

Uma nova abordagem para a fenotipagem em cereais:

- Adaptação às alterações climáticas

- Ideotipo de planta em trigo-duro

A existência de variabilidade genética no trigo para a fenologia possibilita a seleção de variedades que consigam escapar aos *stresses* abióticos sazonais, incluindo geadas tardias e altas temperaturas durante o período de enchimento do grão, prevendo-se que estas últimas aumentem com as alterações climáticas.

As técnicas de fenotipagem mais modernas e integrativas, caracterizadas pela medição ou avaliação de características morfofisiológicas das plantas, permitem identificar parâmetros de seleção e subsequentemente selecionar germoplasma para ser usado como progenitores em hibridações e, desta forma, acelerar o *time to market* dos programas de melhoramento genético. Simultaneamente, permitirão identificar ideotipos de planta melhor adaptados aos constrangimentos provocados pelos novos cenários climáticos.

Rita Costa, Nuno Pinheiro, Conceição Gomes, José Coutinho, Ana Sofia Almeida, Ana Sofia Bagulho, Armindo Costa, José Moreira, Benvindo Maçãs . INIAV, I.P.



Charlotte Bourgoïn, Stéphane Jézéquel . ARVALIS - Institut du Végétal, França



Enquadramento

O trigo tem um papel fundamental na segurança alimentar da população mundial e, de acordo com a FAO, a sua produção deverá duplicar antes de 2050, para poder satisfazer a procura numa população em crescimento e, em simultâneo, ter a capacidade de suportar os constrangimentos das alterações climáticas.

Estas duas preocupações fazem parte dos desafios, orientações e compromissos do programa de Governo para a *Agenda de Inovação 2020-30*. Enquadrado nesse âmbito, no Polo de Elvas do INIAV, já funciona o Centro Nacional de Competências para as Alterações Climáticas do setor Agroflorestal. Na verdade, este tema há vários anos que despertou o interesse e preocupação do grupo dos cereais autogâmicos desta instituição e muitos trabalhos de investigação

têm sido realizados nessa área, em estreita colaboração com outras entidades/organizações.

As técnicas convencionais de fenotipagem de plantas usam características facilmente mensuráveis, relacionadas com as fases do desenvolvimento fenológico das plantas, com a sua altura, bem como o peso do grão e outros parâmetros que envolvem os componentes da produção e da qualidade. Tais medidas, facilmente realizáveis, recorrem, contudo, a métodos destrutivos e requerem elevada mão de obra. Uma vez que a interpretação deste tipo de dados se revela simples, continuam a figurar como das metodologias mais usadas na avaliação de genótipos em ensaios de campo em programas de melhoramento.

Os atuais desafios relacionados com a competitividade do mercado de variedades, com a sustentabilidade da agricultura e as alterações climáticas, têm vindo a estimular os melhoradores para incorporar novas abordagens de fenotipagem ao processo de avaliação, seleção e desenvolvimento de variedades. Essas abordagens permitem uma análise mais ampla, detalhada e precisa do comportamento da variedade e sua interação com o meio ambiente, aumentando assim a eficiência e eficácia do processo de seleção. Consequentemente, as novas técnicas de fenotipagem, designadas de “alto débito”, têm avançado em escala, precisão, reprodutibilidade e complexidade em relação às técnicas conven-



Panorâmica ensaio, INIAV-Elvas, 2020

cionais, principalmente pelo uso de imagens geradas em plataformas automatizadas, que assentam, principalmente, na captação de imagens digitais das plantas e no seu processamento informático, permitindo o cálculo preciso de parâmetros (como taxas de crescimento ou biomassa produzida) de um grande número de plantas, num curto espaço de tempo. Adicionalmente, alguns equipamentos mais recentes permitem obter informação espectral sobre as plantas, em diversas gamas do espectro eletromagnético, que fornecem indicações, sobre a quantidade de água presente nas folhas, a taxa de transpiração ou a quantidade de clorofila. Outros ainda, mais sofisticados, incorporam câmaras capazes de detetar a fluorescência emitida pelas moléculas de clorofila nas folhas, o que dá uma indicação da qualidade da fotossíntese que está a ser produzida. Todo este conjunto de sensores capta uma enorme quantidade de dados, que posteriormente são processados informaticamente (recorrendo a técnicas de inteligência artificial e/ou a análise estatística

ca multivariada) e armazenados em segurança em bases de dados.

Estratégia utilizada no INIAV-Elvas

A estratégia de fenotipagem que tem vindo a ser utilizada no INIAV-Elvas, recorrendo a técnicas convencionais e modernas, tem como base a caracterização do potencial de adaptação de grupos de variedades aos *stresses* hídrico e térmico, de forma a desenvolver ferramentas que permitam identificar as opções mais eficientes. A avaliação das variedades em ambientes com climas extremos, como é o caso de Portugal e Itália, permitirá selecionar, por antecipação, germoplasma com melhor adaptação a situações de *stresses* ambientais.

