



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

**CONTROLE GENÉTICO E RESPOSTA AO  
ESTRESSE DE CALOR DE CULTIVARES DE  
TRIGO**

**MOACIL ALVES DE SOUZA**

1999

MOACIL ALVES DE SOUZA

**CONTROLE GENÉTICO E RESPOSTA AO ESTRESSE DE  
CALOR DE CULTIVARES DE TRIGO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de Doutor.

Orientador

Professor Dr. Magno Antonio Patto Ramalho

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

1999

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Souza, Moacil Alves de

Controle genético e resposta ao estresse de calor de cultivares de trigo / Moacil  
Alves de Souza. -- Lavras : UFLA, 1999.

152 p. : il.

Orientador: Magno Antonio Patto Ramalho.

Tese (Doutorado) – IIELA.

**Bibliografia**

I. Trigo. 2. Melhoramento genético. 3. Tolerância ao calor. 4. Cultivar. I.  
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.113

MOACIL ALVES DE SOUZA

**CONTROLE GENÉTICO E RESPOSTA AO ESTRESSE DE CALOR DE  
CULTIVARES DE TRIGO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 23 de dezembro de 1999

Profª Drª Elaine Aparecida de Souza UFLA

Prof. Dr. Wagner Pereira Reis UFLA

Dr. Carlos Eduardo de Oliveira Camargo IAC

Prof. Dr. Lázaro José Chaves UFG



Prof. Dr. Magno Antonio Patto Ramalho  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

À minha esposa Ruth

À minha filha Adriana

À meu filho Douglas

À minha filha Nádia

**DEDICO**

Ao meu saudoso pai Adoniro

À minha mãe Judite

**OFEREÇO**

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Viçosa por ter concedido o meu afastamento para realização do curso de Doutorado.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Biologia pela oportunidade concedida.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES/PICDT) pela concessão de bolsa.

Ao Professor Magno Antonio Patto Ramalho pela dedicada orientação, ensinamentos transmitidos, estímulo, exemplos de mestre e pela amizade cultivada nesses anos de nossa convivência.

Aos professores João Bosco dos Santos, Antônio Carlos Oliveira, César Augusto B. P. Pinto pelos ensinamentos transmitidos e amigável convivência.

À Professora Elaine Aparecida de Souza pelos ensinamentos em vários momentos e sugestões que enriqueceram o nosso trabalho de tese.

Aos Professores Lázaro José Chaves e Wagner Pereira Reis e ao Dr Carlos de Oliveira Camargo pela disposição em participar da banca de tese e pelas importantes contribuições apresentadas.

Ao Professor Daniel Furtado Ferreira pelos ensinamentos, amizade e disposição em tirar dúvidas relacionadas às análises dos dados da tese.

A todos os colegas e amigos do Curso de Genética e Melhoramento de Plantas pelo convívio, colaboração nos trabalhos e a chance de aprendermos juntos.

À administração da Estação Experimental da EPAMIG em Patos de Minas e, em especial ao Técnico Agrícola Vicente de Paula Costa e aos funcionários do setor de experimentos pela grande colaboração na realização dos experimentos.

**Aos demais professores do Departamento de Biologia da UFLA e funcionários administrativos pela amizade e convivência.**

**Aos meus irmãos e minha mãe que sempre acreditaram em mim.**

**Aos meus cunhados, concunhados e sogros pelo apoio e estímulo.**

**Aos meus filhos Adriana, Douglas e Nádia que toleraram a minha ausência em muitos momentos de suas vidas.**

**Por fim, o meu reconhecimento e um agradecimento muito especial à minha esposa Ruth que sempre me apoiou nas horas mais difíceis, sendo uma constante companheira.**

## SUMÁRIO

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| RESUMO .....   | i             |
| ABSTRACT .....   | ii            |
| 1 INTRODUÇÃO .....                                     | 1             |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO .....                            | 3             |
| 2.1 Melhoramento do trigo em Minas Gerais .....        | 3             |
| 2.2 Métodos de melhoramento em trigo .....             | 10            |
| 2.2.1 Introdução de linhagens ou cultivares .....      | 11            |
| 2.2.2 Seleção de linhas puras .....                    | 13            |
| 2.2.3 Melhoramento por hibridação .....                | 14            |
| 2.3 Aspectos fisiológicos da tolerância ao calor ..... | 29            |
| 2.4 Genética da tolerância ao calor .....              | 44            |
| 2.5 Interação genótipo por ambientes .....             | 51            |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS .....                             | 59            |
| 3.1 Locais .....                                       | 59            |
| 3.2 Genitores utilizados .....                         | 59            |
| 3.3 Obtenção das populações .....                      | 62            |
| 3.4 Avaliação das populações .....                     | 63            |
| 3.5 Características avaliadas .....                    | 66            |
| 3.6 Análise estatística dos dados .....                | 67            |
| 4 RESULTADOS .....                                     | 72            |
| 4.1 Resultados obtidos na geração F <sub>1</sub> ..... | 72            |
| 4.2 Resultados obtidos na geração F <sub>2</sub> ..... | 76            |
| 4.3 Resposta ao calor .....                            | 79            |
| 5 DISCUSSÃO .....                                      | 108           |
| 6 CONCLUSÕES .....                                     | 126           |
| 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                     | 127           |
| 8 APÊNDICE .....                                       | 142           |



## RESUMO

SOUZA, Moacil Alves de. **Controle genético e resposta ao estresse de calor de cultivares de trigo.** Lavras: UFLA, 1999. 154p. (Tese - Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)\*.

Uma das principais limitações da cultura do trigo na região do Brasil-Central é a ocorrência de elevadas temperaturas durante todo ciclo, afetando vários caracteres da planta, principalmente a produtividade de grãos. Desse modo, o sucesso da cultura é dependente da existência de cultivares tolerantes ao calor. Para obter informações que auxiliem os melhoristas na obtenção de cultivares adaptados à região foi realizado este trabalho visando estimar o grau de tolerância ao calor de alguns cultivares e linhagens, obter informações sobre o controle genético da tolerância e identificar populações segregantes promissoras para a obtenção de linhagens adaptadas. Para isso foram avaliados 13 parentais e 40 populações nas gerações  $F_1$  e  $F_2$  derivadas por cruzamentos dialélicos parciais. Os experimentos foram instalados no campo, em Lavras e Patos de Minas, MG, com sementeiras realizadas na época de verão (fevereiro) e no outono (maio). As estimativas das capacidades de combinação dos genitores e a determinação do controle genético de seis caracteres avaliados foram obtidas pela análise dialélica, de acordo com o modelo 1, método IV, de Griffing (1956). A resposta ao estresse de calor foi estimada pela percentagem de redução da produtividade de grãos na sementeira de verão em relação a de outono, constatando-se acentuada diferença de resposta ao estresse de calor entre os parentais e entre as populações híbridas, sobressaindo os parentais Anahuac, BH 1146, BR 24, CPAC 9186 e EP 93541 e as populações Anahuac/BR 24, Anahuac/BH 1146, Anahuac/EP 93541, BR 12/BR 24, CPAC 9186/EP 93541, CPAC 9186/EP 9287, EMBRAPA 22/BH 1146, EMBRAPA 22/EP 93541, EP 9320/BH 1146, EP 9320/BR 24 e EP 9320/EP 93541. Também foi verificado que ambos os efeitos aditivos e não aditivos foram importantes no controle genético da produção de grãos na presença ou ausência de calor. Os parentais que mais se destacaram quanto a capacidade geral de combinação foram CPAC 9186, EP 9320, EP 93541, Anahuac, BH 1146 e BR 24. Apesar da ocorrência de interação populações x épocas de sementeira, a repetibilidade dos efeitos da capacidade geral de combinação possibilita inferir que os programas de melhoramento para o Brasil-Central podem ser acelerados realizando-se duas avaliações por ano, efetuando seleção tanto na época de verão quanto no outono.

---

\* Orientador: Magno Antonio Patto Ramalho

## ABSTRACT

SOUZA, Moacil Alves de. Genetic control and response to heat stress of wheat cultivars. Lavras: UFLA, 1999. 154p. (Doctorate thesis in Genetic and Plant Breeding)\*.

Occurrence of high temperatures throughout the cycle it is one of the main limitations to the wheat crop in the Central-Brazil region, affecting several characters of the plant, mainly grain yield. Therefore, the success of the crop is dependent on the existence of heat-tolerant cultivars. This work was accomplished aiming to obtain information for helping the breeders in the development of cultivars adapted to the region, to estimate the tolerance levels of the cultivars, and to identify promising segregating populations for selection of improved lines. So, 13 parents and 40 populations of the  $F_1$  and  $F_2$  generations derived by partial diallel crosses were evaluated. The experiments were set up in the field in Lavras and Patos de Minas, MG, Brazil with sowing done in the summertime (February) and autumn (May). The estimates of the combining abilities of the parents and determination of the genetic control of the six characters evaluated were obtained by the diallelic analysis according to Griffing's (1956) model I, method IV. The heat stress response was estimated by the percentage of reduction of grain yield of the summer sowing relative to that of autumn. It was found that there was a remarkable difference of heat stress response among parents and hybrid populations, standing out the parents Anahuac, BH 1146, BR 24, CPAC 9186, and EP 93541, and the hybrid populations Anahuac/BR 24, Anahuac/BH 1146, Anahuac/EP 93541, BR 12 /BR 24, CPAC 9186/EP 93541, CPAC 9186/EP 9287, EMBRAPA 22/BH 1146, EMBRAPA 22/EP 93541, EP 9320/BH 1146, EP 9320/BR 24 and EP 9320/ EP 9351. It was also noticed that both additive and non-additive effects were important in the genetic control of grain yield in the presence or absence of heat. The most outstanding parents based on the general combining ability of grain yield were CPAC 9186, EP 9320, EP 9351, Anahuac, BH 1146, and BR 24. Despite of the occurrence of population  $\times$  sowing time interactions, the repeatability of the effects of the general combining ability makes it possible to suggest that in Brasil-Central breeding program, two evaluations and selections per year, in the summertime and autumn, should be performed.

---

\* Adviser: Magno Antonio Patto Ramalho

## 1 INTRODUÇÃO

Uma das principais limitações da cultura do trigo na região do Brasil-Central é a ocorrência de temperaturas elevadas durante o ciclo. O excesso de calor afeta vários caracteres das plantas e, como consequência, a produtividade de grãos. Esta limitação restringe a expansão da cultura, mesmo para regiões em que há disponibilidade de irrigação, onde o cultivo dessa gramínea seria uma opção para o sistema de rotação de culturas.

Há ainda a possibilidade da semeadura no final do verão, quando ainda existe disponibilidade de chuvas, o que poderia contribuir para a redução do custo de produção. Nesta situação, principalmente o excesso de calor tem sido o fator mais limitante.

A situação do cultivo do trigo na região do Brasil-Central é semelhante à existente em outras regiões com clima do tipo Mediterrâneo e, principalmente, as tropicais, as quais são responsáveis por 10 a 15% do volume total de trigo produzido no mundo. Isso só tem sido possível com a utilização de cultivares adaptados a essa condição.

Vários trabalhos têm evidenciado a existência de variabilidade para tolerância ao calor, suficiente para ter ganhos com o melhoramento deste caráter (Acevedo, Nachit e Ferrara, 1991; Moffatt et al., 1990; Shpiler e Blum, 1986). Entretanto, a maioria das pesquisas está voltada para o estresse de calor na fase de enchimento dos grãos, sendo problema da cultura nas regiões de clima temperado. Assim, o sucesso da cultura do trigo no Brasil-Central, especialmente no estado de Minas Gerais, depende da existência de cultivares tolerantes ao calor, entre outros fatores.

As informações sobre a tolerância ao calor dos cultivares de trigo no Brasil são limitantes. Essas informações são indispensáveis para a condução de

um programa de melhoramento visando a adaptação às condições climáticas tropicais predominantes em toda a região do Brasil-Central.

Outro questionamento importante diz respeito o controle genético desse caráter. A maioria dos resultados sobre a genética da tolerância ao calor é obtida em condições controladas, utilizando metodologias fisiológicas (Moffatt et al., 1990; Fokar, Nguyen e Blum, 1998). Essas pesquisas são valiosas, porém, devem ser utilizadas em complementação aos trabalhos envolvendo caracteres agrônômicos, visto que as condições em que são realizadas não retratam o que de fato ocorre no campo (Acevedo, Nachit e Ferrara, 1991).

