidas a temperaturas elevadas na pós-antese (Str).

Genótipos	Ácidos Gordos							
	C16:0		C18:0		C18:1		C18:2	
	Ácido palmítico		Ácido esteárico		Ácido oleico		Ácido linoleico	
	Ctl	Str	Ctl	Str	Ctl	Str	Ctl	Str
Ardila	15,05 c r	16,11 b s	0,78 c r	0,75 d r	13,01 b r	12,89 b r	47,62 ab r	45,89 c s
Gentil Rosso	17,46 ab r	12,59 c s	0,85 b r	0,81 c s	11,50 c r	10,15 e s	45,67 b r	36,32 d s
Grécia	18,58 a r	15,79 b s	0,68 d r	0,78 d s	8,92 e r	9,83 e s	45,92 b r	47,98 bc s
M.E.B.	16,21 bc r	17,52 ab s	0,83 b r	0,80 d r	11,58 c r	12,01 c s	44,24 b r	47,62 bc s
M.E.Q.	17,01 ab r	17,52 ab r	1,00 a r	1,36 a s	10,85 d r	12,64 b s	47,77 a r	52,42 a s
Nabão	16,70 b r	16,41 b r	0,87 b r	0,80 d s	10,28 d r	10,75 d s	45,64 b r	46,75 c r
Restauração	15,93 bc r	18,49 a s	0,75 c r	0,81 d s	10,34 d r	10,94 d s	47,89 a r	48,96 b r
Ruivo	16,42 bc r	17,06 ab r	0,86 b r	0,94 b s	13,87 a r	15,38 a s	45,62 b r	48,07 bc s
Transmontano	17,06 ab r	17,23 ab r	0,73 cd r	0,87 bc s	10,38 d r	11,74 c s	49,10 a r	51,07 a s
Genótipos*	Ácidos Gordos							
	C18:3		C20:1		C22:2		DBI	
	Ácido linolénico		Ácido gadoléico		Ácido docosadienóico			
	Ctl	Str	Ctl	Str	Ctl	Str	Ctl	Str
Ardila	3,34 c r	3,14 c s	0,65 b r	0,64 c r	17,68 bc r	18,64 bc r	9,77 a r	9,10 bc s
Gentil Rosso	3,11 d r	2,40 d s	0,51 c r	0,43 e s	18,88 ab r	34,76 a s	8,41 cd r	12,04 a s
Grécia	3,80 a r	3,64 b s	0,50 c r	0,49 de r	19,73 abc r	19,45 b r	8,03 d r	9,51 bc s
M.E.B.	2,99 d r	3,24 c s	0,69 b r	0,72 b r	21,48 a r	16,34 c s	9,06 abc r	8,34 cd s
M.E.Q.	3,36 c r	3,56 b s	0,48 c r	0,56 cd s	18,13 bc r	10,55 e s	8,75 bc r	8,05 d s
Nabão	3,64 b r	3,52 b s	0,70 b r	0,74 b s	20,94 a r	19,94 b r	9,13 abc r	9,20 d r
Restauração	3,29 c r	3,66 b s	0,45 c r	0,50 de s	20,33 ab r	15,63 cd s	9,53 ab r	8,06 d s
Ruivo	3,25 c r	3,23 c r	0,89 a r	0,89 a r	18,08 bc r	13,31 d s	8,90 ab r	8,44 c r
Transmontano	3,76 ab r	3,84 a r	0,73 b r	0,78 b r	17,24 c r	13,42 d s	8,82 bc r	8,57 cd r

Letras a,b,c,d,e: diferenças significativas entre genótipos para o mesmo tratamento; letras r,s: diferenças significativas entre tratamentos para o mesmo genótipo. Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias calculadas para 6 repetições. DBI = $[(\% \text{ monoenes} + 2 \times \% \text{ dienes} + 3 \times \% \text{ trienes}) / \% \text{ ácidos gordos saturados}]$ (Mazliak, 1983).

Relativamente à composição qualitativa dos ácidos gordos (tabela 3.4), destacaram-se pela sua abundância, os ácidos linoleico (C18:2), docosadienóico (C22:2), palmítico (C16:0) e oleico (C18:1), com percentagens que variaram (50-9% relativamente ao controlo) seguidos do linolenico (C18:3), do esteárico (C18:0) e do gadoléico (C20:1) com variações de 3,1-0,9%. Através da análise cromatográfica foram também identificados alguns ácidos gordos que apresentaram percentagens inferiores a 0,5%, e cujo somatório corresponde a 0,9-1,9% (controlo) e 1,0-2,5% (em condições de stresse térmico) dos AGT.

A distribuição relativa dos ácidos gordos foi idêntica para todos os genótipos, o que denota uma característica inerente à espécie, e não foi alterada com as condições impostas neste ensaio (tabela 3.4).

Para o ácido palmítico em condições de controlo (tabela 3.4), os genótipos que se destacaram com os maiores valores foram Grécia, Gentil Rosso, Mocho de Espiga Quadrada e Transmontano, com percentagens de 17-19%. Os valores mais baixos (15-16%) foram observados em Ardila, Mocho de Espiga Branca, Restauração e Ruivo.

Em stresse térmico a maior representatividade do ácido palmítico foi observada em Restauração, Mocho de Espiga Branca, Mocho de Espiga Quadrada, Ruivo e Transmontano, valores compreendidos entre 17,2-18,5%. A percentagem mais baixa em condições de stresse, ocorreu em Gentil Rosso (12,5%).

Gentil Rosso e Grécia apresentaram reduções quando expostas ao stresse térmico (27,9% e 15,0%, respectivamente), enquanto que ocorreram aumentos significativos em Restauração, Mocho de Espiga Branca e Ardila (16,0%, 8,0% e 7,0%, respectivamente).

No que diz respeito ao ácido esteárico (controlo), a maior percentagem foi observada em Mocho de Espiga Quadrada (1,0%), e os valores mais baixos em Grécia (0,68%) e Transmontano (0,73%). Em stresse térmico, Mocho de Espiga Quadrada manteve-se com a maior percentagem, assim como no controlo. A menor quantidade deste AG observou-se em Ardila (0,75%) e Grécia (0,78%).

Para a maioria dos genótipos o stresse térmico provocou um aumento nos teores de ácido esteárico. Os aumentos mais expressivos foram observados em Mocho de Espiga Quadrada (35,9%), Transmontano (19,8%) e Grécia (14,6%).

Relativamente ao ácido oleico (controlo) o genótipo Ruivo apresentou o valor mais elevado (13,8%) sendo o mais baixo encontrado em Grécia (8,9%). Em condições de stresse térmico a percentagem mais elevada permaneceu em Ruivo (15,3%).

Em relação aos efeitos do stresse térmico, observou-se um aumento para os genótipos Mocho de Espiga Quadrada, Transmontano, Ruivo e Grécia (16,5%, 13,0%, 10,9% e 10,2%, respectivamente), enquanto que em Gentil Rosso ocorreu uma redução (11,7%).

Para o ácido linoleico, distinguiram-se dois grupos de genótipos em condições controlo: Transmontano, Restauração, Mocho de Espiga Quadrada e Ardila apresentaram valores mais elevados (48-49%), enquanto os restantes apresentaram valores mais baixos (44-46%).

Em stresse térmico as maiores percentagens de ácido linoleico ocorreram em Mocho de Espiga Quadrada (52,4%) e Transmontano (51,0%), e a mais baixa em Gentil Rosso (36,3%).

Estes valores em stresse térmico resultaram de um aumento de ácido linoleico para Mocho de Espiga Quadrada, Mocho de Espiga Branca, Ruivo, Grécia e Transmontano (9,7%, 7,6%, 5,3%, 4,4% e 4,0%, respectivamente), e de uma forte redução em Gentil Rosso e Ardila (20,4%).

Os maiores percentuais de ácido linolénico (controlo) foram identificados em Grécia (3,8%) e Transmontano (3,7%), enquanto Mocho de Espiga Branca e Gentil Rosso obtiveram os teores mais baixos (2,9 e 3,1%, respectivamente). Em stresse térmico, Transmontano tem a percentagem mais elevada (3,8%) e Gentil Rosso a mais baixa (2,4%).

Relativamente aos efeitos do stresse, este provocou aumentos para Restauração (11,2%), Mocho de Espiga Branca (8,3%), Mocho de Espiga Quadrada (5,7%) e reduções para Gentil Rosso (22,7%), Ardila (6,0%), Grécia (4,1%) e Nabão (3,3%).

Quanto ao ácido gadoléico (controlo), o genótipo Ruivo apresentou o maior valor (0,89%) e os menores valores foram observados em Restauração (0,45%), Mocho de Espiga Quadrada (0,48%), Grécia (0,50%) e Gentil Rosso (0,51%). Em stresse, observou-se o valor mais alto para Ruivo (0,89%) e o mais baixo para Gentil Rosso (0,43%), Grécia (0,49%) e Restauração (0,50%).

O stresse térmico induziu aumentos de ácido gadoléico em Mocho de Espiga Quadrada (16,8%) e Restauração (11,8%). No entanto, também provocou uma redução em Gentil Rosso (15,5%).

Para o ácido docosadiénoico (controlo), os génotipos Mocho de Espiga Branca e Nabão sobressaíram com as percentagens mais elevadas (20,9 e 21,4%). O valor mais baixo foi identificado em Transmontano (17,2%). Em stresse térmico, Gentil Rosso obteve o maior valor (34,7%) e a menor percentagem de ácido docosadiénoico foi observada em Mocho de Espiga Quadrada (10,5%).

Em stresse térmico observou-se um aumento bastante expressivo para Gentil Rosso (84,1%) nos teores de ácido docosadiénoico. As reduções afetaram Mocho de Espiga Quadrada de (41,8%), Ruivo (26,3%), Mocho de Espiga Branca (23,9%), Restauração (23,1%) e Transmontano (22,1%).

No que diz respeito ao índice de insaturação (DBI), em condições controlo os valores mais elevados, ocorreram em Ardila (9,7). Os valores mais baixos foram observados em Grécia (8,0) e em Gentil Rosso (8,4). Em stresse térmico, Gentil Rosso destacou-se com o valor mais elevado (12,0), enquanto os génotipos Mocho de Espiga Quadrada e Restauração, apresentaram os valores mais baixo (8,0).

O stresse térmico provocou uma redução da insaturação (menor DBI) para Restauração (15,4%), Mocho de Espiga Quadrada (8,01%), Mocho de Espiga Branca (7,9%) e Ardila (6,8%). Por outro lado, provocou aumentos para Gentil Rosso (43,1%) devido ao aumento do ácido docosadiénoico C22:2. Em Grécia o aumento do DBI (18,4%) resultou provavelmente do aumento de oleico C18:1, linoleico C18:2.

3.6. PROTEÍNA

Para as percentagens de proteína (controlo), os valores mais elevados foram identificados em Transmontano (20,3%), Grécia (20,0%) e Mocho de Espiga Quadrada (19,3%). Os valores mais baixos (controlo) foram observados em Mocho de Espiga Branca e Nabão (16,9%) (tabela 3.5).

Em condições de stresse térmico, o maior valor obtido foi em Mocho de Espiga Quadrada (19,2%). O menor valor foi observado em Ruivo (16,4%).

Comparando os resultados de stresse em relação ao controlo, verificou-se que apenas Ardila apresentou um aumento (6,01%) em condições de calor e ocorreram reduções em Transmontano (13,3%), Grécia (12,1%), Gentil Rosso (8,4%) e Ruivo (6,1%).

Tabela 3 5. Percentagem de proteína, índice de sedimentação (SDS), e teor de cinzas em grãos de 9 genótipos de trigo mole. Plantas controlo ou submetidas a temperaturas elevadas na pós-antese (stresse).

Genótipos	Proteína %		SDS mm		Cinzas %	
	Ctl	Str	Ctl	Str	Ctl	Str
Ardila	17,20 c r	18,23 ab s	29,67 c r	30,00 c r	2,16 ab r	1,91 b s
Gentil Rosso	18,97 b r	17,37 b s	53,00 a r	52,00 a r	1,89 b r	1,96 ab r
Grécia	20,03 ab r	17,60 b s	22,00 d r	24,33 c r	2,37 a r	2,10 ab s
M.E.B.	16,97 c r	16,65 c r	45,00 ab r	47,50 ab r	2,13 ab r	2,04 ab r
M.E.Q.	19,37 a r	19,20 a r	41,67 bc r	43,67 b r	2,41 a r	2,33 a r
Nabão	16,97 c r	16,87 c r	51,67 a r	53,67 a r	2,15 ab r	1,81 b s
Restauração	17,20 c r	16,97 c r	52,33 a r	52,00 a r	2,15 ab r	2,10 ab r
Ruivo	17,47 c r	16,40 c s	34,00 c r	31,33 c r	2,15 ab r	2,12 ab r
Transmontano	20,35 a r	17,63 b s	36,50 c r	43,00 b s	2,14 ab r	2,11 ab r

Letras a,b,c: diferenças significativas entre genótipos para o mesmo tratamento; letras r,s: diferenças significativas entre tratamentos para o mesmo genótipo. Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Ctl: controlo; Str: stresse.

3.7. ÍNDICE DE SEDIMENTAÇÃO SDS

Relativamente ao índice de sedimentação os valores mais elevados observaram-se para Gentil Rosso (53,0 mm), Restauração (52,3 mm) e Nabão (51,6 mm). O menor volume observou-se em Grécia (22,0 mm).

Em stresse térmico os maiores índices de sedimentação ocorreram em Nabão (53,67 mm), Gentil Rosso (52,0 mm) e Restauração (52, 0 mm). Tal como no controlo o menor volume observou-se em Grécia (24,3 mm).

