

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



Dissertação

**Caráter *stay-green*: contribuições para a remoção do platô
de produtividade e incremento na estabilidade de
genótipos de trigo.**

Henrique de Souza Luche

Pelotas, 2011

Henrique de Souza Luche

Caráter *stay-green*: contribuições para a remoção do platô de produtividade e incremento na estabilidade de genótipos de trigo.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (área de conhecimento: Fitomelhoramento).

Orientador: Antonio Costa de Oliveira, PhD.

Co-orientadores: José Antônio Gonzales da Silva, Dr.

Luciano Carlos da Maia, Dr.

Pelotas, 2011

Catálogo na publicação:
Maria Fernanda Monte Borges
CRB10/1011

L936c Luche, Henrique de Souza

Caráter stay-green : contribuições para a remoção do platô de produtividade e incremento na estabilidade de genótipos de trigo / Henrique de Souza Luche ; orientador : Antonio Costa de Oliveira ; co-orientadores : José Antonio Gonzalez da Silva, Luciano Carlos da Maia. - Pelotas, 2011.
93 f.

Dissertação (Mestrado em Fitomelhoramento). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas.

1. Trigo 2. Triticum aestivum 3. Senescência retardada 4. Híbridos 5. Adaptabilidade 6. Estabilidade 7. Análise de trilha I. Oliveira, Antonio Costa de (orient.) II. Silva, José Antonio Gonzalez da (co-orient.) III. Maia, Luciano Carlos da (co-orient.) IV. Título.

CDD 633.11

Banca examinadora:

Adriana Pires Soares Bresolin, Dra. – Dep. de Fitotecnia, FAEM/UFPeI

Antonio Costa de Oliveira, PhD. – Dep. de Fitotecnia, FAEM/UFPeI

Fernando Irajá Félix de Carvalho, PhD. – Dep. de Fitotecnia, FAEM/UFPeI

José Antonio Gonzalez da Silva, Dr. – Dep. de Estudos Agrários, DEAG/UNIJUI

Dedico a conclusão dessa importante etapa à minha família:

Aos meus pais, João Thomaz e Mari Loiva, por sua dedicação e afeto, sem os quais não teria iniciado essa minha trajetória;

Ao meu irmão, Rafael, pelo exemplo e incentivo nas horas de dúvida, sendo sempre meu mentor e melhor conselheiro em minhas decisões;

À minha esposa Jackeline, pelo amor e apoio, dando o suporte necessário para superar as principais adversidades durante essa trajetória.

Dedico

Agradecimentos

Agradeço a todos que, por diferentes formas, contribuíram para a conclusão dessa etapa:

Ao professor Antonio, por aceitar a minha orientação e desde então acompanhar com zelo o meu crescimento acadêmico e profissional, indicando os melhores caminhos nessa minha atual caminhada.

Ao professor Luciano, por aceitar a minha co-orientação e pela atuação no acompanhamento de minhas atividades, auxiliando na qualidade dos meus trabalho e projetos.

Ao professor José, pela co-orientação e pelo grande apoio dado na condução e conclusão do mestrado, recebendo-me sempre com grande carinho e hospitalidade em sua casa nas visitas à Ijuí.

Aos meu grandes amigos do Centro de Genômica e Fitomellhoramento, tanto aqueles que hoje estão presentes como aqueles que já se foram, pelo apoio e conforto dados em momentos difíceis, e pelas alegrias e risadas geradas nos momentos de alegria.

Aos meus amigos da faculdade e de vida inteira, Rafael, Jardel e Daniel, pela presença em grande parte das etapas começadas e concluídas de minha vida, sempre dando apoio e torcendo pela minha vitória.

Aos contribuintes e ao ensino público, sem os quais não teria acesso ao conhecimento e título que hoje me candidato, esperando que possa um dia retribuir atuando de maneira ética e eficiente no exercício de minha profissão.

**“um povo que não produz seu próprio pão não
pode se dizer independente”**

Getúlio Dornelles Vargas
ex-presidente brasileiro

Resumo

LUCHE, Henrique de Souza. **Caráter *stay-green*: contribuições para a remoção do platô de produtividade e incremento na estabilidade de genótipos de trigo.** 2011, 93f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS.

O entendimento dos processos fisiológicos associados à produção e adaptação em condições de estresse, assim como a aplicação desse conhecimento via programas de melhoramento, têm sido apontado como elementos chaves para a expansão da produção de alimentos no mundo. Dentre os mecanismos fisiológicos amplamente discutidos na literatura, o caráter *stay-green* tem se destacado por atribuir à seus portadores bom desempenho quanto a rendimento de grãos, principalmente em condições de ambiente restritivas, como secas, ocorrência de elevadas temperaturas durante o ciclo e locais com elevada incidência de determinado fitopatógeno. Portanto, o presente estudo teve como objetivo avaliar os reflexos do retardamento da senescência, *stay-green*, no rendimento de grãos e na estabilidade fenotípica desse caráter em linhagens trigo hexaplóide. O experimento foi conduzido nos períodos de estação fria dos anos de 2003, 2004 e 2005, no campo experimental do Centro de Genômica e Fitomelhoramento (FAEM/UFPel), situado no município do Capão do Leão/RS, Brasil. O delineamento empregado foi de blocos ao acaso com três repetições, com uma unidade de observação de 1,8 m². Foram avaliados 34 genótipos de trigo, sendo eles, 17 linhagens com senescência sincronizada, 15 constituições genéticas portadoras do caráter *stay-green* e duas cultivares elite testemunhas (CD 177 e CEP 27). Observando o comportamento do rendimento de grãos demonstrado pelas linhagens *stay-green* e sincronizadas ao longo dos três anos de avaliação, é possível estabelecer uma associação da presença do caráter com elevado rendimento de grãos, principalmente em condições de estresse abiótico, como ocorrido no ano de 2005. Analisando os parâmetros de estabilidade fenotípica, os dados corroboram a idéia de que o

emprego do caráter *stay-green* colabora para a redução do efeito da variação de ambiente na variação fenotípica total do genótipo para os caracteres de interesse. Além disso, foram demonstradas diferenças bem marcantes quanto ao grau e direção de associação entre os caracteres de genótipo com senescência retardada e normal, devendo dar atenção na escolha dos critério para a seleção na condução de populações segregantes. Portanto, o emprego do caráter *stay-green* contribui positivamente para o rendimento de grãos e estabilidade fenotípica dessa variável em linhagens de trigo hexaplóide.

Palavras-chave: *Triticum aestivum*, senescência retardada, hibridações, adaptabilidade e estabilidade, análise de trilha.

Abstract

LUCHE, Henrique de Souza. ***Stay-green* character: contributions to the removal of the plateau of productivity and increase the stability of wheat genotypes.** 2011, 93f. Dissertation (Master of Science) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS.

The understanding of the physiological processes associated with yield and adaptation to stress conditions, as well as the application of this knowledge through breeding programs, have been appointed as key elements for the expansion of food production in the world. Among the physiological mechanisms widely discussed in the literature, the *stay-green* character has stood out for their carriers to give good performance as the yield, especially in restrictive environmental conditions such as drought, high temperatures occurring during the cycle and places with high incidence of certain plant pathogens. Therefore, this study aims to evaluate the consequences of delaying senescence, *stay-green*, in grain yield and phenotypic stability of this character in hexaploid wheat lines. The experiment was conducted in the winter season of the years 2003, 2004 and 2005 in the experimental field of the Plant Genomics and Breeding Center (FAEM / UFPel) located in the municipality of Capão do Leão. The experimental design was randomized blocks with three replicates with an observation unit of 1.8 m². We evaluated 34 genotypes of wheat and 17 lines with them synchronized senescence, 15 the genetic constitutions bearing the *stay-green* character and two control elite cultivars (CD 177 and CEP 27). Observing the yield performance of *stay-green* and synchronized over the three years of evaluation, it is possible to establish an association among the presence of character with high yield, especially under conditions of abiotic stress factors, such as occurred in the year 2005. Analyzing the phenotypic stability parameters, the data corroborate the idea that the use of *stay-green* character contributes to reducing the environmental effect of the variation in the total phenotypic variation of the genotype for the traits of interest. Moreover, striking differences were seen in the degree and direction of

association among the characters of genotype with normal and delayed senescence, suggesting that the choice of the selection criteria for conducting the segregating populations is very important. Therefore, the use of character *stay-green* contributes positively to grain yield and phenotypic stability of this variable in hexaploid wheat lines.

Keywords: *Triticum aestivum*, non-senescence, heritability, hybridizations, adaptability and stability, path analysis.

Lista de Figuras

Capítulo 1. Caráter *stay-green* e suas contribuições no melhoramento genético em trigo

Figura 1.1 - Gráficos demonstrando o conteúdo de clorofila e a capacidade fotossintética ao longo do ciclo da cultura, comparando as cinco formas de *stay-green* com a senescência normal de um genótipo.....23

Capítulo 3. Caráter *stay-green* e seus reflexos sobre os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade em trigo

Figura 3.1 - Representação gráfica da precipitação pluviométrica (mm) para o período entre os meses de junho a dezembro nos anos de 2003, 2004 e 2005, além da precipitação normal para o mês e em destaque o período mais sensível da cultura ao estresse hídrico.....52

Lista de Tabelas

Capítulo 2. Desempenho *per se* e parâmetros genéticos em linhagens de trigo no direcionamento da permanência verde da planta

Tabela 2.1 - Resumo da análise de variância e valores médios no rendimento de grãos (RG) e massa de mil grãos (MMG) em linhagens de trigo com e sem a presença do caráter *stay-green* nos anos de 2003, 2004 e 2005. FAEM/UFPeI, 2011.....36

Tabela 2.2 - Resumo da análise de variância e valores médios no número de afixhos férteis por metro linear (NAF) e número de grãos da espiga (NGE) em linhagens de trigo com e sem a presença do caráter *stay-green* nos anos de 2003, 2004 e 2005. FAEM/UFPeI, 2011.....39

Tabela 2.3 - Parâmetros genéticos estimados a partir dos quadrados médios de populações fixas de trigo com e sem a presença do caráter *stay-green*, sendo essas conduzidas nos anos de 2003, 2004 e 2005, no município do Capão do Leão. FAEM/UFPeI, 2011.....41

Capítulo 3. Caráter *stay-green* e seus reflexos sobre os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade em trigo

Tabela 3.1 – Desempenho médio e parâmetro de estabilidade através do Método Tradicional (EQM) de linhagens de trigo direcionadas permanência verde para o rendimento de grãos (RG, em kg ha⁻¹) nas safras de 2003, 2004 e 2005 no município de Capão de Leão. FAEM/UFPeI, 2011.....51

Tabela 3.2 – Desempenho médio e parâmetro de estabilidade através do Método Tradicional de linhagens de trigo direcionadas permanência verde para a massa de mil grãos (MMG, em g) nas safras de 2003, 2004 e 2005 no município de Capão de Leão. FAEM/UFPeI, 2011.....53

Tabela 3.3 - Valores médios (b_0), parâmetros de adaptabilidade (b_1) e estabilidade (S^2d) no rendimento de grãos (RG, em kg ha^{-1}) e massa de mil grãos (MMG, em g) de linhagens de trigo com e sem presença do caráter *stay-green*. FAEM/UFPeI, 2011.....56

Capítulo 4. Caráter *stay-green* e o direcionamento de hibridações em trigo na permanência verde da planta

Tabela 4.1 – Resumo da análise de variância dos efeitos principais e de interação em trigo e teste de médias por Scott-Knott no efeito geral de anos de avaliação. FAEM/UFPeI, 2011.....65

Tabela 4.2 – Agrupamentos de linhagens *stay-green* (SG), sincronizado (SZ) e cultivares de elite de trigo, realizados pelo método de Tocher, com base na distância generalizada de Mahalanobis (D^2). FAEM/UFPeI, 2011.....68

Tabela 4.3 – Resumo da análise de contribuição relativa dos caracteres para dissimilaridade genética de linhagens de trigo com a presença do caráter *stay-green* (SG) e com senescência sincronizada (SZ), segundo método proposto por Singh (1981). FAEM/UFPeI, 2011.....70

Capítulo 5. Implicações do caráter *stay-green* nas associações entre caracteres de interesse agrônômico em trigo

Tabela 5.1 – Coeficientes de correlação de Pearson estimados a partir de três anos de avaliações em linhagens de trigo com e sem a presença do caráter *stay-green*. FAEM/UFPeI, 2011.....80

Tabela 5.2 - Estimativa dos efeitos diretos e indiretos dos coeficientes de trilha através de correlações fenotípicas sobre o caráter rendimento de grãos (RG) como variável dependente principal e os caracteres componentes da produção como variáveis independentes explicativas em 32 genótipos de trigo. FAEM/UFPeI, 2011.....83

Tabela 5.3 - Estimativa dos efeitos diretos e indiretos dos coeficientes de trilha através de correlações fenotípicas sobre o caráter rendimento de grãos (RG) como variável dependente principal e os caracteres componentes da produção como variáveis independentes explicativas em 32 genótipos de trigo. FAEM/UFPeI, 2011. (continuação da tab 5.2).....85

Sumário

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	9
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABELAS	12
INTRODUÇÃO GERAL.....	17
CAPÍTULO 1	20
1.1 INTRODUÇÃO	21
1.2 CARÁTER <i>STAY-GREEN</i>	21
1.3 A FISIOLOGIA DO CARÁTER DE <i>STAY-GREEN</i>	24
1.4 A GENÉTICA DO CARÁTER DE <i>STAY-GREEN</i>	25
1.5 CONTRIBUIÇÕES DO CARÁTER <i>STAY-GREEN</i> PARA A ADAPTAÇÃO À CONDIÇÕES DE ESTRESSE.....	26
1.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
1.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
CAPÍTULO 2	31
2.1 INTRODUÇÃO	32
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
2.4 CONCLUSÕES	43
2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
CAPÍTULO 3	46
3.1 INTRODUÇÃO	47
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	49
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
3.4 CONCLUSÕES.....	58
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
CAPÍTULO 4.....	61
4.1 INTRODUÇÃO	62
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	64

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
4.4 CONCLUSÕES	72
4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
CAPÍTULO 5	75
5.1 INTRODUÇÃO	76
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	77
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	78
5.4 CONCLUSÕES	86
5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
DISCUSSÃO GERAL.....	88
CONCLUSÕES GERAIS	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91

Introdução geral

O trigo ocupou um papel de grande importância no processo de desenvolvimento da agricultura, sendo a base alimentar das primeiras grandes civilizações da história antiga. Segundo Dubcovsky e Dvorak (2007), a transição do hábito caçador e coletor para a produção agrícola, fato essencial para o desenvolvimento das primeiras sociedades humanas, foi marcada pelo cultivo de três principais espécies: cevada, *eikorn* (*Triticum monococcum* L.) e *emmer* (*Triticum turgidum* L.).

Na literatura, tem-se que a origem do trigo hexaplóide encontra-se numa região situada ao norte do Irã, na intersecção das áreas de distribuição das espécies *T. turgidum* (AABB) e *Aegilops tauschii* C. (DD). Quando povos oriundos da região do oriente próximo e estabeleceram na região norte do Irã, trazendo consigo o cultivo do trigo *emmer* (*T. turgidum*), cultivaram esse juntamente com a espécie selvagem e melhor adaptada presente nos campo daquela região, *A. tauschii*. Por um fenômeno de anfipoliploidia, ocorreu a hibridação intergenérica entre as duas espécies resultando no poliploide *Triticum aestivum* L. (MATSOUAKA, 2011). A introdução do genoma D do *A. tauschii*, espécie oriunda da Ásia Central, na forma tetraploide vinda da região leste do Oriente Próximo, adaptado a invernos temperados e verões chuvosos, contribuiu para adaptação dos trigos hexaplóides nas regiões continentais, com ambiente característico de regiões áridas (PIANA & CARVALHO, 2008; DUBCOVSKY & DVORAK, 2007; MATSOUAKA, 2011). Dessa forma, o *T. aestivum* apresentou melhor adaptação as condições climáticas continentais e com os efeitos benéficos da poliploidização foi selecionado de maneira massal pelos agricultores primitivos, sendo domesticado e tendo seu cultivo espalhado pela região da Transcaucásia e Ásia Central (FELDMAN, 1984).

Na atualidade, o trigo é o segundo cereal mais produzido no mundo (685,61 milhões de toneladas em 2009), sendo a China o maior produtor e consumidor desse cereal, produzindo e consumindo respectivamente 115,12 e 90,14 milhões de

toneladas (FAOSTAT, 2011). Além da China, o trigo ainda apresenta grande importância na alimentação da população de países como Índia, Estados Unidos, Rússia, Paquistão, Turquia e entre outros países, principalmente aqueles pertencentes ao Oriente Médio e Eurásia, onde a cultura do cereal está fundida à formação dos povos dessas regiões.

O Brasil se enquadra nesse contexto como o décimo maior consumidor desse cereal, 10,16 milhões de toneladas anuais, todavia a produção nacional corresponde à aproximadamente metade do consumo, sendo necessária a importação a fim de suprir a demanda interna.

Segundo CONAB (2011), é prevista uma produção de 5,13 milhões de toneladas na safra de 2011, 12,8% menor que na safra anterior, sendo reflexo da redução na área cultivada com o cereal e a expectativa de menor rendimento médio nacional de grãos, principalmente devido a problemas climáticos incididos no desenvolvimento da cultura, como geadas e intensas chuvas.

A triticultura brasileira, apesar da grande demanda interna existente para produto, não apresenta sinais de expansão, principalmente pela baixa atratividade econômica da cultura (BRUM; MÜLLER, 2008). Essa baixa atratividade faz com que outros cultivos tomem espaço do trigo nas principais zonas produtora, como no Paraná, onde ocorreu considerável redução na área semeada com esse cereal no ano de 2011, devido a forte competição como cultivo do milho safrinha (CONAB, 2011).

A fim de resolver os problemas de abastecimento com esse cereal, aumentando a atratividade de seu cultivo, o setor de pesquisa tem desenvolvido cultivares com grande potencial produtivo associado com elevada estabilidade de produção, tornando o negócio do trigo mais lucrativo e com menor risco de perdas ao produtor. Dentre as estratégias adotadas no melhoramento genético para aumentar a produtividade de constituições genéticas associando a maior estabilidade frente a condições de ambiente restritivas à produção, o emprego do caráter *stay-green* vem sendo relatado por um grande número autores e em diversas espécies, obtendo resultados significativos (THOMAS; HOWARTH, 2000; JOSH et al., 2007; AHLAWAT et al., 2008; COSTA et al., 2008; SILVA et al., 2008; KASSAHUN et al., 2010; KUMAR et al., 2010).

O presente estudo tem como objetivo avaliar os reflexos do retardamento da senescência, pela expressão do caráter *stay-green*, em trigo e seus reflexos no rendimento de grãos e na estabilidade fenotípica desta espécie. Os objetivos específicos são: (1) elucidar aspectos relacionados ao caráter *stay-green*, bem como seus mecanismos fisiológicos, genéticos e suas contribuições na melhoria do desempenho no trigo; (2) determinar o desempenho *per se* de genótipos de trigo em caracteres diretamente ligados ao rendimento de grãos quando direcionados a maior ou menor permanência verde de planta próximo a maturidade fisiológica pela expressão do caráter *stay-green*. Assim, determinar o desempenho dos diferentes genótipos com ausência e presença do caráter nos componentes de produção a partir da maior e menor contribuição dos efeitos genéticos e ambientais pela estimativa da herdabilidade; (3) elucidar se a maior permanência verde da planta pela contribuição do caráter *stay-green* traz contribuições efetivas frente aos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade no rendimento e massa de mil grãos quando em comparação aos de comportamento sincronizado em diferentes anos de avaliação; (4) analisar linhagens *stay-green* e sincronizadas, juntamente com cultivares elite de trigo, quanto ao desempenho *per se* e dissimilaridade genética, a fim de apontar possíveis genitores na obtenção de populações segregantes superiores para rendimento de grãos e estabilidade produtiva; (5) avaliar a influência do caráter *stay-green* no grau e direção das associações entre o rendimento de grãos e demais caracteres ligados a espiga, bem como nos efeitos diretos e indiretos envolvendo estes componentes de produção.

Capítulo 1

Caráter *stay-green* e suas contribuições no melhoramento genético em trigo (Revisão Bibliográfica)

1.1 Introdução

O melhoramento genético obteve grandes avanços em diversas culturas, suprimindo a crescente população humana com alimentos produzidos por cultivares cada vez mais produtivas. Todavia, tendo em vista um novo contexto, onde são somados crescente demanda por alimentos, biocombustíveis, mudanças climáticas e a preocupação com o ônus ecológico, o melhoramento está se remodelando, investindo não somente nos critérios tradicionais, como produtividade e bom desempenho para caracteres de interesse agrônomo, mas também na seleção de genótipos com maior eficiência produtiva, através dos conhecimento da fisiologia da produção e da adaptação à estresses (ARAUS et al., 2008).

Na busca por genótipos com maior eficiência produtiva, a característica de senescência retardada, também conhecida como *stay-green*, tem se destacado como uma importante ferramenta na obtenção de elevados rendimentos, associado à adaptação em condições de estresse tanto biótico como abiótico, além de aspectos associados a qualidade (SILVA et al., 2008). Com esta revisão bibliográfica, é pretendido elucidar aspectos relacionados ao caráter *stay-green*, bem como seus mecanismos fisiológicos, genéticos e suas contribuições na melhoria do desempenho em trigo.

1.2 Caráter *stay-green*

Stay-green é o termo empregado a uma variante em que a senescência é atrasada em comparação com um genótipo de referência padrão, também conhecido como sincronizado (JOSH et al., 2007; THOMAS; HOWARTH, 2000). Para Silva et al. (2008), o caráter *stay-green* é conceituado como a maior permanência verde da planta no período final de enchimento de grãos, estabelecendo uma senescência que se inicia de cima para baixo, sendo as folhas

e o colmo as últimas estruturas a perder a habilidade fotossintética, proporcionando maior produção de fotoassimilados.

A permanência da atividade fotossintética dos tecidos próximo a maturação fisiológica permite o incremento da taxa de enchimento de grão, causando incremento na massa média de grãos (SILVA et al., 2005), podendo influenciar outros componentes diretos do rendimento, como o número de afixos férteis e número de grãos por espiga (AHLAWAT, 2008). Silva et al. (2003) avaliando a taxa de enchimento de grãos e duração dessa etapa em linhagens *stay-green* e sincronizadas, observaram que o caráter permitiu um maior acúmulo de matéria seca nos grãos principalmente num período mais próximo à maturidade fisiológica. Também foi notado que a fase de enchimento de grãos teve seu tempo prolongado com a presença da maior permanência verde de planta.

Com base no incremento do enchimento de grãos e entre outros componentes do rendimento, é admitido que o emprego do caráter pode resultar no aumento significativo da produtividade das constituições genéticas nas quais foi introduzido. Segundo Parry et al. (2011), o incremento de produção tem grandes perspectivas através do aumento da eficiência e da capacidade fotossintética das plantas, sendo o caráter *stay-green* uma importante ferramenta, através da preservação do aparato fotossintético na fase de enchimento de grãos.