O presente trabalho foi realizado visando: estimar o grau de tolerância ao calor de alguns cultivares e linhagens disponíveis no Brasil, obter informações sobre o controle genético da tolerância e identificar populações segregantes promissoras para a condução do programa de melhoramento, com o intuito de obter novas linhagens adaptadas às condições de cultivo do Brasil-Central.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Melhoramento do trigo em Minas Gerais

Para o perfeito entendimento da evolução dos conhecimentos com a cultura do trigo em Minas Gerais, é preciso retroceder à história do trigo no Brasil, pois existem fatos muito comuns. A documentação histórica sobre o trigo brasileiro revela que esta cultura foi introduzida no país em 1534, na capitania de São Vicente, ou, mais especificamente, na região do estado de São Paulo. Mais tarde, os registros históricos noticiam plantações de trigo nas províncias de Minas de Gerais e Bahia. No Rio Grande do Sul, estado que desponta como o mais tradicional produtor de trigo, os relatos existentes indicam que esta cultura foi adotada pelos primeiros colonizadores vindos de Açores, em 1737 (Lagos, 1983).

A ascensão da triticultura no período colonial ocorreu no Rio Grande do Sul, onde esta cultura encontrou condições mais adequadas ao seu desenvolvimento, chegando a produzir até 100 sacos de grãos por um saco semeado. O apogeu da produção das lavouras riograndenses foi atingido em 1816, quando o Brasil destacava-se como exportador deste cereal (Bayma, 1960; Lagos, 1983). Com o aparecimento da ferrugem nas lavouras, já constatada a partir de 1811, houve queda da produção, culminando com o total abandono do cultivo do trigo em 1823. Por um grande período, toda farinha para atender o consumo interno passou a ser importada (Lagos, 1983).

O período que sucedeu ao abandono do trigo no Rio Grande do Sul, em 1823, foi marcado por plantios isolados em vários estados, incluindo, além daqueles do sul, os estados de Minas Gerais, Pernambuco, Alagoas e Goiás. Entretanto, a produção neste período não atingiu expressividade no contexto

nacional. Várias tentativas de retomada da produção tritícola foram feitas pelo Império, mas, pelos relatos, somente após a imigração de colonos alemães e italianos para o Rio Grande do Sul renasceu, aos poucos, o interesse pela triticultura naquele estado (Bayma, 1960).

As tentativas de fomentar o cultivo do trigo tiveram continuação por parte dos governantes, sendo que, no período de 1884 a 1888 foram importadas sementes da Itália, França e outros países e distribuídas para agricultores do Paraná, Rio Grande do Sul, São Paulo e Minas Gerais. Dois anos após, em 1890, foi concedida a primeira autorização para instalação de moinhos de trigo e de campo experimental em Minas Gerais. Em 1892, a concessão foi transferida e os novos concessionários já realizavam os trabalhos de fundação da usina na cidade de Barbacena. O Ministério da Agricultura não teve controle da realização das concessões feitas para Minas Gerais e outros estados (Bayma, 1960).

As primeiras pesquisas com bases científicas sobre a cultura do trigo em Minas Gerais tiveram início em 1928. Em julho deste ano, o pesquisador Augusto Grieder, técnico da Secretaria da Agricultura, recebeu a incumbência de realizar experiências com trigo na região de Araxá, por iniciativa do deputado federal Ildelfonso Simões Lopes, diretor da Sociedade Nacional de Agricultura (Grieder, 1929). Nesta primeira experiência não se dispunha de informações de variedades e épocas mais adequadas. O primeiro plantio ocorreu em julho de 1928, utilizando germoplasma oriundo principalmente do Rio Grande do Sul, exceto a variedade Montes Claros que já era cultivada por mais de um século na região de Montes Claros, no norte de Minas.

Após três anos de pesquisa, Grieder (1931a, 1931b, 1931c, 1932a e 1932b) publicou informações sobre a cultura do trigo e as conclusões de suas experiências em Araxá. Percebe-se que, dentre os cultivares que utilizou, o ciclo até a maturação foi superior a 150 dias, excessivamente longo para os dias atuais. Apesar das dificuldades encontradas, pela falta de germoplasma adaptado

e ausência de informações de época de semeadura, o referido pesquisador considerou que as produtividades obtidas, em torno de 800kg/ha, asseguravam o seu potencial para a região, visto que esta produtividade superava a média de países novos produtores de trigo, como o Canadá, Estados Unidos, Argentina etc. Entretanto, salientou que, para atender o constante aumento do consumo interno, não seria possível somente pela expansão da área cultivada. Seria necessário aumentar a produtividade; neste caso eram prementes os trabalhos de genética, "na apuração das variedades que melhor se prestarem a cada região determinada, pela formação de variedades locais de 'pedigree'". Cabe destacar que os trabalhos experimentais do pesquisador Augusto Grieder foram realizados em solos sob vegetação de cerrado, caracterizando ainda mais a originalidade das informações para o Estado de Minas Gerais.

O início do melhoramento genético do trigo em Minas Gerais pode ser atribuído aos trabalhos realizados por Grieder nos anos de 1928 a 1930 (Grieder, 1932b). O autor relata que efetuou seleções na variedade Artigas, obtendo-se três variedades: Araxá, Monte Alto e Mineiro. Estas variedades supostamente não sobressairam, haja vista não serem citadas posteriormente em pesquisas ou lavouras.

A partir de 1934, tiveram-se início os trabalhos de melhoramento genético do trigo sob a liderança do pesquisador Ildefonso Ferreira Correia, na Estação Experimental de Belo Horizonte, pertencente ao Instituto Agrônomo de Minas Gerais (IAMG) e por Moacir Viana de Novais, na Estação Experimental da Cascata, no município de Patos de Minas, ambas as estações vinculadas ao Governo de Minas Gerais (Lagos, 1983).

Somando-se aos esforços do governo estadual, em 1937 foi criada a Estação Experimental do Sertãozinho, em Patos de Minas, pelo Governo Federal, autorizada pela Lei nº 470, de 9/8 daquele ano, para intensificar a cultura naquela região. Os trabalhos de melhoramento nesta estação tiveram

início com o agrônomo Carlos Eugênio Thibau, em 1944. Posteriormente, em 1948, foi transferido para o Instituto Agronômico de Minas Gerais, em Belo Horizonte (Lagos, 1983). Continuando as ações de fomento da cultura, o Governo Federal autorizou a desapropriação de terras no município de Patos de Minas, pela Lei 586, de 23/12/1948, para fundação e instalação de núcleos ou colônias tritícolas, em cooperação com o estado de Minas Gerais.

No âmbito federal, os trabalhos de pesquisas agrícolas eram supervisionados pelo Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas (SNPA). Este órgão era formado por cinco institutos agronômicos estabelecidos em várias regiões do país, dentre eles, o Instituto Agronômico do Sul (IAS), com sede em Pelotas (RS) e o Instituto Agronômico do Oeste (IAO), que estavam mais afetos às pesquisas com trigo (Bayma, 1960).

O IAO foi criado pelo Decreto Lei 6.155, de 30/12/43. Entretanto passaram-se 14 anos até definir e instalar a sua sede. Somente em 1956, com doação de 117ha pelo município de Sete Lagoas e 1.065ha doados pelo estado de Minas Gerais, foi definida a sua sede próxima daquela cidade, cuja instalação ocorreu em 1957. O IAO absorveu várias estações experimentais já existentes, porém as que estavam mais afetas à cultura do trigo eram as de Patos de Minas, Água Limpa, no município de Coronel Pacheco (MG) e a estação da sede do instituto (Bayma, 1960). O IAO coordenou a pesquisa em Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso no período de 1943 a 1965, em colaboração com as pesquisas no âmbito estadual. A partir desta data, ocorreram novas modificações ministeriais e o IAO foi transformado em IPEACO (Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Oeste), permanecendo sua sede em Sete Lagoas (Lagos, 1983). O IPEACO deu continuidade às pesquisas com trigo em Minas Gerais, principalmente em sua sede e na Estação de Patos de Minas até 1972, pouco antes da criação da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) por volta de 1974 (Silva e Andrade, 1979).



Apesar de haver pouca informação documentada da evolução da pesquisa em Minas Gerais, da década de 1960 até início dos anos de 1970, os arquivos contendo relatórios técnicos transparecem certa diminuição das atividades neste período, principalmente no IAMG, onde não se constata o desenvolvimento de novos cultivares. Os trabalhos de melhoramento ficaram restritos a introduções de germoplasma de outras regiões do país. A desativação observada foi consequência da não expansão da triticultura no estado e de prioridade dada a outras culturas, reflexo da própria aceitação dos agricultores que não tinham a tradição de cultivar o trigo (Moura, Pires e Lima, 1979; Souza, 1979).

Os primeiros cultivares de trigo recomendados para Minas Gerais foram Kênia 155 e Salles, já indicados em 1948. O cultivar Kênia 155 foi obtido por seleção no cultivar Kenya Governor, realizada pelo pesquisador Moacir Viana de Novais, grande entusiasta e incentivador da cultura na região de Patos de Minas. Este cultivar, primeiro essencialmente mineiro, foi recomendado por mais de 10 anos e teve como características importantes a sua precocidade e resistência às ferrugens (Thibau, 1950). O cultivar Salles foi selecionado na Estação do Sertãozinho, de amostras vindas do Mato Grosso do projeto dos padres salesianos, pelo pesquisador Carlos Eugênio Thibau. Este cultivar destacava-se pela tolerância ao calor na fase inicial do ciclo da cultura, o que lhe conferia boa capacidade de perfilhamento (Silva, 1966; Lagos, 1983), apresentando ainda qualidades industriais apreciáveis, sendo porém, pouco resistente às ferrugens (Thibau, 1950).

Sem dúvida, a maior contribuição para o avanço do melhoramento genético do trigo mineiro foi dada pelos trabalhos liderados por Ildefonso Ferreira Correia, do IAMG. Fruto desse trabalho, foram selecionados diversos cultivares, tais como: Instituto, BH 4041, Horto, BH 1146, entre outros (Thibau, 1950; Bayma, 1960; Lagos, 1983). Entre estes, cabe destacar os cultivares BH

1146 e Horto que se apresentam como muito bem adaptados às condições de cultivo de Minas Gerais, com tolerância ao calor, precoces e os mais resistentes à ferrugem da folha até então (Thibau, 1950). Lagos (1983) ressalta a grande importância destes dois cultivares também para outras regiões do país, inclusive participando de diversos cruzamentos no Brasil e no exterior. O cultivar BH 1146 é um dos genitores dos cruzamentos que deram origem a nove cultivares recomendados no país até 1997 (Sousa, 1997).

Pelo que se constata nos documentos da época, havia preocupação dos melhoristas em obter cultivares de ciclo precoce para aproveitar as poucas chuvas no final do verão e durante o outono. Isto porque se preconizava o cultivo de sequeiro como principal alternativa, haja vista as limitações de equipamentos e energia para realizar a irrigação. Nestas condições, a tolerância à seca deveria ser uma característica essencial para os cultivares. Como as semeaduras ocorriam mais cedo, ou seja, em fevereiro e início de março, a tolerância ao calor também deveria ser incorporada aos novos cultivares. Tanto é verdade tal dedução que Thibau (1950) já afirmava que cultivares selecionados em regiões de clima temperado quando submetidos à temperatura elevada encurtam o ciclo, reduzem o perfilhamento, diminuem o tamanho das espigas e o número de grãos por espiga, resultando em baixa produção. Segundo o mesmo autor, as variedades selecionadas no ambiente mineiro eram superiores àquelas introduzidas, principalmente quando cultivadas na presença de temperaturas elevadas.

A partir de meados dos anos de 1970, acontecia uma nova realidade de grandes importações no país e o trigo assumia o segundo lugar em valor de importação, somente perdendo para o petróleo, fazendo com que o governo brasileiro tomasse medidas para promover o aumento da produção deste cereal. Entre as medidas, foi dado subsídio aos produtores na compra do trigo brasileiro e estímulo à pesquisa para obtenção de cultivares mais adaptados às diferentes

regiões do país. A busca da auto-suficiência em trigo fez com que as autoridades promovessem a expansão do trigo para regiões não tradicionais. Neste sentido, a região do Brasil-Central despontava com o seu potencial, visto que já existiam de dados de pesquisas e de produção de lavouras que davam esta indicação. Em meados dos anos de 1970 ocorria uma grande expansão da fronteira agrícola na região dos cerrados, motivada pelos estímulos promovidos pelo POLOCENTRO (Moura, Pires e Lima, 1979), contribuindo para a retomada das ações com a cultura do trigo.

Diante dessa nova realidade, a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), criada em 1974, reiniciou a pesquisa com a cultura do trigo em 1975, numa ação conjunta com o Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC) da EMBRAPA (Souza, 1979). De início, a maior demanda de tecnologia era a indicação de cultivares, principalmente para cultivo sem irrigação na região do PADAP (Plano de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba). Os primeiros cultivares recomendados para esta nova situação de cultivo foram BH 1146, IAC 5-Maringá, IAS 55, IAS 54 e Londrina (Souza, 1979).