O estudo de fenotipagem que tem vindo a ser desenvolvido em Elvas em regime de sequeiro e de regadio, incide sobre 15 variedades de trigo-duro (5 portuguesas, 5 francesas e 5 italianas). Neste artigo, apresentamos alguns dos resultados

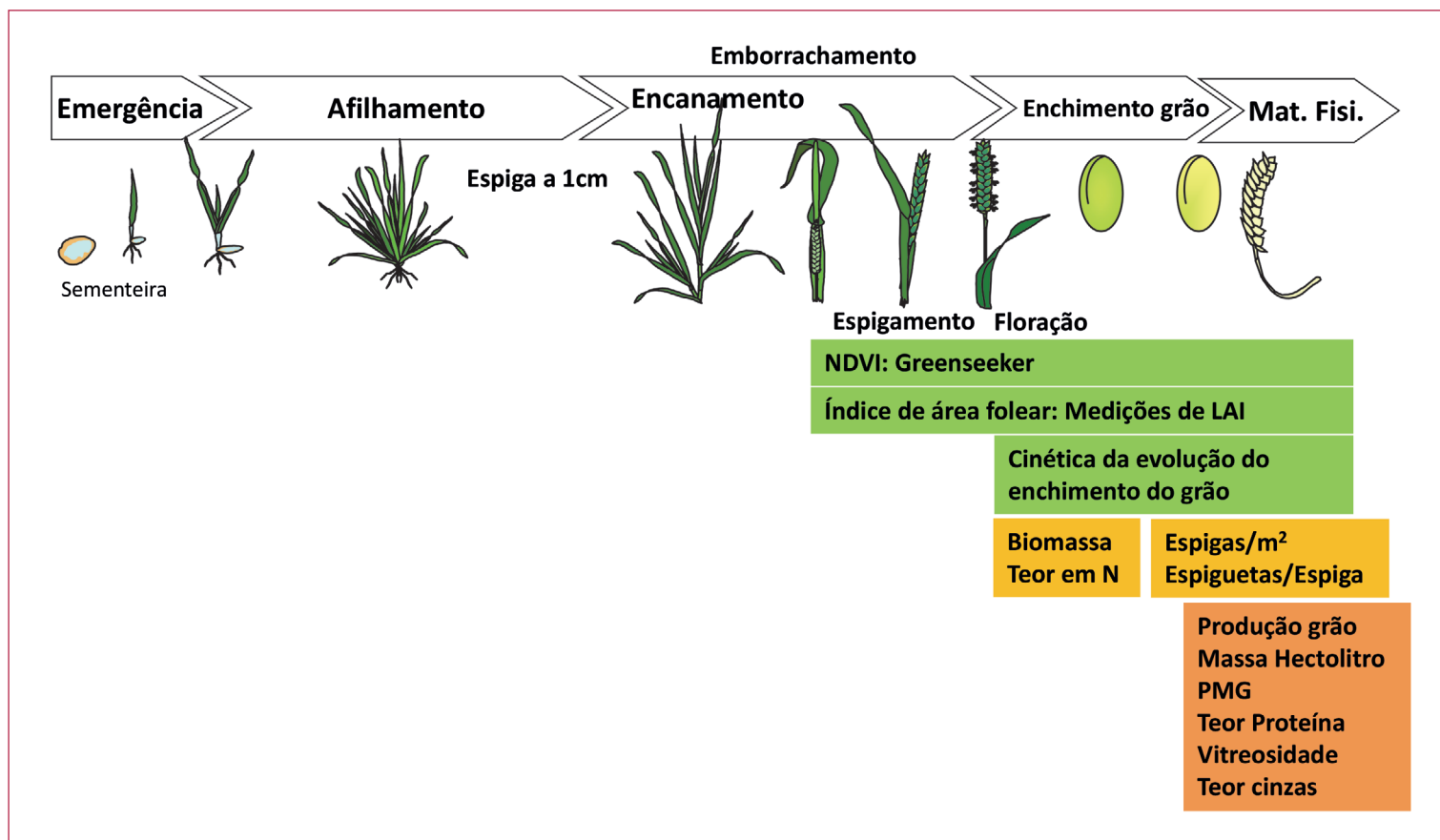


Figura 1 – Esquema representativo das diferentes fases fenológicas e momentos de observação e registo de dados

obtidos durante 6 anos de ensaios (2014/2015 a 2019/2020) e apenas relativos a 3 dessas variedades (Celta, portuguesa; Claudio, italiana; Anvergur, francesa), que consideramos serem as representativas de cada um dos locais de origem (Tabela 1).

Foram observadas as seguintes datas da fenologia dos cereais praganos de outono-inverno: emergência, início do encanamento (espiga a 1 cm), espigamento, floração e maturação fisiológica. Avaliou-se, através das respetivas escalas, a acama e as doenças e pragas prevalentes. Determinaram-se as biomassas à floração e à maturação, calculou-se o índice de colheita (IC) e a percentagem de azoto na matéria seca, na floração, de forma a verificar possíveis carências ao nível desse macronutriente e/ou monitorizar e ajustar o seu doseamento. No final do ciclo, determinaram-se os componentes da produção, nomeadamente o número de espigas/m² e o número de espiguetas por espiga. Após a colheita, calculou-se o rendimento por talhão e por hectare (produção de grão), peso de mil grãos (PMG), massa do hectolitro, teor em proteína e em cinzas e a percentagem de vitreosidade do grão. Para uma fenotipagem “mais fina”, monitorizou-se o índice de área foliar (LAI), através de fotografias de elevada resolução, a senescência foliar através do NDVI (índice vegetativo de diferença normalizada) com um sensor ótico

(Greenseeker) e a cinética da evolução do enchimento do grão, utilizando o protocolo KI (Iodeto de Potássio), entre o emborrachamento e a maturação (Figura 1).

No ensaio de regadio, a monitorização da rega foi feita através da utilização de sensores de registo pontual (sondas *watermark*), de forma a garantir o conforto hídrico das plantas.