Afora as contribuições do caráter *stay-green* para o incremento do rendimento de grãos, ainda são mais freqüentes na literatura as observações quanto ao efeito da permanência verde na tolerância de genótipos à condições de estresse abióticos e bióticos. Câmara et al. (2007), analisando duas populações de milho oriundas de dois cruzamentos de linhagens contrastantes, observaram que associação entre RG e a permanência verde foi mais evidente em ambientes com estresse hídrico. Kumari et al. (2006), avaliando 936 linhagens de trigo, notaram associação significativa da tolerância ao estresses por altas temperaturas e o caráter *stay-green*, sendo esse último recomendado como critério de seleção para tolerância ao calor. Rosenow (1983) discorreu sobre a associação da permanência verde de planta à resistência ao complexo podridão do colmo em sorgo no estado do Texas - EUA, além de enfatizar os progressos que podem ser obtidos quanto à resistência a essa moléstia com a seleção de genótipos portadores do caráter *stay-green*. Para algumas culturas, como o trigo, não basta apenas obter elevado

rendimento de grãos, havendo ainda a necessidade de que os grãos possuam alguns atributos químicos, físicos e/ou industriais. Para o trigo, a qualidade de panificação é essencial para a comercialização, sendo essa determinada pelo balanço entre determinadas proteínas (gluteninas e gliadinas). Silva et al. (2004) encontraram em seus estudos uma forte associação entre o caráter *stay-green* e o teor de gluteninas no grão de trigo ($r = 0,87$), sendo possível o emprego de seleção indireta para qualidade industrial através da característica de maior permanência verde de planta.

Segundo Thomas e Howarth (2000) existem cinco tipos distintos de comportamento de plantas *stay-green* (Fig. 1.1), onde os processos fisiológicos e modificações genéticas são distintos para cada forma, também é consenso que na prática essas formas podem ocorrer de maneira combinada, aliando dois ou mais tipos de plantas *stay-green*. A primeira forma, tipo A, ocorre quando as folhas e colmos mantêm sua área fotossintética ativa por um período de tempo maior, ocorrendo um atraso na senescência da planta. Para o tipo B, a senescência ocorre no período normal de desenvolvimento da planta, mas ela ocorre relativamente mais devagar. O tipo C, também conhecido como “*stay-green* cosmético”, onde há um acúmulo de pigmentos na superfície de folhas e colmos, dando a impressão de que há uma redução da senescência, mas a taxa de degradação de proteínas e clorofila ocorre normalmente abaixo da superfície verde. O tipo D é aquele recorrente nos herbários e no congelamento de hortaliças, onde é mantida a cor verde com a morte da folha via congelamento, fervura ou secagem. A quinta forma de *stay-green*, tipo E, é descrita como um maior conteúdo de clorofila nos tecidos fotossintéticos, e esta maior concentração resulta num atraso no amarelecimento das folhas e colmos (semelhante ao tipo A) e manutenção da cor verde dos tecidos, mesmo com a redução da capacidade de fixação de gás carbônico (semelhante ao tipo C).

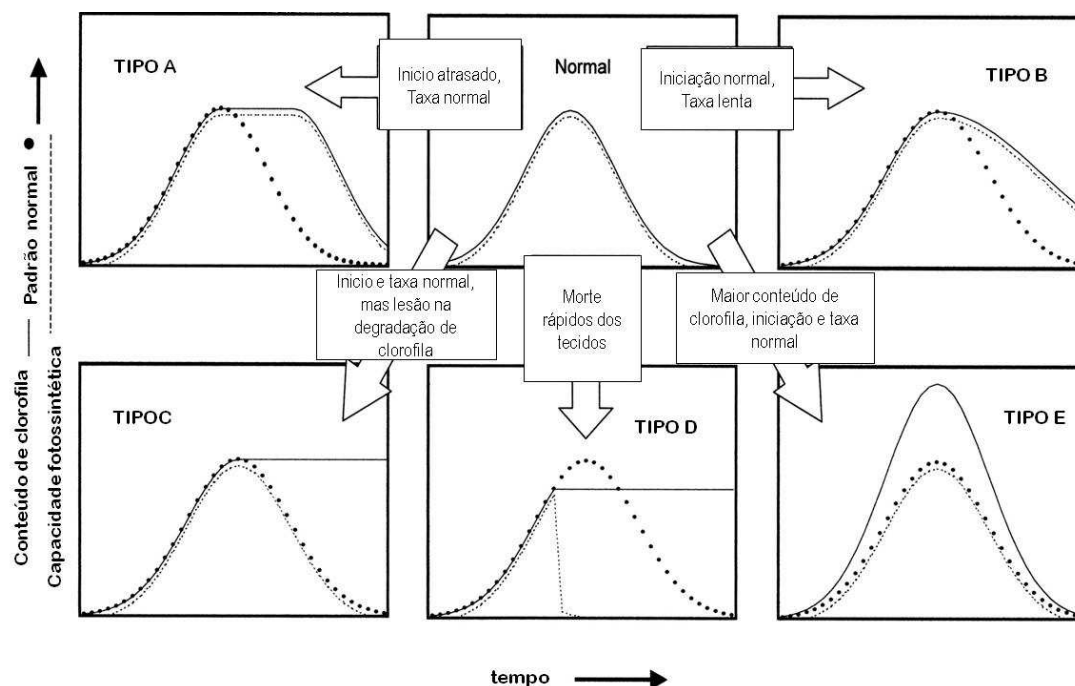


Fig 1.1 – Gráficos demonstrando o conteúdo de clorofila e a capacidade fotossintética ao longo do ciclo da cultura, comparando as cinco formas de *stay-green* com a senescência normal de um genótipo.

Fonte: adaptado de Thomas e Howarth (2000)

1.3 A fisiologia do caráter de *stay-green*

A senescência é um processo fisiológico em que há uma mobilização de nutrientes, reservas e citocininas para os frutos e sementes, sendo que essa translocação leva à redução da síntese de RNAs em órgãos como folhas e colmos, causando alteração na expressão gênica e conseqüentemente reduzindo a síntese de proteínas, resultando no declínio da capacidade fotossintética e desorganização celular, e por fim a morte da planta (FLOSS, 2006).

É fato de que a senescência está relacionada à uma translocação de citocininas para as sementes e frutos, e associada ao aumento de compostos antagônicos como ácidos abscísico e etileno em folhas e colmos. De forma que a manutenção de citocininas nos órgãos vegetativos leva à manutenção da biossíntese de compostos necessários ao aparato fotossintético, impedindo o fechamento de estômatos e a degradação de compostos essenciais à fotossíntese, como a clorofila. Martínez-Gutiérrez et al. (2008), notaram que, na

aplicação de citocinina 6-benzilaminopurina (BAP) em plantas de trigo, ocorreu a promoção do atraso na senescência da planta, associada a redução da taxa de degradação da clorofila e proteínas solúveis, além de sustentar a abertura estomática e a condutância estomática, garantindo a manutenção das taxas de absorção de CO₂.

A senescência dos tecidos, juntamente com redução significativa da capacidade fotossintética dos tecidos verdes, tem como resultado a diminuição da atividade do fotossistema II (PSII), sendo associada ao aumento do conteúdo de espécies reativas do oxigênio (ROS, reactive oxygen species) como o peróxido de hidrogênio (H₂O₂), molécula que é sinalizadora da senescência (CHEN et al., 2010).

De acordo com a literatura, genótipos com retardo da senescência tendem a apresentarem maiores concentrações de citocininas nos colmos e folhas, principalmente no final do período de enchimento de grãos (THOMAS; HOWARTH, 2000; AMBLER et al., 1987 apud AHLAWART, 2008), o que pode explicar a menor degradação do aparato fotossintético e de clorofila, mantendo os tecidos verdes e ativos fotossinteticamente.

1.4 A genética do caráter de *stay-green*

Estudando a herança do caráter *stay-green* em populações oriundas da combinação entre linhagens com senescência retardada e sincronizada, Silva et al. (2001) relataram que o caráter *stay-green* é governado por um único gene possuidor de dois alelos, tendo uma ação gênica de dominância parcial, com grande participação da aditividade em trigo. Para Joshi et al. (2007), o caráter de permanência verde na planta é controlado por quatro genes, que segregam independentemente, onde também foi observado uma grande participação dos efeitos aditivos. Para Sato et al. (2007) a expressão do caráter *stay-green* nas ervilhas de cotilédones verdes de Mendel é governada por um gene recessivo, *PsSGR*, que apresenta uma estreita relação com o gene responsável pela senescência retardada em arroz, *OsSRG*. Esses genes são oriundos de mutações espontâneas, associados a não degradação da clorofila, expressando nesses genótipos o caráter *stay-green* em seu tipo C. Costa et al. (2008), analisando 55

linhagens endogâmicas de milho, encontraram efeitos aditivos e não-aditivos na manifestação do caráter, todavia foi detectado um predomínio dos efeitos aditivos. A elevada participação da aditividade na governança da característica, associada à presença de um número pequeno de genes de grande efeito, possibilita a seleção em gerações precoces para permanência verde de planta com ganhos significativos (CUKADAR-OLMEDO; MILLER, 1997).

Atualmente, os fitomelhoristas têm contado com o apoio de ferramentas da biotecnologia a fim de otimizar o processo de seleção de indivíduos superiores, através da seleção assistida por marcadores (MAS – *marker assisted selection*), favorecendo uma associação entre a expressão de caracteres de interesse com marcas presentes no DNA. Portanto, essa correlação permitiria o emprego da seleção indireta com significativo sucesso. A seleção por marcadores almeja avaliar determinados caracteres independentemente da fenologia, além de reduzir tempo para avaliações e área experimental.

Kummar et al. (2010), encontraram três QTLs (*quantitative trait loci*), localizados nos cromossomos 1AS, 3BS e 7DS, associados a permanência verde de planta analisando uma população endogâmica recombinante de trigo (RILs), oriunda do cruzamento da variedade sintética *stay-green* “Chirya 3” e a cultivar indiana sincronizada “Sonalika”. Srinivas et al. (2008) observaram experimentalmente sintonia das regiões de quatro importantes QTLs associados ao caráter *stay-green* em sorgo no genoma do arroz, evidenciando a possibilidade da transposição de marcadores associados à esse caráter entre os cereais integrantes da família Poaceae.

1.5 Contribuições do caráter *stay-green* para a adaptação à condições de estresse.

Os programas de melhoramento de trigo têm voltado seus esforços para o incremento no rendimento de grãos, qualidade industrial, tolerância a germinação na espiga, seca e presença de alumínio tóxico no solo, maior resistência a moléstias e menor suscetibilidade ao acamamento (MACHIORO et al., 2009).

As contribuições do caráter *stay-green* vêm sendo relatados em diversas culturas, tendo o seu emprego levado ao incremento no rendimento de grãos,

estabelecimento de tolerância à frio, calor e seca, maior resistência à fitopatógenos e menor suscetibilidade ao acamamento (ADU et al., 2011, SILVA, 2005). Joshi et al. (2007) encontraram em seu estudo associação positiva do caráter permanência verde de planta com a resistência a mancha foliar no trigo (*Bipolaris sorokiniana*). Em sorgo, a característica *stay-green* vem sendo utilizada para promover resistência ao complexo da podridão do colmo no desenvolvimento de novas constituições genéticas, já que essa doença apresentar uma grande quantidade de fatores de influência, possui resistência com difícil controle genético (DUNCAN, 1983; EVANGELISTA; TAGONAN, 1990; REDDY et al., 2007).

Quanto a tolerância a estresses abióticos, é essa característica na qual o caráter *stay-green* tem mais chamado a atenção dos pesquisadores. Kumari et al. (2006) detectaram associação positiva e de elevada magnitude entre tolerância à altas temperaturas em genótipos de trigo ($r = 0,90$), além de associações positivas com rendimento de grãos ($r = 0,89$). Para sorgo, existe um grande número de trabalhos associando o caráter *stay-green* com tolerância a seca. Kassahun et al. (2010), estudaram a transferência do caráter *stay-green* do genótipo B35 para uma variedade elite, R16, que apresenta elevado potencial de rendimento entre outros caracteres almejados, sendo empregado para isso o retrocruzamento associado com seleção assistida por marcadores moleculares (MAS), em sorgo. Essa transposição do caráter foi efetiva na introdução da senescência retardada, bem como a tolerância a seca. Em milho, Messmer et al. (2011) analisando linhagens endogâmicas recombinantes (RILs) encontraram forte relação do conteúdo de clorofila nas folhas e retardo da senescência com bom desempenho quanto ao rendimento de grãos, principalmente em condições restritivas de oferta de água.

Um aspecto muito importante no caráter *stay-green* é a facilidade de incorporar a tolerância à estresses em constituições genéticas elite, já que os mecanismos de tolerância tendem a ser complexos e difíceis de serem introduzidos individualmente, mantendo as características do genótipo elite. Essa facilidade vem da predominância dos efeitos aditivos na expressão do caráter de senescência retardada, facilitando sua incorporação principalmente via retrocruzamentos.

1.6 Considerações finais

O emprego do caráter *stay-green* nos programas de melhoramento genético pode promover progressos genéticos significativos para atributos como elevado rendimento de grãos, qualidade industrial, resistência a doenças e tolerância a estresses abióticos. Além disso, o pronunciado efeito aditivo na herança do caráter de *stay-green*, observado em todas espécies descritas nessa revisão, serve de incentivo para a incorporação dessa característica nos programas de melhoramento genético. O entendimento dos mecanismos fisiológicos associado tanto a senescência quanto a capacidade e eficiência fotossintética nas grandes culturas poderá ser a chave para a remoção dos platôs de produtividade, associação com adaptação às condições ambientais restritivas.

1.7 Referências bibliográficas

ADU, M. O.; SPARKES, D. L.; PARMAR, A.; YAWSON, D. O. Stay green' in wheat: comparative study of modern bread wheat and ancient wheat cultivars. **ARPN Journal of Agricultural and Biological Science**, v. 6, n. 9, p. 16-24, 2011.

AHLAWAT, S.; CHHABRA, A. K.; BEHL, R.K.; BISHT, S.S. Genotypic divergence analysis for stay green characters in Wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell). **The South Pacific Journal of Natural Sciences**, V. 26, 2008.

ARAUS, J. L.; SLAFER, G. A.; ROYO, C.; SERRET, M. D. Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals. **Critical Reviews in Plant Science**, v. 27, p. 377-412, 2008.

CÂMARA, T. M. M.; BENTO, D. A. V.; ALVES, G. F.; SANTOS, M. F.; MOREIRA, J. U. V.; JÚNIOR, C. L. S. Parâmetros genéticos de caracteres relacionados à tolerância à deficiência hídrica em milho tropical. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 595-603, 2007.

CHEN, J.; LIANG, Y.; HU, X.; WANG, X.; TAN, F.; ZHANG, H.; REN, Z.; LUO, P. Physiological characterization of 'stay green' wheat cultivars during the grain filling stage under field growing conditions. **Acta Physiol Plant**, v. 32:, p. 875–882, 2010.

COSTA, E. F. N.; SANTOS, M. F.; MORO, G. V.; ALVES, G. F. Herança da senescência retardada em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 2, p.207-213, fev. 2008

CUKADAR-OLMEDO, B.; MILLER, J. F. Inheritance of the *stay-green* trait in sunflower. **Crop Science**, Madison, v. 37, n. 1, p. 150-153, 1997.

DUNCAN, R. R. The association of plant senescence with root and stalk diseases in sorghum. In: **Sorghum root and stalk rots, a critical review**. ICRISAT, Patancheru, India, p. 99–110, 1983.

EVANGELISTA, C. C.; TANGONAN, N. G. Reaction of 31 non-senescent sorghum genotypes to stalk rot complex in southern Philippines. **Tropical Pest Management**, v. 36, p. 214- 215, 1990.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. 3.ed. Passo Fundo: Editora UPF, 2006. 751 p.

JOSHI, A. K.; KUMARI, M.; SINGH, V. P.; REDDY, C. M.; KUMAR, S.; RANE, J.; CHAND, R. Stay green trait: variation, inheritance and its association with spot blotch resistance in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). **Euphytica**, n. 153, p. 59 - 1, 2007.

KASSAHUN, B.; BIDINGER, F. R.; HASH, C.T.; KURUVINASHETTI, M. S. *Stay-green* expression in early generation sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] QTL introgression lines. **Euphytica**, v. 172, p. 351–362, 2010.

KUMAR, U; JOSHI, A. K.; KUMARI, M; PALIWAL, R.; KUMAR; S; RÖDER, M. S. Identification of QTLs for stay green trait in wheat (*Triticum aestivum* L.) in the 'Chirya 3' × 'Sonalika' population. **Euphytica**, v. 174, n. 3, p. 437-445, 2010.

KUMARI, M.; SINGH, V. P.; TRIPATHI, R.; JOSHI, A. K. Variation for stay green trait and its association with canopy temperature depression and yield traits under terminal heat stress in wheat. In: **Proceedings of the 7th international wheat conference**. Mar del Plata, Argentina, 2006.

MARCHIORO, V. S.; FRANCO, F. A.; DALLA NORA, T.; OLIVEIRA, E. F.; SCHUSTER, I.; VIEIRA, E. S. N.; EVANGELISTA, A. CD 117: nova cultivar de trigo de ampla adaptação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 4, p. 424-426, 2009.

MARTÍNEZ-GUTIÉRREZ, R.; ZAVALA-MANCERA, H.; RUÍZ-POSADAS L. D. M.; DELGADO-ALVARADO, A.; VACA-PAULÍN, R. Intercambio de gases y relaciones hídricas durante el retraso de la senescencia foliar de trigo (*triticum aestivum* L.) por la citocinina BAP. **Interciencia**, Caracas, v. 33 n. 2, p. 140-145, 2008

MESSMER, R.; FRACHEBOUD, Y.; BÄNZIGER, M.; STAMP, P.; RIBAUT, J. M. Drought stress and tropical maize: QTLs for leaf greenness, plant senescence, and root capacitance. **Field Crops Research**, v. 124, p. 93-103, 2011.

PARRY, M. A. J.; REYNOLDS, M.; SALVUCCI, M. E.; RAINES, C.; ANDRALOJC, J. Raising yield potential of wheat. II. Increasing photosynthetic capacity and efficiency. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 2, p. 453–467, 2011.

REDDY, B. V. S.; RAMAIAH, B.; KUMAR, A. A.; REDDY, P. S. Evaluation of sorghum genotypes for the *stay-green* trait and grain yield. **Journal of Semi-Arid Tropical Agricultural Research**, v. 3, n. 1, 2007.

ROSENOW, D. T. Breeding for resistance to root and stalk rots in Texas. In: **Sorghum root and stalk rots, a critical review**. ICRISAT, Patancheru, India, p. 209–217, 1983.

SATO, Y.; MORITA, R.; NISHIMURA, M.; YAMAGUCHI, H.; KUSABA, M. Mendel's green cotyledon gene encodes a positive regulator of the chlorophyll-degrading pathway. **PNAS**, v. 104 n. 35, p. 14169 – 14174, 2007.

SILVA, J. A. G., CARVALHO, F. I. F., HARTWIG, I., OLIVEIRA, A. C., BERTAN, I., CAETANO, V. R., SCHMIDT, D. A. M., VALÉRIO, I. P., RIBEIRO, G.; BUSATO, C. C. Caráter *stay-green* e produtividade de grãos em trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 161-167, 2008.

SILVA, J. A. G. Caráter "*stay-green* e técnica de duplo-haplóides como estratégia no desenvolvimento de genótipos superiores em trigo. 2005. 90f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SILVA, S. A.; CARVALHO, F. I. F.; NEDEL, J. L.; CRUZ, P. J.; SILVA, J. A. G.; CAETANO, V. R.; HARTWIG, I.; SOUSA, C. S. Análise de trilha para os componentes de rendimento de grãos em trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 64 n. 2, p. 191-196, 2005.

SILVA, S. A.; CARVALHO, F. I. F.; NEDEL, J. L.; VASCONSELLOS, N. J. S.; CRUZ, P. J.; SIMIONI, D.; SILVA, J. A. G. Composição de subunidades de gluteninas de alto massa molecular (HMW) em trigos portadores do caráter "*stay-green*". **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.3, p. 679-683, 2004.

SILVA, S. A.; CARVALHO, F. I. F.; NEDEL, J. L.; CRUZ, P. J.; PESKE, S. T.; SIMIONI, D.; CARGNIN, A. Enchimento de sementes em linhas quase isogênicas de trigo com presença e ausência do caráter "*stay-green*". **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 5, p. 613-618, 2003.

SILVA, S. A.; CARVALHO, F. I. F.; CAETANO, V. R.; OLIVEIRA, A. C.; COIMBRA, J. L. M.; VASCONCELLOS, N. J. M.; LORENCETTI, C. Genetic Basis of *Stay-green* Trait in Bread Wheat. **Journal of News Seeds**, v. 2, p. 55-58, 2001.

SRINIVAS, G.; SATISH, K.; MURALI MOHAN, S.; NAGARAJA REDDY, R.; MADHUSUDHANA, R.; BALAKRISHNA, D.; VENKATESH BHAT, B.; HOWARTH, C. J.; SEETHARAMA, N. Development of genic-microsatellite markers for sorghum staygreen QTL using a comparative genomic approach with rice. **Theor Appl Genet**, v. 11, p. 283-296, 2008.

THOMAS, H.; HOWARTH, C. J. Five ways to stay green. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, p. 329-337, 2000.

Capítulo 2

Desempenho *per se* e parâmetros genéticos em linhagens de trigo no direcionamento da permanência verde da planta

2.1 Introdução

A triticultura apresentou grandes avanços no Brasil, tanto em relação ao incremento no rendimento de grãos das cultivares mais modernas como sua capacidade de adaptação à ambientes até então não propícios ao cultivo, como a região do cerrado no Centro-Oeste do Brasil (OLIVEIRA et al., 2010). Mesmo com esses avanços importantes, a produção de grãos não é totalmente suprida, gerando um cenário onde a produção nacional de trigo oscila por volta de cinco milhões de toneladas, fornecendo apenas metade da demanda interna deste produto. Para tanto, se faz necessária a importação da quantidade deficitária (CONAB, 2011; FAOSTAT, 2011). Por outro lado, o aumento da produtividade e a maior estabilidade de produção de constituições genéticas de trigo podem resultar em uma maior remuneração ao produtor, melhorando seu bem estar e a motivação em investir na triticultura, com reflexos que se darão no incremento e qualidade de produção nacional, diminuindo a dependência de importação.

Os programas de melhoramento genético têm obtido progresso significativo na produtividade do trigo brasileiro, principalmente pelo acúmulo de alelos favoráveis ao rendimento de grãos associado a fixação de características desejáveis agronomicamente. Portanto, após estas combinações, a avaliação do desempenho *per se* das constituições genéticas desenvolvidas são analisadas, direcionando à seleção de indivíduos superiores, principalmente quanto a produção de grãos (YUAN et al., 2011).

A seleção com base no desempenho *per se* é feita a partir da expressão do fenótipo, sendo o produto do efeito genético, de ambiente e da interação genótipo *versus* ambiente (GxE) . Caracteres como rendimento de grãos apresentam uma forte influência dessa interação, tornando difícil obter comportamento previsível e estável para esse caráter em distintos ambientes. Além disso, o mascaramento do efeito genético pelo ambiente dificulta a seleção de genótipos superiores reduzindo

a eficiência da seleção nos programas de melhoramento (VESOHOSKI et al., 2011).