Sob efeito das temperaturas elevadas (tabela 3.5) observou-se um aumento do SDS (17,8%) para Transmontano. Nos restantes não se observaram variações neste índice.

3.8. CINZAS

Na percentagem de cinzas (controlo) observou-se o maior valor em Mocho de Espiga Quadrada (2,4%). Gentil Rosso, por sua vez, apresentou a menor percentagem de cinzas (1,9%).

Em stresse térmico, o genótipo Mocho de Espiga Quadrada manteve-se com a maior percentagem de cinzas (2,3%). Em Nabão observou-se o valor mais baixo (1,8%).

O stresse térmico provocou reduções das cinzas para Nabão (15,9%), Ardila (11,2%) e Grécia (11,1%). Os outros genótipos não apresentaram alterações significativas (tabela 3.5).

3.9. COR DO GRÃO

Para a Luminosidade L^* do grão (controlo) Grécia apresentou o maior valor (57,0), seguido de Mocho de Espiga Quadrada (56,3), Gentil Rosso (55,8), Transmontano (55,6) e Restauração (55,5). A menor luminosidade (L^*) observou-se em Ardila (51,9).

Tabela 3 6. Determinação da cor do grão pelo sistema CIEL^{*}a*b*, através dos parâmetros de luminosidade (L^*) e coordenadas de cromaticidade (a^* e b^*) em grãos de 9 genótipos de trigo mole. Plantas controlo ou submetidas a temperaturas elevadas na pós-antese (stresse).

Genótipos de trigo	Cor do grão					
	L^*		a^*		b^*	
	Ctl	Str	Ctl	Str	Ctl	Str
Ardila	51,93 c r	52,37 e r	5,88 a r	5,81 a r	14,43 d r	14,66 d r
Gentil Rosso	55,80 a r	59,88 a s	5,76 a r	5,47 a r	16,18 cd r	16,33 c r
Grécia	57,02 a r	57,73 b r	6,65 a r	6,39 a r	20,32 a r	20,33 a r
M.E.B.	53,95 b r	54,10 d r	5,97 a r	5,65 a r	16,02 cd r	15,89 cd r
M.E.Q.	56,32 a r	54,78 cd s	5,60 a r	6,11 a r	16,78 c r	16,22 cd r
Nabão	54,14 b r	53,12 de r	5,57 a r	5,71 a r	15,14 d r	15,25 cd r
Restauração	55,52 a r	55,32 cd r	7,01 a r	6,89 a r	18,53 ab r	18,48 b r
Ruivo	53,79 b r	56,34 bc s	5,22 a r	5,02 a r	14,68 d r	15,41 cd r
Transmontano	55,60 a r	55,68 cd r	5,56 a r	5,59 a r	15,72 cd r	15,46 cd r

Letras a,b,c,d,e: diferenças significativas entre genótipos para o mesmo tratamento; letras r,s: diferenças significativas entre tratamentos para o mesmo genótipo. Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Ctl: controlo; Str: stresse.

Quando submetido ao stresse térmico o genótipo Gentil Rosso apresentou-se com o valor mais elevado de luminosidade (59,8). A menor luminosidade, assim como no controlo, foi observada no genótipo Ardila (52,3).

Sob efeito do stresse térmico apenas Gentil Rosso e Ruivo apresentaram aumentos nos índices de luminosidade (7,3 e 4,7%, respectivamente) e uma redução foi observada em Mocho de Espiga Quadrada (2,7%).

Para as coordenadas a^* e b^* de cromaticidade observaram-se diferenças significativas apenas em b^* . Em condições controlo o genótipo Grécia e Restauração destacaram-se com os valores mais altos de b^* (20,3 e 18,5, respectivamente). O valor mais baixo de b^* foi observado em Ardila (14,4). Em condições de stresse, não se verificaram alterações nas coordenadas a^* e b^* .

3.10. COR DA FARINHA

Para a luminosidade (L^*) das farinhas em condições controlo (tabela 3.7), o valor mais elevado foi encontrado em Grécia (87,7) e Restauração (87,0).

Tabela 3 7. Determinação da cor da farinha de trigo pelo sistema CIEL^{*} a^*b^* , através dos parâmetros de luminosidade (L^*) e coordenadas de cromaticidade (a^* e b^*) em grãos de 9 genótipos de trigo mole. Plantas controlo ou submetidas a temperaturas elevadas na pós-antese (stresse).

Genótipos de trigo	Cor da farinha					
	L^*		a^*		b^*	
	Ctl	Str	Ctl	Str	Ctl	Str
Ardila	80,21 e r	79,38 e r	2,77 a r	2,91 a r	12,52 a r	12,61 ab r
Gentil Rosso	84,59 c r	85,61 b r	3,00 a r	3,06 a r	12,78 a r	12,88 a r
Grécia	87,78 a r	90,99 a s	1,51 a r	1,58 a r	9,10 b r	9,14 c r
M.E.B.	84,43 c r	85,52 bc r	2,36 a r	1,39 a r	10,66 ab r	9,97 c r
M.E.Q.	81,86 de r	82,23 d r	2,86 a r	2,68 a r	12,30 ab r	11,89 ab r
Nabão	81,30 de r	83,24 cd s	2,56 a r	2,02 a r	11,71 ab r	10,41 bc r
Restauração	87,02 ab r	83,74 b r	1,63 a r	1,59 a r	9,19 b r	9,16 c r
Ruivo	83,14 cd r	83,47 bc r	2,36 a r	2,20 a r	11,05 ab r	11,18 a r
Transmontano	85,26 bc r	84,82 bc r	1,92 a r	2,43 a r	10,13 b r	11,63 a s

Letras a,b,c,d,e: diferenças significativas entre genótipos para o mesmo tratamento; letras r,s: diferenças significativas entre tratamentos para o mesmo genótipo. Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Ctl: controlo; Str: stresse.

O menor valor (controlo) foi observado em Ardila (80,2), Mocho de Espiga Quadrada (81,8) e Nabão (81,2).

Sob o efeito do calor verificou-se que o genótipo Grécia apresentou o valor mais elevado (90,9). O valor mais baixo (79,3) ocorreu em Ardila.

Sob o efeito do calor observou-se um aumento nos valores da luminosidade apenas em Grécia e Nabão (3,6 e 2,3%, respectivamente). No genótipo Grécia ocorreu um valor mais próximo de 100 quer no controlo quer em stresse térmico.

Para as coordenadas a^* e b^* de cromaticidade observaram-se diferenças significativas apenas na coordenada b^* . Entre os genótipos (controlo) de b^* o valor mais elevado ocorreu em Gentil Rosso (12,8), e o valor mais baixo foi observado em Restauração (9,2). Em stresse térmico, observou-se o valor mais elevado de b^* em Gentil Rosso (12,9) e o mais baixo em Grécia e Restauração (9,1).

Sob o efeito das temperaturas elevadas Transmontano apresentou um aumento de b^* (14,8%). Os restantes genótipos mantiveram-se inalterados.

Capítulo IV

4. DISCUSSÃO

4.1. PESO DO HECTOLITRO

Segundo Guarienti (1996) o trigo pode ser classificado de acordo com o peso do hectolitro (PH) como muito pesado (80-83 kg/hL) e pesado (76-79 kg/hL). Conforme os valores apresentados (tabela 3.1), observou-se que apenas Ardila (controle), Grécia (stresse) e Nabão (stresse) estavam dentro da classificação “pesado” proposta por este autor.

O fato de um genótipo de trigo ter um PH mais elevado não assegura que seja de melhor qualidade, pois muitos fatores são causas de erros na determinação desse índice, como por exemplo, os espaços vazios entre os grãos, o teor de água, o tipo e a quantidade de impurezas presentes na amostra (Mandarino, 1993; Guarienti, 1996).

Germani, (1998) sugere que não é possível avaliar a qualidade do grão para moagem apenas com base nesse parâmetro. De acordo com este autor, o uso do PH como teste de vigor isoladamente torna-se difícil, pois pode haver variação da composição química da semente em relação a teores de proteínas e açúcares, que ele não permite identificar. Isto demonstra que apesar da avaliação do PH ser bastante rápida e simples, e por isso utilizada com frequência em programas de melhoramento, não será eficiente quando usada na seleção de genótipos melhorados para a qualidade com vista à panificação.

No entanto o PH é um índice que reflete o rendimento dos grãos em farinha ou sêmola. Esse rendimento será tanto mais elevado quanto maior for o PH da amostra (Mandarino, 1993). De acordo com Graybosch e Morris (1990), a temperatura ideal para o desenvolvimento dos grãos de trigo situa-se entre 12 - 15°C, e temperaturas superiores a 15°C provocam decréscimo de 3-5% no PH, com efeito negativo no rendimento de grãos. O mesmo aconteceu para os genótipos Mocho de Espiga Branca e Ardila com reduções de 5% e 4%, respectivamente. A redução do PH é resultante do aumento da respiração e resulta no consumo de açúcares e reservas presentes no grão (Bhatt *et al.*, 1981). Contrariamente a isso, no presente estudo observou-se que os genótipos Nabão, Grécia e Restauração aumentaram o PH sob efeito do calor.

A diminuição do peso do grão está associada à redução na proporção de endosperma que pode ser extraído para a produção de farinha. Acresce ainda que, se esse

decréscimo for severo, resultará, provavelmente, num peso do hectolitro baixo e conseqüentemente, o grão não será qualificado como panificável (Wrigley *et al.*, 1994; Satumbaga *et al.*, 1995; Gwartz *et al.*, 1996).

Gibson *et al.* (1998), num estudo sobre a qualidade de trigo mole, em condições de temperaturas elevadas durante o crescimento do grão, também referem que a produção de farinha é significativamente reduzida e que o peso do grão constitui um fator relevante nesta resposta. Reichardt (1985) concluiu que a temperatura afetou a abertura dos estomas sendo que temperaturas acima de 30°C geralmente induzem o fecho estomático. A abertura, ou o fecho, dos estomas está diretamente ligado à fotossíntese, que promove o enchimento dos grãos pela síntese de açúcares, aminoácidos e lípidos.

4.2. PESO DE MIL GRÃOS

Num estudo sobre o efeito das alterações climáticas nas culturas de trigo e arroz na Índia, verificou-se que temperaturas elevadas podem acelerar o desenvolvimento das plantas e encurtar o período de crescimento, afetando a sua fenologia e a produção de matéria seca. O encurtamento do ciclo é um dos fatores associados à redução da produção agrícola (Lal *et al.*, 1998).

Khanna-Chopra e Viswanathan (1999) constataram que a produção de grãos reduziu 33,9% sob o efeito do calor. Yang *et al.* (2002) verificaram que a média de produção de grãos baixou de 1,51 para 0,69 g/espiga entre 20/15°C (dia/noite) e 30/25°C (dia/noite) respectivamente, correspondendo a 54,3% de redução. Em ambiente controlado, Fokar *et al.* (1998) variando a temperatura máxima em cerca de 10°C, obtiveram reduções na produção oscilando entre 39-58%.

Resultados obtidos no trabalho de Wardlaw e Moncur (1995) confirmaram que temperaturas elevadas resultam numa diminuição variável (30 - 60%) do peso de grãos secos quando as plantas sofreram um aumento da temperatura de 18/13°C (dia/noite) para 30/25°C.

No presente trabalho as temperaturas elevadas também provocaram uma redução da produção (g/planta) nalguns dos genótipos em estudo, embora na maioria o stresse térmico tenha induzido um aumento na produção (figura 3.1.).

O peso médio dos grãos de trigo diminui de 55,6 para 27,9 mg quando a temperatura sobe de 20/15°C (dia/noite) para 30/25°C (dia/noite), o que corresponde a uma

redução de 49,8% (Yang *et al.*, 2002). Sob efeito o calor, a síntese de amido no endosperma é interrompida pela inibição de diversas enzimas, resultando em grãos com pontos esbranquiçados e foscos (Caley *et al.*, 1990) e, conseqüentemente, de menor massa. Almeida (2007), em estudo para a identificação de genótipos de trigo mole e trigo duro tolerantes ao calor, constatou que em ambas as espécies, o peso do grão foi significativamente inferior com temperaturas elevadas.

No presente trabalho o efeito negativo do calor no peso dos grãos refletiu-se na redução do PMG em Mocho de Espiga Quadrada e Ardila (stresse), que diminuiu 26,2% e 12,2%, respectivamente, em comparação com o controlo. Esta descida pode estar associada com a redução da atividade da amido sintetase causada pelo stresse pós-antese, e a uma baixa conversão da sacarose em amido, diminuindo a acumulação deste no endosperma do grão (Hurkman *et al.*, 2003). No entanto é de salientar que em Ardila se verificou concomitantemente uma diminuição (21%) da produção de grãos (g/planta), enquanto em Mocho de Espiga Quadrada ela aumentou (38,5%).

As reduções no PMG decorrentes da subida das temperaturas estão de acordo com os resultados obtidos por Wardlaw *et al.* (1989), quando fizeram variar artificialmente a temperatura de 18/13°C (dia/noite), para 30/25°C (dia/noite) durante o enchimento do grão.

Nos genótipos Mocho de Espiga Branca e Transmontano sujeitos a stresse térmico houve um aumento no PMG (51,7 e 36,4%, respectivamente), associado a um aumento da produção de grãos (g/planta) em ambos (12,3% e 18,3%, respectivamente). Neste caso é possível que o tratamento térmico aplicado (temperatura máxima de 40°C), não tenha prejudicado a planta. Poderão ter subsistido mecanismos de tolerância ao calor nestes genótipos que permitiram a manutenção da clorofila e, conseqüentemente, da fotossíntese nas partes verdes da planta em condições de stresse, favorecendo o enchimento dos grãos, e resultando na melhoria do peso de mil grãos (Ver tabela 3.1).