Clima mediterrânico

Está comprovado que, num cenário de alterações climáticas, os principais *stresses* provocados por fatores ambientais (*stresses* abióticos) são a seca e as altas temperaturas. Quanto à precipitação, é caracterizada por elevada irregularidade, quer na quantidade como na distribuição anual, como se pode observar no gráfico da figura 2, onde estão refletidas as precipitações totais, de primavera e inverno para um período de 67 anos, em Elvas.

Relativamente às temperaturas máximas, são frequentemente elevadas, constituindo um constrangimento para as plantas durante o período de formação e enchimento do grão, que, para este ambiente e cultura, coincide com os meses de abril e maio (Figura 3).

A forma como estes *stresses* condicionam a expressão do potencial genético de cada variedade é fundamental, ou seja, o conhecimento da interação genótipo × ambiente torna-

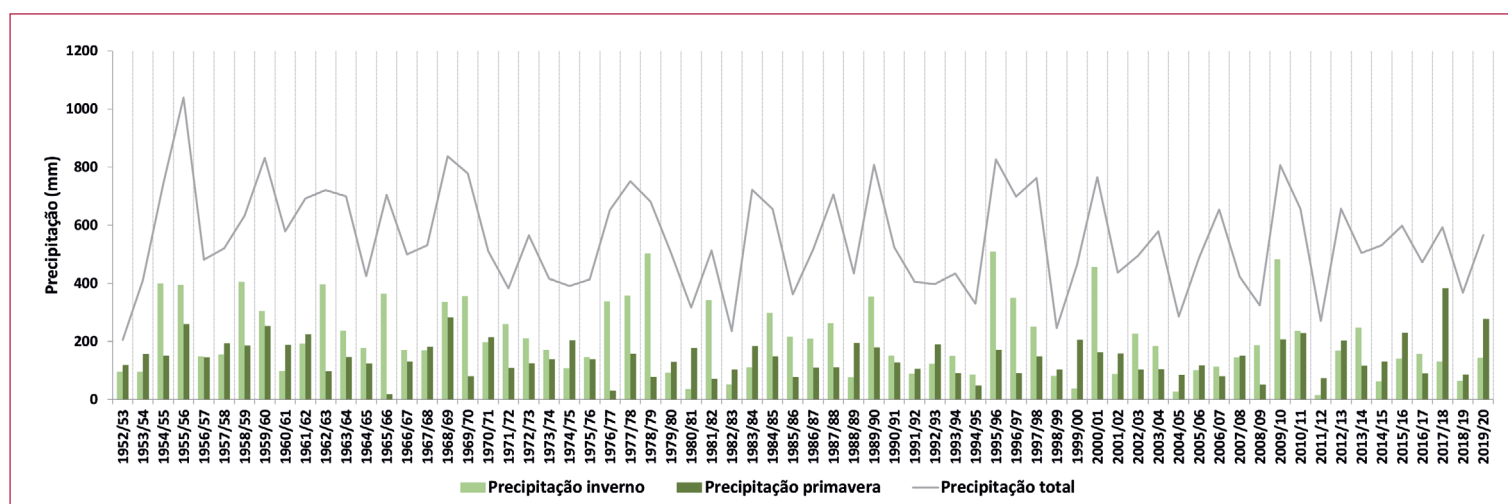


Figura 2 – Precipitação total (setembro–agosto), precipitação de inverno (dez, jan, fev) e precipitação de primavera (mar, abr, mai) para o período entre 1953 e 2020. Dados da Estação Meteorológica de Elvas (INIAV-Elvas)