O trabalho da EPAMIG na área de melhoramento consistiu em introduzir e testar, em experimentos, cultivares de várias instituições do país e do exterior. Neste último caso, germoplasma introduzido do CIMMYT (Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo), no México, visando o cultivo com irrigação. De 1985 a 1993, foi desenvolvido um programa de seleção em populações segregantes, inicialmente associado ao CPAC e, posteriormente, ao CNPT (Centro Nacional de Pesquisa de Trigo), da EMBRAPA de Passo Fundo (RS). Deste trabalho integrado foram selecionadas várias linhagens identificadas pela sigla "EP", algumas ainda em experimentação. Como fruto deste trabalho foi recomendado o cultivar Aliança para cultivo em regime de sequeiro, a partir de 1999 (Comissão ..., 1999). A partir de 1993, a Universidade Federal de

Viçosa passou a integrar as ações de melhoramento do trigo no estado, realizando hibridações e introduções de linhagens do México. Além das instituições já mencionadas anteriormente, a Cooperativa Agrícola de Cotia, em São Gotardo, transformada posteriormente em Cooperativa dos Produtores do PADAP, sempre esteve atuando em colaboração nos trabalhos de melhoramento do trigo naquela região.

No período de 1976 a 1999, foram recomendados 33 cultivares para cultivo em Minas Gerais (Sousa, 1997; Comissão ..., 1999). Destes, somente dois, BH 1146 e Aliança, foram selecionados no estado; os demais foram introduzidos de outras regiões do país ou do México. Curiosamente, dos 17 cultivares recomendados para cultivo com irrigação, nove são introduções feitas diretamente do CIMMYT, evidenciando a boa adaptação do trigo mexicano nesta modalidade de cultivo o que possibilita altas produtividades.

Decorridos mais de 70 anos desde o início do melhoramento do trigo em Minas Gerais, claramente observa-se uma mudança no perfil dos cultivares. O patamar de produtividade dos cultivares atuais supera os 2000kg/ha em cultivo de sequeiro e mais de 5000kg/ha para lavouras irrigadas, diferente daquelas relatadas na década de 1930. O ganho em produtividade é o resultado da combinação do maior potencial genético e redução no porte da planta pela incorporação de genes de nanismo, mais adequados ao nível tecnológico utilizado, principalmente o uso intensivo de adubações e/ou irrigação.

## **2.2 Métodos de melhoramento em trigo**

A adoção de qualquer método de melhoramento para determinada cultura deve levar em conta o tipo de reprodução da espécie, isto é, se são alógamas, autógamas ou assexuadas. O trigo é uma planta autógama, pois a taxa de fecundação cruzada é bastante pequena, inferior a 0,5%. A autofecundação é

garantida pela cleistogamia, dada a estrutura protetora exercida pelas brácteas em cada flor (Lersten, 1987). Imediatamente após a liberação dos grãos de pólen e conseqüente autopolinização ocorre abertura das brácteas, lema e pálea, e os estames são expostos (Lersten, 1987; Soares Sobrinho e Souza, 1983).

A inflorescência do trigo é do tipo espiga, composta por uma ráquis com vários nós onde são inseridas as espiguetas. Cada espiga é constituída de uma ráquila que suporta a inserção de brácteas e dos órgãos florais. O número de flores de cada espigueta pode chegar a sete, porém, o mais comum são três a cinco. A estrutura floral é composta de duas brácteas, lema e pálea, que protegem os órgãos reprodutivos constituídos por três estames, ovário e estigma bifido plumoso (Lersten, 1987).

Para o melhoramento do trigo podem ser utilizados os diversos métodos que são comuns às outras culturas autógamias, tais como: introdução de linhagens ou cultivares, seleção de linhas puras em populações heterogêneas e hibridação envolvendo dois ou mais genitores.

### **2.2.1 Introdução de linhagens ou cultivares**

A movimentação de sementes ou partes vegetativas de plantas, entre as mais diversas regiões, tem sido uma prática muito comum desde épocas muito remotas. A introdução de germoplasma, definido aqui como linhagens e cultivares, é considerada como método de melhoramento pela efetiva contribuição desta prática para a melhoria da produção de determinada região. Cultivares e linhagens introduzidas podem ser utilizadas diretamente, após serem avaliadas na região de interesse ou como fonte de variabilidade para uso em cruzamentos.

A introdução quando realizada entre regiões com condições edafoclimáticas semelhantes, tem maior chance de aproveitamento para uso direto

(Borém, 1997). Em áreas não tradicionais, a introdução de cultivares ou linhagens constitui uma alternativa importante para a expansão de uma nova cultura, pois é um método rápido de recomendar um cultivar. Todavia, com o aumento dos níveis de produtividade, este procedimento nem sempre oferece vantagem em relação a outros métodos, específicos para o ambiente desejado, que envolvem hibridações entre genitores mais adaptados (Borém, 1997).

A introdução de plantas tem sido um método bastante utilizado para o cultivo do trigo nas mais diversas regiões do mundo. No Brasil, a introdução de variedades para uso direto em cultivo teve grande importância desde os tempos coloniais, quando os imigrantes trouxeram trigo de suas regiões de origem (Federizzi et al., 1997). A partir dos anos de 1970, introduções feitas do CIMMYT para as regiões do norte do Paraná, Mato Grosso do Sul, São Paulo e Brasil-Central deram grande contribuição para a melhoria da produção de trigo nestas regiões, ou como fonte de germoplasma para utilização em cruzamentos com trigos nacionais (Sousa, 1997). No período de 1922 a 1997, foram recomendados 365 cultivares de trigo no Brasil, dos quais 65 (17,8%) foram introduções realizadas de outros países, principalmente do México (11,2%). Considerando somente a região do Brasil-Central, compreendendo os Estados de Minas Gerais, de Goiás, do Mato Grosso, da Bahia e o Distrito Federal, dos 36 cultivares recomendados no período de 1922 a 1997, 33% são introduções do México, 42% de outros estados brasileiros e somente 25% foram desenvolvidos pelas instituições de pesquisa da região. Dentre os vários cultivares introduzidos destaca-se o Anahuac, introduzido do México, com ampla adaptação e recomendado a partir de 1981 para os estados do Paraná, de São Paulo, do Mato Grosso do Sul, de Goiás, de Minas Gerais, do Mato Grosso, da Bahia e Distrito Federal, permanecendo ainda recomendado em algumas regiões (Sousa, 1997).

### 2.2.2 Seleção de linhas puras

O melhoramento de qualquer população pressupõe a existência de variabilidade genética para o caráter em questão. Esta variabilidade pode ser natural ou criada por hibridações (Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993). Apesar da pressuposta homozigose dos indivíduos de uma população autógama, autofecundações sucessivas não implicam em homogeneidade genética entre os indivíduos (Borém, 1997). Com base neste princípio, os cultivares de trigo dificilmente apresentam homogeneidade intrapopulacional, seja pela metodologia de obtenção, não caracterizando linhas puras, ou por mutações naturais, ou misturas mecânicas, ou ainda por cruzamentos naturais, após longo período de uso (Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993). Além dessas fontes convencionais de variação genética, Rasmusson e Phillips (1997) destacam outras possibilidades de variabilidade no genoma de qualquer população. Os autores citam a recombinação intragênica, permuta desigual, transposons, metilação do DNA, paramutação, amplificação gênica e epistasia decorrente de novos arranjos de alelos no genoma. Apesar de algumas fontes não convencionais ainda não serem totalmente compreendidas, Rasmusson e Phillips (1997) enumeraram claras evidências de suas existências. Isto sugere que a variação dentro de linhas puras, obtidas por autofecundações e mantidas por longos períodos sendo submetidas a diferentes tipos de estresses, poderá ser maior do que é usualmente esperado.

A exploração da variabilidade natural para a seleção de plantas com fenótipos de interesse foi bastante utilizada por meio da seleção de linhas puras, no início deste século, quando iniciava-se o melhoramento do trigo no Brasil (Reis, 1998). Destaque deve ser dado ao trabalho realizado por Carlos Gayer, por volta de 1920, o qual obteve várias linhagens denominadas Alfredo Chaves, de seleções feitas de um trigo colonial do Rio Grande do Sul, introduzido da

Europa, denominado de Turco e que foi por muito tempo a principal fonte de germoplasma dos trigos brasileiros (Reis, 1998). Vale salientar também que cerca de 13 cultivares, utilizados no período de 1922 a 1997, foram provenientes de seleção de linhas puras. Entretanto, em face da grande dinâmica no processo de recomendação de cultivares de trigo no Brasil, devido a pequena vida útil dos cultivares, a seleção de linhas puras não tem sido uma alternativa vantajosa e praticada em épocas recentes.

### **2.2.3 Melhoramento por hibridação**

Quando dois ou mais fenótipos desejáveis estão em linhagens diferentes a única alternativa que os melhoristas têm para combiná-los em uma nova linhagem é via hibridação (Ramalho, 1997). Esse é o procedimento mais amplamente utilizado em todos os programas de melhoramento e no qual os melhoristas utilizam toda a sua habilidade e conhecimento científico. Na condução de um programa de melhoramento utilizando a hibridação algumas etapas são muito importantes para o seu sucesso, entre elas a escolha dos genitores a serem cruzados e o modo de obter e conduzir as populações segregantes.

Caracteres controlados por poucos genes e pouco influenciados pelo ambiente facilitam a decisão na escolha dos pais, bastando ter um dos genitores com boa adaptação e o outro portador do alelo de interesse. Entretanto, quando estão envolvidos caracteres cujo controle genético é mais complexo, a seleção de pais é dificultada (Abreu, 1997). Existem várias maneiras de selecionar os genitores para utilização em um programa de hibridação e muitas vezes há certa confusão com seleção de populações híbridas.

A utilização da média como critério de seleção dos genitores é sem dúvida o modo mais freqüentemente utilizado. Para qualquer caráter quantitativo



a decisão sobre a escolha dos genitores deve ser feita considerando aqueles que apresentam média superior para o caráter desejado. Neste sentido, Jensen (1988) relata vários trabalhos desenvolvidos em diferentes espécies, em que o cruzamento entre pais superiores normalmente gera descendência com média também superior. No trabalho de Nettevich (1968), em que foram testados 48 híbridos de trigo, foi constatado que o cruzamento entre genitores de alta produtividade propiciou melhor resultado do que aqueles cruzamentos que envolviam um dos pais de menor média. Em outro trabalho desenvolvido por Busch, Janke e Froberg (1974), os cruzamentos foram direcionados para obter diferentes combinações entre genitores com média alta ou baixa. Os autores constataram que a maior variação na produção, linha mais produtiva e maior variabilidade genética foram encontradas no grupo de cruzamentos entre pais de alta x baixa média. Todavia, apenas um cruzamento deste grupo apresentava alta variação; quando removeram-se os dados deste cruzamento, no grupo alto x alto foram constatadas as linhas mais produtivas e maior variância genética. As linhas derivadas de cruzamentos baixo x baixo foram uniformemente medíocres. Jensen (1988) ressalta que, apesar da possibilidade de obtenção de linha superior no cruzamento alto x baixo, a sua identificação na população é dificultada pela baixa frequência de ocorrência. Por outro lado, o autor considera que, com base em outros resultados, deve ser levada em conta a divergência genética e que cruzamentos entre pais com desempenhos médios contrastantes não podem ser ignorados.

O ganho genético que se obtém por meio da seleção em populações segregantes é devido ao acúmulo de alelos favoráveis em uma linhagem, oriundos dos seus genitores. Assim, quanto mais divergentes forem os pais envolvidos no cruzamento, maior deverá ser a proporção de locos segregantes e mais ampla será a variação disponível, inclusive com maior chance de segregação transgressiva (Reis, 1998; Abreu, 1997; Phillips, 1999). O

estreitamento da base genética é uma preocupação constante da maioria dos melhoristas, devido ao risco de esgotamento da variabilidade desejada e, por consequência, do ganho com a seleção. Além disso, pode ocorrer o uso predominante de cultivares muito aparentados, aumentando a vulnerabilidade da cultura à ocorrência de epidemias.

A divergência genética entre diferentes genitores pode ser determinada por métodos baseados no grau de parentesco, marcadores morfológicos, fisiológicos e moleculares. Essas técnicas têm recebido grande atenção em anos mais recentes, principalmente na área de marcadores do DNA. Embora sendo ferramentas importantes para auxiliar o trabalho dos melhoristas, várias pesquisas têm indicado que a divergência genética *per se* não informa a superioridade de combinações parentais e, portanto, devem ser associadas a caracteres agrônômicos relevantes em relação a adaptação das plantas aos diversos ambientes de cultivo (Reis, 1998). Relevante trabalho sobre a divergência genética dos trigos brasileiros foi desenvolvido por Reis (1998), que constatou existir adequada divergência genética no germoplasma brasileiro, a qual persiste, mesmo quando se consideram os cultivares recentemente lançados para cultivo. Isto sugere que é esperado progresso no melhoramento do trigo a médio e longo prazos, se forem utilizados genitores com médias fenotípicas altas.