Wang *et al.* (2012) observaram um decréscimo no rendimento dos grãos e nos componentes das plantas submetidas ao stresse térmico pós-antese. Estes autores observaram que, se a planta fosse submetida a temperaturas elevadas na fase de pré-antese (aclimatação), o peso de mil grãos seria significativamente maior do que no tratamento sem aclimatação. A aclimatação pela aplicação de temperaturas elevadas

na pré-antese pode atenuar significativamente os impactos do stresse térmico na pós-antese (Wang *et al.*, 2011).

4.3. AÇÚCARES SOLÚVEIS

Relativamente à composição dos açúcares solúveis analisados, a sacarose revelou-se como o mais abundante, seguido da rafinose, à semelhança do que é referido por outros autores para o trigo (Hoseney,1994; Matz,1999). As proporções entre a sacarose e os monossacáridos que a constituem também são concordantes com os dados referidos na literatura (Hoseney,1994; Matz,1999).

No presente trabalho, os açúcares solúveis em condições de stresse diminuíram para os génotipos Mocho de Espiga Quadrada, Nabão, Ruivo e Transmontando (21,0%, 12,5%, 5,9% e 4,3%, respectivamente). Em Mocho de Espiga Quadrada e Nabão este efeito poderá resultar das reduções de todos os açúcares, que decrece em ambos. Em Transmontano decresceram a estaquiose, a rafinose e a glucose. Em Ruivo o decréscimo de açúcar poderá refletir uma forte redução no teor de sacarose, acompanhado de um decréscimo no manitol, sobrepondo-se ao aumento ocorrido na estaquiose, rafinose e glucose (tabela 3.3).

Por outro lado, observou-se que em Gentil Rosso o stresse térmico induziu um aumento significativo no teor total açúcares solúveis totais (7,7%), devido principalmente ao aumento da sacarose (18%). Observou-se também um aumento significativo (46%) dos teores de manitol, embora menos relevante para os teores de açúcares totais devido à sua menor abundância relativa.

Estas variações podem resultar em alterações no metabolismo dos açúcares provocadas pelo calor e que poderão influenciar a translocação dos mesmos para o endosperma durante o enchimento do grão.

É de salientar que Mocho de Espiga Quadrada apresentou o maior decréscimo (21%) de açúcares solúveis sob o efeito do calor, mas manteve os teores mais elevados em stresse, devido aos valores mais elevados que apresentava no controlo.

Do ponto de vista industrial, os açúcares envolvidos no processo de fermentação originam-se a partir de açúcares pré-existentes nas farinhas, como a sacarose e a glucose, que estão presentes, normalmente entre 1% e 2%, e açúcares gerados pela degradação de frações de amido por amilases contidas na massa, o que produz maltose no decurso da fermentação (FIB, 2009).

Entre as funções gerais mais importantes destes açúcares estão: a interação com as moléculas de proteína ou amido durante o processo de cozedura; a atuação como amaciador pela absorção de água e pela inibição do desenvolvimento do glúten na farinha (o açúcar compete com as proteínas por água, prevenindo a hidratação excessiva das mesmas durante a fase de mistura), deixando a massa mais suave, e capaz de originar um produto final de textura macia e volume adequada; o retardamento da gelatinização do amido; a incorporação de ar na gordura durante o processo de método cremoso; a caramelização quando expostos a altas temperaturas, oferecendo coloração e aroma agradáveis na cozedura; a aceleração da fermentação ao disponibilizar substrato para as leveduras (FIB, 2009).

Do ponto de vista nutricional, segundo Kimura (2003), os açúcares são importantes reguladores do sistema nervoso, afetando positivamente o comportamento humano, incluindo o apetite, o estado de humor e a memória. A glucose pode exercer efeitos psicofarmacológicos, melhorando o humor em casos de desordem afetiva e síndromes pré-menstruais (Benton e Nabb, 2003). O manitol pode apresentar vários efeitos benéficos à saúde. Capaz de atuar como antioxidante, ou mesmo, como adoçante de baixo valor calórico, é parcialmente absorvido pelo organismo e não induz hiperglicemia (Wisselink *et al.*, 2002), sendo descritos alguns efeitos colaterais associados apenas à sua ingestão em doses excessivas (> 20 g/dia) (Schiweck *et al.*, 1994).

Um outro grupo de açúcares (oligossacáridos) também foi identificado nas amostras de trigo, nomeadamente a rafinose e a estaquiose. A distribuição desses açúcares varia de acordo com o grão (Pettersen e Makintosh, 1994). A rafinose é um trissacarídeo (C₁₈H₃₂O₁₆) constituído por uma molécula de galactose, uma de glucose e outra de frutose (Silva *et al.*, 1992). A estaquiose (C₂₄H₄₂O₂₁) é um tetrassacarídeo que contém duas moléculas de galactose, uma de glucose e outra de frutose. Esses açúcares fazem parte do grupo de açúcares dietéticos reconhecidos como oligossacáridos não digeríveis (Playne e Crittenden, 1996).

No trato gastrointestinal a ausência da enzima α -galactosidase, responsável pela quebra das ligações galactosídicas α -1-6, faz com que os oligossacáridos se acumulem no intestino delgado e sejam fermentados por bactérias anaeróbias (Salunkhe, 1982), sendo mais associados à flatulência (De Lumen, 1992).

Sob o efeito do calor observou-se um aumento dos valores de rafinose e estaquiose em Ruivo e Ardila. Em Ardila a frutose reduziu proporcionalmente ao aumento de

estaquiose. No entanto, observou-se uma diminuição destes dois oligossacáridos em diversos genótipos, nomeadamente, Mocho de Espiga Quadrada, Grécia Transmontano e Nabão. Esta característica poderá ser favorável do ponto de vista nutricional, uma vez que se trata de açúcares pouco digeríveis.

Dentre os açúcares de grande importância na constituição do trigo está o amido, como foi referido anteriormente, o amido constitui a maior parte do endosperma (ca. 70%). Sendo difícil do ponto de vista metodológico identificar variações quantitativas e qualitativas relacionadas com esta substância, no presente trabalho inferiu-se sobre os teores de amido indiretamente pela análise de outros parâmetros, nomeadamente o peso do hectolitro (PH). De fato, este índice reflete o rendimento dos grãos em farinha ou sêmola. Esse rendimento será tanto maior quanto maior for o PH da amostra (Mandarino, 1993). Os valores mais altos de PH foram observados em Ardila e Grécia (controlo) e Nabão e Grécia (stresse térmico), o que poderá indicar grãos com maior proporção de endosperma e consequentemente com maiores teores de amido.

Em grãos de cereais, a exposição a stresses ambientais durante a fase de enchimento de grãos é, na maioria dos casos, associado a uma redução na acumulação de amido. Por exemplo, esta tendência foi observada em trigo sujeito a temperaturas elevadas (Labuschagne *et al.*, 2009) e em cevada em condições de stresse térmico e hídrico (Savin e Nicolas, 1999).

Estas reduções podem resultar da inibição da amido sintetase. Efeitos negativos de stresses ambientais sobre a atividade desta enzima foram relatados em culturas de vários cereais, por exemplo, em trigo sob stresse térmico (Rijven, 1986; Keeling *et al.*, 1993), no milho sob altas temperaturas (Singletary *et al.*, 1993), e em arroz sob stresse salino (Khan e Abdullah, 2003).

Na indústria em geral, mas principalmente na alimentícia, o amido é utilizado para alterar ou controlar diversas características, como textura, aparência, humidade, consistência e estabilidade no *shelf life*. Pode também ser usado para ligar ou desintegrar, expandir ou densificar, clarear ou tornar opaco, reter humidade ou diminuí-la, produzir textura curta ou fibrosa, lisa ou polposa, coberturas leves ou crocantes. Também se utiliza para estabilizar emulsões e formar filmes resistentes ao óleo (Oliveira Filho e Mancim, 2009).

4.4. ÁCIDOS GORDOS

Os lípidos apesar de serem componentes minoritários nas sementes dos cereais, desempenham um papel importante em termos nutricionais, bem como no processamento e armazenamento dos grãos e farinha. É bem conhecido que os produtos processados de farinha de trigo podem ser significativamente modificados pelos lípidos da farinha (Chung e Ohm, 1997). Youngs (1978) num estudo com aveia refere que o teor de lípidos nos grãos é hereditário.

No presente trabalho a distribuição relativa dos ácidos gordos (AG) foi idêntica para os 9 genótipos de trigo mole, o que denota uma característica inerente à espécie. Esta distribuição não se alterou em condições de stresse (tabela 3.4) apesar das alterações induzidas pelo stresse ambiental.

Relativamente ao teor de ácidos gordos totais (AGT), nos genótipos em estudo (gráfico 3.1), verificou-se que em condições controlo Ruivo e Transmontano apresentaram teores mais elevados que os restantes genótipos, o que reflete uma maior quantidade de lípidos nos grãos. Sob efeito do calor os AGT do grão decresceram em Ardila, Mocho de Espiga Quadrada e Transmontano e aumentaram em Gentil Rosso e Restauração, denotando um enriquecimento em lípidos nas sementes destes dois genótipos.

Estas alterações nos teores de lípidos foram acompanhadas de variações na proporção dos AG individuais (tabela 3.4), traduzindo-se em diferenças qualitativas na composição em AG entre os genótipos.

Williams *et al.* (1994) num estudo para verificar a influência do efeito estufa em grãos de trigo, verificaram que aumentando a temperatura ambiente 4°C, ocasionou a redução no teor de ácidos gordos totais dos grãos e que as alterações nos AG observadas são suscetíveis de afetar as propriedades da farinha produzida a partir desses grãos.

No presente trabalho, a composição de ácidos gordos saturados (AGS), representados (tabela 3.4) pelos ácidos palmítico e esteárico, indicam que o palmítico foi predominante e variou entre 15,0-18,5-% (controlo) e 12,5-18,4% (stresse) nos diferentes genótipos. Num trabalho para identificar os lípidos em farinha de trigo, Prabhasankar *et al.* (2000) também referiram o ácido palmítico como o mais abundante (17,4-23,4%) dos AGS. As alterações nas percentagens de ácido palmítico são devidas a uma maior acumulação de endosperma nos grãos de trigo, onde este

AG se localiza (Morrison e Barnes (1983). No presente trabalho esta relação observou-se para Grécia (controlo), onde ocorre em simultâneo um PH elevado e uma maior proporção de ácido palmítico, e Restauração (stresse) que apresentou o maior aumento de ácido palmítico associado ao aumento do PH.

Nos genótipos em estudo os conteúdos de ácido esteárico são muito inferiores aos do ácido palmítico quer em controlo (0,73% a 1,0%) quer em stresse (0,75% a 1,36%). Prabhasankar *et al.* (2000) referem valores entre 1,4% e 3,1%.

Os lípidos do trigo podem estabilizar ou desestabilizar as células que retêm o dióxido de carbono e, assim, afetar o volume do pão (Sroan e MacRitchie, 2009). Estes mesmos autores demonstraram que os ácidos gordos insaturados (AGI) reduzem o volume do pão, enquanto AGS não o fazem. O mecanismo mais provável pela qual esta superfície ativa componentes de controlo da estabilidade de células que retêm o dióxido de carbono é através da formação de monocamadas na interface gás-líquido (Mills *et al.*, 2003). Ácidos gordos saturados, como palmítico e esteárico, formam monocamadas condensadas. Essas monocamadas condensadas geram substanciais elásticas de forças restauradoras, que resistem a desestabilização das células de gás (MacRitchie, 1976). Portanto, a estabilidade de lamelas (filmes de proteção secundária das células de gás) determinam a facilidade com que células de gás são concentradas durante a mistura e asseguram a sua permanência durante todo o processo de panificação (Sroan e MacRitchie, 2009). Os AGI como o ácido linoleico formam monocamadas expandidas que são relativamente comprimíveis e ligeiramente solúveis, levando à instabilidade das lamelas (MacRitchie, 1976). A estabilidade das lamelas depende dos compostos ativos sobre a superfície (proteínas e lípidos) que são absorvidos na interface gás-líquido (Mills *et al.*, 2003).

Embora presentes em quantidades muito pequenas na farinha, os AGS têm efeitos favoráveis sobre o processo fermentativo influenciando o volume e a estrutura do miolo do pão (Mills *et al.*, 2003). Nesta perspectiva é de salientar que os genótipos com teores mais elevados de ácido palmítico em controlo (Gentil Rosso, Grécia, Mocho de Espiga Quadrada e Transmontano) bem como os que aumentam este AG em stresse (Restauração, Mocho de Espiga Branca e Ardila), apresentam uma característica que poderá ser benéfica para a indústria da panificação.

Entre os AGI, o ácido linoleico foi predominante em todos os genótipos. Os teores variaram entre 44,2-49,0% (controlo) e 36,3-51,0% (stresse). O teor mais baixo deste AG observou-se em Mocho de Espiga Branca e Gentil Rosso (controlo e stresse,

respectivamente) e os máximos em Transmontano e Mocho de Espiga Quadrada nos dois tratamentos.

Prabhasankar *et al.* (2000) referem valores de 38,2% a 58,5% para o ácido linoleico em trigo mole. Dunford, (2005) cita que os teores de AG em trigo são cerca de 56% para o ácido linoleico, 16,4% de ácido palmítico, e 14% de ácido oleico. Esses valores são próximos das percentagens encontradas no presente trabalho.