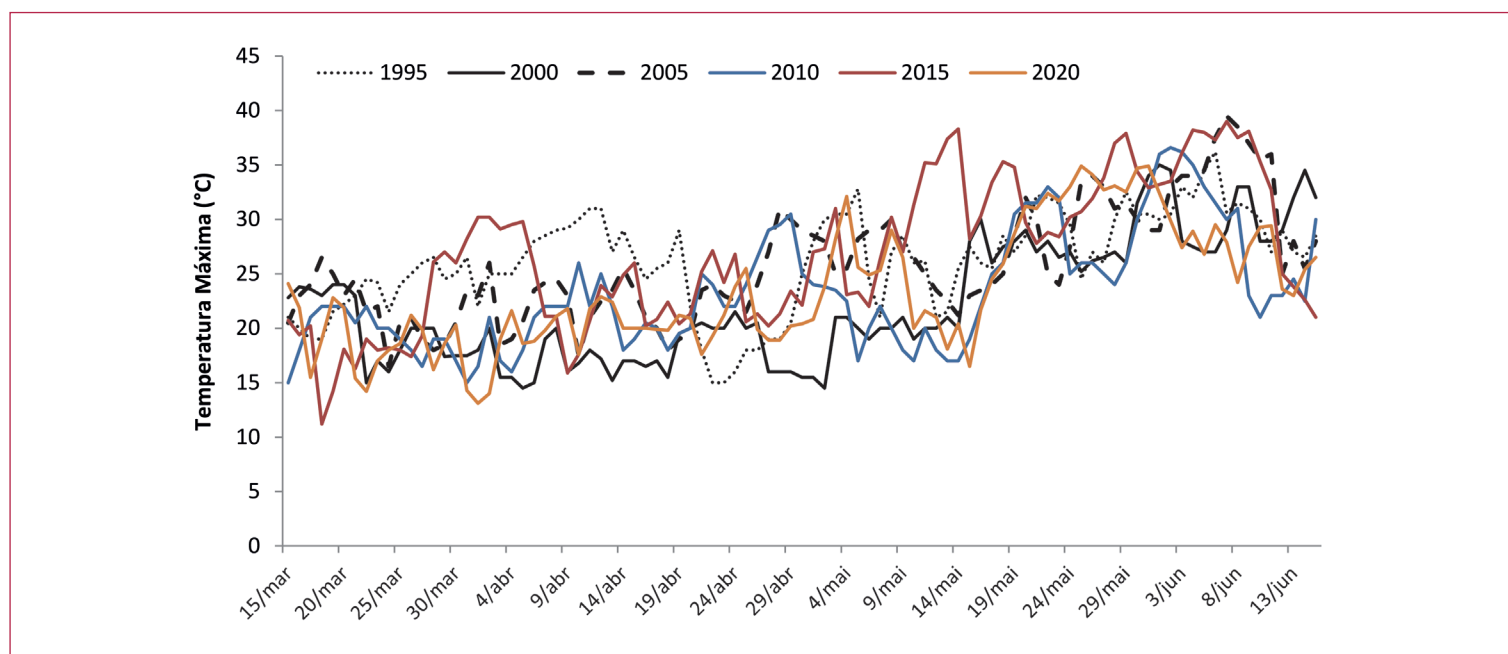


Figura 3 – Temperaturas máximas de 15 março a 15 junho. Dados da Estação Meteorológica de Elvas (INIAV-Elvas)

-se um aspeto preponderante para melhor compreender quais os parâmetros mais importantes para a adaptação, em termos de seleção e melhoramento.

Resultados

Na Tabela 1, mostram-se os resultados para alguns parâmetros de fenotipagem convencional obtidos em 6 anos de ensaios de campo em Elvas, em condições de sequeiro e regadio, em 3 variedades (Celta, Claudio e Anvergur). Para melhor compreensão da interação genótipo × ambiente mostram-se, na mesma tabela, a data de sementeira em cada ano, a precipitação total, a de inverno e a de primavera, a quantidade de água em regas suplementares, bem como o

número de dias com temperaturas iguais ou superiores a 25 °C durante os meses de abril e maio.

Tem-se verificado que o *stress* hídrico tem um impacto muito elevado no número de espigas, se ocorrer cedo durante o ciclo de desenvolvimento da cultura, e no peso do grão, se ocorrer mais tarde, na fase do enchimento do grão. Esta constatação vê-se refletida na Tabela 1, nos anos 2014/15 e 2018/19, em que, com precipitações de inverno baixas, a redução no número de espigas/m² foi cerca de 25% entre sequeiro e regadio. Já no ano 2016/17, com uma primavera seca, onde dos 89,2 mm, 61 ocorreram em março, fez com que o peso do grão fosse penalizado em cerca de 18%. Associado a este fator, o impacto do número de dias com tem-

TABELA 1 – RESULTADOS DO COMPORTAMENTO DAS VARIEDADES CELTA (PORTUGUESA), CLAUDIO (ITALIANA) E ANVERGUR (FRANCESA) DURANTE 6 ANOS DE AVALIAÇÃO NOS CAMPOS EXPERIMENTAIS DA ESTAÇÃO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS (INIAV-ELVAS)