Dentre as estratégias que visam ampliar a estabilidade do caráter rendimento de grãos e diminuição dos efeitos ambientais, a introdução do caráter *stay-green* (maior permanência verde da planta na fase final de enchimento de grãos) em genótipos de trigo tem obtido resultados significativos. Afora o aumento da estabilidade, o caráter também é reconhecido pelo incremento no rendimento de grãos em trigo, principalmente através do componente massa média de grãos (SILVA et al., 2003; SILVA et al., 2008). AHLAWAT et al. (2008) associaram o incremento no rendimento de grãos proporcionado pelo caráter *stay-green*, ao aumento do número de afilhos férteis, número de grãos por inflorescência e massa de mil grãos em trigo. Além disso, os mesmos autores encontraram evidências em seus estudos de que o caráter *stay-green* possibilitava obter elevados rendimentos, ainda que em condições de estresse térmico. Logo, a incorporação do caráter *stay-green* em genótipos de trigo pode ser uma importante estratégia na busca de constituições genéticas que apresentem elevado rendimento de grãos associado a uma maior estabilidade fenotípica quando em condições de ambiente mais restritivas.

A expressão do fenótipo das plantas pode ser entendido de maneira mais completa através da contribuição da variação genética e de ambiente sobre a variação fenotípica, sendo a herdabilidade o efeito cumulativo entre todos os locos que o afetam. Desta forma, a estimativa da herdabilidade pode estabelecer o efeito de cada uma dessas fontes de variação na expressão de determinado caráter (ALLARD, 1971). Vários métodos de estimar a herdabilidade de um caráter vêm sendo empregados no melhoramento de plantas, sendo cada um específico para determinada situação, podendo citar os seguintes métodos: regressão genitor-progênie, estimativa através da análise de gerações e aquela obtida pelos quadrados médios esperados (CARVALHO et al., 2001). Esses autores comentam que é possível estimar a herdabilidade em ensaio de linhagens e cultivares, a partir do quadrado médio da análise de variância (ANOVA), em um experimento que segue determinado delineamento experimental.

O objetivo do trabalho foi determinar o desempenho *per se* de genótipos de trigo em caracteres diretamente ligados ao rendimento de grãos quando

direcionados a maior ou menor permanência verde de planta próximo a maturidade fisiológica pela expressão do caráter *stay-green*. Assim, determinar o desempenho dos diferentes genótipos com ausência e presença do caráter nos componentes de produção a partir da maior e menor contribuição dos efeitos genéticos e de ambiente pela estimativa da herdabilidade.

2.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido nos anos de 2003, 2004 e 2005, no campo experimental do Centro de Genômica e Fitomelhoramento (CGF), situado no Centro Agropecuário da Palma (UFPEL). O campo experimental está localizado no município do Capão do Leão, sendo o solo classificado como Podzólico Vermelho Amarelo da unidade de Mapeamento Pelotas. O município está situado a 31° 52' 00" de latitude sul e 52° 21' 24" de longitude oeste; a uma altitude de 13,24m, com uma precipitação pluviométrica média anual de 1280,2 mm.

As constituições genéticas genitoras das linhagens empregadas no estudos, TB188 e TB 438, são oriundas do programa de melhoramento genético da Embrapa Clima Temperado (CPTB – Capão do Leão), sendo desenvolvidas por meio de seleção recorrente entre linhagens promissoras com e sem a presença do caráter *stay-green*. As linhagens TB 188 (senescência sincronizada) e TB438 (portadora do caráter *stay-green*) foram cruzadas, de maneira a obter a geração F_1 para retrocruzamento e autofecundação para a formação de população F_2 . Efetuando duas épocas de cultivo por ano, as plantas F_1 foram autofecundadas até F_n , obtendo linhagens com retardamento de senescência (SG: *stay-green*) e sincronizada (SZ: sincronizada). Além disso, foram obtidos os retrocruzamentos RC1 F_1 ($P_1//P_1/P_2$) e RC2 F_1 ($P_1//P_1/P_2$), que também passaram por sucessivas autofecundações, obtendo no final linhagens com tendência ao *stay-green* (RC $_n$ SG) e à senescência sincronizada (RC $_n$ SZ). Desta forma, o estudo abrange 15 linhagens *stay-green* (SG30, SG39, SG47, SG53, SG65, SG71, SG74, RC1SG32, RC2SG34, RC2SG40, RC2SG46, RC2SG54, RC2SG62, RC2SG67 e o genitor TB438) e 17 linhagens sincronizadas (SZ31, SZ37, SZ49, SZ57, SZ69, RC1SZ43, RC1SZ45, RC1SZ55, RC1SZ58, RC1SZ68, RC1SZ72, RC1SZ76, RC2SZ35, RC2SZ42, RC2SZ56, RC2SZ61 e o genitor TB188).

Foi empregado o delineamento experimental de blocos casualizados com três repetições, sendo cada unidade experimental composta de cinco linhas com três metros de comprimento com espaçamento entre linhas de 0,2m, sob uma densidade de semeadura de 300 sementes aptas m⁻². A adubação e calagem foram efetuadas com base nas recomendações técnicas para a cultura para os estados do RS e SC (CBQFS, 2004), de acordo com o resultado da análise do solo coletado em cada um dos anos de cultivo. Os tratos culturais, assim como o controle de plantas daninhas, doenças e pragas foram feitos segundo as indicações técnicas para cultura (CSBPT, 2004).

Para esse trabalho foram empregados os caracteres rendimento de grãos (RG, em kg ha⁻¹), obtido através do valor de rendimento da parcela dimensionada para um hectare, massa de mil grãos (MMG, em g), número de afilhos férteis por metro linear (NAF, em unidades) e número de grãos da espiga (NGE, em unidades).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para teste de hipótese entre ausência e presença de diferenças entre as linhagens de trigo contrastantes para senescência de planta e obtenção dos valores de quadrado médio para estimativa dos componentes de variância fenotípica e herdabilidade dos caracteres fisiológicos, adaptativos e da inflorescência, conforme proposto por CARVALHO et al. (2001). No teste de médias entre os genótipos foi empregado o modelo de SCOTT & KNOTT. Todos os procedimentos estatísticos do teste de hipótese e médias foram desenvolvidos pelo programa computacional Genes (CRUZ, 2011).

O cálculo da variância genética foi obtido por meio da equação

$$\sigma_G^2 = \frac{QM_G + QM_E}{r}$$

onde

QM_G = quadrado médio da fonte de variação genótipo;

QM_E = quadrado médio do erro;

r = número de repetições.

Enquanto que a variância de ambiente (σ_E^2) é obtida pelo quadrado médio do erro (QM_E = σ_E^2), e estando de posse da variância genética (σ_G^2) e variância ambiental (σ_E^2), a soma das duas é igual à variância fenotípica ($\sigma_P^2 = \sigma_G^2 + \sigma_E^2$).

2.3 Resultados e discussão

A partir da significância dos QM para a interação genótipo ambiente para os caracteres rendimento de grãos e massa de mil grãos (Tab 2.1) é possível indicar a presença de comportamentos diferenciados das linhagens testadas para os caracteres citados quando expostas aos diferentes ambientes de cultivo (anos).

Observando os valores de rendimentos de grãos (RG) no ano de 2003, as médias dos genótipos *stay-green* SG53, SG71, RC1SG46 e RC2SG62 formaram o grupo com os maiores níveis de produtividade, distinguindo significativamente das demais linhagens, compondo a classe de médias “a”. Além disso, os genótipos de segundo melhor desempenho, compondo a classe “b”, também são em sua maioria portadoras de senescência retardada, sendo eles: SG39, SG49, RC1SG32, RC1SG34, RC1SG40 e RC2SG67, com o caráter *stay-green*; TB188, SZ37 e SZ69, com senescência normal. Da mesma forma que em 2003, os genótipos portadores do caráter *stay-green* tiveram destaque em 2004, possuindo valores médios de rendimento superiores aos sincronizados. Em comparação com 2003, na safra de 2004 apenas a linhagem SG71 persiste com o caráter rendimento de grãos superior incluída na classe de melhor desempenho, juntamente com os genótipos SG39, RC1SG32 e RC1SG40. Além disso, o genitor sincronizado (TB188), que havia sido superior para RG ao ser comparado com genitor *stay-green* (TB438) na safra de 2003, no ano de 2004 e também 2005, mostrou rendimento de grãos inferior ao de senescência retardada.

Se percebe que nos anos de 2004 e 2005, que de maneira geral, as médias para rendimento de grãos foram inferiores a 2003, indicando que aqueles anos foram mais restritivos à expressão do potencial produtivo das linhagens. Ao mesmo passo o genitor com senescência retardada apresentou um menor decréscimo do rendimento em anos menos favoráveis do que o genitor sincronizado, mostrando uma maior estabilidade produtiva frente a adversidades ambientais. Essa informação, corrobora para a idéia de que o caráter *stay-green* possibilita uma maior adaptação dos genótipos a condições adversas de ambiente, como a associação da tolerância à estresses abióticos com o caráter de maior permanência verde da planta (KUMAR et al., 2010).

Tabela 2.1 - Resumo da análise de variância e valores médios no rendimento de grãos (RG) e massa de mil grãos (MMG) em linhagens de trigo com e sem a presença do caráter *stay-green* nos anos de 2003, 2004 e 2005.

Caráter	Quadrado médio				Média	CV
	Genótipo	Ano	G x A	Erro		
RG	699850*	16201278*	307039*	61214	2005	22,34
MMG	17,95*	195,67*	17,36*	4,73	34,69	6,27
Linhagens	RG			MMG		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005
TB438 (SG)	⁺ 2233 c	2042 c	2126 a	34,30 b	32,68 b	37,15 a
SG30	2414 c	2241 b	1774 a	33,29 b	34,65 b	32,85 b
SG39	2734 b	2760 a	1552 b	29,94 c	33,20 b	32,83 b
SG47	2740 b	2210 b	2230 a	34,03 b	33,00 b	37,33 a
SG53	3103 a	2443 b	2215 a	33,77 b	38,77 a	35,66 a
SG65	2311 c	2523 b	2124 a	38,33 a	31,82 b	37,00 a
SG71	3055 a	2763 a	1612 b	34,76 b	34,37 b	36,11 a
SG74	2407 c	2379 b	2137 a	32,69 b	35,60 b	37,66 a
RC1SG32	2609 b	2902 a	1322 c	33,20 b	35,74 b	31,36 b
RC2SG34	2611 b	1562 d	1629 b	33,31 b	36,58 a	33,20 b
RC2SG40	2524 b	2787 a	948 c	32,28 b	34,69 b	33,31 b
RC2SG46	2922 a	1756 d	1507 b	36,57 a	37,57 a	34,91 a
RC2SG54	2434 c	2074 c	1983 a	32,33 b	36,73 a	33,55 b
RC2SG62	2941 a	2249 b	1711 b	33,16 b	38,12 a	32,96 b
RC2SG67	2533 b	1923 c	1585 b	39,64 a	39,00 a	32,01 b
TB188 (SZ)	2523 b	1331 d	992 c	31,41 c	36,96 a	36,71 a
SZ31	2426 c	1601 d	1535 b	29,91 c	37,28 a	31,71 b
SZ37	2659 b	1578 d	1277 c	33,02 b	37,28 a	32,80 b
SZ49	2160 c	1406 d	1389 b	37,30 a	36,13 b	32,76 b
SZ57	2091 c	1488 d	1539 b	32,68 b	37,82 a	31,11 b
SZ69	2500 b	1415 d	1879 a	28,75 c	33,34 b	33,33 b
RC1SZ43	2281 c	2376 b	1262 c	35,94 a	34,21 b	28,55 b
RC1SZ45	2140 c	1493 d	1548 b	33,42 b	35,01 b	30,45 b
RC1S Z55	1907 c	1634 d	1166 c	35,80 a	38,18 a	32,26 b
RC1SZ58	2137 c	2008 c	1437 b	33,85 b	38,97 a	34,21 b
RC1SZ68	2331 c	2524 b	1978 a	30,86 c	40,00 a	37,06 a
RC1SZ72	1802 c	1692 d	1661 b	36,88 a	36,60 a	32,25 b
RC1SZ76	2225 c	1705 d	1315 c	38,79 a	35,78 b	34,75 a
RC2SZ35	2431 c	1555 d	1448 b	33,30 b	34,60 b	32,70 b
RC2SZ42	2141 c	1823 c	1509 b	32,31 b	38,66 a	34,03 b
RC2SZ56	1992 c	1644 d	1318 c	34,38 b	38,57 a	31,13 b
RC2SZ61	2092 c	2051 c	1414 b	39,34 a	40,53 a	34,56 a
Média	2419	1998	1598	34,05	36,33	33,70

⁺ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade segundo teste Scott-Knott; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; CV = coeficiente de variação; SG = genitor *stay-green*; SZ = genitor sincronizado

No ano de 2005, também foi encontrado entre o grupo sincronizado, linhagens com elevado potencial produtivo, sendo eles SZ69 e RC1SZ68, com médias compondo a classe “a”, grupo com os maiores valores de RG, juntamente com as linhagens *stay-green* TB438, SG30, SG47, SG65, SG74, RC2SG54 e SG53, sendo que o último já havia se destacado no ano de 2003 com a maior média de rendimento (3103 kg ha⁻¹, média 54% superior à média geral do

experimento). Portanto, os três anos de condução desse experimento revelam que há uma contribuição substancial da maior permanência verde de planta no rendimento de grãos e, principalmente, manutenção do bom desempenho produtivo em condições de estresse. Possivelmente, essas contribuições do caráter *stay-green* deve estar associadas a manutenção da capacidade fotossintética próximo a senescência da planta. Segundo Chen et al. (2010), a senescência foliar, acompanhada da redução da capacidade fotossintética, afeta severamente o desenvolvimento dos grãos, podendo levar a uma conseqüente redução na produção.

Analizando o desempenho médio das linhagens para massa de mil grãos (MMG), não é encontrada uma associação direta entre a permanência verde da planta e a composição das classes de médias. De maneira que em 2003 e 2004, as constituições genéticas com elevada MMG pertenciam tanto ao grupo *stay-green* como ao sincronizado, quase de maneira igualitária. Apenas em 2005 que as classes de médias para MMG preconizaram um dos grupos, onde as linhagens *stay-green* compuseram boa parte do grupo de indivíduos superiores para a variável em destaque.

Como o caráter *stay-green* está relacionado com a manutenção prolongada da taxa fotossintética no final do enchimento de grãos, era esperado que a MMG fosse eficiente em segregar os dois grupos de senescência quanto suas médias em cada ano. A não obtenção desse resultado leva à discussão da possibilidade da existência de outros caracteres que possam estar contribuindo para o bom desempenho dos genótipos com caráter *stay-green* quanto a estabilidade na produção de grãos. Silva et al. (2005), identificaram por meio da apreciação da análise de trilha de genótipos com caráter *stay-green*, um efeito indireto considerável e positivo de MMG no RG via associação com NGE (número de grãos por espiga) e NEI (número de espiguetas por inflorescência), mas não encontraram correlação direta significativa entre MMG e RG.

Comparando o desempenho geral das linhagens para os três anos, destacam-se os genótipos SG53, SG65, RC2SG67, RC1SZ55, RC1SZ68, RC1SZ72 e o genitor sincronizado TB 188 por diferenciar-se das demais quanto a superioridade para MMG em pelo menos dois anos. As linhagens RC2SG46 e RC2SZ61, mostraram médias de MMG superiores nos três anos de cultivo,

obtendo médias 4,8 e 10% superior a média geral do experimento. Essas médias podem revelar uma contribuição de alelos favoráveis para MMG oriundas do genitor sincronizado TB188, o que pode ter dificultado a visualização da contribuição do caráter *stay-green* nessa variável.

Na tab. 2.2, se observa também a significância da interação entre genótipo e ambiente para as variáveis número de afilhos por metro linear (NAF) e número de grãos da espiga (NGE). Nos anos de 2003 e 2004, há a formação de duas classes de médias para ambos os caracteres, e essas classes não coincidem com o agrupamento quanto à permanência verde da planta. Em 2005, ainda não é detectada diferença significativa entre os genótipos pelo teste de Scott-Knott. Com base nas análises de médias de NAF e NGE, é possível estabelecer o raciocínio de que o caráter *stay-green* é mais efetivo na fase final do enchimento de grãos, possivelmente interferindo de maneira menos eficiente no NAF e NGE, e mais efetiva nos outros componentes do rendimento. Indo ao encontro da hipótese de que a permanência verde da planta seja fonte significativa de variação em componentes secundários do rendimento.

Analisando o desempenho para NAF, as linhagens SG39, SG47, RC2SG40, RC2SG62, SZ31, SZ69, RC1SZ68 e o genitor *stay-green* TB438 apresentaram em todos os anos de experimentação, uma produção maior de afilhos por metro linear. Já para NGE, os genótipos SG30, SG39, SG53, SG71, RC2SG34, RC2SG62, RC2SG67, RC1SZ43, RC1SZ45, RC1SZ55, RC1SZ72 e o genitor TB438 se destacaram com bom desempenho nos três anos de experimentação. Conforme o observado nesse estudo, a principal contribuição do caráter *stay-green* é o incremento do rendimento de grãos e estabilidade da produtividade, principalmente sob condições de estresse. Portanto, a permanência verde de planta reduziria a variação ambiental sobre a expressão do fenótipo, aumentando a participação da variação genética sobre a variação total. Desta forma, a introdução do caráter em estudo poderia elevar a herdabilidade do rendimento de grãos e seus componentes diretos (MMG, NAF e NGE).

Tabela 2.2 - Resumo da análise de variância e valores médios no número de afilhos férteis por metro linear (NAF) e número de grãos da espiga (NGE) em linhagens de trigo com e sem a presença do caráter *stay-green* nos anos de 2003, 2004 e 2005. FAEM/UFPel, 2011.

Caráter	quadrado médio				Média	CV (%)
	Genótipo	Ano	G x A	Erro		
NAF	221,07*	5288,6*	146,77*	100,36	61,56	16,27
NGE	84,74*	10918*	50,50*	30,37	50,83	10,84
Linhagens	NAF			NGE		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005
TB438 (SG)	⁺ 72 a	56 a	65 a	65 a	64 a	43 a
SG30	71 a	45 b	60 a	64 a	56 a	34 a
SG39	72 a	73 a	60 a	60 a	59 a	47 a
SG47	69 a	59 a	59 a	64 a	49 b	37 a
SG53	76 a	52 b	77 a	65 a	58 a	37 a
SG65	64 b	52 b	69 a	68 a	52 b	37 a
SG71	64 b	66 a	61 a	67 a	59 a	35 a
SG74	72 a	49 b	73 a	63 a	51 b	40 a
RC1SG32	65 b	59 a	59 a	66 a	56 a	37 a
RC2SG34	73 a	52 b	56 a	60 a	55 a	41 a
RC2SG40	73 a	65 a	61 a	57 b	59 a	36 a
RC2SG46	67 b	48 b	67 a	61 a	49 b	42 a
RC2SG54	64 b	50 b	56 a	53 b	53 b	36 a
RC2SG62	76 a	55 a	58 a	63 a	56 a	38 a
RC2SG67	59 b	59 a	62 a	64 a	56 a	42 a
TB188 (SZ)	90 a	53 b	68 a	54 b	50 b	34 a
SZ31	77 a	57 a	57 a	51 b	49 b	42 a
SZ37	68 b	59 a	72 a	52 b	49 b	44 a
SZ49	67 b	48 b	58 a	63 a	52 b	45 a
SZ57	62 b	52 b	65 a	56 b	56 a	41 a
SZ69	75 a	56 a	71 a	50 b	52 b	36 a
RC1SZ43	64 b	51 b	58 a	63 a	55 a	41 a
RC1SZ45	54 b	50 b	61 a	60 a	55 a	38 a
RC1S Z55	64 b	62 a	58 a	66 a	54 a	39 a
RC1SZ58	54 b	45 b	66 a	59 a	48 b	35 a
RC1SZ68	72 a	64 a	83 a	51 b	40 b	37 a
RC1SZ72	65 b	39 b	74 a	61 a	55 a	37 a
RC1SZ76	72 a	54 a	59 a	65 a	50 b	42 a
RC2SZ35	73 a	39 b	67 a	53 b	54 a	38 a
RC2SZ42	65 b	45 b	58 a	52 b	50 b	44 a
RC2SZ56	52 b	49 b	63 a	57 b	55 a	35 a
RC2SZ61	57 b	42 b	54 a	66 a	52 b	41 a
MÉDIA	68	53	64	60	53	39

⁺ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade segundo teste Scott-Knott; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; CV = coeficiente de variação; SG = genitor *stay-green*; SZ = genitor sincronizado.

A fim de detectar a influência do caráter *stay-green* sobre os parâmetros genéticos do RG e seus componentes diretos, os valores de quadrado médio foram estimados a partir do desempenho das linhagens *stay-green* e sincronizado, separadamente, nos diferentes anos de experimentação (Tab 2.3).

Comparando as herdabilidades dos genótipos *stay-green* e sincronizado para RG em cada ano, é notório que os valores de herdabilidade são maiores nas linhagens com maior permanência verde ($h^2 = 0,57, 0,61$ e $0,56$, respectivamente para os anos de 2003, 2004 e 2005) do que naquelas com senescência normal ($h^2 = 0,38, 0,54$ e $0,12$, respectivamente para os anos de 2003, 2004 e 2005). Mas é observando as herdabilidades para o ano de 2005, ano em que ocorreu um período de estiagem na fase de enchimento de grãos, que os genótipos *stay-green* exibem a sua estabilidade frente a condições desfavoráveis do ambiente, principalmente relacionados ao estresse hídrico. De forma que o genótipo foi responsável por 56% ($h^2 = 0,56$) da variação fenotípica em constituições *stay-green*, nos indivíduos sincronizados a participação da variação genética foi de 12% ($h^2 = 0,12$), com maior efeito do ambiente sobre a sua expressão fenotípica.

Comparando a herdabilidade nos anos de 2003 e 2004 para a MMG, os genótipos *stay-green* apresentam maiores valores e com pequena variação ($0,66$ e $0,67$, respectivamente), enquanto que os genótipos com senescência sincronizada apresentaram menores valores de herdabilidade e com maior variação ($0,50$ e $0,38$). Em 2005, onde a forte influência do ambiente reduziu variação genética de todas as linhagens, tendo uma maior contribuição da variação ambiental na expressão do caráter, os genótipos *stay-green* obtiveram maior valor de herdabilidade ($0,33$) para MMG em relação às sincronizadas ($0,07$). Os maiores valores de herdabilidade indicam forte contribuição da variação genética sobre a expressão do caráter, e reduzidas variações atribuídas ao ambiente (CARVALHO et al., 2001). Essa redução implica em maior estabilidade produtiva das constituições genéticas na presença de grandes variações ambientais, principalmente em ambientes desfavoráveis. Esse último argumento vai ao encontro da literatura atual, na qual ancora-se a idéia de que a introdução de *loci* que aumentem a permanência da área fotossinteticamente ativa no final do período de enchimento de grãos traz consigo uma adaptação às condições ambientais desfavoráveis, como em condições de estresse hídrico (CRISTHOPHER et al., 2008; IZANLOO et al., 2008).

Tabela 2.3 - Parâmetros genéticos estimados a partir dos quadrados médios de populações fixas de trigo com e sem a presença do caráter *stay-green*, sendo essas conduzidas nos anos de 2003, 2004 e 2005, no município do Capão do Leão. FAEM/UFPeL, 2011.

