

Qualidade do trigo-mole: dependência dos fatores genéticos e ambientais

A qualidade do trigo é definida por fatores genéticos e ambientais que afetam a composição e o balanço entre os vários grupos de proteínas, com repercussões nas suas propriedades tecnológicas. Compreender como é que fatores, como a disponibilidade de azoto e enxofre, ou os *stresses* térmico e hídrico, interferem na deposição das diferentes frações proteicas no grão, poderá ajudar a desenhar estratégias para otimizar a qualidade.

Ana Sofia Bagulho, Rita Costa, Nuno Pinheiro, Conceição Gomes, Ana Sofia Almeida, José Moreira, João Coco, Armindo Costa, José Coutinho, Benvido Maças . INIAV, I.P.



Importância do trigo-mole

O trigo-mole tem sido uma das mais importantes fontes alimentares do ser humano ao longo dos tempos. Este cereal ocupa a nível mundial uma área considerável comparativamente a outras culturas, sendo produzidos mais de 700 milhões de toneladas anualmente (<http://faostat.fao.org/>). O seu interesse e vasta utilização prende-se com o facto de ser uma fonte de alimento de fácil acesso, economicamente atrativa e com uma enorme versatilidade nos produtos a que dá origem.

Do ponto de vista nutricional é também uma cultura importante já que é fonte de calorias, proteínas (rico na maioria dos aminoácidos essenciais), fibra dietética, vitaminas (em particular do complexo B), minerais e antioxidantes, especialmente quando consumido na forma integral (farinhas não refinadas). Pelos benefícios que aporta à saúde, existem atualmente vários avisos que visam promover o seu consumo na forma integral (<https://healthgrain.org/>).

Em Portugal, a área ocupada com trigo-mole e culturas cerealíferas tem vindo continuamente a decrescer, sendo atualmente o nível de autoaprovisionamento do trigo inferior a 4%. Com estes valores alarmantes, torna-se cada vez mais importante promover o aumento da sua produção e estabilidade, tendo sempre em conta a valorização da qualidade e sua diferenciação. No entanto, para que isto seja possível, é necessário compreender o que se entende por qualidade e de que modo esta é afetada durante o desenvolvimento do grão.

Definição de qualidade

O conceito de qualidade em trigo-mole é bastante complexo e abrangente, uma vez que reflete requisitos inerentes a toda uma cadeia de valor (Figura 1) e, ainda, devido ao facto de a qualidade ser definida em função das propriedades tecnológicas requeridas para cada um dos produtos alimentares a que se destina: panificação, fabrico de bolachas, confeitaria ou usos culinários diversos.

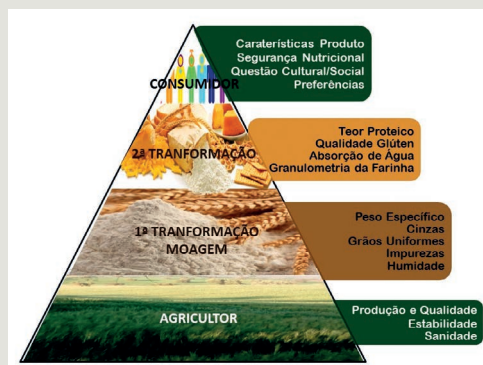


Figura 1 – Requisitos de qualidade exigidos pela fileira do trigo-mole (consumo humano)

Apesar disso, tenta-se definir a qualidade do trigo em função de uma série de parâmetros tecnológicos determinados ao nível do grão, que se relacionam, fundamentalmente, com o rendimento de farinha, a funcionalidade das farinhas ao longo do seu processamento (força, elasticidade, extensibilidade das massas obtidas) e com diver-

sas características e requisitos que são exigidos ao nível dos produtos finais (volume, aparência, textura, integridade). Na Tabela 1 são apresentadas as principais especificações para cada uma das quatro classes de trigo-mole comercialmente consideradas em Portugal.

De todas as especificações, o teor proteico e o ensaio alveográfico são os mais determinantes na definição do potencial tecnológico e de utilização de um trigo. O ensaio alveográfico, que não é mais do que um teste reológico que visa estudar a viscoelasticidade das massas obtidas a partir das farinhas, está também intimamente relacionado com o teor e qualidade proteica.