Do ponto de vista nutricional, os ácidos linoleico e linolénico são AG essenciais, pois exercem funções energéticas, estruturais e hormonais (Youdim *et al.*, 2000). A importância dos mesmos deve-se ao fato destes AG manterem a fluidez das membranas celulares, as funções cerebrais e a transmissão de impulsos nervosos (Lidon e Silvestre, 2010). A ingestão destes AG pode também contribuir para a redução da absorção do colesterol e melhorar o ambiente do aparelho digestivo (Sugawara e Miyazawa, 2001).

Os grãos do genótipo Transmontano (controlo) apresentam valores elevados quer de ácido linoleico quer de ácido linolénico. É de salientar que a percentagem destes dois AG aumentou sob efeito do calor em Grécia, Mocho de Espiga Quadrada, Ruivo e Transmontano.

Por outro lado os AGI, que predominam nos lípidos do grão de trigo, são potencialmente sensíveis à oxidação (Prabhasankar e Rao, 1999). As principais alterações bioquímicas que ocorrem no armazenamento das farinhas envolvem os AGI (Ortolan, 2006). A deterioração oxidativa de lípidos produz compostos voláteis indesejáveis, especialmente hidroperóxidos (cetonas e aldeídos), responsáveis pelas alterações nutricionais, tais como: escurecimento, aroma e sabor atípico (Tucker e Woods, 1995; Araújo *et al.*, 1996).

O processo de oxidação é espontâneo e inevitável, ocorrendo por mecanismo enzimático, através da lipoxigenase, que pode causar modificações na cor da farinha, perdas na textura, no sabor, no odor, e alterações nutricionais, como degradação de vitaminas, aminoácidos e ácidos gordos essenciais (Farrington *et al.*, 1981).

O índice de insaturação (DBI) traduz um balanço das alterações nas percentagens dos AGS e AGI. Num estudo com trigos cultivados na Polónia no ano de 2003 (ano extremamente quente e seco), verificou-se que os genótipos apresentaram teores mais elevados de ácidos gordos insaturados (Konopka *et al.*, 2006). No presente trabalho observou-se um aumento do DBI nos genótipos Gentil Rosso e Grécia sob o efeito do stresse térmico. É de salientar que no caso de Gentil Rosso esse aumento

resulta de um aumento muito significativo (84%) do ácido docosadienóico (C22:2). Devido à abundância deste AG este efeito sobrepõe-se a diminuição ocorrida nos restantes AGI.

Atendendo aos requisitos do armazenamento, estabilidade e preservação das características da farinha, será desejável utilizar génotipos que tenham menor DBI, ou seja, menor abundância de AGI. Esta característica poderá tornar a farinha menos susceptível aos processos de lipoperoxidação retardando a sua deterioração. Neste contexto poderão ser mais adequados os génotipos Restauração, Mocho de Espiga Quadrada, Mocho de Espiga Branca e Ardila, que apresentaram um decréscimo no DBI sob o efeito do calor, sendo que destes 4 génotipos Restauração é o único que apresenta um aumento concomitante de AGT.

4.5. PROTEÍNA

Os teores de proteínas encontrados neste estudo foram altos tanto para o tratamento stresse quanto para o tratamento controlo (Tabela 3.5). Segundo Mandarino (1993) os teores da proteína em trigo podem variar de 7 a 17%.

Correll *et al.* (1994) referem que as temperaturas elevadas (> 30°C), durante o enchimento do grão, estão relacionadas com o aumento no teor de proteínas. No presente estudo verificou-se que o stresse térmico induziu um aumento no teor de proteína apenas em Ardila. No entanto, Bhullar e Jenner (1985) trabalhando com quatro cultivares de trigo expostos a episódios curtos de stresse térmico (calor), demonstraram que o aumento da percentagem de azoto no grão foi devido a uma redução no seu teor de amido, ao invés de uma mudança na quantidade de azoto. Possivelmente ocorreu uma menor atividade da enzima amido sintetase solúvel, devido à desnaturação térmica, o que poderá ter reduzido a deposição de amido em condições de temperaturas acima de 30°C (Jenner, 1994).

A percentagem de proteína no grão tende a aumentar com a temperatura porque a sua acumulação é menos sensível à temperatura do que a acumulação de amido (Stone *et al.*, 1997). Em Ardila observou-se também uma diminuição significativa no PH quando exposto ao stresse (tabela 3.1), fator esse que pode estar relacionado com a maior percentagem de proteína.

Embora as temperaturas elevadas durante o enchimento do grão sejam frequentemente associadas ao aumento do conteúdo proteico, sob o efeito do calor os

genótipos Transmontano, Gentil Rosso, Grécia e Ruivo apresentaram diminuições nos seus teores de proteína.

Resultados obtidos por Corbellini *et al.* (1998) com trigos mole e duro, em condições de clima mediterrânico, indicam que a ocorrência de temperaturas muito elevadas (33 - 40°C), durante o enchimento do grão, afeta substancialmente a acumulação de matéria seca e proteína, nas diferentes partes da planta. A extensão deste efeito também depende da duração, da intensidade e do período em que o stresse ocorre (Corbellini *et al.*, 1997), tipo de solo e fertilidade do mesmo, disponibilidade de água e doenças (Graybosch *et al.*, 1995).

Análises estatísticas (resultado de 11 anos de estudo), equacionando variações na qualidade do grão associadas ao clima, mostraram que os fatores mais críticos, que determinaram o teor de proteína do grão, foram a precipitação de inverno e o stresse térmico durante o enchimento do grão (Correll *et al.*, 1994).

Embora haja interação entre a qualidade e a quantidade numa mesma cultivar, as amostras de trigo com maior teor de proteínas são consideradas de qualidade superior às de menor conteúdo proteico. Entre genótipos diferentes, nem sempre os que possuem maior teor proteico apresentam melhor qualidade panificativa. Há cultivares cujo teor proteico é menor, mas em que as proteínas apresentam qualidade superior (Mandarino, 1993). Este fato foi observado nos genótipos Mocho de Espiga Branca e Nabão em condições controlo (tabela 3.5), que apresentaram menores teores de proteínas, mas também maiores volumes de sedimentação (maior índice SDS). O oposto foi observado em Grécia que apresentou um teor elevado de proteína, associado a um baixo volume de sedimentação.

Schmidt *et al.* (2009), num estudo com o objetivo de estimar a variabilidade genética de 22 genótipos de trigo, constataram que o conteúdo de proteína e a qualidade industrial nem sempre estavam associados. Alguns genótipos que apresentaram o maior conteúdo de proteína não expressaram superioridade para a força do glúten (maior SDS). O aumento no teor de proteína pode melhorar a cozedura do pão, mas essa melhoria depende sobretudo da natureza qualitativa das proteínas que formam o glúten (Oskar, 2007).

4.6. ÍNDICE DE SEDIMENTAÇÃO SDS

Farinhas fortes contêm uma elevada percentagem de proteínas que formam o glúten, produzem uma massa com boa elasticidade e boa retenção de gás, resultando em pães com textura mais macia (Souza *et al.*, 1994).

Os resultados obtidos neste trabalho indicam que a quantidade da proteína é mais suscetível a modificações induzidas pelas condições ambientais (stresse térmico) do que a qualidade da proteína medida, pelo índice de sedimentação SDS (tabela 3.5).

As mudanças nos volumes de sedimentação SDS não são exclusivamente devido as alterações nos perfis de proteína. O teste de sedimentação SDS é um sistema interativo, em que o aumento do glúten e a interação de amido e glúten são vitais (Graybosch *et al.*, 1995). As mudanças nos fenômenos da biofísica da farinha, incluindo a interação proteína-amido e da extensão da rede do glúten, podem ser responsáveis pelas mudanças nos volumes de sedimentação SDS, existindo assim, uma correlação do volume de sedimentação com a dureza do grão e, portanto com o amido danificado (Carver, 1993).

Várias hipóteses têm sido apontadas para tentar explicar as alterações que ocorrem na força da massa, induzidas pelo stresse térmico, durante o enchimento do grão. Blumenthal *et al.* (1990, 1994) mostraram que a razão gluteninas/gliadinas decresceu como resultado do stresse térmico, porque a síntese das gliadinas não cessou e ao mesmo tempo, à síntese de gluteninas diminui marcadamente.

Num estudo realizado por Rharrabti *et al.* (2003) com trigo em condições mediterrânicas (sequeiro), observou-se que houve um aumento nos valores de SDS. O mesmo foi observado para Transmontano, onde o stresse térmico induziu um aumento no volume de sedimentação (17,8%). Neste caso é possível que apresente proteínas de melhor qualidade para a panificação. Por outro lado, as alterações no teor de proteínas no grão de trigo, associadas à exposição a temperaturas elevadas (acima de 30°C), durante o enchimento do grão, têm sido relacionadas com decréscimos nos índices de sedimentação SDS (Blumenthal *et al.*, 1991; Graybosch *et al.*, 1995)

Dias *et al.* (2008) também verificaram que o stresse térmico diminuiu o índice de sedimentação SDS, um efeito associado com o aumento do teor de proteína no grão, mas com baixos níveis de aminoácidos essenciais, o que pode expressar baixo potencial panificativo. Nos genótipos em estudo os índices de sedimentação não variaram com stresse térmico, com exceção de Transmontano.

4.7. CINZAS

A percentagem média de cinzas no trigo é cerca de 1,8%, com base na matéria seca (Mandarino, 1993). Armanino e Festa (1996) em estudo para caracterizar quimicamente 195 amostras de trigo duro e trigo mole, encontraram para as cultivares de trigo mole entre 1,3 e 1,6% de cinzas. Os resultados encontrados no presente trabalho (tabela 3.5) são superiores (1,8-2,4%) aos descritos por este autor, o que pode ter ocorrido devido à moagem integral do grão, sem a separação prévia do farelo.

Há uma relação inversa entre o conteúdo de cinzas e o rendimento da farinha, ou seja, quanto menor esse teor maior o rendimento (Mandarino 1993). Elevados teores de cinzas em farinhas podem indicar uma extração excessiva, com inclusão de farelo, o que é indesejável devido ao fato de propiciar uma cor mais escura e interferir na continuidade da rede do glúten (Vieira *et al.*, 1999; Fanan *et al.*, 2006). O teor de minerais e medições colorimétricas são amplamente utilizados na indústria como indicadores de pureza da farinha (Ando *et al.*, 2002).

Segundo Oliver *et al.* (1992), quando há um aumento no teor de cinzas da farinha ocorre redução no valor de luminosidade, indicando que a farinha apresenta coloração com tendência à cor escura. Com base nos teores de cinzas (tabela 3.5), observou-se que o genótipo Mocho de Espiga Quadrada apresentou as percentagens mais elevadas de cinzas bem como um dos menores valores de luminosidade na farinha (tabela 3.7), quer em controlo quer em stresse térmico.

Verificou-se que sob o efeito do calor os genótipos Nabão, Ardila e Grécia, diminuíram os teores de cinzas com reduções acima dos 10%. Essa característica dos genótipos Nabão e Grécia (stresse) poderá ser favorável visando a produção de farinha, atendendo também ao fato de que ambos aumentam o PH sob efeito do calor. O teor de cinzas por si só não está relacionado com a qualidade do produto, mas fornece indicações sobre o grau de extração. A variação no conteúdo de cinzas indica diferentes propriedades de moagem (Gutkoski *et al.*, 2003).

Do ponto de vista nutricional, o trigo pode ser uma fonte importante e barata de certos minerais para o ser humano nos países em desenvolvimento, incluindo a China (Zhao *et al.*, 2009). As concentrações baixas de vários micronutrientes essenciais contribuem para o problema de desnutrição. Quase metade da população mundial corre o risco de ingestão inadequada de Zn, por exemplo (Loladze, 2002).

O conteúdo de minerais do grão é dependente do genótipo e existe um gradiente na concentração de minerais dentro e fora do grão (Peterson *et al.*, 1986). A maior concentração dos minerais situa-se na parte externa do grão, no farelo; daí conclui-se que, quanto maior a quantidade de incorporação de farelo na farinha, maior será o teor de cinzas resultante (Alonso *et al.*, 1997). No presente trabalho observou-se uma variabilidade pequena no que diz respeito aos teores de cinzas distinguindo-se no entanto alguns genótipos com teores mais elevados de cinzas, nomeadamente, Mocho de Espiga Quadrada (controlo e stresse) e Grécia (controlo). A escolha de genótipos adequados (mais ricos em minerais) associado a alteração de hábitos alimentares (maior utilização de farinhas integrais) poderia contribuir para suprir algumas carências nutricionais.

4.8. COR DO GRÃO E DA FARINHA

Dois tipos de medidas de cores são utilizados em trigo: luminosidade e amarelecimento. O primeiro é influenciado pelo teor de farelo e está diretamente relacionado com o teor de cinzas. O segundo é o resultado da quantidade de pigmentos naturais presentes. Estas características são afetadas pelo genótipo e o ambiente de cultivo. Além disso outras condições são determinantes na cor, como o teor de proteína das amostras, a dureza dos grãos e o efeito da moagem, que interfere diretamente no teor de cinzas e na granulometria das partículas (Souza *et al.*, 2004).

A partir dos dados fornecidos pelo sistema CIEL*a*b*, é possível especificar alguns atributos de qualidade da farinha através da análise conjunta da cor e das suas características físico-químicas (Silva, 2003). Segundo Miranda *et al.* (2005) a luminosidade L* pode ser relacionada com a qualidade da farinha, pois indica a intensidade da cor branca.