Ano	<i>Stay-green</i> Caracteres	Análise de variância		Média	Parâmetros genéticos			
		QM _E	QM _T		V _A	V _F	V _G	h ²
2003	RG	44016	219581	2638	44016	102538	58522	0,57
	MMG	1,95	13,13	33,85	1,95	5,68	3,73	0,66
	NAF	72,71	81,33	69,17	72,71	75,58	2,87	0,04
	NGE	35,34	45,85	62,71	35,34	38,84	3,50	0,09
Ano	Sincronizado Caracteres	Análise de variância		Média	Parâmetros genéticos			
		QM _E	QM _T		V _A	V _F	V _G	h ²
2003	RG	55341	158668	2226	55341	89783	34442	0,38
	MMG	9,59	38,17	34,55	9,59	19,12	9,53	0,50
	NAF	124,17	279,25	66,54	124,17	175,86	51,69	0,29
	NGE	48,19	95,33	57,55	48,19	63,90	15,71	0,25
Ano	<i>Stay-green</i> Caracteres	Análise de variância		Média	Parâmetros genéticos			
		QM _E	QM _T		V _A	V _F	V _G	h ²
2004	RG	83741	474562	2308	53741	194015	140274	0,61
	MMG	3,65	25,54	35,54	3,65	7,61	3,96	0,67
	NAF	126,62	179,18	56,13	126,62	144,14	17,52	0,12
	NGE	27,6	51,74	55,44	27,60	35,65	8,05	0,23
Ano	Sincronizado Caracteres	Análise de variância		Média	Parâmetros genéticos			
		QM _E	QM _T		V _A	V _F	V _G	h ²
2004	RG	94136	432390	1649	64136	186887	122751	0,54
	MMG	7,96	22,38	37,06	7,96	9,43	1,47	0,38
	NAF	114,31	166,16	50,88	114,31	131,59	17,28	0,13
	NGE	36,31	45,91	51,63	36,31	39,51	3,20	0,08
Ano	<i>Stay-green</i> Caracteres	Análise de variância		Média	Parâmetros genéticos			
		QM _E	QM _T		V _A	V _F	V _G	h ²
2005	RG	60969	294424	1608	60969	138787	77818	0,56
	MMG	2,80	6,91	33,65	2,80	4,17	1,37	0,33
	NAF	61,29	114,25	62,93	61,29	78,94	17,65	0,22
	NGE	19,23	39,01	38,16	19,23	25,82	6,59	0,26
Ano	Sincronizado Caracteres	Análise de variância		Média	Parâmetros genéticos			
		QM _E	QM _T		V _A	V _F	V _G	h ²
2005	RG	90045	128332	1431	90045	102807	12762	0,12
	MMG	7,74	9,42	32,90	7,74	8,30	0,56	0,07
	NAF	94,35	170,19	64,10	94,35	119,63	25,28	0,21
	NGE	13,05	37,34	39,27	13,05	21,15	8,10	0,38

QM_E = quadrado médio do erro; QM_T = quadrado médio do tratamento; V_A = variância de ambiente; V_F = variância fenotípica; V_G = variância genotípica; h² = herdabilidade do caráter; RG = rendimento de grãos (kg ha⁻¹); MMG = massa de mil grãos (g); NAF = número de afilhos férteis por metro linear (n); NGE = número de grãos da espiga (n); G = genitor.

Independente do tipo de senescência da linhagem, as herdabilidades dos caracteres NAF e NGE apresentaram baixos valores, mas é possível observar uma leve tendência de aumento no ano de 2005, para ambos os grupos de linhagens. Esse fato pode ser explicado pela existência de mecanismos de compensação entre os componentes direto e indireto do RG, principalmente em condições de estresse, ocorrendo de maneira independente da permanência verde da planta.

O baixos valores de herdabilidade para NAF e NGE, vem da maior contribuição das variações oriundas do ambiente na expressão do caráter, indicando que as variáveis são governadas por um número grande de genes de pequeno efeito (LOBATO, 2010). Além disso, para ambas as variáveis foi observado uma baixa variabilidade genética entre os genótipos, indicando uma baixa variação genética, contribuindo para os menores valores de herdabilidade.

2.4 Conclusões

O caráter *stay-green* proporciona melhor desempenho *per se* quanto ao rendimento de grãos em linhagens que manifestam sua expressão, com tendência de desempenho estável mesmo em condições de ambiente desfavoráveis. Além disto, apesar de não haver evidências que indiquem uma contribuição da maior permanência verde de planta para a massa média de grãos, a manutenção da área foliar fotossinteticamente ativa parece repercutir na estabilidade da MMG.

2.5 Referências bibliográficas

AHLAWAT, S.; CHHABRA, A. K.; BEHL, R.K.; BISHT, S.S. Genotypic divergence analysis for stay green characters in Wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell). **The South Pacific Journal of Natural Sciences**, v. 26, 2008.

ALLARD, R.W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. Tradução de A. BLUMENSCHNEIN, E. PATERNIANI, J. T. A. GURGEL e R. VENCOVSKY. São Paulo, SP, Editora Edgard Blücher Ltda., 1971. 381p.

BRUM, A. L., MÜLLER, P. K. A realidade da cadeia do trigo no Brasil: o elo produtores/cooperativas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Rio de Janeiro, v. 46, n. 1, p. 145-169, 2008.

CARVALHO, F. I. F.; SILVA, S. A.; KUREK, A. J.; MARCHIORO, V. S. **Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção**. Pelotas: UFPel, 2001. 99p.

CHEN, J.; LIANG, Y.; HU, X.; WANG, X.; TAN, F.; ZHANG, H.; REN, Z.; LUO, P. Physiological characterization of 'stay green' wheat cultivars during the grain filling stage under field growing conditions. **Acta Physiol Plant**, v. 32:, p. 875–882, 2010.

CHRISTOPHER, J. T.; MANSCHADI, A. M.; HAMMER, G. L.; BORRELL, A. K. Developmental and physiological traits associated with high yield and *stay-green* phenotype in wheat. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 59, n. 4, p. 354-364. 2008.

COMISSÃO BRASILEIRA DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400p.

COMISSÃO SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO. **Recomendações da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 2004. 74p.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em 02 out. 2011a.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, primeiro levantamento, outubro 2011 / Companhia Nacional de Abastecimento**. Brasília : Conab, 2011b.

CRUZ, C.D. **Programa Genes – versão Windows 2001.0.0**. Viçosa: Editora UFV, 2001. 648 p.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of The United Nations data. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/>> Acesso em 02 out. 2011.

IZANLOO, A.; CONDON, A. G.; LANGRIDGE, P.; TESTER, M.; SCHNURBUSCH, T. Different mechanisms of adaptation to cyclic water stress in two South Australian bread wheat cultivars. **Journal of Experimental Botany**, v. 59, n. 12, p. 3327–3346, 2008.

KUMAR, U; JOSHI, A. K.; KUMARI, M; PALIWAL, R.; KUMAR; S; RÖDER, M. S. Identification of QTLs for stay green trait in wheat (*Triticum aestivum* L.) in the 'Chirya 3' × 'Sonalika' population. **Euphytica**, v. 174, n. 3, p. 437-445, 2010.

LOBATO, M. T. V. **Estimativas de parâmetros genéticos e análise dialélica de cruzamentos de trigo (*Triticum aestivum* L.) envolvendo a cultivar BH-1146 e linhagens irradiadas**. 2010. 85f. Tese (Doutorado em – Programa de Pós-

Graduação em Ciências. Área de Concentração: Biologia na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura de São Paulo, Piracicaba.

OLIVEIRA, D. M.; SOUZA, A. M.; ROCHA, V. S.; ASSIS, J. C. Desempenho de genitores e populações segregantes de trigo sob estresse de calor. *Bragantia*, Campinas, v. 70, n. 1, p. 25-32, 2011.

SILVA, J. A. G., CARVALHO, F. I. F., HARTWIG, I., OLIVEIRA, A. C., BERTAN, I., CAETANO, V. R., SCHMIDT, D. A. M., VALÉRIO, I. P., RIBEIRO, G.; BUSATO, C. C. Caráter *stay-green* e produtividade de grãos em trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 161-167, 2008.

SILVA, S. A.; CARVALHO, F. I. F.; NEDEL, J. L.; CRUZ, P. J.; SILVA, J. A. G.; CAETANO, V. R.; HARTWIG, I.; SOUSA, C. S. Análise de trilha para os componentes de rendimento de grãos em trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 64 n. 2, p. 191-196, 2005.

SILVA, S. A.; CARVALHO, F. I. F.; NEDEL, J. L.; CRUZ, P. J.; PESKE, S. T.; SIMIONI, D.; CARGNIN, A. Enchimento de sementes em linhas quase isogênicas de trigo com presença e ausência do caráter " *stay-green*". **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 5, p. 613-618, 2003.

VESOHOSKI, F.; MARCHIORO, V. S.; FRANCO, F. A.; CANTELLE, A. Componentes do rendimento de grãos em trigo e seus efeitos diretos e indiretos na produtividade. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 3, p. 337 – 341, 2011

YUAN, W.; PENG, S.; CAO, C.; VIRK, P.; XING, D.; ZHANG, Y.; VISPERA, R. M.; LAZA, R. C. Agronomic performance of rice breeding lines selected based on plant traits or grain yield. **Field Crops Research**, v. 121, p. 168-174, 2011.

Capítulo 3

Caráter *stay-green* e seus reflexos sobre os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade em trigo

3.1 Introdução

As mudanças climáticas que estão ocorrendo em todo o planeta têm proporcionado ao melhoramento genético de plantas um desafio a mais na busca de constituições genéticas superiores (ARAUS et al, 2008). Afora obter progresso genético para rendimento de grãos, o melhorista deve também buscar genótipos que apresentem uma maior estabilidade na produção, através de mecanismos que reduzam as perdas causadas por estresses ambientais, por exemplo.

Dentre os mecanismos que proporcionam menor interferência do ambiente sobre a produtividade, e até mesmo a incrementando, está a maior permanência verde da planta, também conhecido como o caráter *stay-green* (ficar verde). As plantas que apresentam essa característica têm uma menor redução de sua área fotossinteticamente ativa próximo da maturação fisiológica, aumentando a disponibilidade de fotoassimilados na fase de enchimento de grão e, conseqüentemente, incrementando o enchimento de grãos, afetando positivamente caracteres como rendimento de grãos, massa média de grãos e número de espiguetas férteis (AHLAWAT et al., 2008).

A associação entre estabilidade em condições desfavoráveis e a presença do caráter *stay-green* é muito recorrente na literatura de diversas espécies de gramíneas. KASSAHUM et al. (2010) encontraram fortes evidências da maior adaptabilidade de genótipos de sorgo *stay-green* em condições de estresse hídrico, o mesmo foi argumentado por COSTA et al. (2008) para milho, por SCORIK et al (2009) para girassol e IZANLOO et al. (2008), para trigo.

Além da questão em torno da estabilidade produtiva, o caráter *stay-green* pode estar associado a uma maior produção em condições de ambiente desfavoráveis. KUMAR et al. (2010) descreveram evidências em sua revisão, de que a maior disponibilidade de fotoassimilados no período de enchimento de grãos em genótipos *stay-green*, acarreta em uma taxa maior de enchimento de grãos, influenciando componentes diretamente ligados a produção final.

O reflexo do caráter *stay-green* em linhagens de trigo foi estudado através do contraste das médias de rendimento, sendo que as linhagens com a presença do caráter apresentam maior rendimento de grãos em diversas condições (SILVA et al., 2008). A maior contribuição do caráter *stay-green* para o rendimento de grãos é o incremento na massa média de grãos, possivelmente afetada pelo maior taxa de enchimento de grãos, como resultado da maior oferta de fotoassimilados durante o enchimento (SILVA et al., 2003; SILVA et al., 2005),

A estabilidade, bem como a adaptabilidade, é um importante aspecto na obtenção de constituições genéticas superiores, e para isso vários métodos foram propostos para a determinação dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de constituições genéticas, a fim de determinar seu comportamento e a previsibilidade em distintos ambientes. Todavia, os métodos que se baseiam na regressão dos valores fenotípicos de genótipos em relação a um índice ambiental têm sido os mais empregados (LORENCETTI, 2004), como o modelo proposto por EBERHART e RUSSEL (1966), que vem sendo amplamente utilizado na literatura, em estudos de adaptabilidade e estabilidade em cereais de inverno (CRESTANI et al., 2010; BIUDES et al., 2009; SILVEIRA et al., 2010; LANGER et al., 1979).

Além dos métodos que se baseiam em regressão, o Método Tradicional tem se destacado na estimativa da estabilidade de genótipos, apresentando a vantagem de ser aplicável em um número restrito de ambientes (CRUZ et al., 2004). Esse método tem sido utilizado, em menor proporção do que os de regressão, mas é importante aliar a análise de adaptabilidade e estabilidade via regressão com outros métodos, como o tradicional, dando maior segurança na avaliação dos genótipos (SILVA; DUARTE, 2006).

O objetivo do estudo foi elucidar se a maior permanência verde da planta pela contribuição do caráter *stay-green* traz contribuições efetivas frente aos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade no rendimento e massa de mil grãos quando em comparação aos de comportamento sincronizado em diferentes anos de avaliação.

3.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido nos anos de 2003, 2004 e 2005, no campo experimental do Centro de Genômica e Fitomelhoramento (CGF), situado no Centro Agropecuário da Palma (UFPel). O campo experimental está localizado no município do Capão do Leão, tendo o solo classificado como Podzólico Vermelho Amarelo da unidade de Mapeamento Pelotas. O município está situado a 31° 52' 00" de latitude sul e 52° 21' 24" de longitude oeste; a uma altitude de 13,24m, com uma precipitação pluviométrica média anual de 1280,2 mm.

As constituições genéticas empregadas no estudos, TB188 e TB 438, são oriundas do programa de melhoramento genético da Embrapa Clima Temperado (CPTB – Capão do Leão), sendo desenvolvidas por meio de seleção recorrente entre linhagens promissoras com e sem a presença do caráter *stay-green*. As linhagens TB 188 (senescência sincronizada) e TB438 (portadora do caráter *stay-green*) foram cruzadas, de maneira a obter a geração F_1 para retrocruzamento e autofecundação para a formação de população F_2 . Efetuando duas épocas de cultivo por ano, as plantas F_1 foram autofecundadas até F_n , obtendo linhagens com retardamento de senescência (SG: *stay-green*) e sincronizada (SZ: sincronizada). Além disso, foram obtidos os retrocruzamentos RC1 F_1 ($P_1//P_1/P_2$) e RC2 F_1 ($P_1//P_1/P_2$), que também passaram por sucessivas autofecundações, obtendo no final linhagens com tendência ao *stay-green* (RC $_n$ SG) e à senescência sincronizada (RC $_n$ SZ). Desta forma, o estudo abrange 15 linhagens *stay-green* (SG30, SG39, SG47, SG53, SG65, SG71, SG74, RC1SG32, RC2SG34, RC2SG40, RC2SG46, RC2SG54, RC2SG62, RC2SG67 e o genitor TB438) e 17 linhagens sincronizadas (SZ31, SZ37, SZ49, SZ57, SZ69, RC1SZ43, RC1SZ45, RC1SZ55, RC1SZ58, RC1SZ68, RC1SZ72, RC1SZ76, RC2SZ35, RC2SZ42, RC2SZ56, RC2SZ61 e o genitor TB188).

Foi empregado o delineamento experimental de blocos casualizados com três repetições, sendo cada unidade experimental composta de cinco linhas com três metros de comprimento com espaçamento entre linhas de 0,2m, sob uma densidade de semeadura de 300 sementes aptas m^{-2} . A adubação e calagem foram efetuadas com base nas recomendações técnicas para a cultura para os estados do RS e SC (CBQFS, 2004), de acordo com o resultado da análise do solo

coletado em cada um dos anos de cultivo. Os tratos culturais, assim como o controle de plantas daninhas, doenças e pragas foram feitos segundo as indicações técnicas para cultura (CSBPT, 2004)

Nesse estudo foram empregados os caracteres rendimento de grãos (RG, em kg ha⁻¹), obtido através do valor de rendimento da parcela extrapolado para um hectare, e massa de mil grãos obtida pela contagem de 250 grãos de cada parcela, pesando e multiplicando por quatro (MMG, em g).

Foram efetuadas a análise de variância (ANOVA), discriminação das variâncias através do teste de Scott-Knott e estimativa dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade por meio do método Tradicional e pelo método de regressão simples de Eberhart e Russell (1966).

O método tradicional é uma metodologia que se propõe estimar a estabilidade fenotípica de constituições genéticas com base na variação ambiental dentro de cada genótipo, de forma que aqueles que demonstrarem os menores valores de quadrado médio são considerados mais estáveis (CRUZ et al., 2004). Já para a metodologia proposta por Eberhart e Russell, na qual também são estimados parâmetros de adaptabilidade, essa é estimada com base no coeficiente angular (β_{1i}) e a estabilidade a partir dos valores de desvio da regressão (S_d^2), conforme o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i}l_j + \sigma_{ij} + \epsilon_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} : média do genótipo i no ambiente j ;

β_{0i} : média geral do genótipo i ;

β_{1i} : coeficiente de regressão linear;

l_j : índice ambiental codificado ($\sum l_j = 0$);

σ_{ij} : desvio da regressão;

ϵ_{ij} : erro experimental médio.

Segundo os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, um genótipo dito ideal apresenta elevado desempenho para o caráter alvo, ampla adaptabilidade ($\beta_1 = 1,0$) e estabilidade fenotípica ($\sigma^2_d = 0$) (CRUZ et al., 2004). Para a determinação da previsibilidade do desempenho de uma constituição genética (estabilidade fenotípica) também é possível utilizar um recurso auxiliar ao desvio da regressão pelo valor do coeficiente de determinação (R^2).

Todas as análises estatísticas descritas nesse capítulo foram realizadas com auxílio do programa computacional *GENES* (CRUZ et al., 2001).

3.3 Resultados e discussão

Sendo a interação entre genótipo e ano significativa na fonte de variação para o rendimento de grão, a análise prosseguiu por meio do teste de comparação de médias, desmembrando esta interação pela decomposição de seus efeitos simples (Tab. 3.1.). As médias de rendimento de grãos das linhagens TB438, SG65, SG74 e RC1SZ72 não diferiram estatisticamente entre os anos de cultivo, demonstrando estabilidade para RG. Todavia, mesmo havendo uma tendência de estabilidade, as médias foram reduzidas, pois, é importante aliar estabilidade no genótipo com desempenho superior para o caráter de observação, principalmente o RG. Desta forma, apesar do genótipo RC1SZ72 se mostrar estável, sua estabilidade fica em torno de médias reduzidas, não caracterizando uma linhagem com potencial agrônomo superior.

Observa-se também que outras nove linhagens mantiveram suas médias de rendimento entre os anos de 2003 e 2004, mostrando posteriormente uma evidente redução da produtividade em 2005. Como pode ser observado na Fig 3.1, o ano de 2005 foi aquele que apresentou condições mais restritivas para a expressão do máximo potencial genético do rendimento de grãos dos genótipos avaliados. Podendo ser atribuída a essa redução no rendimento médio de grãos a baixa precipitação ocorrida em torno de novembro de 2005, em plena fase de enchimento de grãos. Esses fatores climáticos permitiram que neste ano fosse verificado um ambiente propício para observar o efeito da interação genótipo ambiente na população e a contribuição do caráter *stay-green* à estabilidade na produtividade, principalmente em condições desfavoráveis de cultivo. Segundo ADU et al. (2011), o caráter *stay-green* apresenta uma grande habilidade em proporcionar ao seus portadores uma maior capacidade de adaptação em ambientes desfavoráveis, principalmente aqueles associados à déficit hídrico.

Tabela 3.1 – Desempenho médio e parâmetro de estabilidade através do Método Tradicional (EQM) de linhagens de trigo direcionadas para permanência verde para o rendimento de grãos (RG, em kg ha⁻¹) nas safras de 2003, 2004 e 2005 no município de Capão de Leão. FAEM/UFPEL, 2011.

Caráter	Quadrado médio										Média	CV
	Genótipo		Ano		G x A		Erro					
RG	699850*		16201278*		307039*		61214		2005		22,34	
Linhagens	RG										EQM	
	2003		2004		2005		Média					
TB438 (SG)	A	⁺ 2233 c	A	2042 c	A	2126 a	2134 a	27500 ^{ns}				
SG30	A	2414 c	A	2241 b	B	1774 a	2143 a	329548*				
SG39	A	2734 b	A	2760 a	B	1552 b	2349 a	1429714*				
SG47	A	2740 b	B	2210 b	B	2230 a	2394 a	270700*				
SG53	A	3103 a	B	2443 b	B	2215 a	2587 a	639097*				
SG65	A	2311 c	A	2523 b	A	2124 a	2319 a	119565 ^{ns}				
SG71	A	3055 a	A	2763 a	B	1612 b	2477 a	1746157*				
SG74	A	2407 c	A	2379 b	A	2137 a	2308 a	65882 ^{ns}				
RC1SG32	A	2609 b	A	2902 a	B	1322 c	2278 a	2118685*				
RC2SG34	A	2611 b	B	1562 d	B	1629 b	1934 b	1033253*				
RC2SG40	A	2524 b	A	2787 a	B	948 c	2086 a	2968835*				
RC2SG46	A	2922 a	B	1756 d	B	1507 b	2062 a	1711585*				
RC2SG54	A	2434 c	B	2074 c	B	1983 a	2164 a	170281 ^{ns}				
RC2SG62	A	2941 a	B	2249 b	C	1711 b	2300 a	1140015*				
RC2SG67	A	2533 b	B	1923 c	B	1585 b	2014 b	692953*				
TB188 (SZ)	A	2523 b	B	1331 d	B	992 c	1615 b	1939534*				
SZ31	A	2426 c	B	1601 d	B	1535 b	1854 b	739497*				
SZ37	A	2659 b	B	1578 d	B	1277 c	1838 b	1583982*				
SZ49	A	2160 c	B	1406 d	B	1389 b	1652 b	582131*				
SZ57	A	2091 c	B	1488 d	B	1539 b	1706 b	335239*				
SZ69	A	2500 b	C	1415 d	B	1879 a	1931 b	888512*				
RC1SZ43	A	2281 c	A	2376 b	B	1262 c	1973 b	1143172*				
RC1SZ45	A	2140 c	B	1493 d	B	1548 b	1727 b	385815*				
RC1S Z55	A	1907 c	A	1634 d	B	1166 c	1569 b	421187*				
RC1SZ58	A	2137 c	A	2008 c	B	1437 b	1861 b	416894*				
RC1SZ68	A	2331 c	A	2524 b	B	1978 a	2278 a	230094*				
RC1SZ72	A	1802 c	A	1692 d	A	1661 b	1718 b	16528 ^{ns}				
RC1SZ76	A	2225 c	B	1705 d	B	1315 c	1748 b	626210*				
RC2SZ35	A	2431 c	B	1555 d	B	1448 b	1811 b	873797*				
RC2SZ42	A	2141 c	B	1823 c	B	1509 b	1824 b	299254*				
RC2SZ56	A	1992 c	B	1644 d	B	1318 c	1651 b	340502*				
RC2SZ61	A	2092 c	A	2051 c	B	1414 b	1852 b	433369*				
Média	A	2419	B	1998	C	1598	2005	-				

*Médias seguidas pela mesma letra na linha e na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade segundo teste Scott-Knott; *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} não significativo pelo teste F; QM = quadrado médio; CV = coeficiente de variação; G = genitor *stay-green*; Z = genitor sincronizado.

Na análise de médias geral para os três anos, o teste formou duas classes, onde os genótipos *stay-green* exibiram as maiores médias de RG. Apenas a linhagem RC2SG34 apresentou desempenho inferior entre aquelas com o caráter permanência verde da planta, e a linhagem RC1SZ68 foi a exceção entre as

plantas com senescência sincronizada, com sua média geral de RG não diferindo estatisticamente daquelas com senescência *stay-green*.