Determinismo genético e ambiental das proteínas

As proteínas são o segundo componente mais abundante do grão de trigo, a seguir ao amido.

No trigo existem diferentes grupos de proteínas, das quais se destacam as gluteninas e as gliadinas, por serem as mais abundantes e, do ponto de vista tecnológico, as responsáveis pela formação do glúten. Biologicamente, estas proteínas são apenas reservas de nutrientes necessários ao desenvolvimento da semente durante a germinação.

O glúten é uma rede viscoelástica formada pelas gluteninas e pelas gliadinas, onde ficam retidos os restantes constituintes da

TABELA 1 – ESPECIFICAÇÕES UTILIZADAS NA DEFINIÇÃO DAS QUATRO CLASSES DE TRIGO-MOLE COMERCIALMENTE CONSIDERADAS EM PORTUGAL

PARÂMETROS	CLASSES TRIGO-MOLE			
	Melhorador	Panificável Superior	Panificável Corrente	Bolacha
Humidade (%)	Max. 13	Max. 13	Max. 14	Max. 14
Índice Queda (s)	Min. 260	Min. 260	Min. 250	Min. 240
Peso Específico (kg/hl)	Min. 79	Min. 78	Min. 77	Min. 76
Proteína m.s. (%)	Min. 14	Min. 12,5	Min. 11	Min. 10
Alveograma W (E ⁴ J)	Min. 300	Min. 220	Min. 150	80-120
Alveograma P/L	0,5-1,0	0,5-1,2	0,5-1,0	0,3-0,5

Min – mínimo; Max – máximo

farinha quando estas são hidratadas e amassadas (Figura 2). São exatamente estes dois grandes grupos de proteínas que são responsáveis pelas propriedades funcionais das farinhas.

As gluteninas, pela sua estrutura polimérica, condicionam a elasticidade, a força e a capacidade de expansão das massas durante a fermentação, que ocorre na elaboração da maioria dos produtos. As propriedades viscoelásticas das massas dependem da quantidade de polímeros de gluteninas de maiores dimensões que são sintetizados durante o desenvolvimento do grão. Já as gliadinas (monoméricas) conferem fundamentalmente viscosidade às massas.

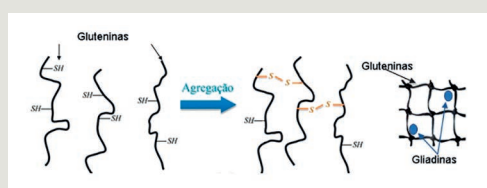


Figura 2 – Representação da formação do glúten, adaptado de Samson (2014)

A composição proteica nos trigos é uma característica definida pelo genótipo (G), isto é, cada variedade possui genes que codificam proteínas específicas e podem aportar uma maior ou menor qualidade ao glúten. Este aspeto qualitativo é influenciado pelo ambiente (E) que condiciona os níveis de expressão dos genes e irão determinar a quantidade relativa de cada uma destas proteínas. A interação destes dois fatores (GxE) influencia a quantidade dos diferentes tipos individuais de proteínas que se depositam no grão, o balanço entre os diferentes grupos de proteínas (gluteninas vs. gliadinas) e a polimerização das gluteninas que decorre desde a floração até se atingir a maturação fisiológica do grão.

Efeitos ambientais na qualidade das proteínas

Durante o desenvolvimento do grão, diversos fatores ambientais poderão afetar a sua qualidade final, desde a disponibilidade de nutrientes (o azoto e o enxofre são os mais

determinantes), ao *stress* térmico e hídrico, tão frequentes em climas mediterrânicos como o do nosso país, em que a ocorrência de situações extremas (temperaturas elevadas na fase do enchimento do grão com acentuados constrangimentos hídricos) é bastante comum. A variabilidade do clima mediterrânico é a principal responsável pela dificuldade em garantir estabilidade ao nível da produção, gerando também, com alguma frequência, inconsistência na qualidade do trigo.

Stress térmico

O *stress* térmico pode levar a perdas acentuadas de rendimento e de qualidade no trigo.