As farinhas de trigo apresentam-se com cor branca, embora a olho nu seja impossível perceber as diferenças entre duas amostras distintas. Por outro lado, ao utilizar valores fornecidos por a* e b* através da medida direta, podem-se distinguir as diferenças com maior facilidade (Ortolan, 2006).

Normalmente cada moageiro estabelece padrões para a cor das farinhas que produz, sendo que a maioria considera uma farinha branca aquela que apresenta valores de L* superiores a 94, coordenada a* próxima de zero (seja valor negativo ou positivo) e coordenada b* em torno de +8 (Ortolan, 2006). A coordenada L* representa quão claro

ou escuro é o produto, com valores entre 0 (totalmente preto) e 100 (totalmente branco).

Sob o efeito do calor os grãos de Gentil Rosso e Ruivo apresentaram um aumento da luminosidade (tendência para a cor branca), enquanto em Mocho de Espiga Quadrada ocorreu uma redução (tendência para a cor escura). No entanto essas alterações não se refletiram na cor das farinhas desses genótipos.

Nos genótipos Grécia e Nabão o efeito do stresse térmico provocou um aumento de L^* (farinha mais clara), estes genótipos também apresentaram uma redução no teor de cinzas, o que é concordante com a cor mais clara em trigo.

Em Transmontano a coordenada b^* da farinha aumentou, indicando assim maior tendência ao amarelo. A cor amarela das farinhas de trigo é determinada pela presença de carotenóides (Oliver *et al.*, 1993). Mares e Campbell (2001) verificaram que o conteúdo de xantofila, carotenóide responsável pela coloração amarela, está relacionado com a coordenada b^* da cor, e é fortemente hereditário. Trigos cultivados em locais com maior radiação solar apresentam maior teor de carotenóides, o que pode estar ligado ao mecanismo de proteção da planta, que em resposta ao stresse acumula pigmentos para se proteger da radiação UV e da elevada intensidade de luz (Pourcel *et al.*, 2007).

Farinhas com coloração mais amarela são preferidas para a confecção de determinados produtos alimentícios, como macarrões instantâneos, consumidos em grande escala em países do continente asiático. No entanto, para a confecção de pães a cor amarela deve ter valor mínimo possível (não pigmentada) para causar a menor interferência no aspecto visual do produto, sendo preferível, desta forma farinha com valores de coordenada b^* abaixo de 8,0 pela medida do colorímetro (Tonon, 2010).

As farinhas analisadas neste trabalho apresentaram tendência para a cor amarela, ou seja, ($L^* < 93$ e $b^* > 10$). Isso é explicado pelo fato de que cada amostra absorve e reflete a luz das diferentes porções do espectro (relacionadas com as coordenadas a^* e b^*) em diferentes quantidades, produzindo assim diferentes tons. Symons e Dexter (1991), utilizando também o CIE $L^*a^*b^*$ em farinhas de trigo de primavera do Canadá, encontraram intervalos de $L^*=90,3-92,4$; $a^*=0,99-0,94$ e $b^*= 9,9-13,3$. O intervalo de valores encontrados por este autor foi próximo aos valores do genótipo Grécia do presente trabalho.

Lang *et al.* (1998) verificaram que, variedades de trigo que continham altos teores de proteínas apresentaram colorações tendendo ao escuro, ou seja, a cor da farinha e dos seus derivados foi afetada pela proteína. Comparando os genótipos em condições de stresse, o mesmo foi observado para Ardila, onde a farinha apresentou um valor alto de proteína, alto valor de b^* e menor valor de L^* , que indicam a tendência para a cor amarela. Os grãos e a farinha de Ardila pela análise do colorímetro também possuíam a coloração mais escura em relação aos outros.

Farinhas mais claras são produzidas por grãos de textura mais macia e, em geral com menor força de glúten, e farinhas mais escuras podem apresentar qualidade de panificação superior, pois são obtidas geralmente por trigos de endosperma mais duro e com maior força de glúten (Ortolan, 2006). Constatou-se que o genótipo Grécia, que tendeu para a cor clara (tabela 3.7), também foi aquele que obteve o menor índice de sedimentação SDS (parâmetro de indicação da força do glúten), nas plantas controle e em stresse (tabela 3.5).

5. CONCLUSÃO

No presente trabalho, o PH reduziu (4-5%) nos genótipos Mocho de Espiga Branca e Ardila, é uma indicação de que o grão tem uma baixa proporção de endosperma do que resultará uma menor extração de farinha. Por outro lado a temperatura elevada aumentou o PH em Nabão, Grécia e Restauração. Do ponto de vista comercial esta característica pode ser considerada mais favorável para a indústria da farinha.

O calor refletiu-se na redução do PMG em Mocho de Espiga Quadrada e Ardila (26,2 e 12,2%, respectivamente), o que poderá ser resultado de diversos fatores, como por exemplo de alterações na atividade de enzimas envolvidas na síntese do amido. No entanto apesar da diminuição do PMG em Mocho de Espiga Quadrada, é de salientar que este genótipo apresenta um aumento (38,5%) da produção de grãos (g/planta).

Nos genótipos Mocho de Espiga Branca e Transmontano sujeitos a stresse térmico houve um aumento no PMG (51,7 e 36,4%, respectivamente), associado a um aumento da produção de grãos (g/planta) em ambos (12,3% e 18,3%, respectivamente) que sugerem a existência de mecanismos de tolerância ao calor nestes genótipos (estabilidade da clorofila, manutenção da fotossíntese etc.), que possam preservar e favorecer o enchimento dos grãos, resultando na melhoria do PMG em condições de stresse.

Os açúcares solúveis em condições de stresse diminuíram para os genótipos Mocho de Espiga Quadrada, Nabão, Ruivo e Transmontando (21,0%, 12,5%, 5,9% e 4,3%, respectivamente). Em Mocho de Espiga Quadrada e Nabão, que apresentaram os maiores decréscimos, isto poderá refletir reduções em todos os açúcares, fato observado nos dois genótipos.

Apesar do decréscimo (21%) observado em stresse, Mocho de Espiga Quadrada apresentou valores de açúcares solúveis superiores aos restantes genótipos. Este fato poderá dever-se aos seus elevados teores de açúcares solúveis em condições de controlo, com exceção do manitol, esta característica poderá ser favorável aos processos de fermentação da massa, proporcionando mais substrato para a ação das leveduras. O decréscimo de açúcar solúveis não se refletiu na produção (g/planta), que pelo contrário aumentou cerca de 39%. Observou-se apenas uma redução (26%) no PMG (sementes mais pequenas produzidas em condições de stresse).

Por outro lado, observou-se que em Gentil Rosso o stresse térmico induziu um aumento significativo no teor total de açúcares solúveis (7,7%), devido principalmente ao aumento da sacarose.

O genótipo Grécia apresentou os valores mais altos de manitol quer em controlo quer em stresse, apesar da diminuição ocorrida neste açúcar sob efeito do calor. Atendendo aos efeitos benéficos do manitol (antioxidante), salienta-se a importância desta característica do ponto de vista nutricional.

Destacam-se os genótipos que no controlo apresentam teores mais baixos em rafinose (Ardila) e estaquiose (Ruivo), bem como os que reduziram estes dois açúcares sob efeito do calor (Mocho de Espiga Quadrada, Grécia Transmontano e Nabão), uma vez que se trata de açúcares pouco digeríveis.

Sob efeito do calor os ácidos gordos totais (AGT) do grão decresceram em Ardila, Mocho de Espiga Quadrada e Transmontano e aumentaram em Gentil Rosso e Restauração, denotando um enriquecimento em lípidos nas sementes destes dois genótipos.

Dos ácidos gordos saturados (AGS) palmítico e esteárico, o palmítico foi predominante em todos os genótipos. As alterações nas percentagens de ácido palmítico podem resultar de uma maior acumulação de endosperma nos grãos de trigo, onde este AG se localiza. Este parece ser o caso no genótipo Grécia (controlo), onde ocorre em simultâneo um PH elevado e uma maior proporção de ácido palmítico, e Restauração (stresse) que apresentou o maior aumento de ácido palmítico associado ao aumento do PH. Os AGS parecem contribuir para a qualidade panificativa das farinhas.

Nesta perspectiva é de salientar que os genótipos com teores mais elevados de ácido palmítico em controlo (Gentil Rosso, Grécia, Mocho de Espiga Quadrada e Transmontano) bem como os que aumentam este AG em stresse (Restauração, Mocho de Espiga Branca e Ardila), apresentam uma característica que poderá ser benéfica para a indústria da panificação (estabilizam as células que retém CO₂).

Do ponto de vista nutricional, os ácidos linoleico e linolénico são AG essenciais. Entre os AGI dos 9 genótipos analisados, o ácido linoleico foi predominante em todos. O ácido docosadienóico (AG essencial) foi o segundo mais abundante influenciando fortemente o DBI.

A ingestão destes AG pode trazer diversos benefícios para a saúde (e.g. reduzir a absorção do colesterol, melhorar o ambiente do aparelho digestivo). No genótipo

Transmontano (controlo) foram encontrados valores elevados de ácidos linoleico e linolénico, e observou-se um aumento dos mesmos sob o efeito do calor. É de salientar que este efeito (aumento da percentagem dos ácidos linoleico e linolénico) também foi observado simultaneamente em Mocho de Espiga Quadrada e Mocho de Espiga Branca.

Por outro lado os AGI, que predominam nos lípidos do grão de trigo, são potencialmente sensíveis à oxidação. A deterioração produz compostos voláteis indesejáveis, especialmente hidroperóxidos (cetonas e aldeídos), responsáveis pelas alterações nutricionais, tais como escurecimento, aroma e sabor a ranço. O processo de oxidação é espontâneo e inevitável, ocorrendo por diversos mecanismos enzimáticos. O índice de insaturação (DBI) traduz um balanço das alterações nas percentagens dos AGS e AGI.

Atendendo aos requisitos do armazenamento, estabilidade e preservação das características da farinha, será desejável utilizar genótipos que tenham menor DBI. Neste caso poderão ser mais adequados os genótipos Restauração, Mocho de Espiga Quadrada, Mocho de Espiga Branca e Ardila, que apresentaram um decréscimo no DBI sob o efeito do calor, sendo que destes 4 genótipos, Restauração é o único que apresenta um aumento concomitante de AGT.

No que diz respeito ao teor em proteína, Ardila foi o único genótipo que apresentou um aumento em condições de stresse. Uma vez que este genótipo também apresentou uma diminuição no PH quando exposto ao stresse (baixa proporção de endosperma), poderá ter ocorrido um diferencial na deposição de proteínas e de amido, conduzindo a diferenças na composição proteica.

Embora as temperaturas elevadas durante o enchimento do grão sejam frequentemente associadas ao aumento do conteúdo da proteína, no presente estudo o teor proteico total diminuiu para os genótipos Transmontano, Gentil Rosso, Grécia e Ruivo em condições de stresse térmico. O genótipo Grécia destaca-se por ser o único deste grupo que apresenta aumento na produção (> PH), fator que poderá estar relacionado com a diminuição do seu teor proteico.

O stresse térmico influenciou a força da massa (índice de sedimentação SDS) apenas em Transmontano, apesar do mesmo ter apresentado uma redução na percentagem de proteína. Neste sentido, este genótipo poderá possuir proporções ideais das proteínas de alto potencial (gliadina e glutenina) para fins de panificação.

Por outro lado, nem sempre os genótipos que possuem maior teor proteico possuem, também, melhor qualidade panificativa. No genótipo Grécia, que apresentou um teor elevado de proteína, observou-se um volume de sedimentação baixo. Em contrapartida, em condições controle os genótipos Mocho de Espiga Branca e Nabão apresentaram menores teores de proteínas, mas também maiores volumes de sedimentação, sugerindo que estes possuam melhor qualidade para fins de panificação.

Nos genótipos em estudo as percentagens de cinzas estão acima das indicadas por outros autores, uma vez que a farinha foi obtida da moagem do grão integral. Esta característica pode propiciar uma cor mais escura e interferir na formação do glúten.

Verificou-se que sob o efeito do calor os genótipos Nabão, Grécia e Ardila, diminuíram as percentagens de cinzas com reduções acima dos 10%, o que pode ser benéfico com vista a produção de farinha (melhoria na cor). Acresce o fato de que Nabão e Grécia (stresse) aumentaram o PH sob efeito do calor, o que indica um bom potencial de produção em stresse.

A maior concentração dos minerais situa-se na parte externa do grão, pelo que quanto maior for a quantidade de farelo na farinha, maior será o teor de minerais na mesma. O conteúdo de minerais do grão é dependente do genótipo. A variabilidade observada neste trabalho (1,8-2,4%) permite distinguir alguns genótipos com teores mais elevados de cinzas, nomeadamente Mocho de Espiga Quadrada (controle e stresse) e Grécia (controle). A escolha de genótipos adequados (mais ricos em minerais) associada a alteração de hábitos alimentares (maior utilização de farinhas integrais) poderia contribuir para suprir algumas carências nutricionais.

Relativamente à cor, as farinhas estudadas apresentaram tendência para a cor amarela. A cor dos grãos de trigo é uma característica genética, mas pode sofrer influência dos constituintes do grão, de impurezas na moagem e do ambiente de cultivo. O exemplo disso é o genótipo Ardila em condições de stresse, que apresentou uma cor mais escura (menor L*) no grão e na farinha em relação aos outros genótipos, bem como um teor mais elevado de proteína. Segundo a literatura, teores elevados de proteína podem propiciar um escurecimento no trigo e seus derivados. No genótipo Transmontano a coordenada b* da farinha aumentou com o stresse, indicando assim maior tendência ao amarelo, que poderá refletir maior presença de carotenoides neste genótipo.