As bases científicas do melhoramento convencional não permitem contestações a respeito da importância da ampliação da base genética em qualquer programa de melhoramento. Entretanto, Rasmusson e Phillips (1997) fazem alguns questionamentos ou indagações a respeito do que tem ocorrido no melhoramento de algumas culturas. Segundo os autores, tem havido um estreitamento da base genética ano após ano, o que poderia comprometer futuros progressos. Na cevada, a despeito da menor divergência no germoplasma em uso, tem havido considerável ganho genético para características agrônômicas e

de qualidade. A este respeito os autores indagam como explicar os ganhos contínuos nesta situação. A hipótese levantada é que o genoma é dinâmico e novos genótipos e variações fenotípicas surgem a cada geração. O surgimento de alelos com efeitos modificados somados a novos tipos de interações epistáticas, mais importantes do que são consideradas pela teoria da genética quantitativa, são as explicações mais convincentes. Assim, a variação presente na população não é limitada às diferenças entre os genitores que a originaram.

O aparecimento de novos alelos dentro de uma linhagem, promovendo variabilidade, pode ocorrer por modificações no DNA, conforme enfatizado anteriormente. É possível que o rompimento gradual de ligações, novos alelos e novas combinações epistáticas sejam as causas da baixa prioridade que tem sido dada à introgressão de diversidade genética em programas de culturas importantes como milho, trigo, cevada, soja e outros. Além disso, a grande lacuna existente entre o germoplasma elite e as fontes não melhoradas têm tornado difícil a introgressão de genes para ampliar a divergência genética e, na maioria das vezes, tem ficado restrito a genes de resistência às doenças e pragas (Rasmusson e Phillips, 1997).

A etapa posterior à escolha dos pais é a decisão de como combiná-los nos cruzamentos. Em geral são utilizados cruzamentos biparentais, todavia tem sido notada grande tendência do uso de cruzamentos mais complexos, envolvendo três ou mais genitores. Nos programas de melhoramento de trigo das instituições brasileiras, os cruzamentos complexos têm sido utilizados com frequência, possivelmente por influência do CIMMYT que adota esta estratégia na maioria dos cruzamentos. Essas tendências podem ser confirmadas quando se analisa o "pedigree" dos cultivares recomendados no Brasil (Sousa, 1997), constatando-se que 37,8% dos cultivares originaram-se de cruzamentos envolvendo três ou mais genitores.

Em algumas situações não é possível reunir os alelos desejáveis em um genótipo utilizando apenas dois genitores, sendo necessária a combinação de três ou mais parentais. Entretanto, Ramalho (1997) alerta para o fato de que, em cruzamentos múltiplos, a probabilidade de obtenção de um genótipo que reúne todos os alelos favoráveis é muito pequena. Jensen (1988) sugere utilizar combinações de três ou quatro genitores quando for constatada grande diversidade genética entre os possíveis pares.

Após a obtenção das populações híbridas, o passo seguinte é a condução destas populações que serão autofecundadas com o objetivo de extração de linhagens homozigotas. Independente do método adotado para condução das populações segregantes, o melhorista deve estar atento para o descarte de populações pouco promissoras, principalmente quando se trabalha com grande número de cruzamentos. O descarte deve ser feito o mais cedo possível, em gerações precoces, para a racionalização de recursos e, sempre que possível, fazê-lo em bases científicas de modo que seja maximizado o ganho genético (Viana e Cruz, 1997; Baenziger e Peterson, 1992). Para a seleção de populações segregantes são utilizadas as metodologias dos cruzamentos dialelos, de Jinks e Pooni (1976), a estimativa de  $m+a'$  e métodos práticos adotados por cada melhorista.

Os cruzamentos dialélicos, sem dúvida, são os mais difundidos entre os melhoristas na escolha de populações. Em geral, são utilizadas populações na geração  $F_1$  (Cruz e Regazzi, 1994), todavia Lupton (1965) sugeriu utilizar a geração  $F_2$ , devido a dificuldade de obtenção de sementes  $F_1$  em quantidade adequada para as avaliações. Pela análise dialélica é possível estimar as capacidades geral e específica de combinação dos diferentes genitores e cruzamentos. A população ideal será aquela que apresentar alta capacidade específica de combinação, a qual reflete maior número de locos em heterozigose, de onde se espera maior variabilidade na descendência em que

pelo menos um dos genitores tenha alta capacidade geral de combinação (Cruz e Regazzi, 1994; Abreu, 1997). Maiores detalhes sobre os cruzamentos dialelos serão apresentados posteriormente, no tópico sobre genética da tolerância ao calor.

A metodologia proposta por Jinks e Pooni (1976) associa média e variâncias, superando as deficiências dos métodos que contemplam somente médias. O método utilizado por esses autores possibilita predizer o potencial de populações segregantes em gerações iniciais,  $F_2$  ou  $F_3$ , em produzir linhagens na geração  $F_\infty$  que superem o desempenho de um cultivar ou linhagem padrão. A probabilidade é estimada com base no fato de que, para caracteres quantitativos, a distribuição fenotípica das linhagens  $F_\infty$  extraídas sem seleção de um cruzamento entre duas linhagens homozigotas seguem a distribuição normal (Abreu, 1997).

Utilizando-se as propriedades da distribuição normal padronizada, a probabilidade de se obterem linhagens superiores a um padrão pode ser obtida pela tabela de  $Z$  e o cálculo de  $Z$  é dado por:  $Z = (\bar{C} - m) / s$ , em que  $\bar{C}$  é a média do cultivar padrão,  $m$  é a média das linhagens na  $F_\infty$  e  $s$  é desvio padrão fenotípico entre as linhagens.

Considerando um modelo sem dominância,  $m$  corresponde à média da geração  $F_2$  e a variância genética entre as linhagens ( $\sigma_G^2$ ) é duas vezes a variância genética aditiva ( $\sigma_A^2$ ) presente na geração  $F_2$ . Pressupondo ausência de dominância  $\sigma_{F_2}^2 = \sigma_A^2 + \sigma_E^2$ , portanto  $2\sigma_A^2 = 2\sigma_{F_2}^2 - 2\sigma_E^2$ . Admitindo-se que a variância ambiental ( $\sigma_E^2$ ) entre as linhagens seja a mesma na geração  $F_2$ , tem-se que:  $s = (\sigma_L^2)^{1/2} = (2\sigma_A^2 + \sigma_E^2)^{1/2} = (2\sigma_{F_2}^2 - \sigma_E^2)^{1/2}$ .

Para uma população  $i$  qualquer, a probabilidade de se obterem linhagens superiores a uma testemunha, com base em informações na geração  $F_2$ , é dada

por  $Z_i = (\bar{C} - \bar{F}_{2i}) / (2\sigma_{F2i}^2 - \sigma_{Ei}^2)^{1/2}$ . O componente  $\sigma_{Ei}^2$  pode ser estimado pela variância entre os genitores presentes nas avaliações. Os procedimentos de Jinks e Pooni (1976) têm sido considerados eficientes e complementares às informações obtidas quando se usam cruzamentos dialélicos ou estimativas de m+a' em feijão (Abreu, 1997) e em soja (Triller, 1994).

Outra alternativa na escolha de populações, e que pode ser aplicada a qualquer número de populações segregantes, envolve a estimativa de m+a'. Em cruzamentos onde a frequência alélica dos locos que não estão fixados é 0,5, essa estimativa avalia o potencial da população segregante em relação aos locos que estão fixados. Isto é, m representa a média fenotípica de todas as linhagens possíveis na geração  $F_\infty$  do cruzamento de pais completamente contrastantes e a' é o somatório dos efeitos dos locos fixados nos genitores, ou seja, dos locos em que eles não são contrastantes (Abreu, 1997; Vencovsky, 1987)

O uso de m+a' tem sido pouco explorado em plantas autógamas, apesar da coerência deste método com outras metodologias (Abreu, 1997). No trabalho de Oliveira et al. (1996), com a cultura do feijão, foi constatada coerência dos resultados da análise dialélica e da estimativa de m+a' das populações. Os autores recomendam associar m+a' com a variância genética da população, visto que, por meio da estimativa de m+a', não é possível fazer inferências sobre os locos heterozigotos, importantes para informar sobre a variabilidade potencial da população para gerar linhagens com segregação transgressiva.

Em qualquer um dos métodos de escolha de populações apresentados anteriormente, algumas condições devem ser pré-estabelecidas para a sua aplicação. Por exemplo, nos cruzamentos dialélicos a combinação dos parentais deve seguir padrões inerentes a cada modelo, sejam dialelos completos, parciais ou circulantes. Por outro lado, para obter as estimativas de m+a' é necessário que as duas gerações sucessivas sejam avaliadas nas mesmas condições

ambientais. Já no método de Jinks e Pooni (1976), é necessária a avaliação de plantas  $F_2$  ou famílias  $F_{2,3}$  para obter a variância fenotípica nesta geração. Estes procedimentos nem sempre são possíveis de serem realizados quando se trabalha com grande número de populações, o que é comum na maioria dos programas de melhoramento. Nestas condições, os melhoristas utilizam de diferentes estratégias práticas para o descarte de populações segregantes, podendo variar inclusive em função dos objetivos definidos para cada cruzamento. Em muitas situações, a avaliação é feita visualmente pela observação do vigor das plantas na  $F_1$ , segregação na  $F_2$ , resistência às principais doenças, sobrevivência a estresses de seca, de solos ácidos etc. O melhorista pode lançar mão de medidas de caracteres fenotípicos, como a produção de grãos da população segregante e proceder a seleção para descarte daquelas que apresentarem menor média. Cooper (1989) utiliza, em seu programa de melhoramento de soja, a estrutura de "bulk" dentro de famílias  $F_2$  ( $F_{2,3}$ ), em que o cruzamento é avaliado pelo desempenho médio das famílias  $F_{2,3}$ .

O efeito da avaliação precoce na obtenção de famílias superiores no melhoramento de trigo de primavera foi avaliado por Cregan e Busch (1977), citados por Baenziger e Peterson (1992). Eles avaliaram populações  $F_1$ , "bulks"  $F_3$ ,  $F_4$  e  $F_5$  e famílias  $F_{2,3}$  derivadas de pais de alto rendimento. Os autores obtiveram que o comportamento do "bulk"  $F_2$  e a média dos "bulks"  $F_2$  e  $F_3$ , semeados no mesmo ano, e as famílias  $F_5$  foram os melhores preditores do comportamento de linhas  $F_5$ . Por outro lado, Baenziger e Peterson (1992) relatam outros trabalhos envolvendo trigo, aveia e soja em que o comportamento do "bulk" em gerações precoces não foi um bom preditor para extração de linhagens elites. Os autores ressaltam também que linhas derivadas de gerações tardias não são sugeridas como excelentes preditores de cruzamentos devido a retenção da população por muitas gerações.

Em plantas autógamas, a condução das populações segregantes tem como objetivo a seleção de genótipos homozigóticos que tenham acumulado alelos favoráveis no maior número de locos. Isto pode ser feito utilizando-se vários métodos, cada um com características próprias. A definição do método é importante, principalmente em função do tipo e da herança do caráter a ser melhorado. Entretanto, se bem conduzidos, todos levam a resultados positivos (Ramalho, 1997; Baenziger e Peterson, 1992).

O método genealógico foi proposto no fim do século passado e tem como princípio a seleção de plantas individuais a partir da geração  $F_2$ , as quais são mantidas individualmente e semeadas em linhas formando famílias na geração  $F_3$ . A partir dessa geração é efetuada a seleção das melhores famílias e das melhores plantas dentro de cada família. Este processo é repetido até a geração  $F_5$  ou  $F_6$ , quando a maioria dos locos já está em homozigose, momento em que são identificadas as melhores linhagens que irão participar de experimentos de avaliação de rendimento (Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993; Borém, 1997). A variabilidade genética dentro de famílias diminui com o avanço das gerações, implicando em menor eficiência da seleção entre indivíduos, ainda mais que a seleção utilizada neste método é sempre visual. Isto é facilmente percebido quando se analisa o que ocorre com os componentes da variância genética a partir do aumento do grau de endogamia.