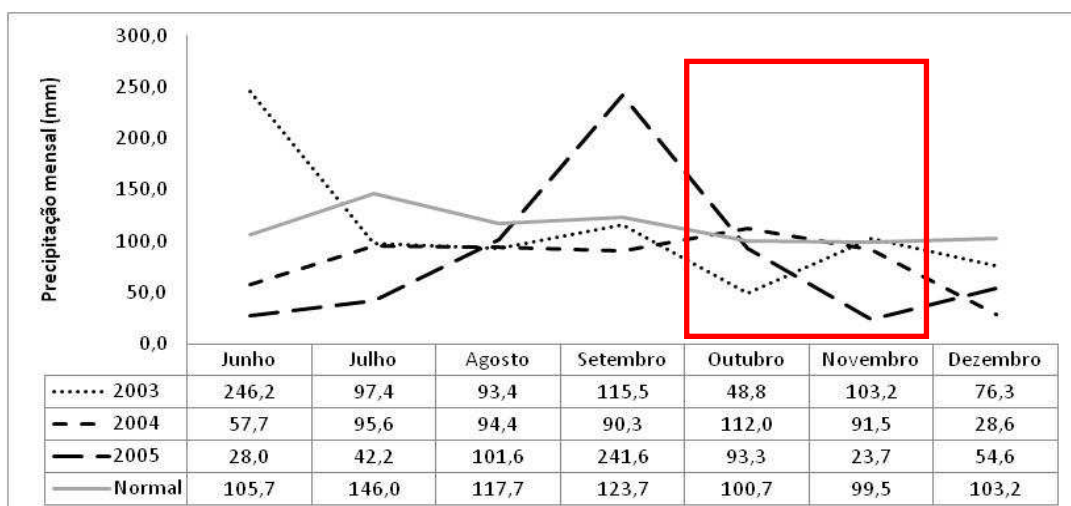


Figura 3.1 – Representação gráfica da precipitação pluviométrica (mm) para o período entre os meses de junho a dezembro nos anos de 2003, 2004 e 2005, além da precipitação normal para o mês e em destaque o período mais sensível da cultura ao estresse hídrico.

Fonte: adaptado de EAP, 2011

Do mesmo modo que para RG, a interação entre genótipo e ano foi uma fonte de variação significativa para MMG, desta forma a análise prossegue através da decomposição do efeito de genótipo dentro dos anos e vice-versa, por meio da comparação de médias pelo teste de Scott-Knott.

Analisando as médias de MMG para os 32 genótipos nos três anos de cultivo (tab 3.2), é notado que as linhagens SG30, SG39, SG71, RC1SG32, RC2SG34, RC2SG40, RC2SG46, RC1SZ76 e RC2SZ35, demonstraram estabilidade para o caráter, com médias de cada linhagem não diferindo entre os anos.

Quanto ao desempenho médio dos três anos de cultivo para cada linhagem, não há uma separação efetiva das constituições genéticas *stay-green* das sincronizadas, estando ambas igualmente divididas entre as duas classes de MMG formadas na comparação de médias. Efetuando uma comparação entre as médias gerais de cada ano para o caráter MMG, surpreende o fato de que o ano de 2005 não diferiu estatisticamente de 2003, anos que foram contrastantes para RG.

De forma que talvez a baixa produtividade relacionada ao ano de 2005 não é oriunda de uma redução significativa da MMG média, desta maneira demonstrando um efeito direto menor da MMG no RG para essa população.

Tabela 3.2 – Desempenho médio e parâmetro de estabilidade através do Método Tradicional de linhagens de trigo direcionadas permanência verde para a massa de mil grãos (MMG, em g) nas safras de 2003, 2004 e 2005 no município de Capão de Leão. FAEM/UFPel, 2011.

Caráter	Quadrado médio								Média	CV		
	Genótipo		Ano		G x A		Erro					
MMG	17,95*		195,67*		17,36*		4,73		34,69	6,27		
Linhagens	MMG											
	2003			2004		2005			Média	EQM		
TB438 (SG)	B	34,30	b	B	32,68	B	A	37,15	a	34,71	a	15,36*
SG30	A	33,29	b	A	34,65	B	A	32,85	b	33,60	b	2,65 ^{ns}
SG39	A	29,94	c	A	33,20	B	A	32,83	b	31,99	b	9,53 ^{ns}
SG47	B	34,03	b	B	33,00	B	A	37,33	a	34,79	a	15,36*
SG53	B	33,77	b	A	38,77	A	B	35,66	a	36,07	a	19,11*
SG65	A	38,33	a	B	31,82	B	A	37,00	a	35,72	a	35,43*
SG71	A	34,76	b	A	34,37	B	A	36,11	a	35,08	a	2,51 ^{ns}
SG74	B	32,69	b	A	35,60	B	A	37,66	a	35,32	a	18,72*
RC1SG32	A	33,20	b	A	35,74	B	A	31,36	b	33,44	b	14,51*
RC2SG34	A	33,31	b	A	36,58	A	A	33,20	b	34,36	b	11,10 ^{ns}
RC2SG40	A	32,28	b	A	34,69	B	A	33,31	b	33,43	b	4,37 ^{ns}
RC2SG46	A	36,57	a	A	37,57	A	A	34,91	a	36,35	a	5,40 ^{ns}
RC2SG54	B	32,33	b	A	36,73	A	B	33,55	b	34,20	b	15,48*
RC2SG62	B	33,16	b	A	38,12	A	B	32,96	b	34,75	a	25,59*
RC2SG67	A	39,64	a	A	39,00	A	B	32,01	b	36,88	a	53,64*
TB188 (SZ)	B	31,41	c	A	36,96	A	A	36,71	a	35,03	a	29,47*
SZ31	B	29,91	c	A	37,28	A	B	31,71	b	32,97	b	44,23*
SZ37	B	33,02	b	A	37,28	A	B	32,80	b	34,37	b	19,11*
SZ49	A	37,30	a	A	36,13	B	B	32,76	b	35,40	a	16,62*
SZ57	B	32,68	b	A	37,82	A	B	31,11	b	33,87	b	36,97*
SZ69	B	28,75	c	A	33,34	B	A	33,33	b	31,81	b	21,06*
RC1SZ43	A	35,94	a	A	34,21	B	B	28,55	b	32,90	b	44,89*
RC1SZ45	A	33,42	b	A	35,01	B	B	30,45	b	32,96	b	16,10*
RC1S Z55	A	35,80	a	A	38,18	A	B	32,26	b	35,41	a	26,61*
RC1SZ58	B	33,85	b	A	38,97	A	B	34,21	b	35,68	a	24,46*
RC1SZ68	B	30,86	c	A	40,00	A	A	37,06	a	35,97	a	65,33*
RC1SZ72	A	36,88	a	A	36,60	A	B	32,25	b	35,24	a	20,23*
RC1SZ76	A	38,79	a	A	35,78	B	A	34,75	a	36,44	a	13,20 ^{ns}
RC2SZ35	A	33,30	b	A	34,60	B	A	32,70	b	33,53	b	2,83 ^{ns}
RC2SZ42	B	32,31	b	A	38,66	A	B	34,03	b	35,00	a	32,42*
RC2SZ56	B	34,38	b	A	38,57	A	B	31,13	b	34,69	a	41,73*
RC2SZ61	A	39,34	a	A	40,53	A	B	34,56	a	38,14	a	29,91*
Média	B	34,05		A	36,33		B	33,70		34,69		-

* Médias seguidas pela mesma letra na linha e na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade segundo teste Scott-Knott; *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} não significativo pelo teste F; QM = quadrado médio; CV = coeficiente de variação; SG = genitor stay-green; SZ = genitor sincronizado.

A fim de analisar a estabilidade dos genótipos frente aos três anos de cultivo, foi empregado o Método Tradicional onde parte da estimativa da variação do ambiente dentro de cada genótipo, de modo que os menores valores de quadrado médio (QM) indicam as constituições genéticas mais estáveis (CRUZ et al., 2004). Dessa forma, para o rendimento de grãos (Tab. 3.1), as linhagens TB438, SG65, SG74 e RC1SZ72 demonstraram os menores valores de QM, confirmando as suas estabilidades demonstradas na análise de médias. Já para a variável MMG (Tab. 3.2), foi observada maior estabilidade por esse método as linhagens SG30, SG71, RC1SG32, RC2SG34, RC2SG40, RC2SG46, RC1SZ76 e RC2SZ35. Apenas uma linhagem que não apresentou médias não diferindo entre os anos não apresentou estabilidade pelo Método Tradicional, a linhagem *stay-green* SG39.

Para ratificar as estimativas de estabilidade proporcionadas pelo método tradicional, na Tab 3.3 estão apresentados os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade segundo o método proposto por Eberhart e Russell (1966). Para a variável rendimento de grãos, a interpretação das significâncias do parâmetro S^2_d e a magnitude do R^2 revelam coincidências com o método do quadrado médio, no entanto, o método de Eberhart e Russell detectou constituições genéticas estáveis além daquelas que mostraram estabilidade pelo outro método, sendo elas: SG30, SG47, SG53, RC2SG62, RC2SG67, RC1SZ55, RC1SZ58, RC1SZ76, RC2SZ42 e RC2SZ56. Sobre esses resultados, é interessante salientar que os genótipos com o caráter de *stay-green* com estabilidade fenotípica observada pelo método de Eberhart e Russell são nove, sendo 60% das linhagens *stay-green* analisadas. Enquanto que as linhagens com estabilidade para RG do grupo sincronizados são seis, 35% dos genótipos de senescência sincronizada estudados. Portanto, há uma tendência expressiva do caráter *stay-green* proporcionar estabilidade de produção em genótipos de trigo, verificada e comprovada pelas duas metodologias de análise.

Também se observa que a estabilidade no rendimento de grãos nos genótipos sincronizados não é associada ao melhor desempenho para a variável em destaque, ao contrário das linhagens que apresentam o caráter de permanência verde de planta, que integram estabilidade ao desempenho produtivo elevado.

Analizando a estabilidade pelo método de Eberhart e Russell para a variável MMG, observa-se que quase todos os genótipos *stay-green* apresentaram estabilidade, exceto as linhagens SG74 e RC2SG67. Quanto aos genótipos de senescência sincronizada, nove desses apresentaram estabilidade segundo esse modelo: SZ31, SZ37, SZ57, RC1SZ45, RC1SZ55, RC1SZ58, RC2SZ35, RC2SZ42 e RC2SZ53.

Comparando os resultados das duas as metodologias de análise de estabilidade, o modelo baseado na regressão identificou um maior número de indivíduos estáveis do que o método tradicional, mas há uma forte coerência entre os resultados de ambas, além de manter a proporção semelhante de indivíduos *stay-green* e sincronizados estáveis. Além disso, Silva e Duarte (2006), recomendaram que a identificação de genótipos com maior estabilidade é mais efetiva na combinação de métodos baseados em regressão e nos QMs.

Traçando o mesmo paralelo que empregado para a variável RG, entre o número de linhagens de cada grupo e a proporção de indivíduos com elevada estabilidade para o caráter, é clara a superioridade e a contribuição do caráter *stay-green* para estabilidade do caráter enchimento de grãos (MMG). De forma que 87% das linhagens *stay-green* (13/15) contra 53% (9/17) das linhagens com senescência sincronizada apresentam estabilidade para MMG.

Analizando a adaptabilidade das linhagens estudadas (tab. 3.3), as linhagens sincronizadas apresentaram em sua maioria uma adaptabilidade geral, ou seja, ganhos consideráveis em produtividade com a melhoria do ambiente.

Para os genótipos *stay-green* SG65 e SG74, valores significativamente inferiores do parâmetro de adaptabilidade ($b_1 < 1,0$), associados à estabilidade fenotípica já descrita nesse capítulo, revelam que em condições de ambiente restrito essas linhagens apresentam pequena redução em seu rendimento final. Esses fatos associados aos seus elevados rendimentos de grãos (tab. 3.1), destacam as linhagens *stay-green* SG65 e SG74 como promissoras, recomendando sua introdução em blocos de cruzamento, para atribuir as progênies alelos favoráveis de produção e adaptação.

Analizando a adaptabilidade para o caráter MMG, é encontrada em ambos os grupos uma grande proporção de indivíduos com adaptação geral. Apenas é possível destacar o desempenho das linhagens *stay-green* SG47, SG65 e SG71,

onde apresentaram adaptação à ambientes desfavoráveis ($b_1 < 1,0$), indicando menores reduções da MMG em condições desfavoráveis de ambiente.

Tabela 3.3 - Valores médios (b_0), parâmetros de adaptabilidade (b_1) e estabilidade (S^2d) no rendimento de grãos (RG, em kg ha⁻¹) e massa de mil grãos (MMG, em g) de linhagens de trigo com e sem presença do caráter *stay-green*. FAEM/UFPeI, 2011.

Linhagens	RG					MMG				
	b ₀		b ₁	S ² d	R ²	b ₀		b ₁	S ² d	R ²
TB438 (SG)	2133	a	0,13*	-8077 ^{ns}	82,8	34,71	a	-1,35*	1,28 ^{ns}	72,1
SG30	2143	a	0,78 ^{ns}	-4326 ^{ns}	92,7	33,59	b	0,65 ^{ns}	-1,56 ^{ns}	98,7
SG39	2349	a	1,43 ^{ns}	245598*	72,1	31,99	b	0,60 ^{ns}	3,30 ^{ns}	63,3
SG47	2394	a	0,63 ^{ns}	27699 ^{ns}	73,3	34,79	a	-1,22*	2,60 ^{ns}	69,2
SG53	2587	a	1,09 ^{ns}	7678 ^{ns}	93,4	36,07	a	1,55 ^{ns}	1,44 ^{ns}	76,4
SG65	2319	a	0,22*	42822 ^{ns}	80,7	35,72	a	-2,29*	0,74 ^{ns}	90,2
SG71	2477	a	1,75*	113058*	88,5	35,08	a	-0,49*	-0,87 ^{ns}	77,6
SG74	2308	a	0,33*	-12360 ^{ns}	81,7	35,32	a	-0,05 ^{ns}	10,90*	56,7
RC1SG32	2277	a	1,55*	583926*	57,2	33,44	b	1,47 ^{ns}	-0,69 ^{ns}	90,8
RC2SG34	1934	b	1,21 ^{ns}	177892*	71,2	34,36	b	1,34 ^{ns}	-1,51 ^{ns}	99,1
RC2SG40	2086	a	1,90*	744560*	61,4	33,43	b	0,71 ^{ns}	-0,74 ^{ns}	71,4
RC2SG46	2062	a	1,73*	108952*	88,7	36,35	a	0,81 ^{ns}	-0,62 ^{ns}	73,5
RC2SG54	2164	a	0,55 ^{ns}	-9418 ^{ns}	90,3	34,20	b	1,47 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	85,2
RC2SG62	2300	a	1,50*	-17855 ^{ns}	99,7	34,74	a	2,04 ^{ns}	-1,44 ^{ns}	99,2
RC2SG67	2013	b	1,16 ^{ns}	-10153 ^{ns}	97,8	36,88	a	1,60 ^{ns}	23,73*	49,2
TB188 (SZ)	1615	b	1,87*	90511*	91,4	35,03	a	0,93 ^{ns}	14,52*	48,1
SZ31	1854	b	1,09 ^{ns}	69808*	81,7	32,97	b	2,52*	2,09 ^{ns}	87,6
SZ37	1838	b	1,69*	72306*	91,2	34,36	b	1,76 ^{ns}	-1,50 ^{ns}	99,4
SZ49	1651	b	0,95 ^{ns}	65526*	77,9	35,4	a	0,64 ^{ns}	7,85*	54,9
SZ57	1706	b	0,68 ^{ns}	47758*	69,5	33,87	b	2,45*	-1,33 ^{ns}	99
SZ69	1931	b	0,77 ^{ns}	371299*	33,9	31,81	b	0,73 ^{ns}	10,31*	55,4
RC1SZ43	1973	b	1,23 ^{ns}	233489*	66,7	32,90	b	1,11 ^{ns}	23,35*	56,7
RC1SZ45	1727	b	0,73 ^{ns}	58145*	69,5	32,96	b	1,36 ^{ns}	1,59 ^{ns}	70,5
RC1S Z55	1569	b	0,90 ^{ns}	-12906 ^{ns}	97,3	35,41	a	1,82 ^{ns}	2,68 ^{ns}	76
RC1SZ58	1860	b	0,85 ^{ns}	14670 ^{ns}	87,4	35,68	a	1,97 ^{ns}	-1,02 ^{ns}	96,6
RC1SZ68	2277	a	0,42*	72614*	39,4	35,97	a	2,16 ^{ns}	23,04*	43,5
RC1SZ72	1718	b	0,17*	-19464 ^{ns}	91,5	35,24	a	1,02 ^{ns}	7,71*	51,2
RC1SZ76	1748	b	1,11 ^{ns}	-18486 ^{ns}	99,5	36,44	a	-0,22*	7,03*	42,3
RC2SZ35	1811	b	1,20 ^{ns}	72120*	84,1	33,53	b	0,67 ^{ns}	-1,51 ^{ns}	96,3
RC2SZ42	1824	b	0,77 ^{ns}	-20378 ^{ns}	99,9	35,00	a	2,13 ^{ns}	1,53 ^{ns}	85,6
RC2SZ56	1651	b	0,82 ^{ns}	-20398 ^{ns}	99,9	34,69	a	2,47*	1,29 ^{ns}	89,7
RC2SZ61	1852	b	0,82 ^{ns}	42052*	78,4	38,14	a	1,64 ^{ns}	7,38*	55,1

* Médias seguidas pela mesma letra na linha e na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade segundo teste Scott-Knott; *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} não significativo pelo teste F; QM = quadrado médio; GL = graus de liberdade; CV = coeficiente de variação; R^2 = coeficiente de determinação; SG = genitor *stay-green*; SZ = genitor sincronizado.

O modelo proposto por Eberhart e Russell considera como um genótipo ideal aquele que evidencia elevada produção (b_0), coeficiente de regressão igual a 1,0 ($b_1 = 1,0$) e desvios de regressão igual a zero ($S^2d = 0$). Respectivamente

elevada média de rendimento de grãos, adaptabilidade ampla e estabilidade ou previsibilidade (CRUZ et al., 2004).

Segundo esses parâmetros, apenas as linhagens com o caráter *stay-green* apresentam um comportamento de um genótipo ideal, sendo elas: SG30, SG47, SG53 e RC2SG54. Todavia, considerando a adaptabilidade, estabilidade e elevado desempenho para MMG, também ocorreu o destaque de linhagens sincronizadas RC1SZ55, RC1SZ58 e RC2SZ42, juntamente com linhagens *stay-green* SG53, RC2SG46 e RC2SG62.

3.4 Conclusões

O caráter *stay-green* contribui para promover maior estabilidade fenotípica frente as linhagens de comportamento sincronizado, principalmente para o caráter rendimento de grãos. Além disto, os genótipos SG65 e SG74 portadores do caráter *stay-green* evidenciaram elevado rendimento de grãos em associação aos parâmetros de estabilidade, apresentando adaptabilidade em ambientes em ambientes desfavoráveis, sendo importante sua indicação para ambientes restritivos ao rendimento de grãos.

3.5 Referências bibliográficas

ADU, M. O.; SPARKES, D. L.; PARMAR, A.; YAWSON, D. O. Stay green' in wheat: comparative study of modern bread wheat and ancient wheat cultivars. **ARPN Journal of Agricultural and Biological Science**, v. 6, n. 9, p. 16-24, 2011.

AHLAWAT, S.; CHHABRA, A. K.; BEHL, R.K.; BISHT, S.S. Genotypic divergence analysis for stay green characters in Wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell). **The South Pacific Journal of Natural Sciences**, v. 26, 2008.

ARAUS, J. L.; SLAFER, G. A.; ROYO, C.; SERRET, M. D. Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals. **Critical Reviews in Plant Science**, v. 27, p. 377-412, 2008.

BIUDES, G. B; CAMARGO, C. D. O.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; PETTINELLI JUNIOR, A.; FOLTRAN, D. E.; CASTRO, J. L.; AZEVEDO FILHO, J. A. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de diaplóides de trigo. **Bragantia**, v.68, p.63-74, 2009.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400p.

COMISSÃO SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO. **Recomendações da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 2004. 74p.

COSTA, E. F. N.; SANTOS, M. F.; MORO, G. V.; ALVES, G. F. Herança da senescência retardada em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 2, p.207-213, fev. 2008

CRESTANI, M.; CARVALHO, F. I. F.; COSTA DE OLIVEIRA, A.; SILVA, J. A. G.; GUTKOSKI, L. C.; SARTORI, J. F.; BARBIERI, R. L.; BARETTA, D.. Conteúdo de β -glucana em cultivares de aveia-branca cultivadas em diferentes ambientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 45, n. 3, p. 261-268, 2010.

CRUZ, C.D. **Programa Genes – versão Windows 2001.0.0**. Viçosa: Editora UFV, 2001. 648 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético: v. 1**. 3ed. Viçosa: UFV, 2004. 480p.

EBERHART, S.A.; RUSSEL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6. p. 36-40, 1966.

EAP – ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA DE PELOTAS (CAPÃO DO LEÃO). Disponível em: <<http://www.cpact.embrapa.br/agromet/estacao/boletim.html>>. Acessado em: 15 de novembro de 2011.

IZANLOO, A.; CONDON, A. G.; LANGRIDGE, P.; TESTER, M.; SCHNURBUSCH, T. Different mechanisms of adaptation to cyclic water stress in two South Australian bread wheat cultivars. **Journal of Experimental Botany**, v. 59, n. 12, p. 3327–3346, 2008.

KASSAHUN, B.; BIDINGER, F. R.; HASH, C.T.; KURUVINASHETTI, M. S. *Stay-green* expression in early generation sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] QTL introgression lines. **Euphytica**, v. 172, p. 351–362, 2010.

KUMAR, U; JOSHI, A. K.; KUMARI, M; PALIWAL, R.; KUMAR; S; RÖDER, M. S. Identification of QTLs for stay green trait in wheat (*Triticum aestivum* L.) in the ‘Chirya 3’ × ‘Sonalika’ population. **Euphytica**, v. 174, n. 3, p. 437-445, 2010.

LANGER, I.; FREY, K. J.; BALEY, T. Associations among productivity, production response, and stability indexes in oat varieties. **Euphytica**, v.28, n.1, 1979.

LORENCETTI, C.; CARVALHO, F. I. F.; MARCHIORO, V. S.; BENIN, G.; OLIVEIRA, A. C.; FLOSS, E. L.. Implicações da aplicação de fungicida da

adaptabilidade e estabilidade de rendimento de grãos em aveia branca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, p. 693-700, 2004.

SCORIK, D. Sunflower breeding for resistance to abiotic stresses. **Helia**, v. 32, n. 50, p. 1-16, 2009.

SILVA, J. A. G., CARVALHO, F. I. F., HARTWIG, I., OLIVEIRA, A. C., BERTAN, I., CAETANO, V. R., SCHMIDT, D. A. M., VALÉRIO, I. P., RIBEIRO, G.; BUSATO, C. C. Caráter *stay-green* e produtividade de grãos em trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 161-167, 2008.