Nos grãos dos genótipos Nabão e Grécia, que sob o efeito do calor (stresse) apresentaram reduções nos teores de cinzas e aumentos do PH, observou-se também um aumento de L* (farinhas mais brancas). O genótipo Mocho de Espiga Quadrada apresentou as percentagens mais elevadas de cinzas, sendo também o que apresentou os menores valores de luminosidade na farinha, quer em controlo quer em stresse térmico.

Farinhas mais claras são produzidas por grãos de textura mais macia e, em geral, com menor força de glúten. O genótipo com maior tendência para a cor branca (Grécia), também foi o que apresentou o menor índice de sedimentação SDS (parâmetro de indicação da força do glúten), quer em controlo quer em stresse. No entanto apesar deste fato, Grécia estará entre os genótipos mais indicados para a produção de farinha e panificação pela sua cor clara, que nas farinhas de trigo é um importante parâmetro de aceitação dos consumidores.

Analisando de forma comparativa os resultados de stresse e controlo, verificou-se que o stresse térmico em plantas de trigo:

- Induziu aumentos (>10%) na produção de grão (g/planta) em Mocho de Espiga Quadrada, Nabão, Transmontano e Mocho de Espiga Branca.
- Promoveu melhoria no enchimento do grão (peso do hectolitro) nos genótipos Nabão, Grécia e Restauração.
- Resultou num acréscimo do PMG para os genótipos Mocho de Espiga Branca e Transmontano.
- Promoveu a melhoria na cor das farinhas de Grécia e Nabão (farinhas mais claras).
- Induziu o aumento do teor total de açúcares solúveis em Gentil Rosso e Ardila.
- Aumentou o teor de lípidos (AGT) em Gentil Rosso e Restauração, e reduziu a insaturação (<DBI) em Restauração, Mocho de Espiga Quadrada, Mocho de Espiga Branca e Ardila.
- Aumentou a força do glúten, especialmente em Transmontano,
- Reduziu os teores de cinzas nos genótipos Nabão, Ardila e Grécia.

Conclui-se que as temperaturas elevadas, após a antese, podem provocar diversas respostas na produção, composição e na qualidade do grão. A capacidade da planta para ajustar-se ao stresse varia entre os genótipos. Em relação à produção, o genótipo Nabão apresentou-se como o mais tolerante. Todos os parâmetros de qualidade do trigo analisados evidenciaram aumentos e reduções sob temperaturas elevadas, sendo a cor da farinha o parâmetro menos afetado, seguido do índice de sedimentação. Devido à variabilidade de respostas nos diversos parâmetros, não foi possível eleger o melhor genótipo visando apenas uma única característica. Estas informações podem, no entanto, ser utilizadas no desenvolvimento de estratégias para melhorar a qualidade das culturas cultivadas em condições de stresse, estimulando os efeitos positivos do stresse ou limitando os seus efeitos negativos.

6. BIBLIOGRAFIA

- Almeida, A.S. (2007) – *Parâmetros analíticos de selecção do trigo em ambiente mediterrâneo – Produção e qualidade*. Tese de Doutoramento, Universidade Nova, Lisboa, 315 p.
- Alonso, M., Bermejo, A., Salazar, J., Vidal, D. (1997) - *Serviço nacional del trigo: El trigo*. Madrid: Ministério de Agricultura. 125-146.
- Amorim, M.V.F.S. (2007) - *Desenvolvimento de um novo processo de limpeza e condicionamento de grãos de trigo*. Dissertação de Mestrado. UFC/Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 68 p.
- Ando, H., Sugi K., Watanabe K., Morita N., Mitsunaga T. (2002) - Distribution of food components in each fraction of wheat grain. *Food Science and Technology Research*, 8 (1), 10-13
- Araújo, J.M.A. (1995) - Oxidação de lipídeos. In: Araújo, J.M.A (Ed) *Química de Alimentos – Teoria e Prática*, Viçosa, Imprensa Universitária, 1, 1-64.
- Araújo, W.M.A. (1990) – *Efeito da adição farinha de soja desengordurada como fonte de lipoxigenase ativa de soja nas características reológicas e na distribuição dos lípidos na massa de farinha de trigo*. Tese de Doutorado. UNICAMP – Campinas, 140 p.
- Araújo, W.M.C., Ciacco, C.F., Esteves, W. Camargo, C.R.O. (1996) - Efeito da adição de farinha de soja desengordurada como fonte de lipoxigenase na distribuição dos lipídeos na massa de farinha de trigo. *Revista Ciência e Tecnologia dos Alimentos*, 3 (16), 241-245.
- Armanino C., Festa M.R. (1996) - Characterization of wheat by four analytical parameters. *A chemometric study Analytica Chimica Acta*, 331, 43-51.
- Atwell, W.A. (2001) - *Wheat Flour*. Eagen Press. Handbook Series. American Association of Cereal Chemists. St. Paul. 2-7.
- Bagulho, A.S.R. (2008) - *Estudo das proteínas de reserva e das associadas ao amido e aos lípidos nas propriedades reológicas de farinhas de trigo mole*. Tese de Doutoramento em Engenharia Agro-Industrial, ISA, UTL, 296 p.
- Barnabás, B., Jäger, K. Fehér, A. (2008) - The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant Cell and Environment*, 31, 11-38

- Becker R. (2007) - *Fatty Acids in Foods and their Health Implications*. Third Edition. Edited by Ching Kuang Chow. CRC Press. 303-316.
- Benton, D., Nabb, S. (2003) - Carbohydrate memory and mood. *Nutrition Reviews*, 61 (5), 61-67.
- Bequette, R.K. (1989) - Influence of variety and "environment" on wheat quality. *Bulletin of the Association of Operactive Millers*, 5443-5450.
- Bhatt, G.M., Paulsen, G.M., Kulp, K., Heyne, G. (1981) - Pre-harvest spouting in hard winter wheats assessment of methods to detect genotypic and nitrogen effects and interactions. *Cereal Chemistry*, St.Paul, 58 (4), 300-302.
- Bhullar, S.S., and Jenner, C.F. (1985) - Differential responses to high temperatures of starch and nitrogen accumulation in the grain of four cultivars of wheat. *Australian Journal Plant Physiology*, 12, 363-375.
- Blumenthal C.S., Batey, I.L., Bekes, F., Wrigley, C.W. Barlow, E.W.R (1991) - Seasonal changes in wheat grain quality associated with high temperature. *Australian Journal of Agricultural Research*, 42, 21-30.
- Blumenthal, C., Wrigley, C.W., Batey, I.L., Barlow, E.W.R. (1994) - The heat-shock response relevant to molecular and structural changes in wheat yield and quality. *Australian Journal Plant Physiology*, 21 (90), 1-909.
- Blumenthal, C.S., Batey, I.L., Bekes, F., Wrigley, C.W., Barlow, E.W.R. (1990) - Gliadin genes contain heat shock elements: possible relevance to heat-induced changes in grain quality. *Journal of Cereal Science*. 11, 185-187.
- Bobbio, P.A., Bobbio, F. (2001) - *Química do processamento de alimentos*. Livraria Varela. São Paulo, 143 p.
- Braga, R., Pinto, P.A. (2009) - *Alterações climáticas e agricultura*. http://agrinov.ajap.pt/manuais/Manual_Alteracoes_Climaticas_e_Agricultura.pdf, consultado em Fevereiro de 2012.
- Brammer, S.P. (2000) - *Marcadores moleculares: princípios básicos e uso em programas de melhoramento genético vegetal*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, Passo Fundo. 70 p.
- Brites, C. (2000) - A qualidade na fileira trigo, farinha e produto transformado. *Investigação Agrária*, 2 (2), 74-76.

- Caley, C.Y., Dulfus, C.M., Jeffcoat, B. (1990) - Effects of elevated temperature and reduced water uptake on enzymes of starch synthesis in developing wheat grains. *Australian Journal of Plant Physiology*, 17, 431-439.
- Camelo, A.L., Gomez P.A. (2004) - Comparison of color indexes for tomato ripening. *Hortic Bras.*, 22, 534-537.
- Campos, L.S. (1999) – Entender a bioquímica: O metabolismo fundamental em animais e plantas. 2º Ed. Escolar Editora. Lisboa, Portugal, 683 p.
- Carvalho, N.M., Nakagawa, J. (2012) - Sementes: Ciência, tecnologia e produção. Campinas: 5º Ed. Editora Funep, São Paulo-SP, 590 p.
- Carver, B. (1993) - Selection for kernel hardness in bread wheat populations: Implications for quality. *Agronomy Abstracts*. 84.
- Castelo, P., Potus, J., Baret, J-L., Nicolas, J. (1998) - Lá maturation des farines: aspects biochimiques et technologiques. *Industries des Céréales*, Paris: *Association pour le progrès des industries des céréales*, 108, 5-13.
- Chung, O.K. (1986) - Lipid-protein interactions in wheat flour, dough, gluten, and protein fractions. *Cereal foods World*, 242-255.
- Chung, O.K., Ohm, J.B. (1997) - Wheat lipids as a quality determinant. In: *First International Wheat Quality Conference Proceedings*. J. L. Steele and O. K. Chung, Eds. Grain Industry Alliance, Manhattan, KS. 83-100.
- Ciacco, C.F., Chang, Y.K. (1982) - *Tecnologia de Massas Alimentícias*. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 8, 187 p.
- Ciaffi, M., Tozzi L., Borghi B., Corbellini M., Lafiandra D. (1996) - Effect of heat shock during grain filling on the gluten composition of bread wheat. *Journal of Cereal Science*, Reino Unido, 24 (2), 91-100.
- Clarke, B.C., Larroque, O.R., Békés, F., Somers, D., Appels, R. (2001) - The frequent classes of expressed genes in wheat endosperm tissue as possible source of genetic markers. *Australian Journal of Agriculture Research*, Canberra, 52 (11), 1181-1193.
- Corbellini, M., Canevar M.G., Mazza, L., Ciaffi, M., Lafiandra, D., Borghi, B. (1997) - Effect of the duration and intensity of heat shock during grain filling on dry matter and protein accumulation, technological quality and protein composition in bread and durum wheat. *Australian Journal of Plant Physiology*, 24, 245-260.

- Corbellini, M., Mazza, L., Ciaffi, M., Lafiandra, D., Borghi, B. (1998) - Effect of heat shock during grain filling on protein composition and technological quality of wheat. *Euphytica*, 100, 147-154.
- Correll, R., Butler, J., Spouncer, L., Wrigley, C. (1994) - The relationship between grain-protein content of wheat and barley and temperatures during grain filling. *Australian Journal of Plant Physiology*, 21, 869-873.
- De Lumen, O.B. (1992) - Molecular strategies to improve protein quality and reduced flatulence in legumes: a review. *Food Structure*, 11, 33-46,
- Dengate, H.N. (1984) - Swelling, pasting, and gelling of wheat starch. In: Pomeranz, Y. (Ed.), *Advances in Cereal Science and Technology*. American Association of Cereal Chemists, USA, 49-82.
- Dias, A.S., Bagulho, A.S., E Lidon, F.C. (2008) - Ultra-estrutura e características bioquímicas dos grãos de pão e trigo duro sob estresse por calor. *Brazil Journal Plant Physiology*, 20 (4), 323-333.
- Dick, J.W. e Quick, J.S. (1983). A modified screening test for rapid estimation of gluten strength in early-generation durum wheat breeding lines. *Cereal Chemistry*. 60, 315-318.
- Dunford, N.T. (2005) - Germ Oils from Different Sources. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, Oklahoma State University, 6 (8), 195-231.
- Dupont F.M., Hurkman W.J., Vensel W.H., Tanaka C.K., Kothari K.M., Chung O.K., Altenbach S.B. (2006) - Protein accumulation and composition in wheat grains: Effects of mineral nutrients and high temperature. *European Journal of Agronomy*, 25, 96-107.
- Dupont, F.M., Altenbach, S.B. (2003) - Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. *Journal of Cereal Science*, 38,133-146
- El-Dash, Ahmed A., Camargo, C.O., Diaz, N.M. (1982) - Composição química do grão de trigo e da farinha. In: *Fundamentos da tecnologia de panificação*. São Paulo, Secretaria da Industria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1, 349 p.
- Eurostat (2011) - *Produção de Cereais em Portugal*. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>, consultado em maio de 2012.