A influência na qualidade é particularmente determinante quando a cultura é sujeita a altas temperaturas durante o período de enchimento do grão, podendo ocorrer uma diminuição da matéria seca, devido à redução da taxa de deposição de amido, extremamente sensível às altas temperaturas (e consequente aumento do teor proteico, menos afetado). Resultados do projeto IN-TERATrigo no ensaio de 2018/2019, apresentados por Pinheiro *et al.* (2020), nesta mesma edição da revista, evidenciam esta situação.

Naeem *et al.* (2012) referem, com base em vários estudos, que as consequências da ocorrência de *stress* térmico no período de dessecação do grão, onde a polimerização das gluteninas ocorre de modo mais intenso, podem conduzir a um prejuízo acentuado da qualidade. Aumentos das temperaturas médias diárias até 30 °C conduzem a um aumento progressivo da força da massa, mas a sua manutenção prolongada acima deste limite produz um detrimento da força, em consequência da formação de polímeros de gluteninas de menores dimensões e redução da proporção de gluteninas vs. gliadinas (Blumenthal *et al.*, 1995). Este efeito pode ser mais ou menos pronunciado consoante a variedade, ou seja, dependendo da composição em gluteninas específica de cada variedade.

Stress hídrico

Quando o *stress* hídrico ocorre durante o enchimento do grão, o efeito na qualidade é bastante semelhante ao descrito anteriormente para o *stress* térmico. Carências hídricas nesta fase podem originar uma diminuição da matéria seca do grão, devido à redução da taxa de deposição de amido e consequente aumento do teor proteico. Este efeito pode até ser benéfico para algumas propriedades como a força da massa, sendo, no entanto, prejudicial para outras propriedades como o rendimento em farinha. O *stress* hídrico também pode induzir alterações qualitativas a nível proteico (aumento do teor de gliadinas vs. gluteninas, entre outros), com consequências na qualidade, dependendo do momento em que este ocorre. A título exemplificativo, apresentam-se na Tabela 2 os resultados de um ensaio realizado no INIAV-Elvas em 2016/17 (descrito em Almeida *et al.*, 2017), conduzido simultaneamente em sequeiro e regadio. Durante esse ano, no período de enchimento do grão praticamente não choveu e as temperaturas máximas constituíram um *stress* térmico para o trigo. O ensaio em sequeiro foi fortemente penalizado pela escassez hídrica e as elevadas temperaturas, pois as plantas tiveram um período mais reduzido para capturar nutrientes e produzir fotoassimilados, que são posteriormente mobilizados para o grão, tendo como consequência grãos mal cheios e com menos peso, mas maior teor proteico. Ao nível da viscoelasticidade, a maioria dos genótipos apresentou valores de força mais elevados e massas mais desequilibradas no ensaio de sequeiro, o que poderá ser uma consequência de alterações quantitativas e qualitativas a nível proteico.

Disponibilidade de enxofre

A sua disponibilidade pode ser um problema em muitas áreas do planeta, devido à tendência crescente em usar adubos sem enxofre, menor deposição deste nutriente oriundo de diversos *inputs* atmosféricos por questões ambientais e devido à sua maior

TABELA 2 – VALORES MÉDIOS DE PMG (PESO DE MIL GRÃOS), PROTEÍNA DO GRÃO E PARÂMETROS ALVEOGRÁFICOS (W-FORÇA E P/L-RELAÇÃO DE EQUILÍBRIO) DE UM ENSAIO REALIZADO EM 2016/17 COM OS DOIS REGIMES HÍDRICOS

Variedade	PMG (g)		Proteína (%)		W (E ⁴ J)		P/L	
	Regadio	Sequeiro	Regadio	Sequeiro	Regadio	Sequeiro	Regadio	Sequeiro
Paiva	37,7	27,7	14,8	15,2	262	253	0,52	0,80
Jordão	27,6	26,6	13,2	15,7	275	302	1,28	2,92
Linha1	34,5	30,9	13,9	16,4	229	341	0,82	0,92
Linha2	35,8	31,1	13,0	14,5	197	285	0,97	1,72
Solehio	28,8	27,3	14,2	17,0	153	232	0,66	0,65
Alhambra	31,0	28,8	13,8	15,1	160	182	0,63	0,66