Na geração  $F_2$ , considerando a frequência alélica igual a 0,5 e ausência de epistasia, a variância genética entre famílias ( $\sigma_G^2$ ) contém  $\sigma_A^2 + \sigma_D^2$ , sendo  $\sigma_A^2$  a variância aditiva e  $\sigma_D^2$  a variância de dominância. Com o decorrer das autofecundações, devido ao aumento na frequência dos locos em homozigose, o índice de  $\sigma_A^2$  aumenta e do  $\sigma_D^2$  diminui. Assim, a variância genética entre famílias  $F_{2:3}$  contém  $\sigma_{GF_{2:3}}^2 = \sigma_A^2 + 0,5\sigma_D^2$ , enquanto que na  $F_{3:4}$  ela é  $\sigma_{GF_{3:4}}^2 = 1,5\sigma_A^2 + 0,25\sigma_D^2$ . Na  $F_{4:5}$  estes valores são



$\sigma_{GF_{4,5}}^2 = 1,75\sigma_A^2 + 0,125\sigma_D^2$  e quando atinge a homozigose total na  $F_\infty$  a variância genética entre famílias contém  $\sigma_{GF_\infty}^2 = 2\sigma_A^2$ .

Outro aspecto a ser considerado é que na  $F_{2,3}$  a variância genética aditiva dentro de famílias é  $0,5\sigma_A^2$  e vai decrescendo com as autofecundações, atingindo  $0,125\sigma_A^2$  na geração  $F_{4,5}$ , até se anular na  $F_\infty$ . Depreende-se então que a seleção dentro de famílias somente se justifica até a geração  $F_5$ , pois a partir desta geração a variabilidade dentro torna-se pouco significativa, com pequeno ganho com a seleção (Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993).

A maioria dos programas atuais de melhoramento em trigo tem utilizado o método genealógico (Federizzi et al., 1997). Contudo, este método apresenta algumas limitações, sobretudo porque a seleção é sempre visual, e nem sempre é efetiva e altamente dependente da habilidade e da experiência do melhorista, além do mais, é específica para um dado ambiente (Jensen, 1988; Borém, 1997). Assim, repetidos ciclos seletivos em dada condição poderá reduzir a ocorrência de linhas adaptadas a outros ambientes (Ceccarelli, 1994). Depreende-se que este é recomendado para caracteres qualitativos e de alta herdabilidade.

A seleção de plantas individuais na geração  $F_2$  é de baixa eficiência, devido a seleção visual nem sempre identificar os indivíduos genotipicamente superiores e a ocorrência da interação de genótipos x anos. Assim, a correlação entre o desempenho das plantas  $F_2$  e as famílias em gerações mais avançadas, normalmente, é baixa (Cruz, Carvalho e Federizzi, 1983; Singh e Singh, 1997). A grande variância ambiental entre plantas  $F_2$  e a interação genótipos x anos contribuem para reduzir a herdabilidade realizada (Knott, 1987). Destarte a condução das populações pelo método genealógico é onerosa devido ao trabalho envolvido, impondo limitações quanto ao número de populações a serem conduzidas anualmente (Baenziger e Peterson, 1992).

Outra forma de condução das populações segregantes é pelo método da população, que foi primeiramente utilizado no início deste século e é adotado no melhoramento de várias espécies autógamas. Neste método, as plantas de cada população segregante são colhidas em conjunto de onde é tomada uma amostra de sementes para constituir a população seguinte. O processo inicia-se na geração  $F_2$  e é repetido até a geração  $F_3$  ou  $F_6$ , onde é realizada a seleção de plantas que são colhidas individualmente, dando origem às famílias ou linhagens que, posteriormente, serão avaliadas em experimentos regionais (Borém, 1997; Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993)

O método da população é, dentre todos, o mais simples, econômico e o que permite ao melhorista manipular várias populações de diferentes cruzamentos. Segundo Federizzi et al. (1997), este método foi bastante utilizado para trigo no passado, quando os caracteres de maior interesse para serem melhorados eram a tolerância ao alumínio, adaptação ampla, resistência às doenças e rendimento de grãos. A principal restrição ao seu uso refere-se ao problema de amostragem para formar a geração seguinte, causando deriva genética (Jensen, 1988), enquanto o seu maior mérito é possibilitar a recombinação cromossômica no decorrer das autofecundações e propiciar a competição intergenotípica em condições de densidade de semeadura normal. Entretanto, deve-se considerar que, enquanto a seleção natural atua no sentido de beneficiar os genótipos mais adaptados aos estresses bióticos e abióticos, ela pode agir negativamente eliminando tipos de plantas desejados, porém pouco competitivos, a exemplo de plantas de porte baixo, quando são envolvidos genitores contrastantes para este caráter (Baenziger e Peterson, 1992; Jensen, 1988).

Várias adaptações têm sido propostas para melhorar a eficiência da seleção de caracteres controlados por vários genes e aumentar o ganho realizado. O método "bulk" dentro de famílias derivadas de plantas  $F_2$ , descrito por

Ramalho, Santos e Zimmermann (1993), reduz a competição indesejável imposta pela seleção natural no método da população e melhora a eficiência da seleção para caracteres complexos em gerações precoces.

A estratificação de famílias derivadas de plantas  $F_2$  nas gerações posteriores preserva a variabilidade existente na geração  $F_2$  e praticamente elimina a competição entre plantas muito contrastantes. O principal mérito deste método é que a seleção para produtividade de grãos entre famílias poderá ser feita precocemente, sendo fundamentada em médias obtidas em experimentos realizados em vários ambientes (Cooper, 1989; Rajaram, 1991; Ferrara, 1991). Esta estratégia parte do pressuposto de que famílias que têm um bom desempenho em vários ambientes possuem alta frequência de genótipos desejáveis, isto é, são capazes de gerar linhagens bem adaptadas e estáveis (Ferrara, 1991).

Apesar das vantagens apresentadas para o método "bulk" dentro de famílias e do seu uso para algumas culturas (Ramalho, 1997), existem opiniões desfavoráveis quanto a sua eficiência para a cultura do trigo em algumas situações. Alguns autores alegam que a superioridade das linhagens obtidas por este método comparadas àquelas obtidas pelo SSD (Single Seed Descent) e pelo método genealógico não superam o trabalho adicional e o maior custo envolvido nas avaliações envolvendo vários locais (Singh et al., 1998; VanOeveren, 1992). Todavia, Ferrara (1991) relata a utilização deste método no programa de melhoramento de trigo do CIMMYT/ICARDA para vários países do oeste da Ásia e norte da África, apresentando maior eficiência em relação ao método genealógico, permitindo obter genótipos com maior resistência às doenças e maior estabilidade de produção.

A adoção do método "bulk" dentro de famílias derivadas de plantas  $F_2$ , também ocorreu no CIMMYT desde 1981, no programa de melhoramento para tolerância a seca. Segundo Rajaram (1991), nos anos de 1970 existiam sérias

críticas às ações do CIMMYT para o desenvolvimento de cultivares adaptados às regiões marginais de vários países que enfrentam problemas de seca. Assim, a escolha deste método foi considerada a melhor alternativa por permitir avaliar as famílias em ambientes com diferentes graus de estresse. A seleção baseada nestas condições possibilita a identificação de genótipos com bom desempenho em ambientes desfavoráveis e com alto potencial de rendimento em condição sem estresse. Isto é possível devido às evidências de que o potencial de rendimento e tolerância a seca ou outro tipo de estresse são características independentes (Rajaram, 1991).

Uma derivação do método de “bulk” dentro de famílias tem sido bastante utilizada pelo CIMMYT e em outros programas (Singh et al., 1998). A modificação básica em relação ao método original consiste em efetuar seleção massal de plantas agronomicamente desejáveis dentro de cada família a partir da  $F_3$ , para compor as famílias na geração seguinte. Este procedimento é repetido até a geração  $F_5$  e na geração  $F_6$  são selecionadas plantas dentro das famílias e mantidas individualmente para serem avaliadas como linhagens na  $F_7$  (Dubin e Rajaram, 1996). Esta estratégia elimina tipos indesejáveis na população, ou seja, dentro das famílias, e preserva os genótipos com características de interesse. Entretanto, tem a desvantagem da seleção ser visual. Para caracteres de alta herdabilidade e de herança simples, este método tem sido eficiente, principalmente para o melhoramento visando resistência às doenças (Dubin e Rajaram, 1996).

Outra opção de condução das populações segregantes é utilizar o método SSD (Single Seed Descent), proposto pela primeira vez por Goulden (1939), citado por Jensen (1988), cujos propósitos eram obter a homozigose do maior número possível de linhas, limitar a uma ou duas progênies por planta nas sucessivas gerações de autofecundação e obter duas a três gerações por ano, utilizando ambientes controlados. A descrição do método é feita em várias

publicações, em que são evidenciadas a superioridade e as limitações desta metodologia (Jensen, 1988; Borém, 1997). O método SSD é útil, principalmente quando há necessidade de acelerar o processo de endogamia. A economia de tempo para a obtenção de uma nova linhagem é um componente importante para medir a eficiência do melhoramento, além de possibilitar a reposição mais rápida de cultivares em situações de emergência. Como cada planta é representada na geração seguinte, o efeito de amostragem e a ação indesejável da seleção natural que ocorre no método da população, são superados (Borém, 1997; Jensen, 1988; Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993).

Somente nos anos de 1960 é que o SSD despertou interesse entre os melhoristas; nos anos de 1970 avolumaram-se os trabalhos e as adaptações do método em várias culturas (Jensen, 1988). Vasta literatura é relatada por Jensen (1988) sobre o SSD, incluindo algumas opiniões contraditórias sobre a sua eficiência, sobretudo quando se considera a representatividade da variabilidade genética por uma única semente por planta  $F_2$ . Neste contexto, vários autores consideram que a perda de variabilidade genética pode ser minimizada utilizando grande número de plantas na população  $F_2$ . Há relatos de uso do SSD em diversas culturas, todavia, tem sido mais intensivamente utilizado na cultura da soja (Borém, 1997). Em trigo o SSD não tem sido utilizado nos principais programas de melhoramento do Brasil e em outros países. Comparado ao método da população, o SSD é mais trabalhoso pela necessidade de amostragem de cada planta. No caso do trigo, semeado em densidades normais, a individualização das plantas na colheita é uma tarefa quase impossível de ser realizada.

Os métodos de melhoramento convencionais citados anteriormente foram desenvolvidos e utilizados desde várias décadas passadas. Recentemente tem havido grande interesse entre os melhoristas para o uso dos di-haplóides para o melhoramento em várias espécies, especialmente em trigo.

O emprego dos di-haplóides no melhoramento de plantas foi proposto por Nei (1963), o qual argumenta que a probabilidade de obter um genótipo desejável envolvendo  $n$  locos segregantes e independentes é muito maior utilizando haplóides do que pelos métodos diplóides. A eficiência desta técnica aumenta, à medida que cresce o número de genes envolvidos.

De acordo com Baenziger e Peterson (1992), o melhoramento por di-haplóides é similar ao SSD, em teoria, pois em ambas as linhagens é obtido sem seleção. A maior diferença entre os dois métodos é a chance de recombinação cromossômica. No di-haplóide, a recombinação somente ocorre na formação de gametas pelas plantas  $F_1$ , podendo ser vantajoso ou não dependendo do interesse em manter certas ligações gênicas.

Di-haplóides é o método mais completo e rápido para obter linhas homozigotas sem seleção (Baenziger e Peterson, 1992). Por outro lado Inagaki et al. (1998) consideram que a maior vantagem dos di-haplóides é para materiais que requerem longo período de crescimento, não tendo a mesma importância em situações onde é possível obter dois ou mais ciclos por ano.

Finalmente, o método de retrocruzamento é bastante utilizado no melhoramento do trigo, principalmente com o intuito de eliminar defeitos de cultivares bem adaptados. No Brasil, este método tem sido utilizado com frequência pelo Centro Nacional de Pesquisa de Trigo da EMBRAPA, na transferência de genes de resistência às ferrugens e melhoria da qualidade panificável da farinha (Federizzi et al., 1997). De acordo com levantamento dos cultivares recomendados no Brasil, no período de 1922 a 1997, cerca de 5% foram obtidos por retrocruzamentos (Sousa, 1997). Em muitas situações, o retrocruzamento é utilizado como uma metodologia complementar aos métodos clássicos de melhoramento, principalmente quando são utilizados genitores muito divergentes ou quando um dos parentais é exótico e pouco adaptado (Borém, 1997).

### 2.3- Aspectos fisiológicos da tolerância ao calor

As espécies de trigo existentes pertencem a três níveis de ploidia: diplóide, tetraplóide e hexaplóide, formando uma série alopoliplóide com número básico de cromossomos  $x=7$ . A espécie *Triticum monococcum* ( $2x=14$ ) ocorre na forma selvagem no oeste do Irã, noroeste do Iraque e sudeste da Turquia. No grupo tetraplóide ( $2n=4x=28$ ) ocorrem várias espécies, entre elas a *T. durum*, que é bastante cultivada e usada para a fabricação de macarrão. Esse grupo originou-se do cruzamento entre *T. monococcum* e *Aegilops speltoides* ( $2n=2x=14$ ). As espécies tetraplóides ocupam habitats semelhantes às diplóides, no Oriente Médio, próximo ao Mar Mediterrâneo (Feldman, 1979).