2014/15												
Data sementeira: 3/12/2014		Prec. Total= 530,8 mm				Prec. Inverno = 61,9 mm		Prec. Primavera = 130,9 mm			Regas = 178,5 mm	
	Espigam. (data)		Mat. Fisiol. (data)		Prod. 12% (kg/ha)		Esp/m ²		PMG (g)		Mass. Hect. (kg/ha)	
	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R
Celta	31/mar	05/abr	23/mai	28/mai	8516	9599	286	410	45,13	51,03	78,60	81,92
Claudio	01/abr	06/abr	26/mai	30/mai	7566	7870	263	387	47,57	53,77	80,15	82,51
Anvergur	13/abr	15/abr	04/jun	03/jun	7616	7974	292	347	41,63	48,17	76,40	78,77
Média Geral Ensaio	01/abr	06/abr	27/mai	30/mai	7427	8304	277	379	45,65	52,19	78,93	81,33
Mínimo	30/mar	01/abr	23/mai	27/mai	5610	5712	174	302	34,04	41,05	76,44	77,68
Máximo	15/abr	17/abr	05/jun	04/jun	8450	10637	405	470	54,09	60,50	81,88	84,52
10 dias Tmax ≥ 25 °C (abril)						28 dias Tmax ≥ 25 °C (maio)						
2015/16												
Data sementeira: 01/12/2015		Prec. Total = 597,3 mm				Prec. Inverno = 140,4 mm		Prec. Primavera = 229,5 mm			Regas = 9,5 mm	
	Espigam. (data)		Mat. Fisiol. (data)		Prod. 12% (kg/ha)		Esp/m ²		PMG (g)		Mass. Hect. (kg/ha)	
	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R
Celta	01/abr	01/abr	03/jun	05/jun	9616	9674	341	407	53,73	56,40	81,92	85,11
Claudio	02/abr	02/abr	05/jun	07/jun	10110	9005	367	403	55,67	58,20	81,84	84,55
Anvergur	15/abr	18/abr	13/jun	14/jun	10648	9556	325	388	52,13	55,67	78,95	81,81
Média Geral Ensaio	07/abr	08/abr	10/jun	10/jun	9730	9101	362	388	53,75	56,49	80,93	83,52
Mínimo	31/mar	01/abr	03/jun	04/jun	7340	5323	262	300	48,60	51,10	78,85	81,09
Máximo	21/abr	22/abr	18/jun	19/jun	11175	11137	414	452	59,00	63,40	82,97	85,50
5 dias Tmax ≥ 25 °C (abril)						13 dias Tmax ≥ 25 °C (maio)						
2016/17												
Data sementeira: 10/01/2017		Prec. Total = 471,7 mm				Prec. Inverno = 156,9 mm		Prec. Primavera = 89,2 mm			Regas = 231 mm	
	Espigam. (data)		Mat. Fisiol. (data)		Prod. 12% (kg/ha)		Esp/m ²		PMG (g)		Mass. Hect. (kg/ha)	
	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R
Celta	13/abr	14/abr	24/mai	06/jun	2259	5753	215	356	29,10	41,40	78,25	80,12
Claudio	15/abr	16/abr	24/mai	09/jun	2873	8529	241	365	35,10	44,90	82,37	83,46
Anvergur	20/abr	23/abr	27/mai	09/jun	2054	6860	195	356	30,70	43,10	77,28	76,83
Média Geral Ensaio	18/abr	20/abr	25/mai	09/jun	2318	6430	208	328	35,05	42,66	80,03	79,39
Mínimo	11/abr	13/abr	22/mai	05/jun	1422	3842	142	274	29,10	33,50	74,80	72,63
Máximo	28/abr	04/mai	04/jun	13/jun	3980	9579	270	462	42,80	47,90	84,02	83,62
17 dias Tmax ≥ 25 °C (abril)						22 dias Tmax ≥ 25 °C (maio)						
2017/18												
Data sementeira: 05/12/2017		Prec. Total = 592,6 mm				Prec. Inverno = 130,9 mm		Prec. Primavera = 382,8 mm			Regas = 100 mm	
	Espigam. (data)		Mat. Fisiol. (data)		Prod. 12% (kg/ha)		Esp/m ²		PMG (g)		Mass. Hect. (kg/ha)	
	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R
Celta												
Claudio	07/abr	10/abr	11/jun	13/jun	9777	10573	533	571	56,33	55,77	83,26	82,65
Anvergur	20/abr	23/abr	16/jun	17/jun	10621	11327	509	534	48,57	51,17	80,82	79,74
Média Geral Ensaio	11/abr	14/abr	12/jun	15/jun	9801	10342	529	567	52,24	53,67	81,90	81,58
Mínimo	29/mar	01/abr	06/jun	06/jun	7718	8059	350	398	42,70	47,00	79,57	79,41
Máximo	22/abr	26/abr	18/jun	22/jun	11783	12684	750	726	58,60	58,90	84,18	83,54
6 dias Tmax ≥ 25 °C (abril)						17 dias Tmax ≥ 25 °C (maio)						
2018/19												
Data sementeira: 06/12/2018		Prec. Total = 367,6 mm				Prec. Inverno = 63,1 mm		Prec. Primavera = 85,7 mm			Regas = 268 mm	
	Espigam. (data)		Mat. Fisiol. (data)		Prod. 12% (kg/ha)		Esp/m ²		PMG (g)		Mass. Hect. (kg/ha)	
	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R
Celta	23/mar	01/abr	22/mai	24/mai	3514	5719	336	414	37,00	38,70	77,20	82,37
Claudio	31/mar	05/abr	21/mai	28/mai	3306	7623	337	485	42,03	42,97	82,73	83,10
Anvergur	06/abr	12/abr	24/mai	29/mai	2777	5794	324	428	34,37	37,17	75,93	79,00
Média Geral Ensaio	02/jun	06/abr	23/mai	28/mai	3870	7911	317	446	40,22	41,58	78,78	81,32
Mínimo	27/mar	28/mar	21/mai	24/mai	2450	5214	232	322	28,90	29,50	71,30	77,40
Máximo	14/abr	19/abr	29/mai	01/jun	5363	10973	422	600	50,40	48,60	83,90	84,90
5 dias Tmax ≥ 25 °C (abril)						24 dias Tmax ≥ 25 °C (maio)						
2019/20												
Data sementeira: 18/11/2019		Prec. Total = 564,8 mm				Prec. Inverno = 142,6 mm		Prec. Primavera = 277,6 mm			Regas = 50 mm	
	Espigam. (data)		Mat. Fisiol. (data)		Prod. 12% (kg/ha)		Esp/m ²		PMG (g)		Mass. Hect. (kg/ha)	
	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R
Celta	16/mar	16/mar	21/mai	21/mai	5200	5420	310	329	43,10	47,30	80,30	82,43
Claudio	17/mar	17/mar	22/mai	24/mai	6532	6009	290	363	47,10	53,20	83,23	84,63
Anvergur	03/abr	04/abr	01/jun	01/jun	8154	6676	317	359	46,10	48,04	78,83	80,53
Média Geral Ensaio	23/mar	23/mar	23/mai	23/mai	6197	5211	307	358	45,27	50,12	79,90	82,55
Mínimo	13/mar	12/mar	17/mai	17/mai	6217	2394	222	226	29,90	34,70	72,70	76,10
Máximo	14/abr	13/abr	03/jun	05/jun	9350	7202	428	580	55,30	59,10	84,80	85,40
1 dias Tmax ≥ 25 °C (abril)						20 dias Tmax ≥ 25 °C (maio)						

S=sequeiro; R=regadio. Espigam.=espigamento; Mat. Fisiol.=maturação fisiológica; Prod. 12%=Produção ajustada a 12% de humidade. Espi/m²=espigas por m²; PMG=peso de mil grãos; Mass Hect=massa do hectolitro (peso específico)