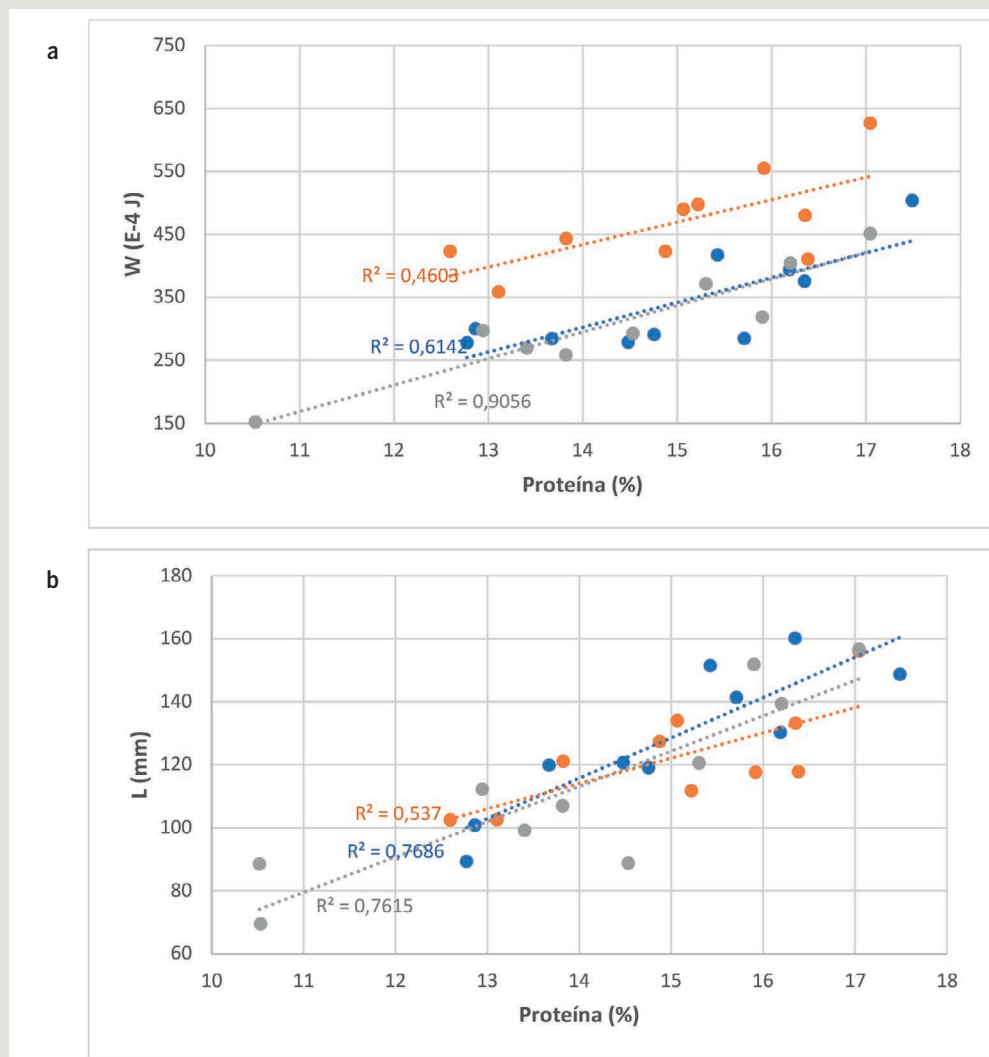


Figura 3 – Relação do teor proteico com a força da massa (a) e com a extensibilidade (b) para três variedades de elevado potencial de qualidade, em condições normais de desenvolvimento do grão. Cada variedade é representada por uma cor diferente

remoção dos solos quando se utilizam culturas intensivas com elevados níveis de aplicação de azoto (Naeem *et al.*, 2012). A deficiência pode levar a uma diminuição do rendimento, acompanhada por uma redução da qualidade final do trigo.