O grupo hexaplóide, onde está incluído o *T. aestivum* sp. *vulgare*, provavelmente surgiu simultaneamente com o processo de domesticação das formas diplóides e tetraplóides (Feldman, 1979). Originou-se do cruzamento natural de uma espécie de trigo selvagem, *T. dicoccoides* ( $2n=4x=28$ ) e uma gramínea também selvagem, *Aegilops squarrosa* ( $2n=2x=14$ ), dando origem à nova espécie com número básico de cromossomos de  $2n=6x=42$  (Moraes Fernandes, 1985). Este trigo alohexaplóide é o mais cultivado no mundo e é o único cereal a produzir farinha com características apropriadas para a fabricação do pão francês (Briggle e Curtis, 1987). Não se conhecem formas selvagens de trigos hexaplóides, possivelmente devido às alterações ocorridas na planta que perdeu a capacidade de sobrevivência em condições naturais (Moraes Fernandes, 1985).

O genoma do trigo hexaplóide é representado por AABBDD, sendo AA doado pelo *T. monococcum*, BB da *A. speltoides* e DD da *A. squarrosa*. Estudos citológicos têm mostrado haver homeologia entre os cromossomos das três espécies, ou seja, existem segmentos de DNA comuns na série homeóloga. Apesar da semelhança dos cromossomos, o pareamento somente ocorre entre os

pares dos homólogos. Assim, o comportamento do trigo, em termos meióticos, é tipicamente de espécie diplóide (Kimber e Sears, 1987).

A domesticação do trigo e o aumento no nível de ploidia causaram alterações nas características morfológicas e fisiológicas e o surgimento do trigo hexaplóide ampliou a variação de adaptação do trigo domesticado (Simmons, 1987). Por milhares de anos, o homem vem selecionando o trigo para diversos ambientes e práticas agrícolas. Com a melhoria do manejo da cultura e seleção de plantas, o trigo dispersou de sua região de origem, com clima mediterrâneo do oeste da Ásia, para a maioria das regiões do globo e é uma das plantas mais amplamente adaptadas no mundo. Trigos modernos comportam-se melhor em regiões de clima temperado da Europa e América do Norte do que em sua região de origem ou em outras que possuem clima semelhante (Loss e Siddique, 1994).

A busca dos países por aumentar a produção de alimentos tem despertado a atenção de órgãos de pesquisas nacionais e internacionais para regiões de clima do tipo mediterrâneo e tropicais, sendo que cerca de 10-15% da produção de trigo mundial ocorre nestes ambientes. Neste contexto, Loss e Siddique (1994) consideram uma ironia a luta dos melhoristas para melhorar a adaptação dos trigos modernos aos ambientes de onde se originaram.

As regiões com clima do tipo mediterrâneo ocorrem no oeste da Ásia, norte da África, sul da África, sul da Austrália, sudoeste da América do Norte e da América do Sul. O clima é caracterizado por um inverno ameno e úmido e o verão longo, quente e seco (Loss e Siddique, 1994). Nestas condições, o trigo é semeado no fins do outono ficando sujeito a seca e calor no final do ciclo que ocorre no final da primavera e início do verão. Em regiões tropicais, a exemplo da região do Brasil-Central, seca e calor podem ocorrer durante todo o ciclo da cultura.

Estresse de calor e água esta intimamente ligado ao balanço de energia dos órgãos das plantas. Uma das importantes formas de dissipar o excesso de



radiação líquida é através do calor latente, via transpiração. Se ocorrer qualquer falha neste processo por falta de água, os órgãos da planta inevitavelmente terão temperaturas acima da temperatura do ar (Acevedo, Nachit e Ferrara, 1991).

O estresse de calor influencia todos os estádios de crescimento e desenvolvimento da planta, com reflexos sobre a produção de grãos (Loss e Siddique, 1994). Os efeitos prejudiciais do calor são variados em função do estádio de desenvolvimento da planta e duração de sua ocorrência. A produção do trigo é reduzida em condições de calor, principalmente pela grande redução na duração dos estádios de desenvolvimento e tamanho da planta. Dentre os processos fisiológicos, o fotossintético provavelmente é o mais prejudicado por altas temperaturas (Shpiler e Blum, 1991).

A fotossíntese, processo fisiológico vital para as plantas, é afetada pelo calor, sendo que em trigo a sua eficiência é máxima entre 22 e 25°C, diminuindo bruscamente acima de 35°C (Al-Khatib e Paulsen, 1990). Apesar da sensibilidade da fotossíntese ao calor, Fischer (1985) não considera que altas temperaturas do ar sejam tão limitantes *per se* na fotossíntese do trigo. O autor considera que a temperatura da folha normalmente é vários graus abaixo da temperatura do ar, quando ocorre adequado suprimento de água. Portanto, é esperado que somente acima de 40°C de temperatura do ar possam ocorrer restrições à fotossíntese. Ao contrário da fotossíntese bruta, a respiração aumenta acentuadamente com elevação da temperatura. A teoria sugere que o custo com a manutenção diária da respiração é cerca de 0,02g/g/dia em 25°C. Isto significa que 2% da biomassa é respirada em manutenção diária (Fischer, 1985). Quando a temperatura do tecido aumenta, a solubilidade de CO<sub>2</sub> em água diminui e a fotorrespiração aumenta em espécies C<sub>3</sub>. Havendo redução no suprimento de CO<sub>2</sub>, a produção de oxigênio aumenta e ocorre fotoinibição que pode causar danos temporários ou permanentes na membrana dos cloroplastos (Krieg, 1994).

Recentemente, Al-Khatib e Paulsen (1999) compararam os efeitos de alta temperatura em cereais de inverno e tropicais, constatando que a fotossíntese aumentou em arroz e milho quando a temperatura variou de 22°C para 32°C reduzindo a partir daí e paralisando completamente quando a temperatura atinge 42°C. Entretanto, para o trigo, a fotossíntese é máxima em temperatura menores, em torno de 22°C.

As fases de desenvolvimento do trigo são controladas geneticamente e reguladas pelo ambiente. São utilizados métodos empíricos para prever os estádios de crescimento fenológicos como número de dias, graus.dia (°C.dia) e unidades fototermiais (Amir e Sinclair, 1991; Hay e Kirby, 1991). Para trigos de primavera e principalmente insensíveis ao fotoperíodo, a utilização de graus.dia tem maior aceitação pela sua simplicidade e precisão na avaliação do ciclo das plantas de trigo. Graus.dia (°C.dia) é definido como a soma algébrica dos graus correspondentes à temperatura média diária por um certo período desejado (Amir e Sinclair, 1991).

As primeiras evidências dos efeitos do estresse de calor podem ser observadas na fase de germinação e emergência das plântulas. Nesta fase, a mortalidade de plântulas constitui um problema quando ocorrem altas temperaturas. Nos primeiros centímetros da superfície do solo sem cobertura vegetal, a temperatura pode exceder a temperatura máxima do ar em 10 a 15°C, podendo atingir 40 a 45°C na camada de semeadura, com sérios prejuízos para a germinação e emergência das plântulas (Midmore, 1976, citado por Acevedo, Nachit e Ferrara, 1991).


Aumentando-se a temperatura do solo a 5,0cm de profundidade, de 20,2°C para 42,2°C, houve decréscimo de 72% no número de plântulas emergidas, com semeadura feita a 3-4cm de profundidade (Acevedo, Nachit e Ferrara, 1991). A duração do período de germinação e emergência das plântulas é acelerado com o aumento da temperatura, sendo que o ótimo ocorre entre 20-



25°C, em que são gastos cerca de cinco dias (Nayeem e Mahajan, 1991). Tendo como referência a temperatura de 0°C, são necessários 80°C.dia para germinação e cerca de 20°C.dia para cada centímetro de alongação do coleóptilo (Kleper et al., 1998), ou seja, em média é necessária uma soma térmica diária de 120°C.dia para ocorrer a emergência das plântulas. Geralmente, temperaturas acima de 32°C reduzem o comprimento do coleóptilo pela inibição da alongação das células (Allan, Vogel e Peterson Jr., 1962).

Durante o processo de germinação e desenvolvimento da plântula toda fonte de carbono, necessária para as reações fisiológicas, é totalmente dependente do estoque deste elemento armazenado no endosperma. Em experimento realizado por Blum e Sinmena (1994), foi constatado que a conversão de endosperma em matéria seca das plântulas foi maior a 25°C do que a 35°C e variou entre cultivares. A maior eficiência no uso do endosperma na fase de germinação, provavelmente é o resultado de uma moderada perda de carbono do endosperma pela respiração e maior eficiência na conversão do carbono disponível. Os autores encontraram boa associação de tolerância ao calor em termos de uso eficiente do endosperma, com tolerância ao calor de plantas com crescimento autotrófico, indicando que certos genes podem exercer controle sobre tolerância a altas temperaturas, independente da ontogenia da planta.

Imediatamente após a emergência das plântulas, altas temperaturas do solo têm efeitos deletérios profundos sobre o potencial de crescimento, havendo inibição direta do crescimento de raízes e de perfilhos (Fischer, 1985). Existem fortes indícios na literatura de que a tolerância ao calor da planta adulta pode ser associada com tolerância no estágio de plântula (Blum e Sinmena, 1994). Variação genotípica em tolerância ao calor, em termos de componentes de produção, biomassa e produção de grãos correlaciona-se com vigor de crescimento da planta jovem, duas a três semanas após a germinação, sob



estresse de calor (Rawson, 1986; Shpiler e Blum, 1986). Similarmente, Al-Khatib e Paulsen (1990) encontraram alta correlação da redução da fotossíntese sob estresse de calor em plantas jovens e no estágio de florescimento.

A redução do ciclo total da planta de trigo pelo aumento da temperatura é mais acentuada na fase vegetativa, ou seja, da emergência ao início da diferenciação floral. É nesta fase que se observam diferenças mais acentuadas entre cultivares (Shpiler e Blum, 1991). Resultados apresentados por Acevedo, Nachit e Ferrara (1991) evidenciam reduções de 50% na duração da fase vegetativa e na altura das plantas e drástica redução na área foliar (cerca de 80%) quando a temperatura foi aumentada de 12,2°C para 27,5°C. A redução na área foliar é consequência do menor tamanho da folha, acrescido de menor número de folhas por planta e menor perfilhamento (Fischer e Maurer, 1976; Warrington, Dunstone e Green, 1977; Midmore, Cartwright e Fischer, 1984).

A taxa de aparecimento de cada folha é influenciada pela temperatura, sendo proposto para cultivares de primavera, em média, 80°C.dia (Bauer, Frank e Black, 1984). Paralelamente, o aparecimento dos perfilhos está intimamente associado com a emergência da folha, sendo que o primeiro perfilho só é visível após o surgimento completo da terceira folha (Kleper et al., 1998). A maioria dos perfilhos aborta ou encerra o desenvolvimento antes da antese, isto é, a partir da elongação do colmo principal, pouco antes da diferenciação floral. Existe clara competição entre perfilhos e destes com o colmo principal quando as fontes de fotoassimilados são limitantes em decorrência de qualquer tipo de estresse (McMaster, 1997). A elevação da temperatura altera o balanço fonte-dreno com restrições no processo fotossintético, proporcionando deficiência de fotoassimilados e, por consequência, o aborto ou paralisação dos perfilhos mais novos (Simmons, 1987). As adversidades da temperatura na fase de crescimento vegetativo tem implicações na fase reprodutiva, com menor número de grãos por

espiga. A provável explicação para este fato é a menor área foliar resultante do menor desenvolvimento da planta (Shpiler e Blum, 1991).

De acordo com Simmons (1987), altas temperaturas afetam duas estruturas importantes na planta: as proteínas e as membranas das organelas celulares. O autor cita trabalhos em que se considera que a inativação de enzimas por altas temperaturas é a maior causa de redução de crescimento. Por outro lado, a ruptura da membrana pode alterar o movimento de íons e de solutos orgânicos, interferindo na fotossíntese e na respiração.

A maior sensibilidade da planta de trigo ocorre com o início da fase reprodutiva, que coincide com a diferenciação da gema apical do colmo em primórdios da espiga. Isto acontece quando ocorre alongação da gema apical e surgem duas saliências vistas com auxílio de lupa (Simmons, 1987). Externamente pode ser determinada quando o colmo principal apresenta cinco folhas completamente desenvolvidas (McMaster, 1997).