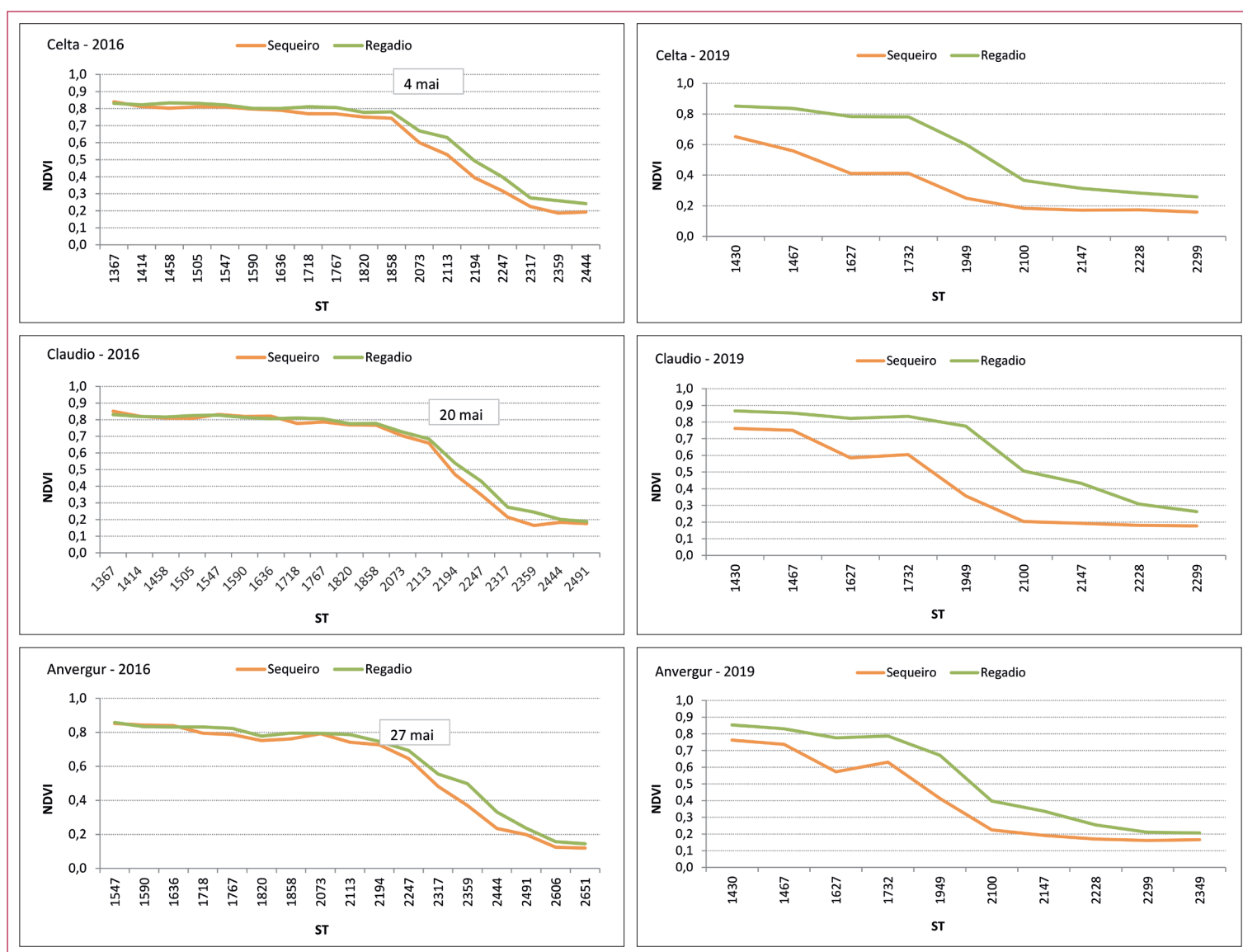


Figura 4 – Curva de senescência das variedades Celta, Claudio e Anvergur, em sequeiro e regadio, durante o ano de 2016 e 2019, realizada através de medições NDVI com um Greenseeker. ST = soma das temperaturas

peraturas elevadas durante o início do enchimento do grão mostrou uma maior penalização no ano 2016/17, onde em abril se registaram 17 dias com temperaturas $\geq 25^\circ\text{C}$. As altas temperaturas ao espigamento e floração podem causar esterilidade nas flores, tendo como consequência a penalização dos componentes que daí advêm. O peso do grão, ao ser o último componente do rendimento a ser formado, é ainda fortemente penalizado com as temperaturas elevadas durante os primeiros 20 dias de maio, como se pode verificar nos anos 2014/15, 2016/17 e 2018/19 para as variedades apresentadas.

Ao nível da fenologia, um dos aspetos mais importantes para a definição do ideotipo de planta é a data de espigamento enquadrada com uma data de sementeira adequada. Nos anos analisados, verifica-se que para os 3 tipos de germoplasma estudados (Celta e Claudio, variedades com genéti-

ca CIMMYT – ciclo primavera e Anvergur, genética francesa – ciclo alternativo), a data de sementeira ideal, para este padrão climático, situa-se entre o dia 1 e 10 de dezembro, para poderem espigar entre 1 e 15 de abril.