Como as propriedades reológicas requeridas para a qualidade variam em função da utilização final dos trigos, o efeito da carência de enxofre pode ser variável. De uma forma geral, aceita-se que a deficiência de enxofre origina massas com maiores requisitos de mistura, elevada força e menor extensibilidade (massas desequilibradas). Estes efeitos são uma consequência das alterações que ocorrem ao nível da composição das proteínas devido ao incremento na síntese de proteínas pobres em enxofre, em detrimento de proteínas ricas em enxofre.

Os vários grupos de proteínas do trigo são, assim, afetados pela deficiência de enxofre, com especial destaque para o desequilíbrio provocado ao nível das gluteninas

de alta massa molecular vs. gluteninas de baixa massa molecular, que induz alterações ao nível da polimerização (formam-se polímeros de gluteninas de maior massa molecular).

Disponibilidade de azoto

O azoto tem um papel essencial no desenvolvimento da cultura do trigo, favorecendo os componentes primários da produção (número de filhos, número de espigas viáveis, número de grãos por espiga e peso dos grãos), bem como a acumulação de proteínas no grão essenciais à qualidade.

A dose e os momentos de aplicação da fertilização azotada devem ser criteriosamente escolhidos para tirar os benefícios máximos. Com vista a promover uma adequada acumulação de proteína no grão e a sua qualidade, é aconselhável um fracionamento da adubação com aplicações mais tardias de adubo (até ao final do embotramento) (Patanita *et al.*, 2018), já que o azoto que chega ao grão vem maioritaria-

mente remobilizado da estrutura vegetativa da planta, sendo o restante (cerca de 20%) absorvido nesta fase pós-antese (Olivoto *et al.*, 2016).

A disponibilidade de azoto nas fases de enchimento do grão é, assim, essencial para a expressão do potencial de qualidade. Em condições normais de desenvolvimento do grão, para uma variedade com elevado potencial de qualidade, o incremento do teor proteico beneficia a força e a extensibilidade da massa estimadas pelo teste alveográfico (Figura 3).

Bibliografia

- Almeida, A.S.; Coutinho, J.; Costa, A.R.; Gomes, C.; Pinheiro, N.; Bagulho, A.S.; Costa, A.; Coco, J.; Maças, B. (2017). Trigo mole e trigo duro. A valorização da aplicação de regas suplementares. *Agrotec, Grandes Culturas*, **9**:17-19.
- Blumenthal, C.; Bekes, F.; Gras, P.W.; Barlow, E.; Wrigley, C.W. (1995). Identification of wheat genotypes tolerant to the effects of heat stress on grain quality. *Cereal Chem.*, **72**(6):539-544.
- Naeem, H.A.; Paulon, D.; Irmak, S.; MacRitchie, F. (2012). Development and environmental effects on the assembly of glutenin polymers and the impact on grain quality of wheat. *J. Cereal Sci.*, **56**(1):51-57.
- Olivoto, T.; Carvalho, I.; Nardino, M.; Ferrari, M.; Pellegrin, A.; Follmann, N.; Gutkosky, L.; Souza, V. (2016). Sulfur and nitrogen effects on industrial quality and grain yield of wheat. *Revista Ciências Agroveterinárias*, **15**(1):24-33.
- Patanita, M.; Dôres, J.; Costa, M.N.; Rosa, E.; Martins, P.; Ferro Palma, J.; Tomaz, A.; Espada, R.; Boteta, L.; Costa, A.R.; Pinheiro, N.; Gomes, C.; Bagulho, A.S.; Almeida, A.S.; Coutinho, J.; Coco, J.; Costa, A.; Maças, B. (2018). Otimização da aplicação de fertilização azotada em trigos melhoradores. *Voz do Campo*, **216**:60-61.
- Pinheiro, N.; Costa, A.R.; Gomes, C.; Bagulho, A.S.; Coutinho, J.; Moreira, J.; Coco, J.; Costa, A.; Coutinho, J.; Almeida, A.S.; Maças, B. (2020). Efeito do regime hídrico e da fertilização azotada na produção e qualidade do trigo-mole para panificação na região do Alto Alentejo. *Vida Rural*, **1854**:32-36.
- Samson, M.F. (2014). Qualité des protéines et valeur pastière. *16^{ème} Journée Filière Blé dur*, Montpellier, France.