A fase de desenvolvimento da planta de trigo compreendida entre a diferenciação floral e a antese é a mais sensível ao calor. A ocorrência de estresse nesta fase determina a redução no número de flores férteis por espigeta e no número de grãos por espiga, ou seja, interfere na diferenciação dos componentes da espiga e na fecundação das flores (Kleper et al., 1998; Shpiler e Blum, 1991). Alguns trabalhos indicam que o número de grãos diminui cerca de 4% para cada um grau centígrado de aumento na temperatura média, no intervalo de 14 a 22°C, durante 30 dias antes da antese (Fischer, 1985). Trabalho de Warrington, Dunstone e Green (1977) evidenciou que a planta de trigo submetida a 25°C, durante a formação da espiga até a antese, produziu somente 30 grãos/espiga, enquanto que a 15°C foram obtidos 70 grãos/espiga. A redução do número de grãos por espiga pode ser atribuída ao decréscimo de espigetas férteis ou número de flores, devido ao reduzido suprimento de fotoassimilados e

acelerada taxa de desenvolvimento, com redução no período de crescimento da espiga (Acevedo, Nachit e Ferrara, 1991).

A gametogênese ocorre cerca de 10 a 15 dias antes da antese; externamente pode ser identificada quando a lígula da folha bandeira torna-se visível. A partir da meiose até a antese a ocorrência de calor associado com baixa umidade relativa pode aumentar a esterilidade das flores (Acevedo, Nachit e Ferrara, 1991).

De todas as fases de crescimento da planta de trigo, em que se estudam os efeitos do calor, o período de enchimento dos grãos tem recebido atenção especial, e a maioria dos trabalhos publicados dá ênfase a este período de final de ciclo. Esta tendência é explicada pela importância da temperatura elevada no crescimento dos grãos em todas as regiões tritícolas do mundo, especialmente na zona de clima temperado onde se concentra a maior produção dessa gramínea (Loss e Siddique, 1994; Fokar, Blum e Nguyen, 1998).

Após ocorrer a fertilização de cada flor da espiga, imediatamente ocorre uma rápida divisão celular do zigoto, sendo que o ovário atinge 80% do número final de células do grão em 10 dias após a antese. Posteriormente, ocorre a expansão das células do endosperma e acúmulo de amido, que cessará somente na maturação fisiológica (McMaster, 1997). A temperatura ótima para o desenvolvimento e enchimento dos grãos é cerca de 12 a 15°C e a cada 1°C acima dessa faixa ocorre 3-5% de queda no peso médio dos grãos (Wardlaw, Dawson e Munib, 1989). Vários autores citados por Shpiler e Blum (1991) consideram que a redução da produção devida a altas temperaturas pode ser causada direta ou indiretamente pelos seguintes fatores: aceleração do desenvolvimento da planta, senescência precoce, redução na fotossíntese, aumento da respiração e inibição da síntese de amido.

A duração do crescimento e enchimento do grão é variável, dependendo do cultivar e condições do ambiente, particularmente a temperatura (Darroch e

Baker, 1995). Existem evidências de que cada 1°C de aumento na temperatura corresponde a uma diminuição de 3,1 dias na duração do enchimento dos grãos (Wiegand e Cuellar, 1981). Em trabalho realizado por Aude et al. (1994) com trigos brasileiros adaptados à região sul do Brasil, não foram constatadas diferenças significativas no período de enchimento dos grãos entre cultivares que, em média, necessitaram 592°C.dia.

O aumento da temperatura acelera a taxa de crescimento dos grãos e reduz o tempo para o completo enchimento dos mesmos (Blum et al., 1994; Wardlaw e Moncur, 1995; Shpiler e Blum, 1991). De acordo com Acevedo, Nachit e Ferrara (1991), o estresse de calor na fase de enchimento de grãos afeta a disponibilidade de fotoassimilados, a translocação de reservas de fotossintatos e a síntese e armazenamento de amido. Os autores afirmam também que altas temperaturas promovem aceleração da aquisição de fontes fotossintéticas, devido à maior taxa de crescimento, conseqüentemente o suprimento de fotoassimilados para manter o equilíbrio fonte-dreno não é suficiente e proporciona queda no peso médio dos grãos.

A senescência precoce da folha tem sido considerada como uma expressão da sensibilidade ao calor. A redução da área foliar ativa implica em diminuição da fotossíntese e, por conseqüência, redução na produção de grãos (Fokar, Blum e Nguyen, 1998). Entretanto, Blum et al. (1994) constataram que o cultivar com maior capacidade de suportar o enchimento dos grãos sob calor apresentou menor quantidade de clorofila, ou seja, houve aceleração da senescência das folhas. Tem sido sugerido que a apressada senescência das folhas em altas temperaturas ocorre por causa da maior demanda de proteína pelos grãos, havendo translocação do nitrogênio das folhas (Fischer, 1985). Parece que a não senescência rápida das folhas como fonte de sustentação de fotoassimilados e utilização de reservas do colmo podem ser mutuamente exclusivos (Blum, 1998).

O enchimento dos grãos de trigo pode ser afetado diretamente pelo efeito de altas temperaturas. Hawker e Jenner (1993) avaliaram o efeito de altas temperaturas na atividade de cinco enzimas envolvidas na síntese de amido e formação do endosperma, e observaram que nos tratamentos submetidos ao calor, cerca de 35°C, a atividade da amido solúvel sintetase foi reduzida à metade em apenas um dia, não havendo maiores reduções com três dias. A sacarose sintetase, amido insolúvel sintetase e UDPglucose pirofosforilase tiveram suas atividades pouco ou nada afetadas, enquanto a ADPglucose pirofosforilase foi levemente afetada em relação a amido solúvel sintetase. Os autores concluíram que a redução do peso seco final do grão, em condições de alta temperatura, é devida a diminuição na atividade da enzima amido solúvel sintetase.

Independentemente dos efeitos diretos ou indiretos do calor, o enchimento dos grãos depende de duas principais fontes de carbono: fotossíntese nas folhas e nas espigas e mobilização de carboidratos armazenados no colmo (Blum et al., 1994). A tolerância da planta ao calor mantendo as atividades da fotossíntese, é considerada a principal forma de sustentar o enchimento e a produção de grãos sob estresse de altas temperaturas (Al-Khatib e Paulsen, 1990). Em situações de inibição da fonte fotossintética por seca ou doenças, tem sido comprovado que o enchimento dos grãos torna-se mais dependente da mobilização de reservas armazenadas no colmo (Binderger, Musgrave e Fischer, 1977; Shakiba et al., 1996). A literatura a respeito da utilização de reservas do colmo pela planta de trigo na fase de enchimento de grãos é farta, embora somente na década de 1990 é que tenha sido dada atenção a esta estratégia utilizada pela planta como forma de tolerar o estresse causado pelo calor.

Uma das principais evidências da mobilização de reservas do colmo para o enchimento dos grãos, como tolerância ao calor, foi obtida por Blum et al. (1994), que utilizaram dois cultivares previamente conhecidos e contrastantes



para tolerância a estresse. Constatou-se que o cultivar tolerante, independente do estresse de calor, teve maior redução no peso do colmo. Por outro lado, este cultivar teve maior perda de clorofila pela mais rápida senescência das folhas. A maior quantidade de reservas no colmo está associada à maior capacidade de maximizar a assimilação de carbono no período que antecede a antese. Independente da ocorrência do estresse na fase de enchimento dos grãos, a mobilização sempre ocorre, sendo, portanto, uma característica constitutiva e geneticamente controlada.

A contribuição dos colmos para mobilização de reservas ocorre principalmente nos dois internódios superiores, que, juntos, representam cerca de 60% de todo colmo (Shakiba et al., 1996). O armazenamento de reservas no colmo depende das condições do ambiente antes da antese. O total de carboidratos não estruturais, solúveis em água, variou de 50 a 350 g por kg de matéria seca, em vários experimentos (Kiniry, 1993). De acordo com revisão de Blum (1998), a capacidade de armazenamento de reservas pelo colmo é influenciada pelo seu comprimento e densidade. Todavia, a maior capacidade de armazenar nem sempre está associada à maior mobilização para os grãos.

A maioria dos programas de melhoramento em trigo tem como objetivos primários a obtenção de cultivares tolerantes à seca e ao calor, todavia o êxito tem sido limitado em decorrência da ausência de estratégias de seleção, de técnicas de avaliação e da complexidade dos mecanismos envolvidos na tolerância em todo o ciclo de desenvolvimento da planta (Bruckner e Froberg, 1987). A utilização de avaliações de campo é freqüentemente ineficiente devida a inconsistência da ocorrência do calor, comprometendo o ganho com a seleção. Nessas condições, métodos que preconizam avaliações e quantificação da tolerância ao calor em ambientes controlados são preferíveis (Saadalla, Shanahan e Quick, 1990). Por outro lado, Acevedo, Nachit e Ferrara (1991) consideram que devido à complexidade dos mecanismos afetados pelo estresse e

devido a variação da incidência do calor é impossível simular o ambiente com estresse completo e seus efeitos sobre os processos fisiológicos, em condições controladas.

Existem claras evidências de que o efeito deletério do calor não atua somente nos processos fisiológicos relacionados à fotossíntese, respiração e reprodução. Ocorre também sobre a fenologia da planta em que as diferentes fases de desenvolvimento são acumulativamente aceleradas pelos efeitos da temperatura (Acevedo, Nachit e Ferrara, 1991). Desta forma existem várias opções de avaliação do estresse de calor envolvendo metodologias no campo e em ambientes controlados. Estas alternativas são essenciais para os estudos de variabilidade e controle genético da tolerância ao calor.

Várias características morfológicas e fisiológicas são utilizadas para mensurar os efeitos do calor sobre a planta de trigo, as quais por sua vez estão diretamente associadas aos componentes da produção, tais como número de espigas por unidade de área, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga e peso médio dos grãos. Acevedo, Nachit e Ferrara (1991) propõem diversas opções de características morfológicas e fisiológicas da planta como potencialmente úteis na avaliação do estresse de altas temperaturas, compreendendo todo o ciclo da cultura, cujas determinações podem ser feitas em condições de campo, que incluem avaliações visuais como vigor das plantas, cobertura do solo e "stay green". Além destas, são incluídas aquelas que são quantificadas ou mensuradas, tais como a duração dos estádios de desenvolvimento, número de plântulas emergidas, peso médio dos grãos, número de grãos por espiga, índice de colheita e produção. Os autores consideram que o número de folhas por colmo, manutenção da respiração, enchimento dos grãos, perfilhamento, número de grãos por espiga e taxa de fotossíntese (acima de 35°C) são eventos altamente sensíveis ao estresse de altas temperaturas.

Nos estudos de Zhong-hu e Rajaram (1994), utilizando 16 genótipos, foi constatado que características como produção de grãos, biomassa total e altura das plantas foram mais termosensíveis do que número de espigas/m<sup>2</sup>, peso de mil grãos e peso hectolítrico. Os autores consideraram que os caracteres número de grãos/espiga, biomassa, índice de colheita e peso hectolítrico poderiam ser utilizados como potenciais critérios de seleção para produção de grãos sob altas temperaturas, dada a boa correlação com este caráter.

Dada a diversidade de mecanismos que a planta dispõe para suportar ou tolerar os efeitos de calor, a maioria dos trabalhos envolvendo o controle genético a este estresse tem sido direcionada para características quantificadas por métodos fisiológicos (Fokar, Nguyen e Blum, 1998).

A utilização da termoestabilidade da membrana em estudos de tolerância ao calor tem sido a mais comum e é suportada por estudos prévios de que a funcionalidade das membranas sob estresse de altas temperaturas é essencial para a adaptação das plantas nestas condições (Saadalla, Quick e Shanahan, 1990). A ruptura da membrana celular sob estresse de calor pode influenciar a atividade fotossintética ou mitocondrial ou diminuir a habilidade do plasmalema em reter solutos (Lin, Chen e Key, 1985). O princípio básico da técnica leva em conta que existem mecanismos de adaptação na planta chamados de termotolerância adquirida, que são induzidos quando em presença de calor (Fokar, Nguyen e Blum, 1998). A capacidade das plantas de adquirir tolerância térmica sob curtos períodos de estresse é um indicativo de sua capacidade de aclimatar sob estresse diurno, encontrada freqüentemente em condições de campo (Porter, Nguyen e Burke, 1994). Alguns estudos sugerem que a termotolerância da membrana pode estar associada com o grau de saturação de lipídios das membranas (Kuiper, 1968). O rompimento da membrana possibilita a fuga de eletrólitos das células para o meio, cuja concentração pode ser quantificada pela condutância elétrica. De acordo com esta técnica, maior

condutividade elétrica indica maior tolerância ao calor (Saadalla, Shanahan e Quick, 1990).

A técnica de medir a tolerância ao calor por meio da termoestabilidade da membrana tem sido utilizada em várias culturas e apresenta boa associação com a tolerância da planta em condições de campo (Marcum 1998; Porter, Nguyen e Burke, 1994).