Da interpretação dos resultados da Tabela 1, podemos constatar que, dos 6 anos considerados, 2 tiveram sementeiras desajustadas. No ano 2016/17, só se conseguiu semear dia 10 de janeiro, provocando um atraso na data de espigamento das variedades com ciclo de primavera e, aliado ao facto de o ano ter tido uma primavera seca e um mês de abril com temperaturas máximas muito altas, provocou reduções significativas nos componentes do rendimento, com consequências marcantes na produção final, sobretudo em sequeiro.

No ano 2019/20, aconteceu a situação inversa, uma data de sementeira precoce (18 novembro), provocou uma an-

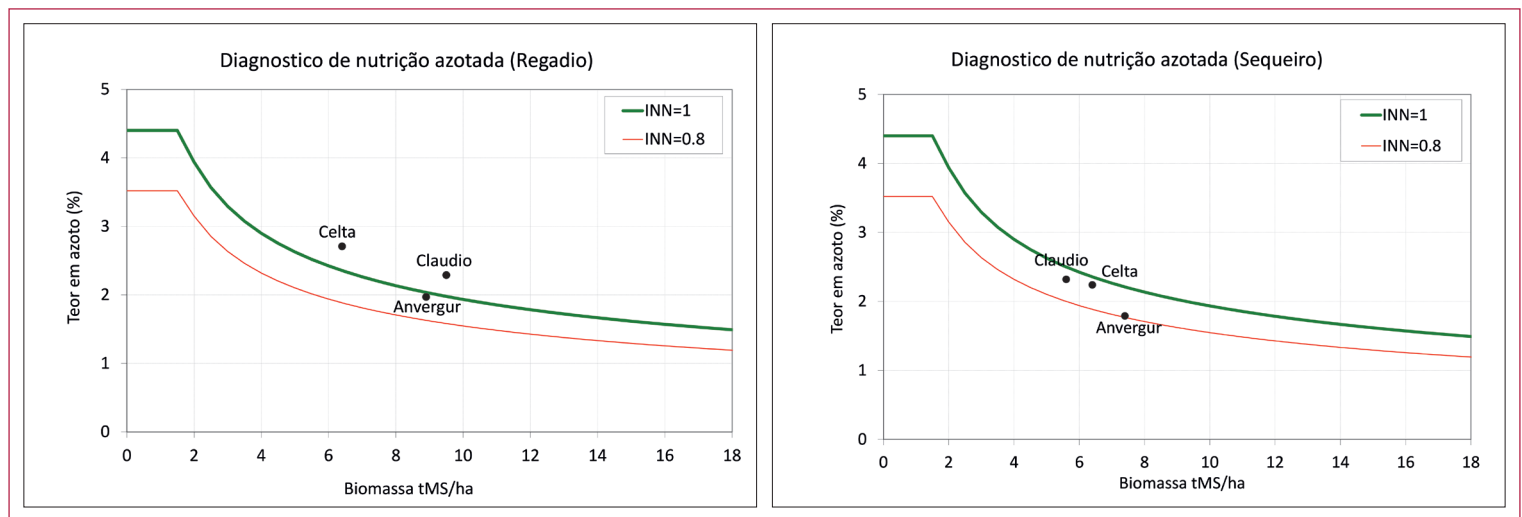


Figura 5 – Diagnóstico de nutrição azotada para as variedades Celta, Claudio e Anvergur, em regadio e sequeiro, no ano de 2017. Curva INN = 1, significa que a variedade está em conforto azotado, se $INN > 1$, excesso e $INN < 1$, carência. Abaixo da curva INN = 0,8, haverá comprometimento no rendimento final

tecipação na data de espigamento de todas as variedades. Este aspeto, associado a uma elevada precipitação de inverno e de primavera e temperaturas inverniais amenas, provocou uma elevada acumulação de biomassa à floração com consequências graves ao nível da acama (dados não apresentados).

Relativamente às técnicas de fenotipagem de alto débito, foi utilizado um sensor ótico (Greenseeker) para a determinação da curva da senescência foliar através do NDVI (índice vegetativo de diferença normalizada) para comparar, nas duas situações culturais, a manutenção e/ou prolongamento do verde das folhas – *stay green*. A figura 4 mostra a relação entre o *stay green* (através do NDVI) com o somatório das temperaturas acumuladas no período que decorreu entre o emborrachamento (com o talhão ainda completamente verde) e a maturação fisiológica (coincidindo com senescência total das folhas). No ano agrícola 2015/16, face às condições ambientais, verificou-se que a variedade Anvergur apresentou uma data de inflexão da curva da senescência mais tardia, comparativamente ao Celta (+23 dias) e ao Claudio (+7 dias), revelando uma maior capacidade de manter as folhas verdes que se refletiu num maior rendimento, principalmente em sequeiro, quando o *stress* térmico durante o enchimento do grão não foi muito acentuado (Tabela 1). Contrariamente, em 2018/19, onde as condições ambientais foram desfavoráveis, com pouca ocorrência de precipitação, quer total, quer nos períodos de inverno e de primavera, acrescido de *stress* térmico no período de enchimento do grão (24 dias com temperaturas máximas superiores a 25 °C em maio, comparativamente a 13 dias em maio de 2016), provocou uma resposta totalmente distinta das variedades

(Figura 4). Claudio foi a variedade que melhor respondeu ao nível da perda de senescência em regadio, com a data de inflexão mais tardia (10 maio), refletindo-se esse aspeto na mais alta produção final de grão (Tabela 1). Esta data de inflexão da senescência será assim um “prognóstico” fiável da *performance* dos trigos em condições de *stress* hídrico e térmico, a qual poderá ser utilizada pelos melhoradores no processo de seleção.