- Fan, M.S., Zhao, F.J., Fairweather-Tait, S.J., Poulton, P.R., Dunham, S.J., Mcgrath, S.P. (2008) - Evidence of decreasing mineral density in wheat grain over the last 160 years. *Journal of the Trace Elements in Medicine and Biology*, 22, 315-324.
- Fanan S., Medinall P.F., Lima T.C., Filho J.M. (2006) - Avaliação do vigor de sementes de trigo pelos testes de envelhecimento acelerados e de frio. *Revista. Brasileira de Sementes*, Brasília, 28 (2), 152-158.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2012) *Faostat*. <http://www.fao.org/corp/statistics/en/>, consultado em junho de 2012.
- Farooq, J., Khaliq, I., Kashif, M., Ali, Q., Mahpara, S. (2011) - Genetic analysis of relative cell injury percentage and some yield contributing traits in wheat under normal end heat stress conditions. *Chilean Journal Agriculture Research*, 71 (4), 511-520.
- Farrington, F.F., Warwick, M.J., Shearer, G. (1981) - Changes in the carotenoids and sterol fractions during the prolonged storage of wheat flour. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 32 (9), 948-950.
- FIB - Food Ingredients Brazil. (2009) - Panificação: os ingredientes enriquecedores. *Revista-FI.*, 10, 22-27.
- Fokar, M., Blum A., Nguyen, H.T. (1998) - Heat tolerance in spring wheat. II: Grain filling. In review. *Euphytica*, 104, 9-15.
- Fu-Tai, N., Li-Ye C., Hong-Bo S., Zeng-Hui L.C. (2009) - Gene Expression and Regulation of Higher Plants Under Soil Water Stress. *Current Genomics*. 10 (4), 269-280.
- Garofani C. (2012) - *Série Ingredientes: Farinha*. <http://caramelodrama.com/blog/blog>, consultado em Setembro de 2012.
- Germani R. (2008) - *Características dos grãos e farinhas de trigo e avaliações de suas qualidades*. Agroindústria de Alimentos – Embrapa. Rio de Janeiro. 129 p.
- Germani, R. (1998) - *Curso de controle de qualidade tecnológica do grão e da farinha de trigo*. Rio de Janeiro: CTAA/Embrapa, 66 p.
- Germani, R., Carvalho, C.E.P.C. (2004) - Características dos Grãos e Farinhas de Trigo e Avaliação de sua Qualidade. Cascavel – Paraná, 50-60.
- Gibson, L.R., McCluskey, P.J., Tilley, K.A., Paulsen, G.M. (1998) – Quality of hard red winter wheat grown under high temperature conditions during maturation and reaping. *Cereal Chemistry*, 75, 421-427.

- Graybosch, R.A., Morris, R. (1990) - An improved SDS-PAGE method for the analysis of wheat endosperm storage proteins. *Journal of Cereal Science*, London, 11 (3), 201-212.
- Graybosch, R.A., Peterson, C.J., Baenziger, P.S., Shelton D.R. (1995) - Modificação ambiental do duro inverno composição trigo vermelho proteína da farinha. *Journal of Cereal Science*, 22, 45-51.
- Guarienti, E.M. (1996) - *Qualidade industrial de trigo*. Passo Fundo: Embrapa-CNPT., 27, 36 p.
- Gutkoski, L.C. (2009) - *Controle de qualidade de grãos e farinhas de cereais*. Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo – RS, Apostila. 29 p.
- Gutkoski, L.C., Nodari, M.L., Jacobsen Neto, R. (2003) - Avaliação de farinhas de trigos cultivados no Rio Grande do Sul na produção de biscoitos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 23, 91-97.
- Gwartz, J.A., Eustace, W.D., Curran, S.P. (1996) - Effect of Kernel Size and Test Weight on the Kansas State University (KSU) Pilot Mill. *Association of Operative Millers Bulletin*, 6731-6741.
- Hall, A.E., (2001) - *Crop Responses to Environment*. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida.
- Harding, S.A., Guikema, J.A., Paulsen, G.M. (1990) - Photosynthetic decline from high temperature stress during maturation of wheat. II. Interaction with Source and Sink Process. *Plant Physiology*, 92 (3), 654-658.
- Hawker, J.S., Jenner, C.F., (1993). High temperature affects the activity of enzymes in the committed pathway of starch synthesis in developing wheat endosperm. *Australian Journal of Plant Physiology*, 20, 197-209.
- Hecktheuer, L.H.R. *Envejecimiento em botelha de vinos tintos varietales de tempranillo, bobal e monstrell*. (1996) – Tesis Doctoral (Doctor em Ciencia e Tecnologia de Alimentos) Universidad Politécnica de Valencia, 256 p.
- Hoseney C. (1994) - *Principles of Cereal Science and Technology*, Second Edition. Editado por Hoseney, C. American Association of Cereal Chemists, USA. In: Leon, A. E.; Rosell, C. (2007) - *De Tales Harinas, Tales Panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica*. - 1a ed. - Córdoba: Hugo Báez Editor.
- Huchtings, J.B. (1997) - *Food color and appearance*. Chapman e Hall, 142 p.

Hurkman, W.J., Mc Cue, K.F., Altenbach, S.B., Korn, A.M., Tanaka, C.K., Kothari, K.M., Bechtel, D.B., Wilson, J.D., Anderson, O.D., Dupont, F.M. (2003) - Effect of temperature on expression of genes encoding enzymes for starch biosynthesis in developing wheat endosperm. *Plant Science*, 164, 873-881.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2001) - *Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability*. Maccarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J., White, K.S (Ed.). Cambridge: Cambridge University Press. 1032 p.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2007) - *Cambio climático 2007: Informe de síntesis*. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Pachauri, R.K., Reisinger, A. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 p.

ITAL – Instituto de Tecnologia de Alimentos (2009) – Trigo: saúde e energia – Documento técnico-científico. Relatório final, Campinas – SP. 109 p.

Jamieson, P.D., Martre, M., Samoil, V., Porter, J.R., Zyskowski, R.L., Semenov, M., Triboï, E. (2004) - Modelling protein content and composition in wheat. In: *Proceedings of the 4th International Crop Science*. Congress Brisbane, Australia.

Jenner, C.F. (1994) - Starch synthesis in the kernel of wheat under high temperature conditions. Australia. *Journal Plant Physiology*, 21, 791-806.

Keeling, P.L., Bacon, P.J., Holt, D.C., (1993) - Elevated temperature reduced starch deposition in wheat endosperm by reducing the activity of soluble starch synthase. *Planta*, 191 (3), 342-348.

Khan, M.A., Abdullah, Z. (2003) - Salinity-sodicity induced changes in reproductive physiology of rice (*Oryza sativa*) under dense soil conditions. *Environ*, 49, 145-157.

Khanna-Chopra, R., Viswanathan, C. (1999) - Evaluation of heat stress tolerance in irrigated environment of *T. aestivum* and related species. I. Stability in yield and yield components. *Euphytica*, 106, 169-180.

Khurana, P., Chauhan H., Khurana. Czech, N. (2011) - Characterization and Expression of High Temperature Stress Responsive Genes in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal Genetic Plant Breed*, 47, 94-97.

Kimura, S. (2003) - Glycemic carbohydrate and health: background and synopsis of the symposium. *Nutrition Reviews*, 61 (5), 1-4.

- Konopka, I., Czaplicki, S., Rotkiewicz, D. (2006) - Differences in content and composition of free lipids and carotenoids in flour of spring and winter wheat cultivated in Poland. *Food Chemistry*, 95 (2), 290-300.
- Kuakpetoon, D., Flores, R.A., Milliken, G.A. (2001) - Dry mixing of wheat flours: Effect of particle properties and blending ratio. *Lebensmittel Wissenschaft and Technology*. 34, (3), 183-193.
- Labuschagne, M.T., Elago, O., Koen, E. (2009) - The influence of temperature extremes on some quality and starch characteristics in bread, biscuit and durum wheat. *Journal Cereal Science*, 49, 184-189.
- Lal, M., Singh, K.K., Rathore, L.S., Srinivasan, G., Sasseendran, S.A (1998) - Vulnerability of rice and wheat yields in NW India to future changes in climate. *Agricultural and Forest Meteorology*, 89, 101-114.
- Lang, C.E., Lanning, S.P., Carlson, G.R., Kushnak, G.D., Bruckner, P.L., Talbert, L.E. (1998) - Relationship between baking quality and noodle quality in hard white spring wheat. *Crop Science*, 38, 823-827.
- Léon, A.E. (2007) - *De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación em Iberoamérica*. Córdoba: Hugo Báez. 480 p.
- Lidon F., Silvestre M.M. (2010) - *Princípios de Alimentação e Nutrição Humana*. Escolar Editora, Lisboa, 645 p.
- Loladze I. (2002) - Rising atmospheric CO₂ and human nutrition: toward globally imbalanced plant stoichiometry? *Trends in Ecology e Evolution*, 17 (10), 457-461.
- MacRitchie, F. (1976) - Monolayer compression barrier in emulsion and foam stability. *Journal of Colloid and Interface Science*, 56, 53-56.
- MacRitchie, F., Lafiandra, D. (1997) - Structure-function relationships of wheat proteins. In: Damodaran, S., Paraf, A. (Ed.) *Food proteins and their applications*. New York, Basel, Hong Kong: Marcel Dekker, Inc. 293-322.
- Mandarino, J.M.G. (1993) - *Aspectos importantes para a qualidade do trigo*. Londrina: Embrapa-CNPO, 60, 32 p.
- Mares, D.J., Campbell A.W. (2001) - Mapping components of flour and noodle colour in Australian wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, Victoria, 52 (12), 1297-1309.

- Matsuo, R.R., Bradley, J.W., Irvine, G.N. (1972) - Effect of protein content on cooking quality of spaghetti. *Cereal Chemistry*, Saint. Paul, 49, (6) 707-711.
- Matz S. (1999). Bakery Technology and Engineering, 3^o Edition. Editado por Matz, S. Pan- Tech Internacional, USA. In: Leon, A. E., Rosell, C. (2007) - *De Tales Harinas, Tales Panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica*. - 1a ed. - Córdoba : Hugo Báez.
- Mazliak, P. (1983) - Plant membrane lipids: changes and alterations during aging and senescence. In: L. Morris (ed.), *Post-harvest Physiology and Crop Preservation*. Nato Advanced Study Institutes Series, Plenum Press, New York, 123-140.
- Mcmaster, G.S. (1997) - Phenology, development, and growth of the wheat (*Triticum aestivum*, L.) shoot apex: a review. *Advances in Agronomy*, 59, 63-118.
- Medeiros, M.M.L. (2001) - *Estudo comparativo das características tecnológicas, panificáveis e sensoriais de farinha de trigo fortificada com ferro aminoácido quelado e sulfato ferroso*. Dissertação de Mestrado – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 66 p.
- Medlicott, A.P., Thompson, A.K. (1985) - Analysis of sugars and organic acids in ripening of mango fruit (*Mangifera indica* L. var Keitt) by high-performance liquid chromatography. *Journal Science Food and Agriculture*, 36, 561-566.
- Metcalfe, L.D., Schemitz A.A., Pelka J.R. (1966) - Rapid preparation of fatty-acids esters from lipids for gas chromatographic analysis. *Analitic. Chemistry*. 38, 514-515.
- Mills, E.N.C., Wilde, P.J., Salt, L.J., Skeggs, P. (2003) - Bubble formation and stabilization in bread dough. *Food and Bioproducts Processing*, 81, 189-193.
- Minolta. (1994) - *Precise color communication: color control from feeling to instrumentation*. Minolta Co. Ltd.
- Miralles, D.J., Slafer, G.A. (2000) - Wheat development. In: Satorre, E.H., Slafer, G.A. (Eds.). *Wheat: ecology and physiology of yield determination*. New York: *Food Products*. 13-43.
- Miranda, M.Z., Mori, C., Lorini, I. (2005) - *Qualidade do trigo brasileiro – safra 2004*. Passo fundo: Embrapa Trigo. 92 p.
- Morrison, W.R., Barnes, P.J. (1983) - Distribution of wheat acyl lipids and tocopherols in mill streams. In Barnes, P. *Journal Lipids in Cereal Technology*, London: Academic Press.

Mousia, Z., Edherly, S., Pandiella, S.S., Webb, C. (2004) - Effect of wheat pearling on flour quality. *Food Research International*, 37, 449-459.

Munstock, C.M. (1999) - Planejamento e manejo integrado da lavoura de trigo. Porto Alegre: UFRG – Faculdade de Agronomia, 228 p. In: *Anais do IV Seminário Internacional da Cadeia do Trigo 18, 19 e 20 de maio de 2009*. FAG, Cascavel – Paraná – Brasil.

NP 1996 (2000) - Cereais e leguminosas. Determinação do teor em azoto e cálculo do teor em proteína bruta. Método de Kjeldhal.

NP 519 (1993) - Cereais e derivados. Determinação do teor de cinza a 900°C. Processo corrente. Lisboa IPQ 5 p.

Oliveira Filho, J.H., Mancim, A.C. (2009) - Aditivos e ingredientes e seus reflexos sobre as propriedades viscoamilográficas de amido de milho. *Braz. J. Food Technol.*, VII BMCFB. 79-82.

Oliveira, D.M., Souza, M.A., Rocha, V.S., Assis, J.C. (2011) - Desempenho de genitores e populações segregantes de trigo sob estresse de calor. *Bragantia*, 70 (1), 25-32.

Oliver, J.R., Blakeney, A.B., Allen, H.M. (1992) - Measurement of flour color in color space parameters. *Cereal Chemistry*, 69, 546-551.

Oliver, J.R., Blakeney, A.B., Allen, H.M. (1993) - The colour of flour streams as related to ash and pigment contents. *Journal of Cereal Science*, 17, 169-182.

Ortolan, F. (2006) - *Genótipos de trigo do Paraná – Safra 2004: Caracterização e fatores relacionados à alteração de cor de farinha*. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 140 p.

Oskar, E. (2007) - *The influence of heat and cold stress on gluten protein and starch in wheat*. M.Sc. Thesis. University of the Free State Bloemfontein. 128 p.

Panozzo, J.F., Eagles, H.A., Wootton, M., Bekes, F. (1998) - *Environment induced changes in grain composition and quality*. In: Savage, P.(ed.), *Advances in understanding grain quality*, RACI: Melbourne, Australia. (65) 41.

Peet, M.M., Willits, D.H., (1998) - The effect of night temperature on greenhouse grown tomato yields in warm climate. *Agriculture Forest Meteorology*, 92, 191-202.