SILVA, S. A.; CARVALHO, F. I. F.; NEDEL, J. L.; CRUZ, P. J.; SILVA, J. A. G.; CAETANO, V. R.; HARTWIG, I.; SOUSA, C. S. Análise de trilha para os componentes de rendimento de grãos em trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 64 n. 2, p. 191-196, 2005.

SILVA, S. A.; CARVALHO, F. I. F.; NEDEL, J. L.; CRUZ, P. J.; PESKE, S. T.; SIMIONI, D.; CARGNIN, A. Enchimento de sementes em linhas quase isogênicas de trigo com presença e ausência do caráter "*stay-green*". **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 5, p. 613-618, 2003.

SILVA, W. C. J.; DUARTE, J. B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 1, p. 23-30, 2006.

Capítulo 4

Caráter *stay-green* e o direcionamento de hibridações em trigo na permanência verde da planta

4.1 Introdução

Os programas de melhoramento genético conseguiram obter ganhos expressivos quanto ao rendimento do trigo no Brasil (NEDEL, 1994), todavia os incrementos na produtividade não conseguiram promover de auto-suficiência brasileira do cereal. O produtor brasileiro é responsável por apenas metade do trigo consumido no país, sendo necessário importar quase 5 milhões de toneladas, principalmente da Argentina (FAOSTAT, 2011; BRUM; MILLER, 2008).

Dentre os principais entraves à expansão do cultivo é o seu contexto econômico, onde os custos de implantação da lavoura tritícola é muito elevado em relação ao valor de comercialização (CONAB, 2011), reduzindo a atratividade do cultivo devido ao elevado risco de prejuízos. Desta forma, a disponibilização de constituições genéticas com elevada produtividade associada à adaptação a estresses e estabilidade na produção pode tornar o cultivo do trigo mais atraente ao investimento do produtor, e desta forma ampliando área semeada com esses cereal, e aliado aos ganhos em produtividade média, pode levar ao aumento da produção nacional e subsequente diminuição da dependência de importações.

O melhoramento genético possui ainda um grande número de atributos ou características fisiológicas à serem empregadas para o aumento do rendimento de grãos das culturas, e dentre eles se destaca o caráter *stay-green* devido à sua contribuição expressiva para o rendimento de grãos e manutenção do mesmo em condições ambientais estressantes (KUMAR et al., 2010). SILVA et al. (2008) encontraram expressiva contribuição do caráter para o rendimento de grãos em constituições brasileiras de trigo, ainda ressaltaram potencialidade da permanência verde de planta na incorporação de tolerância a estresses ambientais e bióticos.

Segundo Silva et al. (2001), o caráter *stay-green* é governado por um único gene sob efeito de dominância parcial, apresentando dois alelos. Também foi observado um grande efeito da aditividade na herança do caráter. Desta forma, o efeito aditivo presente no caráter evidencia a facilidade de incorporá-lo via

hibridação em populações, podendo ser efetuada seleção em gerações precoces, obtendo ganhos genéticos significativos (CUKADAR-OLMEDO; MILLER, 1997).

Desta forma a introdução de constituições genéticas portadoras do caráter *stay-green* entre os genitores em um bloco de cruzamento pode contribuir na formação de populações segregantes com elevado potencial genético para rendimento de grãos entre outros caracteres almejados.

A hibridação é a primeira e uma das mais importantes etapas de um programa de melhoramento, pois a escolha adequada dos genitores que irão compor os blocos de cruzamento será determinante na características da população na qual se fará seleção. E para isso, o melhorista faz uso de alguns preceitos básicos como: i) utilizar genitores com dissimilaridade genética adequada; ii) elevado desempenho *per se*; iii) boa capacidade de combinação.

A dissimilaridade genética adequada dos genitores vem da necessidade de que os mesmos sejam distantes o suficiente para que ambos possam contribuir com alelos diferentes um do outro, formando um efeito de complementaridade, e que não distantes demais, podendo ocorrer problemas de instabilidade das populações recombinantes em gerações avançadas. A dissimilaridade entre os genitores é chave para que ocorram na população formada os segregantes transgressivos, ou seja, genótipos com desempenho muito superior aos pais mesmo em gerações avançadas (SILVA et al., 2007). Por outro lado, não basta que os genitores sejam apenas distantes geneticamente, eles também devem possuir alelos favoráveis para contribuir na sua progênie. Por isso o desempenho *per se* dos genótipos candidatos a compor os blocos de cruzamento é também importante. Além disso, é necessário conhecer as características positivas assim como as indesejáveis de cada genótipo, de modo a introduzir ou impedir a introdução de certas características.

Portanto, este capítulo tem como objetivo analisar linhagens *stay-green* e sincronizadas, juntamente com cultivares elite de trigo, quanto ao desempenho *per se* e dissimilaridade genética, a fim de apontar possíveis genitores promissores na obtenções de populações segregantes superiores para rendimento de grãos e estabilidade produtiva. Além disso, também é buscado estabelecer a contribuição relativa dos caracteres na dissimilaridade genética entre os genótipos.

4.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido nos anos de 2003, 2004 e 2005, no campo experimental do Laboratório de Genômica e Fitomelhoramento (LGF), situado no Centro Agropecuário da Palma (UFPEL). O campo experimental está localizado no município do Capão do Leão, tendo o solo classificado como Podzólico Vermelho Amarelo da unidade de Mapeamento Pelotas. O município está situado a 31° 52' 00" de latitude sul e 52° 21' 24" de longitude oeste; a uma altitude de 13,24m, com uma precipitação pluviométrica média anual de 1280,2 mm.

As constituições genéticas empregadas no estudos, TB188 e TB 438, são oriundas do programa de melhoramento genético da Embrapa Clima Temperado (CPTB – Capão do Leão), sendo desenvolvidas por meio de seleção recorrente entre linhagens promissoras com e sem a presença do caráter *stay-green*. As linhagens TB 188 (senescência sincronizada) e TB438 (portadora do caráter *stay-green*) foram cruzadas, de maneira a obter a geração F_1 para retrocruzamento e autofecundação para a formação de população F_2 . Efetuando duas épocas de cultivo por ano, as plantas F_1 foram autofecundadas até F_n , obtendo linhagens com retardamento de senescência (SG: *stay-green*) e sincronizada (SZ: sincronizada). Além disso, foram obtidos os retrocruzamentos $RC1F_1$ ($P_1//P_1/P_2$) e $RC2F_1$ ($P_1//P_1/P_2$), que também passaram por sucessivas autofecundações, obtendo no final linhagens com tendência ao *stay-green* (RC_nSG) e à senescência sincronizada (RC_nSZ). Desta forma, o estudo abrange 15 linhagens *stay-green* (SG30, SG39, SG47, SG53, SG65, SG71, SG74, RC1SG32, RC2SG34, RC2SG40, RC2SG46, RC2SG54, RC2SG62, RC2SG67 e o genitor TB438), 17 linhagens sincronizadas (SZ31, SZ37, SZ49, SZ57, SZ69, RC1SZ43, RC1SZ45, RC1SZ55, RC1SZ58, RC1SZ68, RC1SZ72, RC1SZ76, RC2SZ35, RC2SZ42, RC2SZ56, RC2SZ61 e o genitor TB188) e as cultivares de trigo BRS 177 e CEP 27, sendo elas representantes nesse estudo das cultivares disponíveis no mercado.

Foi empregado o delineamento experimental de blocos casualizados com três repetições, sendo cada unidade experimental composta de cinco linhas com três metros de comprimento com espaçamento entre linhas de 0,2m, sob uma densidade de semeadura de 300 sementes aptas m^{-2} . A adubação e calagem foram efetuadas com base nas recomendações técnicas para a cultura para os

estados do RS e SC (CBQFS, 2004), de acordo com o resultado da análise do solo coletado em cada um dos anos de cultivo. Os tratos culturais, assim como o controle de plantas daninhas, doenças e pragas foram feitos segundo as indicações técnicas para cultura (CSBPT, 2004)

Nesse estudo foram empregados os caracteres rendimento de grãos (RG, em kg ha⁻¹), obtido através do valor de rendimento da parcela extrapolado para um hectare, massa de mil grãos (MMG, em g), número de afilhos férteis (NAF, em unidades), número de grãos por espiga (NGE, em unidades), massa da espiga (ME, em g), massa de grãos da espiga (MGE, em g), comprimento da espiga (CE, em cm), número de espiguetas férteis (NEF, em unidades) e índice de colheita da espiga (ICE, adimensional), obtido pela razão entre a massa de grãos da espiga e a massa total da espiga.

Os dados após serem computados foram submetidos à análise de variância com o objetivo de detectar a influência dos fatores principais genótipo e ano, bem como a interação entre eles, sobre os caracteres empregados no estudo. Após foi realizada a estimativa da dissimilaridade genética entre os genótipos empregando a distância generalizada de Mahalanobis (D^2), e a partir da matriz de distância genética foi efetuado o processo de agrupamento pelo o método de Tocher. A contribuição relativa dos caracteres na formação dos agrupamentos foi identificada segundo Singh (1981). Os desempenhos médios dos genótipos empregados no estudo foi submetido ao teste de Scott-Knott. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados com auxílio do programa computacional Genes (CRUZ, 2001).

4.3 Resultados e discussão

Através da análise de variância (Tab 4.1), a significância do fator principal genótipo foi detectada sobre todos os caracteres empregados no estudo, foi efetuada comparação das médias dos genótipos nos três anos de experimentação, empregando o teste de Scott-Knott. Comparando os genótipos empregados no estudo quanto ao rendimento de grãos (RG), na Tab. 4.1, se observa que foram formadas duas classes distintas, onde as cultivares testemunhas e a maioria dos genótipos *stay-green* agruparam na classe de maiores médias, classe “a”,

enquanto que a maioria dos genótipos sincronizados compuseram a classe de médias mais baixas, “b”.

Tabela 4.1 – Resumo da análise de variância dos efeitos principais e de interação em trigo e teste de médias por Scott-Knott no efeito geral de anos de avaliação.

FAEM/UFPel, 2011.

Caracteres	Quadrado Médio							Média	CV
	Genótipo	Ano	G x A		Erro				
RG	760962**	18144012**	297290**		62570		2031	12,31	
MMG	21,88**	265,68**	18,72**		5,03		34,66	6,47	
NAF	562,88**	5242,00**	160,82**		100,68		63,07	15,91	
NGE	120,77**	10695,00**	59,73**		30,69		50,31	11,10	
ME	0,36**	36,01**	0,16**		0,10		2,66	12,14	
MGE	0,11*	25,82**	0,09**		0,07		1,81	14,48	
CE	6,76**	41,24**	3,06		2,46		11,34	13,83	
NEF	6,63**	64,51**	2,72**		1,85		20,05	6,78	
ICE	0,08**	0,22**	0,01		0,01		0,67	8,01	
Média Geral 2003/2004/2005									
Linhagens	RG	MMG	NAF	NGE	ME	MGE	CE	NEF	ICE
	(kg ha)	(g)	(n)	(n)	(g)	(g)	(cm)	(n)	(adm.)
TB438 (G)	2134 ⁺ a	34,71 a	64 c	57 a	2,67 b	1,92 a	11,46 a	21,0 a	0,72 a
SG30	2143 a	33,60 b	59 d	51 a	2,52 b	1,75 a	10,72 b	20,4 a	0,68 a
SG39	2349 a	31,99 b	68 c	55 a	2,55 b	1,80 a	10,62 b	20,0 a	0,70 a
SG47	2394 a	34,79 a	63 c	50 a	2,48 b	1,75 a	10,64 b	20,8 a	0,68 a
SG53	2587 a	36,07 a	68 c	53 a	2,47 b	1,80 a	10,34 b	19,4 a	0,72 a
SG65	2320 a	35,72 a	62 d	52 a	2,52 b	1,80 a	10,50 b	20,4 a	0,70 a
SG71	2477 a	35,08 a	64 c	54 a	2,66 b	1,90 a	10,90 b	20,7 a	0,70 a
SG74	2308 a	35,32 a	65 c	51 a	2,52 b	1,79 a	10,19 b	20,0 a	0,70 a
RC1SG32	2278 a	33,44 b	61 d	53 a	2,58 b	1,81 a	10,59 b	20,1 a	0,70 a
RC2SG34	1934 b	34,37 a	60 d	52 a	2,76 a	1,91 a	11,31 a	20,4 a	0,70 a
RC2SG40	2087 a	33,43 b	66 c	51 a	2,63 b	1,83 a	11,42 a	20,0 a	0,69 a
RC2SG46	2062 a	36,35 a	61 d	51 a	2,74 b	1,86 a	11,97 a	20,4 a	0,68 a
RC2SG54	2164 a	34,21 a	57 d	47 b	2,61 b	1,80 a	11,39 a	19,9 a	0,70 a
RC2SG62	2300 a	34,75 a	63 c	52 a	2,64 b	1,86 a	11,48 a	20,8 a	0,70 a
RC2SG67	2014 b	36,89 a	60 d	54 a	2,71 b	1,84 a	11,97 a	20,3 a	0,67 b
TB188 (G)	1616 b	35,03 a	70 c	46 b	2,62 b	1,75 a	10,31 b	19,0 b	0,65 b
SZ31	1854 b	32,97 b	64 c	47 b	2,61 b	1,66 b	14,18 a	19,7 a	0,63 b
SZ37	1838 b	34,37 a	66 c	49 b	2,71 b	1,80 a	11,88 a	19,7 a	0,66 b
SZ49	1652 b	35,40 a	58 d	53 a	2,91 a	1,92 a	12,37 a	20,3 a	0,65 b
SZ57	1706 b	33,87 b	60 d	51 a	2,89 a	1,88 a	12,02 a	20,1 a	0,64 b
SZ69	1932 b	31,81 b	67 c	46 b	2,59 b	1,68 b	11,71 a	19,2 b	0,64 b
RC1SZ43	1973 b	32,90 b	58 d	53 a	2,57 b	1,79 a	11,17 b	20,9 a	0,68 a
RC1SZ45	1727 b	32,96 b	55 d	51 a	2,85 a	1,80 a	12,30 a	21,1 a	0,62 b
RC1S Z55	1569 b	35,42 a	61 d	53 a	3,09 a	1,95 a	12,44 a	21,3 a	0,63 b
RC1SZ58	1861 b	35,68 a	55 d	47 b	2,73 b	1,79 a	11,86 a	20,0 a	0,65 b
RC1SZ68	2278 a	35,98 a	73 c	43 c	2,36 b	1,65 b	10,56 b	18,6 b	0,70 a
RC1SZ72	1719 b	35,24 a	59 d	51 a	2,85 a	1,84 a	12,33 a	20,7 a	0,64 b
RC1SZ76	1749 b	36,44 a	62 d	52 a	3,04 a	2,04 a	11,78 a	20,6 a	0,67 b
RC2SZ35	1812 b	33,53 b	60 d	48 b	2,68 b	1,82 a	11,33 a	20,0 a	0,68 a
RC2SZ42	1825 b	35,00 a	56 d	49 b	2,59 b	1,73 a	11,07 b	20,0 a	0,67 b
RC2SZ56	1652 b	34,70 a	55 d	49 b	2,86 a	1,88 a	10,81 b	19,9 a	0,65 b
RC2SZ61	1853 b	38,15 a	52 d	53 a	3,02 a	2,03 a	11,46 a	20,3 a	0,66 b
BRS 177	2414 a	31,11 b	93 a	40 c	2,07 b	1,48 c	9,73 b	16,9 c	0,72 a
CEP 27	2491 a	37,07 a	81 b	44 c	2,58 b	1,86 a	10,60 b	18,6 b	0,72 a

⁺ Médias seguidas pela mesma letra na linha e na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade segundo teste Scott-Knott; * e ** significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; QM = quadrado médio; GL = graus de liberdade; CV = coeficiente de variação; G = genitor; RG = rendimento de grãos; MMG = massa de mil grãos; NAF = número de filhotes férteis; NGE = número de grãos da espiga; ME = massa da espiga; MGE = massa de grãos da espiga; CE = comprimento da espiga; NEF = número de espiguetas férteis; ICE = índice de colheita da espiga.

Comparando os genitores TB438 e TB188, é evidente a superioridade da linhagem portadora do caráter *stay-green* (TB438) quanto ao RG, tendo esse genótipo mostrado desempenho não diferente das testemunhas elite (Tab. 4.1). A contribuição de alelos favoráveis do genitor TB438 pode explicar o bom desempenho da constituição genética sincronizada RC1SZ58, único genótipo com senescência sincronizada que participa da classe “a” de médias de RG, devido a maior proporção da linhagem *stay-green* no retrocruzamento que a originou.

Analisando a variável MMG se verifica distribuição dos genótipos em duas classes, não ficando tão evidente a superioridade dos genótipos com o caráter de permanência verde de planta. Pois, mesmo a proporção maior de genótipos superiores para MMG esteja no grupo *stay-green*, ainda é relevante o número de constituições genéticas com maturação sincronizada que apresentem desempenho superior nesta variável.

Analisando os genitores, as médias desses revelam que ambas apresentam um desempenho muito semelhante para MMG, e por serem linhagens do mesmo programa de melhoramento (Embrapa Clima Temperado – Terras Baixas), podem possuir uma dissimilaridade genética pequena para esse caráter. De forma que, sem contribuição com novos alelos através da hibridação, a variação do caráter tende a ser reduzida, principalmente por que a MMG, mascarando variações que podem ser oriundas do efeito do caráter *stay-green*. Portanto, o melhor desempenho produtivo das linhagens *stay-green* pode não estar diretamente associado ao efeito desse caráter sobre a massa média de grãos, como o encontrado por (SILVA et al., 2003), e sim no seu efeito sobre outros componentes do rendimento, pois, o acúmulo de pequenas contribuições dos componentes pode revelar progressos para incrementar o caráter rendimento de grãos.

Para Silva et al. (2008), a remoção do platô pode ser auxiliada de maneira consistente pelo emprego do caráter *stay-green* em populações de trigo, mas associado ao acúmulo de alelos favoráveis ao rendimento de grãos. Silva et al. (2005), avaliando as mesmas populações *stay-green* e sincronizada, encontraram através da análise de trilha efeitos indiretos da MMG no RG via número de grãos da espiga (NGE) e número de espiguetas férteis (NEF) (0,26 e 0,43, respectivamente). Segundo Valério et al. (2009), o afilhamento é uma importante

característica associada a adaptação à ambientes desfavoráveis, além de representar um dos mais importantes componentes direto do RG. Analisando os indivíduos em teste, foi observado que nenhuma das linhagens equiparou seu NAF com as testemunhas elite, provavelmente devido ao baixo desempenho dos genitores TB348 e TB188 para o caráter.

Para a variável NGE é possível observar um elevado desempenho das linhagens do grupo *stay-green*, permanecendo superiores a maioria dos genótipos sincronizados e também às testemunhas elite, sendo esse fenômeno também visto para a variável NEF. Possivelmente a maior disponibilidade de fotossimilados fez com que fosse reduzido o abortamento de antécios, resultando em um maior número de espiguetas férteis e por consequência em maior número de grãos por espiga. Além disso, Ahlawat et al. (2008) também destacaram que a maior permanência verde de planta pode ter associação com incremento no número de grãos por espiga. Quanto a massa da espiga é observado que os genótipos *stay-green* em sua maioria foram agrupados como indivíduos de médias reduzidas, todavia apresentaram as médias agrupadas na classe superior para o caráter massa de grãos da espiga, indicando que a porção dos fotossimilados direcionados à espiga que foi drenada para enchimento de grão é superior em genótipo com maior permanência verde de planta. Fato que foi corroborado pela análise do índice de colheita da espiga (ICE), onde a maioria dos genótipos *stay-green* apresentaram desempenho superior, integrando a classe de maiores médias de ICE. O caráter comprimento de espiga (CE), a maioria dos genótipos que compuseram a classe de maiores médias, classe “a”, são pertencentes ao grupo sincronizado, e observando os genótipos com o caráter *stay-green*, apenas aqueles que são originário do retrocruzamento com o genitor sincronizado mostraram médias de CE superiores, indicando uma contribuição alelos do TB188 para incremento no tamanho da espiga.

A partir da matriz de distância genética, foram elaboradas as análises de agrupamentos explicitadas na Tab. 4.2, onde é possível observar no agrupamento realizados apenas dentro do grupo *stay-green* que houve a formação de sete grupos: um grupo maior (I) com seis linhagens sendo uma de origem de retrocruza com TB438; três grupos distintos apenas compostos de retrocruzamentos com o pai sincronizado, de forma que a maior participação do genitor TB188 fez com que

fosse formado grupos distintos dos outros genótipos sincronizados; três grupos contendo apenas uma linhagem foram formados com os genótipos: TB438, SG53 e SG39.

Tabela 4.2 – Agrupamentos de linhagens *stay-green* (SG), sincronizado (SZ) e cultivares de elite de trigo, realizados pelo método de Tocher, com base na distância generalizada de Mahalanobis (D^2). FAEM/UFPel, 2011.

Grupo	Linhagens <i>Stay-green</i> (SG)					
I	SG30	RC1SG32	SG47	SG71	SG65	SG74
II	RC2SG34	RC2SG40	RC2SG62			
III	RC2SG46	RC2SG67				
IV	RC2SG54					
V	TB438					
VI	SG53					
VII	SG39					
Grupo	Linhagens Sincronizado (SZ)					
I	SZ49	RC1SZ72	SZ57	SZ37	RC1SZ76	RC2SZ56
	RC2SZ35	RC1SZ58	RC2SZ42	RC1SZ45	RC1S Z55	RC2SZ61
	SZ69	TB188				
II	SZ31					
III	RC1SZ43					
IV	RC1SZ68					
Grupo	Linhagens SG + SZ					
I	SZ49	RC1SZ72	SZ57	RC1SZ76	RC2SZ56	RC1SZ58
	SZ37	RC2SZ35	RC2SZ42	RC2SG34	RC2SG46	RC2SG40
	RC1SZ45	RC2SG67	RC1SZ55	RC2SZ61	RC2SG54	SG30
	RC1SZ43	RC2SG62				
II	SG65	SG74	SG47	SG71	RC1SG32	SG53
	TB438	SG39				
III	SZ31	SZ69				
IV	TB188					
V	RC1SZ68					
Grupo	Linhagens SG + SZ + Cultivares Elite					
I	SZ49	RC1SZ72	SZ57	SZ37	RC1SZ76	RC2SZ56
	RC1SZ58	RC2SZ35	RC2SZ42	RC2SG34	RC2SG46	RC2SG40
	RC1SZ45	RC2SG67	RC1S Z55	RC2SZ61	SZ69	RC2SG54
	SG30	RC1SZ43	RC2SG62	RC1SG32	SG74	SG65
	SG47	SG71	TB438	TB188	RC1SZ68	SG39
	SG53	SZ31				
II	CEP 27					
III	BRS 177					

Analisando os indivíduos sincronizados, foram formados quatro grupos de linhagens, onde o primeiro grupo é composto pela grande maioria dos genótipos e o genitor TB188 e os outros três foram compostos por uma linhagem cada: SZ31, RC1SZ43 e RC1SZ68. Quando analisada a dissimilaridade genética das linhagens *stay-green* juntamente com as sincronizadas, há formação de cinco grupos de genótipos similares: o primeiro composto principalmente por linhagens oriundas de retrocruzamento, tanto *stay-green* como sincronizadas, e mais três constituições genéticas sincronizadas (SZ49, SZ57 e SZ37) e uma *stay-green* (SG30). O segundo grupo é composto pelo genitor *stay-green* (TB438) e as demais linhagens portadoras do caráter; o quarto grupo é composto por duas linhagens sincronizadas, SZ31 e SZ69, que tinham ficado em grupos diferentes na análise apenas do grupo sincronizado; o genitor sincronizado e a linhagem retrocruza RC1SZ68 compuseram dois grupos distintos.