Através da colaboração com o instituto francês de investigação aplicada – Arvalis (Institut du Végétal), tem sido possível aplicar o modelo CHN (C: Carbono; H: Água; N: Azoto) para os trigos, nos ensaios realizados em Elvas, no qual se utilizam, nas equações de crescimento das plantas, parâmetros funcionais, não acessíveis por simples observação e que estão relacionados com o comportamento das variedades em ambientes *stressantes* (Costa *et al.*, 2019). Esta metodologia tem como base o comportamento varietal face aos parâmetros: biomassa à floração e final, índices de área foliar (LAI) e taxas fotossintéticas em situações de *stress versus* conforto hídrico. Este modelo atualmente não equaciona o *stress* térmico.

A biomassa à floração é considerada um parâmetro de referência estrutural que representa o potencial para a produção de fotoassimilados que se irão acumular posteriormente no grão. Nesta fase, é ainda possível associar, através de uma análise laboratorial, o teor em azoto existente na planta e fazer o respetivo diagnóstico nutricional.

No ano agrícola 2016/17 verifica-se que, em regadio, Celta, Anvergur e Claudio apresentavam um estado nutricional adequado e acumularam até à floração 6,4; 8,5 e 8,9 t MS/ha, respetivamente. Em sequeiro, denotavam uma

carência moderada, sendo as biomassas à floração inferiores (Claudio = 5,6 t MS/ha, Celta = 6,4 t MS/ha e Anvergur = 7,4 t MS/ha). Confrontando estes valores com os resultados da Tabela 1, observa-se que em regadio o rendimento final apresentou o mesmo comportamento que a biomassa à floração, com a variedade Claudio a ser a mais produtiva. Situação inversa ocorreu em sequeiro e para a variedade Anvergur. A falta de água na primavera, associada ao elevado número de dias com temperaturas acima dos 25 °C durante os meses de abril e maio, provocou a interrupção prematura do enchimento do grão (*haying off*), tendo provocado que a variedade com maior biomassa tivesse um menor rendimento final de grão (Tabela 1 e Figura 5).

Outro índice fundamental que sustenta o modelo CHN é a determinação do índice de área foliar (LAI). Neste estudo, utilizaram-se fotografias de elevada resolução para esse efeito. Através desta determinação, para cada variedade e face aos constrangimentos bióticos e abióticos desde o emborrachamento até à maturação fisiológica, monitoriza-se a capacidade fotossintética através da superfície foliar disponível. De acordo com Costa *et al.* (2019), os valores do LAI em situações de *stress* hídrico precoce (ao encanamento) mostram que as variedades Celta e Anvergur mantêm o crescimento foliar quase na sua totalidade e Claudio trava totalmente o desenvolvimento de novas folhas. Se as condições hídricas se tornarem favoráveis na primavera, Claudio irá beneficiar pouco do retorno destas condições (pois sofreu uma perda acentuada de área foliar). No entanto, Celta e Anvergur são capazes de fazer compensação, mantendo o crescimento foliar.

Nota final

Com base na experiência de 9 anos de ensaios colaborativos e de fenotipagem de um vasto número de germoplasma de trigo-duro, com diferentes bases genéticas e proveniências, já foi possível definir alguns parâmetros importantes num ideotipo de planta adaptada a um ambiente mediterrânico, onde os constrangimentos climáticos (seca e temperaturas elevadas) são cada vez mais frequentes. Entre eles, podemos salientar que:

- A sementeira deverá ocorrer entre a 2.^a quinzena de novembro e a 1.^a de dezembro, para permitir um bom desenvolvimento das variedades, tanto com hábito de crescimento de primavera como alternativo;
- O espigamento deverá acontecer 15 dias à volta do dia 1 de abril, de forma a evitar a esterilidade terminal da espiga provocada pelas geadas tardias e/ou escapar às subidas bruscas da temperatura máxima na primavera;

- O número de espigas/m², em condições consideradas ótimas de desenvolvimento vegetativo, deverá situar-se entre 400 e 550;
- A massa do hectolitro, parâmetro de qualidade tecnológica e valorização comercial, deverá situar-se entre os 80 e 82 kg/hl. Este parâmetro também reflete e/ou poderá ser indicador da adaptação de uma variedade a um determinado ambiente.

A aquisição de dados que têm vindo a ser realizadas por este tipo de fenotipagem em Elvas, num ambiente mediterrânico difícil, como é o das nossas regiões produtoras de cereais, tem contribuído de forma relevante para um ajuste mais fino dos modelos de desenvolvimento do trigo (por variedade), possibilitando que se caminhe para uma maior e mais eficiente compreensão das variáveis mais diretamente implicadas na *performance* agronómica dos trigos resistentes aos *stresses* hídricos e térmicos.

Paralelamente, o Programa de Melhoramento Genético do INIAV-Elvas tem vindo a introduzir este conhecimento na definição dos planos de hibridações anuais. Exemplo disto são os genótipos de trigo-duro que tem em fases avançadas de seleção e melhoramento, resultantes de hibridações realizadas com Claudio, Celta e Anvergur. 🌾

Bibliografia

Costa, R.; Gomes, C.; Pinheiro, N.; Almeida, A.S.; Bagulho, A.S.; Coutinho, J.; Coco, J.; Costa, A.; Moreira, J.; Maças, B.; Jézéquel, S. (2019). Adaptabilidade de trigo em contexto de alterações climáticas. *Vida Rural*, N° 1843, Ano 66, dez 2018/jan 2019, 40-41.