- Perrotta, C., Treglia, A.S., Mita, G., Giangrande, E., Rampino, P., Ronga, G., Spano, G., Marmioli, N. (1998) Analysis of mRNAs from ripening wheat seeds: the effect of high temperature. *Journal Cereal Science*, 27, 127-132.
- Peterson, C.J., Graybosch, R.A., Shelton, D.R., Baenziger, P.S. (1998) - Baking quality of hard winter wheat: Response of cultivars to environment in the Great Plains. *Agronomy -- Faculty Publications*, 140, 157-162.
- Peterson, C.J., Johnson, V.A., Matsuo, P.J. (1986) - Influence of cultivar and environment on mineral and protein concentrations of wheat flour, bran and grain. *Cereal Chemistry*, 63, 183-186.
- Petterson, D.S., Makintosh, J.B. (1994) - The chemical composition and nutritive value of australian grain legumes, grains research and corporation. *Brisbane, Australia*, pp. 38-41.
- Pirozi, M.R. (1995) - *Avaliação da qualidade tecnológica de variedades de trigo (Triticum aestivum) durante o armazenamento*. Lavras, Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Lavras – UFLA. 149 p.
- Playne, M.J., Crittenden, R. (1996) - Commercially available Oligosaccharides. *Bulletin of the International Dairy Federation*, 313, 10-22.
- Pomeranz, Y. (1988) - *Wheat: chemistry and technology*. 3ed. St Paul: *American Association of Cereal Chemists, Inc, USA*.
- Posner, E.S. (2000) - Wheat. In: Kulp, K; Ponte, J.G. - *Handbook of Cereal Science and Technology*. New York: Marcel Dekker, pp. 1-29.
- Pourcel L., Routaboul J.M., Cheynie,r V., Lepiniec, L., Debeaujon I. (2007) - Flavonoid oxidation in plants: from biochemical properties to physiological functions. *Trends in Plant Science*, 12, 29-36.
- Prabhasankar, P., Haridas Rao, P. (1999) - Lipids in our streams. *Journal of Cereal Science*, 30, 315-322.
- Prabhasankar, P., Kumar, M.V., Lokesh, B.R., Rao, P.H. (2000) - Distribution of free lipids and their fractions in wheat flour milled streams. *Food Chemistry*, 71, 97-103.
- Rasper, V.F., Walker, C.E. (2000) - Quality evaluation of cereals and cereals products. In: Kulp, K., Ponte, J.G. 2º Ed. *Handbook of cereal science and technology*. New, Marcel Dekker, 505-537.

- Reichardt, K. (1985) - *A água: absorção e translocação*. In: Ferri, M.G. Fisiologia vegetal. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1 (1), 3-24.
- Rharrabti Y. Rharrabti, D. Villegas, C. Royo, V. Martos-Nu'Ñez, L.F. Garcia Del Moral. (2003) - Durum wheat quality in Mediterranean environments II. Influence of climatic variables and relationships between quality parameters. *Field Crops Research*, (80), 133-140.
- Rijven, A. (1986) - Heat inactivation of starch synthase in wheat endosperm tissue. *Plant Physiology*, 81, 448-453.
- Rossi, R.M., Neves, M.F. (2004) - Estratégias para o Trigo no Brasil. 1º Ed. Atlas, São Paulo, 228 p.
- Salunkhe, D.K. (1982) - Legumes in human nutrition: current status and future research needs. *Current Science*, 51, 387-392.
- Satumbaga, R., Martin, C., Eustace, D., Deyoe, C.W. (1995) - Relationship of Physical and Milling Properties of Hard Red Winter Wheat Using the Single Kernel Wheat Characterization System. *Association of Operative Millers Bulletin*, 6487-6496.
- Savin, R., Nicolas, M.E. (1999) - Effects of timing of heat stress and drought on growth and quality of barley grains. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50, 357-364.
- Scheuer, P.M., Francisco, A., Miranda, M.Z., Limberg, V.M. (2011) - Trigo características e utilização na panificação. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, 13 (2), 211-222.
- Schiweck, H., Bar, A., Vogel, R., Schwarz, E., Kunz, M. (1994) - Sugar alcohols. In: Elvers, B., Hawkins, S., Russey, W. (Ed.). *Ullmann's Encyclopedia of industrial chemistry*. Weinheim: VCH, 5 (25), 413-437.
- Schmidt, D.A.M., Carvalho, F.I.F. de C., Oliveira, J.A.G.S., Silva, A.G.S., Bertan, I., Valerio, I.P., Hartwig, I., Siveira, G., Gutkoski, L.C. (2009) - Variabilidade genética los trigos brasileiros a partir de caracteres componentes da qualidade e produção industrial de grãos, *Bragantia: Revista de Ciências Agronômicas*, Campinas-SP, 68, (1), 43-52.
- Schoffl, F., Prandl, R., Reindl, A. (1999) - Molecular Responses to Heat Stress. In: Molecular Responses to Cold, Drought, Heat and Salt Stress in Higher Plants, Shinozaki, K., Yamaguchi-Shinozaki, K. (Eds.). R.G. Landes Co, Austin, Texas, 81-98.

- Scotti-Campos, P., Semedo, J.N., Pais, I., Oliveira, M. e Passarinho, J.A., (2011) - Alguns indicadores fisiológicos de tolerância ao calor em trigo mole. In: INRB e INCM (Eds.), *Agrorrural: Contributos Científicos*, Lisboa, 939-946.
- Sgarbieri, V.C. (1987) - *Alimentação e Nutrição* - Fator de saúde e desenvolvimento, Almed Editora e Livraria Ltda, São Paulo, 387 p.
- Sgarbieri, V.C. (1996) - *Proteínas em alimentos proteicos*. 1ª Edição, Livraria Varela, São Paulo, 517 p.
- Shelton, D.R., Lee, W.J. (2000) - Cereal carbohydrate handbook of cereal science and technology 2nd edition. (Ed.) Karel J. and Ponte J.R. Marcel Dekkers, Inc New York, 385-415.
- Shewfelt, R.L., Thai, C.N., Davis, I.W. (1988) - Prediction of changes in color of tomatoes during ripening at different constant temperatures. *Journal Food and Science*, 53, 1433-1437.
- Siddique, K.H.M., Loss, S.P., Regan, K.L., Jettner, R.L. (1999) - Adaptation and seed yield of cool season grain legumes in Mediterranean environments of southwestern Australia. *Aust. J. Agric. Res.* 50, 375-387.
- Silva H.C., Braga G.L., Bianchi M.L.P., Lopes D.C.O. (1992) - Oligossacarídeos da família da rafinose e flatulência. *Cadernos de Nutrição*, São Paulo, 4, 48-60.
- Silva, R.C. (2003) - *Qualidade Tecnológica e estabilidade oxidativa de farinha de trigo e fubá irradiados*. Dissertação – Universidade de São Paulo, São Paulo. 107 p.
- Singletary, G.W., Banisadr, R., Keeling, P. (1993) - Decreased starch synthesis in heat stressed maize kernely resultes from reduced ADPG-pyrophosphorylase and starch synthase activities. *Plant Physiol.*, 102, 6-16.
- Souza E., Kruk M., Sunderman, D. W. (1994) - Association of sugar-snap cookie quality with high molecular weight glutenin alleles in soft white spring wheats. *Cereal Chem.*, 71 (6), 601-605.
- Souza E.J., Martin, J.M. Guttieri M.J., O'Brien, K.M. Habernicht, D.K. Lanning, S.P. McLean, Carlson, R.G.R. and Talbert L.E. (2004) - Influence of genotype, environment, and nitrogen management on spring wheat quality. *Crop Science*, Madison, 44 (2), 425-428.

- Souza, M.A., De Ramalho, M.A.P. (2001) - Controle genético e tolerância ao estresse de calor em populações híbridas e em cultivares de trigo. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 36 (10), 1245-1253.
- Spósito, M.S., Bassanezi, R.B., Amorim, L. (2004) - Resistance to citrus black spot by the analyses of disease progress curves. *Fitopatol Bras.*, 29, (5) 532-537.
- Sroan, B., MacRitchie, F. (2009) - Mechanism of gas cell stabilization in breadmaking. II. The secondary liquid lamellae. *Journal of Cereal Science*, 49, 41-46.
- Stasio, M.D., Vacca, P., Piciocchi, N., Meccariello, C., Volpe, M.G. (2007) - Particle size distribution and starch damage in some soft wheat cultivars. *International Journal of Food Science and Technology*. 42, 246-250.
- Stone, P.J., Gras, P.W., Nicolas, M.E. (1997) - The Influence of Recovery Temperature on the Effects of a Brief Heat Shock on Wheat. III. Grain Protein Composition and Dough Properties. *Journal of Cereal Science*, 25 (2), 129-141.
- Stone, P.J., Nicolas, M.E. (1994) - Wheat cultivars vary widely in their responses of grain yield and quality to short periods of post-anthesis heat stress. *Australian Journal. Plant Physiology*, 21, 887-900.
- Sugawara, T., Miyazawa, T. (2001) - Beneficial effect of dietary wheat glycolipids on cecum short-chain fatty acid and secondary bile acid profiles in mice. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 47, 299-305.
- Svihus, B., Uhlen, A.K., Harstad, O.M., (2005) - Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: a review. *Anim. Feed Science Technology*, 122, 303-320.
- Symons, S.J., Dexter, J.E. (1991) – Computer analysis of fluorescence for the measurement of flour refinement as determined by flour ash content, flour grade color, and tristimulus color measurements. *Cereal Chemistry*, 68. 454-460.
- Tipples, K.H., Preston, K.R., Kilborn, R.H. (1982) - Implications of the term strength as related to wheat and flour quality. *Bakers Digest*, Merrian. 16-20.
- Tonon, V.D. (2010) – *Herança genética e estabilidade de características relacionadas à qualidade dos grãos e da farinha de trigo*. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – RS. 132 p.
- Tucker, G.A., Woods, L.F.L. (1995) - Enzymes in food processing. 2ed. London, USA: Blakie Academic e Professional. 191-218.

- Vasconcellos, J.C. (1933) - Trigos portugueses ou de há muito cultivados no país. Subsídios para o seu estudo botânico. Direcção Geral da Acção Social Agrária, Lisboa. *Separata do Boletim de Agricultura*, Ano I, 1/2, I Série, 1-150.
- Vieira, A.P., Bardiale-Furlong, Oliveira, M.L.M. (1999) - Ocorrência de micotoxinas e características físico-químicas em farinhas comerciais. *Revista de Ciências e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 19 (2), 221-225.
- Vitti, P. (1982) - Lipídeos da farinha e seu papel na panificação. *Boletim do instituto de Tecnologia de Alimentos*. 21-31.
- Voss, D.H. (1992) - Relating colorimeter measurement of plant color to the Royal Horticultural Society Colour Chart. *HortSci.*, 27, 1256-1260.
- Wang X., Cai, J., Jiang, D., Liu, F., Dai, T., Cao, W. (2011) - Pre-anthesis high-temperature acclimation alleviates damage to the flag leaf caused by post-anthesis heat stress in wheat. *Journal of Plant Physiology*, 168, 585-593.
- Wang, X., Cai, J., Liu, F., Jin, M., Yu, H., Jiang, D., Wollenweber, B., Dai, T., Cao, W. (2012) - Pre-anthesis high temperature acclimation alleviates the negative effects of post-anthesis heat stress on stem stored carbohydrates remobilization and grain starch accumulation in wheat. *Journal of Cereal Science*, 55 (3), 331-336.
- Wardlaw I.F., Dawson I.A., Munibi P. (1989) - The tolerance of wheat to high temperatures during reproductive growth. 2. Grain development. *Australian Journal of Agricultural Research*, 40 (1), 15-24.
- Wardlaw, I.F., Moncur, L. (1995) - The Response of Wheat to High Temperature Following Anthesis. I. The Rate and Duration of Kernel Filling. *Australian Journal of Plant Physiology*, 22, 391-397.
- Williams, M., Shewry, P.R., Harwood, J.L. (1994) - The influence of the 'greenhouse effect' on wheat (*Triticum aestivum* L.) grain lipids. *J. Exp. Bot.*, 45, 1379-1385.
- Wisselink, H.W., Weusthuis, R.A., Eggink, G., Hugenholtz, J., Grobben G.J. (2002) - Mannitol production by lactic acid bacteria: a review International. *Dairy Journal*, 12, 151-161.
- Wrigley, C.W., Blumenthal, C., Gras, P.W., Barlow, E.W.R. (1994) - Temperature variation during grain filling and changes in wheat-grain quality. *Australian Journal of Plant Physiology*, 21, 875-885.

Yang, J., Sears, R.G., Gill, B.S., Paulsen, G.M. (2002) - Growth and senescence characteristics associated with tolerance of wheat-alien amphiploids to high temperature under controlled conditions. *Euphytica*, 126, 185-193.

Yasunaga, T., Uemara, M. (1962) – Evaluation of color characteristics of flours obtained from various types and varieties of wheat. *Cereal Chemistry*, 39, 171-182.

Youdim K.A., Martin A., Joseph J.A. (2000) - Essential fatty acids and the brain: possible health implications. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 18 (4/5), 383-99.

Youngs, V.L. (1978) – Oat Lipids. *The American Association of Cereal Chemists*, 55 (5), 591-597.

Zayas J.F., Lin C.S. (1989) - Water retention of two types of hexane-defatted corn germ proteins and soy protein flour. *Cereal Chemistry*, 66, 51-55.

Zhao, C. X., He, M. R., Wang, Z. L., Wang, Y.-F., Lin, Q. (2009) - Effects of different water availability at post-anthesis stage on grain nutrition and quality in strong-gluten winter wheat. *Comptes Rendus Biologies*, 332, 759-764.