Observando os retrocruzamentos do grupo *stay-green* é clara a contribuição dos alelos do genitor sincronizado, de forma que esses agruparam com os genótipos sincronizados na análise conjunta e formaram grupos a par dos demais *stay-green* na análise para o grupo com tendência a permanência verde de planta. Refletindo sobre a linhagem RC1SZ68, é observado que em ambas análises de agrupamento essa compõe um grupo isolado, e esse mesmo genótipo é aquele que evidencia o melhor rendimento de grãos entre os sincronizados, além de massa média de grãos elevada e bom índice de colheita. É possível dessa forma destacar seu desempenho além de distância dos demais, podendo ser um genótipo interessante na composição de um bloco de cruzamento com alguma das outras linhagens empregadas no estudo.

Efetuada a análise de agrupamento com todos as linhagens mais as cultivares testemunha pode ser observada a formação de três grupos: um contendo os genitores TB438 e TB188 mais suas progênes; um contendo a cultivar BRS177 e outro com a cultivar CEP 27.

Desta forma é evidente dois pontos: o primeiro é que os genótipos TB438 e TB188 tem uma pequena distância genética entre si, de forma que eles e suas progênes se aglutinaram em um único grupo (I); o segundo ponto é que associando a aditividade do caráter *stay-green* (Joshi et al., 2007; Silva et al., 2001) à dissimilaridade genética das linhagens portadoras com os genótipos elite, é

esperado que do cruzamentos entre linhagens com maior permanência verde planta e cultivar comercial, se obtenha consideráveis ganhos genéticos para o rendimento de grãos e senescência *stay-green*.

A fim de compreender melhor a contribuição dos caracteres na dissimilaridade dos genótipos, foi efetuada a análise de contribuição relativa para a análise do grupo *stay-green*, sincronizado e os dois juntos (Tab 4.3).

Com base na contribuição relativa dos genótipos *stay-green*, é notado que caráter que mais contribuiu foi o CE (30,74%), e analisando de maneira conjunta, esse fato é confirmado pelo desempenho diferente das linhagens retrocruzadas com o TB188 do restante do grupo *stay-green*, revelando que forte influência do genitor sincronizado. Além dessa característica, também tiveram contribuição para as dissimilaridades encontradas os caracteres NEG (17,87%) e ME (14,14%), sendo esses caracteres e o CE responsáveis por 62% de toda a variação.

Tabela 4.3 – Resumo da análise de contribuição relativa dos caracteres para dissimilaridade genética de linhagens de trigo com a presença do caráter *stay-green* (SG) e com senescência sincronizada (SZ), segundo método proposto por Singh (1981). FAEM/UFPel, 2011.

Variável	Contribuição Relativa (SG)		Contribuição Relativa (SZ)	
	S.j	Valor em %	S.j	Valor em %
RG	52,16	11,48	58,09	11,81
MMG	43,79	9,64	85,52	16,98
NAF	21,91	4,82	76,19	15,49
NGE	81,16	17,87	52,86	10,75
ME	64,23	14,14	44,42	9,03
MGE	21,01	4,62	36,43	7,41
CE	139,64	30,74	38,12	7,75
NEF	20,56	4,53	47,68	9,69
ICE	9,83	2,16	54,53	11,09
Variável	Contribuição Relativa Geral (SG + SZ)			
	S.j	Valor em %		
RG	569,97	22,9		
MMG	251,25	10,09		
NAF	197,72	7,94		
NGE	418,04	16,79		
ME	176,11	7,07		
MGE	21,3	0,86		
CE	262,28	10,54		
NEF	160,06	6,43		
ICE	432,67	17,38		

Para o grupo sincronizado, os caracteres que mais contribuíram para a formação dos grupos foram MMG (16,98%), NAF (15,49%), sendo responsáveis por apenas por 32,47% de toda variação. Para esse grupo ocorreu uma distribuição da contribuição entre os caracteres estudados, enquanto que no grupo *stay-green* ocorreu uma concentração da contribuição no caráter comprimento de espiga. Há uma hipótese de que o caráter *stay-green* tenha reduzido as variações na MMG, NAF e ICE, e a variação tenha se concentrado numa variável na qual não há interferência da permanência verde, CE. Analisando a contribuição relativa de maneira conjunta, dos genótipos *stay-green* e sincronizados, se destaca a participação de três caracteres, sendo eles RG (22,9%), ICE (17,38%) e NGE (16,79%), sendo esses responsáveis por 57,07% da variação empregada para distinguir os genótipos.

Portanto, com base no desempenho per se das constituições genéticas avaliadas é possível recomendar a combinação de qualquer uma das linhagens *stay-green* e uma das cultivares elite, já que devido a dissimilaridade genética de ambos associados aos seus bom desempenhos, ambos os genitores podem contribuir com alelos distintos para o RG e caracteres de interesse agrônomo, resultando em progêies superiores.

4.4 Conclusões

De maneira geral os genótipos *stay-green* se destacam pela superioridade para rendimento de grãos e entre outros caracteres almejados pelo melhorista, mas também deve ser observado o bom desempenho obtido do genótipo sincronizado RC1SZ68. As diferenças genéticas entre genótipos do padrão *stay-green* e sincronizado são reduzidas, visto as poucas diferenças observadas entre os genitores com ausência e presença da maior permanência verde da planta próximo a maturidade fisiológica. Por outro lado, diferenças efetivas são constatadas com cultivares padrões, promovendo maiores chances de recombinações promissoras para rendimento de grãos com presença do caráter *stay-green* e sincronizado.

4.5 Referências bibliográficas

AHLAWAT, S.; CHHABRA, A. K.; BEHL, R.K.; BISHT, S.S. Genotypic divergence analysis for stay green characters in Wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell). **The South Pacific Journal of Natural Sciences**, v. 26, 2008.

BRUM, A. L., MÜLLER, P. K. A realidade da cadeia do trigo no Brasil: o elo produtores/cooperativas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Rio de Janeiro, v. 46, n. 1, p. 145-169, 2008.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400p.

COMISSÃO SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO. **Recomendações da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 2004. 74p.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em 02 out. 2011.

CRUZ, C.D. **Programa Genes – versão Windows 2001.0.0**. Viçosa: Editora UFV, 2001. 648 p.

CUKADAR-OLMEDO, B.; MILLER, J. F. Inheritance of the *stay-green* trait in sunflower. **Crop Science**, Madison, v. 37, n. 1, p. 150-153, 1997.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of The United Nations data. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/> > Acesso em 02 out. 2011.

JOSHI, A. K.; KUMARI, M.; SINGH, V. P.; REDDY, C. M.; KUMAR, S.; RANE, J.; CHAND, R. Stay green trait: variation, inheritance and its association with spot blotch resistance in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). **Euphytica**, n. 153, p. 59 - 1, 2007.

KUMAR, U; JOSHI, A. K.; KUMARI, M; PALIWAL, R.; KUMAR; S; RÖDER, M. S. Identification of QTLs for stay green trait in wheat (*Triticum aestivum* L.) in the 'Chirya 3' × 'Sonalika' population. **Euphytica**, v. 174, n. 3, p. 437-445, 2010.

NEDEL, J. L. Progresso genético no rendimento de grãos de cultivares lançadas para cultivo entre 1940 e 1992. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 10, p. 1565-1570, 1994.

SILVA, J. A. G., CARVALHO, F. I. F., HARTWIG, I., OLIVEIRA, A. C., BERTAN, I., CAETANO, V. R., SCHMIDT, D. A. M., VALÉRIO. I. P., RIBEIRO, G.; BUSATO. C. C. Caráter *stay-green* e produtividade de grãos em trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 161-167, 2008.

SILVA, J. A. G.; CARVALHO, F. I. F.; HARTWIG, I.; CAETANO, V. R.; BERTAN, I.; MAIA, L. C.; SCHMIDT, D. A. M.; FINATTO, TACIANE; VALÉRIO, I. P. Distância morfológica entre genótipos de trigo com ausência e presença do caráter “*stay-green*”. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 5, p. 1261-1267, 2007.

SILVA, S. A.; CARVALHO, F. I. F.; NEDEL, J. L.; CRUZ, P. J.; PESKE, S. T.; SIMIONI, D.; CARGNIN, A. Enchimento de sementes em linhas quase isogênicas de trigo com presença e ausência do caráter “ *stay-green*”. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 5, p. 613-618, 2003.

SILVA, S. A.; CARVALHO, F. I. F.; CAETANO, V. R.; OLIVEIRA, A. C.; COIMBRA, J. L. M.; VASCONCELLOS, N. J. M.; LORENCETTI, C. Genetic Basis of *Stay-green* Trait in Bread Wheat. **Journal of New Seeds**, v. 2, p. 55-58, 2001.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, v. 41, p. 237-245, 1981.

VALERIO, I. P.; CARVALHO, F. I. F., COSTA DE OLIVEIRA, A.; BENIN, G.; SILVEIRA, G.; SCHMIDT, D. A. M.; STUMPF, M. T.; WOYANN. Seleção efetiva para o caráter número de afilhos em populações segregantes de trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, 2009.

Capítulo 5

Implicações do caráter *stay-green* nas associações entre caracteres de interesse agrônômico em trigo

5.1 Introdução

O caráter *stay-green* é caracterizado pela permanência da área fotossinteticamente ativa no período final do enchimento de grãos, de forma que os colmos e folhas são as últimas partes a senescerem (SILVA et al., 2008). Em diversas gramíneas esse caráter é associado a uma série de benefícios à planta, como tolerância à estresses bióticos (REDDY et al., 2007) e abióticos (KASSAHUN et al., 2010), incremento na qualidade de panificação em trigo (SILVA et al., 2004) e no rendimento de grãos através da influência sobre os componentes direto do rendimento (AHLAWAT et al., 2008). Dessa forma o emprego do caráter *stay-green* combinado com a outros caracteres de interesse agronômico pode resultar em ganhos expressivos no rendimento de grãos de novas cultivares. Segundo Silva et al. (2008), a remoção dos platôs pode ser auxiliada de maneira consistente pelo emprego do caráter *stay-green* em populações de trigo, mas associado ao acúmulo de alelos favoráveis ao rendimento de grãos.

Na seleção de constituições genéticas superiores para rendimento de grãos se observa que a simples seleção direta para no caráter possui uma grande dificuldade devido a sua baixa herdabilidade, sendo um caráter muito sensível as variações do ambiente (VIEIRA et al, 2007). Assim, muitos pesquisadores têm ressaltado a importância do emprego da seleção indireta, a fim de promover maior progresso genético na seleção de indivíduos superiores (VESOHOSKI et al., 2011; JOSHI et al., 2008; HARTWIG et al., 2007). Neste procedimento, há necessidade do conhecimento das correlações presentes entres as variáveis, bem como o grau de associação entre elas, a fim de determinar os melhores critérios a serem utilizados (CARVALHO et al., 2004). Por outro lado, muitas vezes os coeficientes de correlação não informam a exata importância relativa dos efeitos diretos e indiretos dos caracteres secundários sobre o caráter alvo, de tal forma que Wright (1921) detalhou esses efeitos através do desdobramento dos coeficientes de correlação por meio da análise de trilha, ou *path analysis* (CRUZ et al., 2004).

Benin et al. (2005), observaram, ainda, que as correlações entre os caracteres são específicos à população de observação, já que os graus de associação, assim como a direção dessa, variam com as constituições genéticas empregadas.

O objetivo do estudo foi avaliar a influência do caráter *stay-green* no grau e direção das associações entre os caracteres agrônômicos do trigo em linhagens portadoras do caráter *stay-green* e com senescência sincronizada, bem como nos efeitos diretos e indiretos dos caracteres secundário no rendimento de grãos.

5.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido nos anos de 2003, 2004 e 2005, no campo experimental do Centro de Genômica e Fitomelhoramento (CGF), situado no Centro Agropecuário da Palma, de responsabilidade da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (UFPel). O campo experimental está localizado no município do Capão do Leão, tendo o solo classificado como Podzólico Vermelho Amarelo da unidade de Mapeamento Pelotas. O município está situado a 31° 52' 00" de latitude sul e 52° 21' 24" de longitude oeste; a uma altitude de 13,24m, com uma precipitação pluviométrica média anual de 1280,2 mm.

As constituições genéticas empregadas no estudos, TB188 e TB 438, são oriundas do programa de melhoramento genético da Embrapa Clima Temperado (CPTB – Capão do Leão), sendo desenvolvidas por meio de seleção recorrente entre linhagens promissoras com e sem a presença do caráter *stay-green*. As linhagens TB 188 (senescência sincronizada) e TB438 (portadora do caráter *stay-green*) foram cruzadas, de maneira a obter a geração F_1 para retrocruzamento e autofecundação para a formação de população F_2 . Efetuando duas épocas de cultivo por ano, as plantas F_1 foram autofecundadas até F_n , obtendo linhagens com retardamento de senescência (SG: *stay-green*) e sincronizada (SZ: sincronizada). Além disso, foram obtidos os retrocruzamentos $RC1F_1$ ($P_1//P_1/P_2$) e $RC2F_1$ ($P_1//P_1/P_2$), que também passaram por sucessivas autofecundações, obtendo no final linhagens com tendência ao *stay-green* (RC_nSG) e à senescência sincronizada (RC_nSZ). Desta forma, o estudo abrange 15 linhagens *stay-green* (SG30, SG39, SG47, SG53, SG65, SG71, SG74, $RC1SG32$, $RC2SG34$, $RC2SG40$, $RC2SG46$,

RC2SG54, RC2SG62, RC2SG67 e o genitor TB438) e 17 linhagens sincronizadas (SZ31, SZ37, SZ49, SZ57, SZ69, RC1SZ43, RC1SZ45, RC1SZ55, RC1SZ58, RC1SZ68, RC1SZ72, RC1SZ76, RC2SZ35, RC2SZ42, RC2SZ56, RC2SZ61 e o genitor TB188).

Foi empregado o delineamento experimental de blocos casualizados com três repetições, sendo cada unidade experimental composta de cinco linhas com três metros de comprimento com espaçamento entre linhas de 0,2m, sob uma densidade de semeadura de 300 sementes aptas m^{-2} . A adubação e calagem foram efetuadas com base nas recomendações técnicas para a cultura para os estados do RS e SC (CBQFS, 2004), de acordo com o resultado da análise do solo coletado em cada um dos anos de cultivo. Os tratos culturais, assim como o controle de plantas daninhas, doenças e pragas foram feitos segundo as indicações técnicas para cultura (CSBPT, 2004).

Para esse estudo foram empregados os caracteres rendimento de grãos (RG, em $kg\ ha^{-1}$), obtido através do valor de rendimento da parcela extrapolado para um hectare, massa de mil grãos (MMG, em g), número de afilhos férteis (NAF, em unidades), número de grãos por espiga (NGE, em unidades), massa da espiga (ME, em g), massa de grãos da espiga (MGE, em g), comprimento da espiga (CE, em cm), número de espiguetas férteis (NEF, em unidades) e índice de colheita da espiga (ICE, adimensional), obtido pela razão entre a massa de grãos da espiga e a massa total da espiga.

Os dados após serem computados foram submetidos à análise de variância com o objetivo de detectar a influência dos fatores principais genótipo e ano, bem como a interação entre eles, sobre os caracteres empregados no estudo. Após foi realizada a estimativa dos coeficientes de correlação fenotípica de Pearson separadamente para os indivíduos *stay-green* e sincronizados. Esses coeficientes de correlação foram desdobrados em efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas sobre a variável básica rendimento de grãos através da análise de trilha (Wright, 1921). Todos os procedimentos estatísticos foram realizados com auxílio do programa computacional Genes (CRUZ, 2001).

5.3 Resultados e discussão

Analisando os coeficientes de correlação fenotípica de Pearson (Tab. 5.1), é notória as diferenças entre os genótipos com maior permanência verde de planta e aqueles com senescência sincronizada. Das trinta e seis associações analisadas, apenas duas apresentaram significância e mesma direção em ambos os grupos, sendo elas RG e ME ($r = -0,72$, em ambas), e ME e MGE ($r = 0,81$ e $0,91$, respectivamente para os genótipos *stay-green* e sincronizado). Essa disparidade demonstrou a necessidade de avaliar os coeficientes correlações desse grupos de genótipos separadamente, concordando com Benin et al. (2005) e Carvalho et al (2004), que salientaram a especificidade das associações obtidas de uma população, sendo essas aplicáveis apenas na mesma.

Fato curioso foi a associação significativa e negativa entre RG e ME para ambos os grupos, *stay-green* e sincronizado, já que é esperado que o aumento da ME resulte num aumento no RG (HARTWIG et al., 2007). Todavia, deve ser considerado que o incremento na massa da espiga pode estar associado à uma menor quantidade de afilhos produzidos, destinando, dessa forma, os fotossimilados produzidos para um número menor de espigas, aumento suas massas individuais. Esse fato foi observado para o grupo sincronizado, onde a correlação da ME e MGE com NAF foi significativamente negativa ($r = -0,53$ para ambas). Assim, se o reduzido NAF não for compensado pela produção individual de cada afilho, ME e MGE, em um contexto de lavoura haverá uma redução no rendimento de grãos.

O NAF foi associado de maneira significativa e positiva com o RG em ambas os grupos de senescência ($r = 0,55$ e $0,35$, respectivamente para o *stay-green* e sincronizado), todavia apenas para os genótipos *stay-green* esse coeficiente apresentou significância pelo teste T. Ahlawat et al. (2008), discutiram em seus trabalhos que o caráter *stay-green* influenciava em trigo, entre outros componentes do rendimento, o número de afilhos.

Tabela 5.1 – Coeficientes de correlação de Pearson estimados a partir de três anos de avaliações em linhagens de trigo com e sem a presença do caráter *stay-green*. FAEM/UFPel, 2011.

Coeficientes de Correlação Pearson (2003/2004/2005)		
Variável	<i>Stay-green</i>	Sincronizado
RG x MMG	0.01	-0.05
RG x NAF	0.55 *	0.35
RG x NGE	0.14	-0.53 *
RG x ME	-0.72 **	-0.72 **
RG x MGE	-0.35	-0.52 *
RG x CE	-0.71 **	-0.22
RG x NEF	-0.24	-0.50 *
RG x ICE	0.47	0.62 **
MMG x NAF	-0.19	-0.18
MMG x NGE	-0.03	0.23
MMG x ME	0.20	0.42
MMG x MGE	0.14	0.58 *
MMG x CE	0.27	-0.25
MMG x NEF	0.10	0.05
MMG x ICE	-0.21	0.28
NAF x NGE	0.51 *	-0.67 **
NAF x ME	-0.34	-0.53 *
NAF x MGE	0.03	-0.53 *
NAF x CE	-0.40	-0.16
NAF x NEF	-0.28	-0.69 **
NAF x ICE	0.51 *	0.22
NGE x ME	0.11	0.79 **
NGE x MGE	0.43	0.81 **
NGE x CE	-0.04	0.28
NGE x NEF	0.26	0.89 **
NGE x ICE	0.37	-0.26
ME x MGE	0.81 **	0.91 **
ME x CE	0.86 **	0.31
ME x NEF	0.37	0.71 **
ME x ICE	-0.22	-0.46
MGE x CE	0.54 *	0.05
MGE x NEF	0.28	0.63 **
MGE x ICE	0.35	-0.07
CE x NEF	0.35	0.38
CE x ICE	-0.41	-0.65 **
NEF x ICE	-0.21	-0.41

** e * = Significativo a 1 e 5% de probabilidade de erro, respectivamente, segundo o teste T; RG = rendimento de grãos; MMG = massa de mil grãos; NAF = número de afilhos férteis; NGE = número de grãos da espiga; ME = massa da espiga; MGE = massa de grãos da espiga; CE = comprimento da espiga; NEF = número de espiguetas férteis; ICE = índice de colheita da espiga.

Quanto ao número de associações significativas, os genótipos *stay-green* apresentaram apenas oito, sendo duas com mesma magnitude e direção dos indivíduos sincronizados. Dentre as correlações divergentes encontradas está a entre NAF e NGE, que para ambas foi significativa, porém, para as linhagens *stay-green* foi estabelecida uma associação positiva ($r = 0,51$), enquanto que para os genótipos sincronizados foi negativa ($r = -0,67$). A maior atividade fotossintética dos genótipos *stay-green* pode ter permitido incremento no NGE, mesmo com o aumento do NAF. Para os sincronizados ocorreu uma compensação do maior NAF com a redução do NGE, assim como ocorreu na associação entre NAF e NEF ($r = -0,69$).

Para os genótipos *stay-green* a associação do CE com ME e MGE foi significativamente positiva para ambos ($r = 0,86$ e $0,54$, respectivamente), determinando que o aumento da CE incrementou a ME e MGE, enquanto que foi evidenciado que CE e RG se associaram negativamente ($r = -0,71$). Silva et al. (2005), também analisando populações *stay-green*, encontrou coeficientes de correlação fenotípica negativos entre CE e RG. Ainda sobre o grupo *stay-green*, foi encontrada uma associação positiva entre NAF e ICE ($r = 0,51$), sendo interessante do ponto de vista de seleção indireta. Assim, os genótipos mais afilhadores tem a tendência de ter uma relação da massa de grão sobre a de palha maior, o que poderia levar ao maior rendimento por afilho. Todavia, a associação entre ICE e RG não foi significativa para os genótipos com permanência verde de planta, apesar de positiva.

A associação entre ICE e RG foi significativamente positiva para os genótipos sincronizados ($r = 0,62$), demonstrando esse como um caráter promissor para seleção indireta para rendimento de grãos nessa população devido a sua elevada magnitude. O rendimento de grãos, para os indivíduos sincronizados, se associou de maneira negativa e significativa com NGE ($r = -0,53$), MGE ($r = -0,52$) e NEF ($r = -0,50$).

Para essa população, sincronizada, foi observada correlação positiva entre a ME e MMG ($r = 0,58$), que é um dos componentes principais do RG. Analisando os coeficientes de correlação significativos de NGE com ME ($r = 0,79$) e MGE ($r = 0,81$), e de NEF com ME ($r = 0,71$) e MGE ($r = 0,63$), é destacada a grande participação do número de grãos produzidos na espiga

com sua massa total. Ainda é possível destacar para esses grupo a associação significativa e negativa entre CE e ICE ($r = -0,65$) e positiva entre NGE e NEF ($r = 0,89$).

De forma a obter um maior detalhamento dos efeitos direto e indiretos associados aos caracteres secundário sobre o rendimento de grãos, na tab. 5.2 e 5.3 estão apresentados os coeficientes de trilha com colinearidade para os genótipos *stay-green* e sincronizado.

A correlação entre MMG e RG, tanto para os genótipos *stay-green* com para o sincronizados, foi pequena ($r = 0,01$ e $-0,05$, respectivamente). Mas analisando o efeito direto de MMG no RG, são observados valores muito superiores ($0,23$ para *stay-green* e $0,15$ para sincronizados). Segundo Carvalho et al., (2004), quando o valor da correlação é muito baixo e o efeito direto da variável explicativa na variável básica é positivo e de maior magnitude, os efeitos indiretos que são responsáveis pela baixa correlação, devendo estes merecer atenção durante a seleção. Sendo assim, foi observado para o grupo sincronizado uma grande contribuição do efeito indireto via ME ($-0,25$) na redução da magnitude da correlação entre MMG e RG.

Para a correlação entre NAF e RG para os indivíduos *stay-green* ($r = 0,55$), o efeito direto da variável explicativa teve menor magnitude em relação a correlação ($0,30$). Todavia diferença entre o efeito direto e a correlação não foi tão destoante quanto a que ocorreu para o grupo sincronizado, onde $r = 0,35$ e o efeito direto ficou estabelecido como $-0,03$, sendo o efeito indireto via ME igual a $0,35$ mais pronunciado que diretamente.

A correlação entre NGE e RG só foi evidente para o grupo sincronizado ($r = -0,53$), onde foi detectado um efeito direto negativo de $-0,20$ e efeitos indiretos substanciais via ME ($-0,46$) e via CE ($0,86$). Na correlação ME e RG, que foi significativamente negativa para ambos os grupos, *stay-green* e sincronizado ($r = -0,72$), o efeito direto do NGE teve uma magnitude considerável para ambos (*stay-green* e sincronizado), indicando que o efeito direto é responsável em grande parte da associação. Analisando os efeitos indiretos, para o grupo *stay-green* o efeito direto mais pronunciado foi via CE ($-0,20$), enquanto que para os sincronizados foi NGE ($-0,16$) e ICE ($-0,23$).

Tabela 5.2 - Estimativa dos efeitos diretos e indiretos dos coeficientes de trilha através de correlações fenotípicas sobre o caráter rendimento de grãos (RG) como variável dependente principal e os caracteres componentes da produção como variáveis independentes explicativas em 32 genótipos de trigo. FAEM/UFPel, 2011.

Caractere	Via de Associação	<i>Stay-green</i>			Sincronizado		
		ED	EI	r	ED	EI	r
MMG	Efeito direto no RG	0,2271			0,1510		
	Efeito indireto via NAF		-0,0556			0,0052	
	Efeito indireto via NGE		0,0024			-0,0456	
	Efeito indireto via ME		-0,0917			-0,2452	
	Efeito indireto via MGE		0,0320			0,0093	
	Efeito indireto via CE		-0,0618			-0,0755	
	Efeito indireto via NEF		0,0122			0,0061	
	Efeito indireto via ICE		-0,0425			0,1365	
	Total (direto e indireto)			0,01			-0,05
NAF	Efeito direto no RG	0,3000			-0,0292		
	Efeito indireto via MMG		-0,0421			-0,0271	
	Efeito indireto via NGE		-0,0386			0,1338	
	Efeito indireto via ME		0,1515			0,3129	
	Efeito indireto via MGE		0,0007			-0,0086	
	Efeito indireto via CE		0,0917			-0,0486	
	Efeito indireto via NEF		-0,0347			-0,0903	
	Efeito indireto via ICE		0,1060			0,1113	
	Total (direto e indireto)			0,55			0,35
NGE	Efeito direto no RG	-0,0752			-0,2009		
	Efeito indireto via MMG		-0,0072			0,0342	
	Efeito indireto via NAF		0,1540			0,0194	
	Efeito indireto via ME		-0,0507			-0,4631	
	Efeito indireto via MGE		0,0093			0,1310	
	Efeito indireto via CE		0,0083			0,8510	
	Efeito indireto via NEF		0,0314			0,1168	
	Efeito indireto via ICE		0,0759			-0,1298	
	Total (direto e indireto)			0,14			-0,53
ME	Efeito direto no RG	-0,4496			-0,5850		
	Efeito indireto via MMG		0,0463			0,0633	
	Efeito indireto via NAF		-0,1011			0,0156	
	Efeito indireto via NGE		-0,0085			-0,1591	
	Efeito indireto via MGE		0,0177			0,0147	
	Efeito indireto via CE		-0,1971			0,0930	
	Efeito indireto via NEF		0,0448			0,0932	
	Efeito indireto via ICE		-0,0446			-0,2268	
	Total (direto e indireto)			-0,72			-0,72

RG = rendimento de grãos; MMG = massa de mil grãos; NAF = número de afilhos férteis; NGE = número de grãos da espiga; ME = massa da espiga; MGE = massa de grãos da espiga; CE = comprimento da espiga; NEF = número de espiguetas férteis; ICE = índice de colheita da espiga; ED = efeito direto; EI = efeito indireto; r = coeficiente de correlação fenotípica.

Na tab. 5.3 está apresentada a análises de trilha para os caracteres MGE, CE, NEF e ICE. A correlação entre MGE e RG foi significativa apenas para o grupo sincronizado ($r = -0,52$), todavia o seu efeito direto sobre o RG é insignificante, demonstrando uma maior importância dos efeitos indiretos via ME (-0,53). Para o grupo *stay-green*, a falta de correlação entre MGE e RG parece ser oriunda de uma compensação dos efeitos indiretos de MGE via ME (-0,38) e NEF (0,34).

Observando a associação entre CE e RG, é notado que para o grupo *stay-green* o efeito direto (-0,23) é muito inferior ao coeficiente de correlação ($r = -0,71$), evidenciando o efeito indireto via ME (-0,39). Silva et al. (2005), também encontrou identificou que o efeito direto do tamanho da espiga sobre o RG é muito inferior à correlação genética negativa encontrada (0,01 e -0,41, respectivamente). Apesar do coeficiente de correlação fenotípica entre CE e RG não apresentar significância estatística para o grupo sincronizado, mas o seu efeito direto foi superior ao presente nos genótipos com permanência verde de planta (0,30). A não significância da correlação é resultado do efeito indireto negativo via ME (-0,17) e ICE (-0,32).

A correlação entre NEF e RG foi significativa apenas para os genótipos com senescência sincronizada, ($r = -0,50$), mas seu efeito direto é muito pequeno e positivo sendo observado os pronunciados efeitos indiretos via ME (-0,41), ICE (-0,20) e MGE (-0,19).

Já na associação entre ICE e RG, os coeficientes de correlação fenotípica mostraram magnitudes consideráveis para ambos os grupos ($r = 0,47$, para os *stay-green*; $r = 0,62$, para os sincronizados), mas foi significativo apenas para o grupo de senescência sincronizada. Mas observando os efeitos diretos, o grupo sincronizado demonstrou maiores efeitos diretos da variável causal (0,50) em relação ao *stay-green* (0,21). Para os genótipos com maior período de permanência verde, o efeito indireto via NAF foi o mais evidente (0,15), enquanto que para os indivíduos sincronizados, o efeito indireto mais pronunciado foi via ME (0,27).

Analisando a participação da ME nos efeitos diretos e indiretos observados nos caracteres estudados na tab. 5.2 e 5.3, e os coeficientes de correlação fenotípica os quais está associada (tab 5.1), é notado que essa

variável é muito relevante na seleção pra rendimento de grãos nessas populações, evidenciando um efeito negativo para o rendimento de grãos.

Tabela 5.3 - Estimativa dos efeitos diretos e indiretos dos coeficientes de trilha através de correlações fenotípicas sobre o caráter rendimento de grãos (RG) como variável dependente principal e os caracteres componentes da produção como variáveis independentes explicativas em 32 genótipos de trigo. FAEM/UFPel, 2011.

Caractere	Via de Associação	<i>Stay-green</i>			Sincronizado		
		ED	EI	r	ED	EI	r
MGE	Efeito direto no RG	0,0218			0,0161		
	Efeito indireto via MMG		0,0328			0,0870	
	Efeito indireto via NAF		0,0096			0,0155	
	Efeito indireto via NGE		-0,0322			-0,1634	
	Efeito indireto via ME		-0,3653			-0,5345	
	Efeito indireto via CE		-0,1242			0,0163	
	Efeito indireto via NEF		0,3436			0,0836	
	Efeito indireto via ICE		0,0713			-0,0369	
	Total (direto e indireto)			-0,35			-0,52
CE	Efeito direto no RG	-0,2300			0,3026		
	Efeito indireto via MMG		0,0610			-0,0377	
	Efeito indireto via NAF		-0,1196			0,0047	
	Efeito indireto via NGE		0,0272			-0,0565	
	Efeito indireto via ME		-0,3850			-0,1797	
	Efeito indireto via MGE		0,0118			0,0009	
	Efeito indireto via NEF		0,0427			0,0502	
	Efeito indireto via ICE		-0,0854			-0,3200	
	Total (direto e indireto)			-0,71			-0,22
NEF	Efeito direto no RG	0,1225			0,1319		
	Efeito indireto via MMG		0,0227			0,0070	
	Efeito indireto via NAF		-0,0850			0,0200	
	Efeito indireto via NGE		-0,0193			-0,1780	
	Efeito indireto via ME		-0,1645			-0,4135	
	Efeito indireto via MGE		0,0061			0,0102	
	Efeito indireto via CE		-0,0802			0,1152	
	Efeito indireto via ICE		-0,0435			-0,2030	
	Total (direto e indireto)			-0,24			-0,50
ICE	Efeito direto no RG	0,2059			0,4954		
	Efeito indireto via MMG		-0,0469			0,0416	
	Efeito indireto via NAF		0,1545			-0,0066	
	Efeito indireto via NGE		-0,0278			0,0526	
	Efeito indireto via ME		0,0973			0,2678	
	Efeito indireto via MGE		0,0076			-0,0012	
	Efeito indireto via CE		0,0955			-0,1955	
	Efeito indireto via NEF		-0,0260			-0,0540	
	Total (direto e indireto)			0,47			0,62
Coeficiente de determinação			0,7320		0,7054		
Efeito da variável residual			0,5459		0,5698		
Valor de K			0,0521		0,0451		

RG = rendimento de grãos; MMG = massa de mil grãos; NAF = número de afilhos férteis; NGE = número de grãos da espiga; ME = massa da espiga; MGE = massa de grãos da espiga; CE = comprimento da espiga; NEF = número de espiguetas férteis; ICE = índice de colheita da espiga; ED = efeito direto; EI = efeito indireto; r = coeficiente de correlação fenotípica.

5.4 Conclusões

Os genótipos portadores do caráter *stay-green* evidenciaram graus e direções de associações diferentes das linhagens com senescência sincronizada, evidenciando a necessidade de empregar critérios distintos durante a seleção de constituições genética superiores para rendimento de grãos. A variável massa da espiga expressou uma grande importância devido aos seus efeitos negativos sobre os caracteres avaliados, inclusive o rendimento de grãos. Por outro lado, o índice de colheita da espiga mostrou ligação positiva na seleção indireta para maximizar a produção final.

5.5 Referências bibliográficas

AHLAWAT, S.; CHHABRA, A. K.; BEHL, R.K.; BISHT, S.S. Genotypic divergence analysis for stay green characters in Wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell). **The South Pacific Journal of Natural Sciences**, v. 26, 2008.

BENIN, G.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; HARTWIG, I.; SCHMIDT, D. A. M.; VIEIRA, E. A.; VALÉRIO, I. P.; SILVA, J. A. G. Estimativas de correlações genotípicas e de ambiente em gerações com elevada frequência de heterozigotos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 523-529, 2005

CARVALHO, F. I. F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: UFPel, 2004. 142p.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400p.

COMISSÃO SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO. **Recomendações da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 2004. 74p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético: v. 1**. 3ed. Viçosa: UFV, 2004. 480p.

CRUZ, C.D. **Programa Genes – versão Windows 2001.0.0**. Viçosa: Editora UFV, 2001. 648 p.

HARTWIG, I.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; VIEIRA, E. A.; SILVA, J. A. G.; BERTAN, I.; RIBEIRO, G.; FINATTO, T.; REIS, C. E. S.; BUSATO, C.

Estimativa de coeficientes de correlação e trilha em gerações segregantes de trigo hexaplóide. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 203-218, 2007.

JOSHI, B. K.; MUDWARI, A.; THAPA, D. B. Correlation and Path Coefficients among Quantitative Traits in Wheat (*Triticum aestivum* L.). **Nepal Journal of Science and Technology**, v. 9, p. 1-5, 2008.

KASSAHUN, B.; BIDINGER, F. R.; HASH, C.T.; KURUVINASHETTI, M. S. *Stay-green* expression in early generation sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] QTL introgression lines. **Euphytica**, v. 172, p. 351–362, 2010.

REDDY, B. V. S.; RAMAIAH, B.; KUMAR, A. A.; REDDY, P. S. Evaluation of sorghum genotypes for the *stay-green* trait and grain yield. **Journal of Semi-Arid Tropical Agricultural Research**, v. 3, n. 1, 2007.

SILVA, J. A. G., CARVALHO, F. I. F., HARTWIG, I., OLIVEIRA, A. C., BERTAN, I., CAETANO, V. R., SCHMIDT, D. A. M., VALÉRIO, I. P., RIBEIRO, G.; BUSATO, C. C. Caráter *stay-green* e produtividade de grãos em trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 161-167, 2008.

SILVA, S. A.; CARVALHO, F. I. F.; NEDEL, J. L.; VASCONSELLOS, N. J. S.; CRUZ, P. J.; SIMIONI, D.; SILVA, J. A. G. Composição de subunidades de gluteninas de alto massamolecular (HMW) em trigos portadores do caráter “*stay-green*”. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.3, p. 679-683, 2004

VESOHOSKI, F.; MARCHIORO, V. S.; FRANCO, F. A.; CANTELLE, A. Componentes do rendimento de grãos em trigo e seus efeitos diretos e indiretos na produtividade. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 3, p. 337 – 341, 2011

VIEIRA, E. A.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; MARTINS, L. F.; BENIN, G.; SILVA, J. A. G.; MARTINS, A. F.; CARVALHO, M. F.; RIBEIRO, G. Análise de trilha entre os componentes primários e secundários do rendimento de grãos em trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 169-174, 2007.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v.20, p.557-585, 1921.

Discussão geral

Um novo contexto está se formando no melhoramento genético, onde a demanda por genótipos com elevado rendimento de grãos divide o foco do melhorista com a necessidade de desenvolver constituições genéticas com forte adaptação a estresses bióticos e, principalmente, abióticos. Desta forma, as estratégias também passam por uma transformação, de maneira que o conhecimento da fisiologia da produção e de reação à estresses, bem como a sua aplicação, está se tornando o foco das pesquisas relacionadas ao melhoramento (ARAUS et al., 2008).

Desta forma, o emprego de características associadas a fisiologia da produção e estabilidade da mesma frente às condições ambientais restritivas vem sendo estudadas no melhoramento de diversas culturas. O caráter *stay-green*, nesse cenário vem obtendo destaque devido à seus atributos, como aumento do rendimento de grãos e adaptação às condições de estresse (THOMAS; HOWARTH, 2000). Portanto, nesse estudo foram analisados o efeito desse caráter sobre a expressão de linhagens de trigo, a fim de analisar os reflexos do seu emprego no melhoramento genético desse importante cereal.

Inicialmente, é evidente a superioridade dos genótipos portadores do caráter quanto ao rendimento de grãos, variável a qual foi mais evidente o contraste entre linhagens *stay-green* e sincronizadas, nos três anos de avaliação. Tanto através das análises de médias como por meio de métodos específicos de observação da estabilidade fenotípica, foi observado que a superioridade no rendimento de grãos se mantém em distintos ambientes ou anos. Esse fato foi corroborado pelas condições ambientais restritivas do ano de 2005, ano no qual ocorreu um regime de precipitações inferior ao normal no período reprodutivo das plantas, onde os genótipos *stay-green* mantiveram comportamento produtivo semelhante aos demais anos de cultivo. Autores como Kassahun et al, (2010), Scorick (2009) e Kumari et al. (2006), já haviam associado o caráter *stay-green* à

elevados rendimento de grãos em condições ambientais que submetam os genótipos à estresses.

A massa média de grãos foi também privilegiada com a introdução do retardamento da senescência, como um efeito da maior taxa de enchimento de grãos no período próximo à maturação fisiológica em trigo (SILVA et al., 2003). Apesar de não ter desempenhado uma superioridade tão evidente, os genótipos *stay-green* possibilitaram uma maior estabilidade fenotípica para MMG, de forma que essa variável sofreu uma pequena variação do ambiental para esse grupo em comparação aos sincronizados.

A baixa dissimilaridade genética presente entre os genitores TB438 e TB188, possibilitou ser mais evidente o efeito do retardo da senescência nos caracteres avaliados, assim como o grau e direção das associações entre eles. A tendência à senescência sincronizada, assim com à maior permanência verde de planta, estabeleceu dissimilaridades significativas ao ponto de determinar diferenças expressivas entre as correlações fenotípicas dos grupos de senescência. Os genótipos *stay-green* apresentaram um menor número de associações significativas em comparação com os sincronizados, indicando que o caráter influi substancialmente no fenômeno de compensação entre os componentes do rendimento de grãos. Esse fato pode ser explicado pela maior disponibilidade de fotoassimilados devido à uma maior capacidade fotossintética de plantas *stay-green*, superioridade produtiva que pode ser expressa mesmo antes da fase de término do enchimento de grãos, como ocorre com o tipo E de *stay-green* (THOMAS; HOWARTH, 2000), diminuindo, por consequência, a competição dos diferentes processos fisiológicos pelos produtos da fotossíntese.

Quanto a incorporação do germoplasma empregado nesse estudo nos programas de melhoramento, a fim de transferir o caráter de permanência verde, foi observado que o cruzamento entre as linhagens e cultivares comerciais de trigo pode resultar em efeitos complementaridade, devido a grande dissimilaridade encontrada entre as linhagens e as cultivares testemunha, e por consequência obter progênies que acumulem um maior número de alelos favoráveis. Afora, a aditividade do caráter *stay-green* sugere facilidade na incorporação e manutenção dessa característica nas populações alvo de melhoramento.

Conclusões gerais

O emprego do caráter *stay-green* em genótipos de trigo possui reflexos positivos quanto ao rendimento de grãos, principalmente em ambientes restritivos, determinando uma maior estabilidade para a produtividade do cereal. Também foram observados efeitos significativos da maior permanência verde de planta nos parâmetros genéticos, reduzindo a porção da variação ambiental na expressão do fenótipo, além causar diferenças entre os graus e direções das associações entre os caracteres. O presente trabalho também sugere que o emprego das linhagens presentes nesse estudo, para a incorporação do caráter *stay-green* em cultivares melhoradas, pode gerar populações segregantes com grande quantidade de alelos favoráveis acumulados.

Referências Bibliográficas

(Introdução geral e Discussão geral)

AHLAWAT, S.; CHHABRA, A. K.; BEHL, R.K.; BISHT, S.S. Genotypic divergence analysis for stay green characters in Wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell). **The South Pacific Journal of Natural Sciences**, V. 26, 2008.

ARAUS, J. L.; SLAFER, G. A.; ROYO, C.; SERRET, M. D. Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals. **Critical Reviews in Plant Science**, v. 27, p. 377-412, 2008.

BRUM, A. L., MÜLLER, P. K. A realidade da cadeia do trigo no Brasil: o elo produtores/cooperativas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Rio de Janeiro, v. 46, n. 1, p. 145-169, 2008.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, primeiro levantamento, outubro 2011 / Companhia Nacional de Abastecimento**. Brasília : Conab, 2011b.

COSTA, E. F. N.; SANTOS, M. F.; MORO, G. V.; ALVES, G. F. Herança da senescência retardada em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 2, p.207-213, fev. 2008

DUBCOVSKY, J. and DVORAK, J. Genome plasticity a key factor in the success of polyploid wheat under domestication. **Science** v. 316, n. 5833, p. 1862-1866, 2007:

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of The United Nations data. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/>>
Acesso em 02 out. 2011.

FELDMAN, M. Wheats. In: SIMMONDS, N. W. **Evolution of crop plants**. 3.ed.Longman Group: Inglaterra, 1984.

JOSHI, A. K.; KUMARI, M.; SINGH, V. P.; REDDY, C. M.; KUMAR, S.; RANE, J.; CHAND, R. Stay green trait: variation, inheritance and its association with spot blotch resistance in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). **Euphytica**, n. 153, p. 59 - 1, 2007.

KASSAHUN, B.; BINDER, F. R.; HASH, C.T.; KURUVINASHETTI, M. S. Stay-green expression in early generation sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] QTL introgression lines. **Euphytica**, v. 172, p. 351–362, 2010.

KUMAR, U; JOSHI, A. K.; KUMARI, M; PALIWAL, R.; KUMAR; S; RÖDER, M. S. Identification of QTLs for stay green trait in wheat (*Triticum aestivum* L.) in the 'Chirya 3' × 'Sonalika' population. **Euphytica**, v. 174, n. 3, p. 437-445, 2010.

KUMARI, M.; SINGH, V. P.; TRIPATHI, R.; JOSHI, A. K. Variation for stay green trait and its association with canopy temperature depression and yield traits under terminal heat stress in wheat. In: **Proceedings of the 7th international wheat conference**. Mar del Plata, Argentina, 2006.

MATSUOKA, Y. Evolution of polyploid Triticum Wheats under cultivation: the role of domestication, natural hybridization and allopolyploid speciation in their diversification. *Plant Cell Physiol.* n. 52, p. 750-764, 2011.

PIANA, C. F. B.; CARVALHO, F. I. F. Trigo: A cultura que deu suporte a civilização. In: BARBIERE, R. L.; STUMPF, E. R. T. Origem e evolução de plantas cultivadas – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 909 p

SCORIK, D. Sunflower breeding for resistance to abiotic stresses. **Helia**, v. 32, n. 50, p. 1-16, 2009.

SILVA, J. A. G., CARVALHO, F. I. F., HARTWIG, I., OLIVEIRA, A. C., BERTAN, I., CAETANO, V. R., SCHMIDT, D. A. M., VALÉRIO. I. P., RIBEIRO, G.; BUSATO. C. C. Caráter *stay-green* e produtividade de grãos em trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 161-167, 2008.

SILVA, S. A.; CARVALHO, F. I. F.; NEDEL, J. L.; CRUZ, P. J.; PESKE, S. T.; SIMIONI, D.; CARGNIN, A. Enchimento de sementes em linhas quase isogênicas de trigo com presença e ausência do caráter " *stay-green*". **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 5, p. 613-618, 2003.

THOMAS, H.; HOWARTH, C. J. Five ways to stay green. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, p. 329-337, 2000.

Vitae

Henrique de Souza Luche nasceu do dia 24 de janeiro de 1988, em Santa Maria/RS. Desde de 1991 reside no município de Pelotas, no qual cursou o ensino fundamental e médio em instituições públicas. Em agosto de 2005 ingressou no curso de Agronomia em terceiro lugar, na Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM/UFPel), onde obteve o título de Engenheiro Agrônomo em outubro de 2010. Em maio de 2006 começou sua trajetória no Centro de Genômica e Fitomelhoramento, ingressando inicialmente como estagiário e, logo após, como bolsista de Iniciação Científica até 2010, sob orientação dos professores Fernando Irajá Félix de Carvalho e Antonio Costa de Oliveira, onde obteve um bom desempenho, sendo agraciado no ano de 2008, na XXVIII Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia, com o prêmio Jovem Pesquisador categoria apresentação oral no nível de iniciação científica. Em fevereiro de 2010, realizou seu estágio curricular obrigatório na Du Pont do Brasil – Divisão Pioneer Sementes, na área de melhoramento genético de milho, onde permaneceu até julho do mesmo ano, em Toledo/PR. Em setembro de 2010 foi selecionado para ingressar no curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitomelhoramento. Em setembro de 2011, cumprindo as exigências do programa, progrediu ao nível de doutorado. Durante sua trajetória acadêmico-científica, publicou na qualidade de autor e co-autor 98 resumos e 6 artigos científicos em periódicos na área de melhoramento genético de plantas.