Outra técnica fisiológica para quantificar o estresse de calor sobre as células é baseada na redução do cloreto 2,3,5-trifeniltetrazólio (TTC) por enzimas respiratórias dehidrogenases, ou seja, o TTC avalia a cadeia de transporte de elétrons das mitocôndrias (Fokar, Nguyen e Blum, 1998). A quantidade de TTC reduzido serve como indicador do nível de respiração mitocondrial, determinado espectrofotometricamente e reflete a relativa viabilidade da célula (Porter, Nguyen e Burke, 1994)

Comparação entre TTC e termoestabilidade da membrana (TM) foi realizada por Fokar, Nguyen e Blum (1998), utilizando 56 cultivares de trigo de várias regiões produtoras do mundo. Foram detectadas diferenças significativas entre os cultivares testados para TTC e TM no estágio de plântula e no florescimento. Entretanto, os valores de TTC e TM não foram consistentes como o esperado, sobretudo quando se considera a origem dos cultivares. Apesar de algumas distorções, TTC e TM apresentaram uma correlação de 0,74 quando avaliados em plântula e de 0,75 na antese, para um grupo de oito cultivares. Quando envolvidos os 56 cultivares, a correlação de TTC e TM foi de 0,32 na plântula. Portanto, a associação da TTC e TM parece depender do tamanho e da diversidade da população. Diante dessas evidências, os autores sugerem que TTC e TM não estão necessariamente ligados geneticamente ou associados fisiologicamente.

Utilizando os princípios da termosensibilidade dos mecanismos fotossintéticos, tem sido adotada a técnica da fluorescência da clorofila para

quantificar os efeitos das altas temperaturas sobre a planta de trigo. De acordo com revisão realizada por Moffatt et al. (1990), esta técnica tem sido utilizada para avaliar a tolerância entre e dentro de várias espécies, baseando-se fisiologicamente nos danos ocasionados pelas altas temperaturas nas membranas tilacóides e em reações associadas à fotossíntese e na absorção de luz solar incidente sobre a folha. Em condições de temperatura normal para as reações fisiológicas, somente uma porção da luz absorvida é utilizada na fotossíntese. O restante da luz é dissipado como calor ou reemitido como fluorescência. O calor excessivo provoca danos nas membranas tilacóides e reações relacionadas, alterando a quantidade de luz absorvida que é transduzida do fotossistema II (FSII) para o fotossistema I (FSI). Consequentemente ocorrem mudanças nos padrões da fluorescência da clorofila. A quantidade de fluorescência da clorofila, que indica a integridade da membrana tilacóide e a relativa eficiência de transporte de elétrons do FSII para o FSI, é determinada utilizando um aparelho portátil chamado fluorômetro, cuja metodologia de uso é descrita por Moffatt, Sears e Paulsen (1990).

Estudos fisiológicos têm evidenciado que o aumento da temperatura provoca senescência prematura da planta, com reduções no período de atividade fotossintética. As diferenças observadas na taxa de fotossíntese entre genótipos sob estresse de calor são associadas com a perda de clorofila, devido à senescência da folha. Assim, a medição da atividade fotossintética constitui outra alternativa para quantificar os efeitos deletérios do calor sobre a planta do trigo, a qual revela tolerância pela manutenção da clorofila nas folhas, mesmo sob estresse (Reynolds et al., 1994).

Recentemente tem sido proposto o uso da termometria de infravermelho, que é uma técnica para medir a depressão da temperatura no dossel das plantas (Reynolds et al., 1994 e 1998). Esta técnica é bastante utilizada para estudos de tolerância à seca e tem como princípio que plantas com maior tolerância ao calor

são capazes de manter a temperatura dos órgãos em níveis normais, bem como as atividades de respiração e transpiração, mesmo sob condições de estresse. De acordo com Reynolds et al. (1994), existe boa associação dessa característica com a produção em condições de campo, além de ser de fácil uso e rápida.

## **2.4 Genética da tolerância ao calor**

Estresses de calor e seca são considerados os principais causadores de reduções na produção de trigo em todo mundo. Em muitos casos, esses dois estresses são confundidos por atuarem juntos e com sinergia na redução do potencial de desenvolvimento e produção da planta (Acevedo, Nachit e Ferrara, 1991). Alguns tipos de estresses como seca, acidez do solo, deficiências nutricionais etc., podem ser contornados com medidas de manejo cultural como irrigação, calagem, adubação etc. Por outro lado, a única forma de romper os obstáculos impostos pelo estresse de altas temperaturas é o desenvolvimento de cultivares tolerantes.

Para a obtenção de cultivares tolerantes é essencial a existência de variabilidade genética para este caráter e o processo será facilitado com o entendimento detalhado do controle genético e da fisiologia dos mecanismos envolvidos na tolerância da planta ao estresse de calor (Porter, Nguyen e Burke, 1995). O sucesso do melhoramento é dependente do desenvolvimento de metodologias capazes de identificar e quantificar características relacionadas à tolerância ao calor e que possibilitem a utilização de métodos de seleção seguros e eficientes (Fokar, Nguyen e Blum, 1998).

Características quantificadas por métodos fisiológicos têm sido utilizadas com frequência para o estudo do controle genético da tolerância ao calor (Fokar, Nguyen e Blum, 1998). Altas temperaturas afetam as células da planta de maneiras complexas, envolvendo componentes estruturais e funcionais

como rompimento da membrana, desativação de enzimas, ruptura de cadeias metabólicas etc. (Porter, Nguyen e Burke, 1994).

Os aspectos fisiológicos da tolerância a altas temperaturas são relativamente bem estudados e existem inúmeras publicações nesta área. Por outro lado, são poucos os estudos do controle genético da tolerância ao calor em trigo (Fokar, Nguyen e Blum, 1998).

Apesar disso, trabalhos envolvendo cultivares de diferentes constituições genóticas evidenciaram a existência de variabilidade para este caráter, em diferentes fases do desenvolvimento da planta de trigo (Shpiler e Blum, 1986; Moffatt et al., 1990; Wardlaw, Dawson e Munibi, 1989; Shukla et al., 1997; Blum et al., 1994; Fokar, Blum e Nguyen, 1998; Blum e Sinmena, 1994; Saadalla, Quick e Shanahan, 1990; Al-Khatib e Paulsen, 1990; Shpiler e Blum, 1991). Em estudos de Wardlaw (1994) para verificar a tolerância ao calor foi constatado que, apesar da significativa diferença de resposta a altas temperaturas em famílias  $F_4$  obtidas do cruzamento entre pais contrastantes, a herdabilidade foi baixa (20%).

Sabe-se que a planta de trigo expressa tolerância ao calor de forma diversificada durante todo o seu ciclo por mecanismos diferentes. Diante desta complexidade, é de supor que a expressão da tolerância ao calor na produção de grãos é controlada por vários genes que se expressam em momentos distintos. Por outro lado, Blum e Sinmena (1994) acreditam que certos genes exercem controle sobre tolerância ao calor independente do estágio de desenvolvimento da planta de trigo.

No estudo do controle genético de um caráter podem-se utilizar componentes de médias ou de variâncias. Os primeiros têm a vantagem de serem mais precisos, contudo, os efeitos podem se anular pelo fato de alguns locos apresentarem contribuições em direções opostas. Para contornar esta desvantagem podem ser utilizados os componentes de variância, pois, neste

caso, os efeitos de cada loco são elevados ao quadrado, não havendo possibilidade de cancelarem-se. A variância apresenta outras vantagens como a obtenção de estimativas da herdabilidade e predição do ganho esperado com a seleção, o que não é possível com as médias (Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993).

Há várias metodologias para o estudo do controle genético de um dado caráter (Hayman, 1954; Anderson e Kempthorne, 1954; Mather e Jinks, 1971). Uma delas é conhecida como método de Mather e envolve a avaliação simultânea dos pais, geração  $F_1$ ,  $F_2$ , os retrocruzamentos, ou qualquer outra população segregante. Por essa metodologia é possível obter informações, tanto utilizando componentes de médias como de variâncias. É um processo amplamente utilizado, embora tenha como principal restrição a necessidade de obtenção de dados de plantas individuais o que, além de muito trabalhoso, está sujeito a erros acentuados

Outra metodologia amplamente utilizada são os cruzamentos dialélicos. As metodologias de análise dialélica foram desenvolvidas para analisar este delineamento genético, proporcionando estimativas de parâmetros úteis na seleção de genitores ou de populações segregantes e no entendimento dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres (Cruz e Regazzi, 1994). Entre as metodologias de análise, as mais comumente utilizadas são as de Griffing (1956), Gardner e Eberhart (1966) e Hayman (1954).

Em relação às metodologias de análise dialélicas consideradas acima, Ramalho, Santos e Zimmermann (1993) comentam que pelo método de Hayman (1954) estimam principalmente variâncias, informações estas pouco úteis para os melhoristas de autógamias em relação aos outros dois métodos. Por outro lado, Cruz e Regazzi (1994) salientam que a metodologia de Gardner e Eberhart (1966) aplica-se a genitores em equilíbrio de Hard-Weinberg. Para as diferentes derivações da metodologia de Griffing (1956), as restrições são as



mesmas para os demais métodos, ou seja, genitores homozigóticos, segregação diplóide, distribuição independente dos genes nos genitores e ausência de epistasia (Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993). Estas restrições dificilmente são atendidas na íntegra para a maioria das culturas autógamas, que, certamente, atende os dois primeiros quesitos.

Pela metodologia de Griffing (1956) são estimados os efeitos e as somas de quadrados dos efeitos da capacidade geral e específica de combinação dos genitores do dialelo. Esta metodologia é a que utiliza as maiores variações de esquemas de cruzamentos envolvendo quatro métodos experimentais, conforme apresentado a seguir (Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993):

Método 1: são avaliadas  $n^2$  combinações envolvendo os  $n$  pais, todos os cruzamentos possíveis entre estes pais e os cruzamentos recíprocos.

Método 2: são avaliadas as  $n(n+1)/2$  combinações, incluindo-se os  $n$  pais e todas as populações dos cruzamentos possíveis entre os  $n$  pais.

Método 3: avaliam-se as  $n(n-1)$  combinações envolvendo todos os cruzamentos possíveis entre os  $n$  pais e seus recíprocos.

Método 4: são avaliadas somente as  $n(n-1)/2$  combinações, que correspondem aos cruzamentos possíveis entre  $n$  genitores.

Um dos questionamentos feitos sobre o uso dos dialelos refere-se ao excessivo número de cruzamentos quando se dispõe de grande número de genitores a serem avaliados nas combinações. Neste sentido, foram adaptadas metodologias aos modelos de Griffing (1956) e de Gardner e Eberhart (1966) para o uso dos dialelos parciais (Cruz e Regazzi, 1994). Os dialelos parciais consistem em cruzar  $n$  genitores de um grupo com  $m$  genitores de outro grupo, formando  $n.m$  cruzamentos. Este procedimento permite maximizar as informações sobre os grupos estudados com menor número de cruzamentos (Cruz e Regazzi, 1994). O agrupamento dos genitores evita a realização de

cruzamentos, por vezes indesejáveis, entre genitores do mesmo grupo, o que não é possível nos dialelos completos.

Tanto nos dialelos completos quanto nos parciais, utilizam-se as médias dos cruzamentos nas gerações  $F_1$  ou  $F_2$  e as médias dos pais. O emprego da  $F_2$  ou de gerações mais avançadas é criticado porque diferentes populações  $F_2$  não apresentam o mesmo padrão de segregação. Entretanto, existem controvérsias a este respeito, além de que o emprego da  $F_2$  possibilita avaliar maior número de plantas de cada população, permitindo estimativas mais precisas (Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993). Quando se utilizam populações  $F_2$  nos cruzamentos dialelos, ao invés de  $F_1$ 's, Miranda Filho e Chaves (1996) propõem uma adequação da metodologia da análise de variância e das estimativas dos efeitos.

Segundo os autores, o modelo de Gardner e Eberhart (1966) para cruzamentos dialelos inclui a heterose como um componente da média dos híbridos e é expresso da seguinte forma:

$$y_{ii'} = \mu + \frac{1}{2}[(v_i + v_{i'})] + \theta h_{ii'} + \bar{e}_{ii'}, \text{ sendo } \mu \text{ a média de variedades,}$$

$v_i$  o efeito de variedade,  $\theta$  zero para variedades ou um para híbridos,  $h_{ii'}$  a heterose e  $\bar{e}_{ii'}$  o erro médio ajustado para médias. Quando se consideram gerações  $F_2$ , a heterose é reduzida à metade. Assim, o termo  $\theta h_{ii'}$  é dividido por dois,  $(\frac{1}{2})\theta h_{ii'}$  no modelo original.

Os autores concluíram que as estimativas dos componentes para médias das variedades e para os efeitos de variedades não diferem do modelo original, mas são diferentes para os componentes da heterose.

Uma terceira opção no estudo do controle genético é o emprego de famílias de populações segregantes. Nesse caso, concomitantemente ao processo seletivo são obtidos dados experimentais das famílias. A partir desses dados são

estimados os componentes da variância genética e fenotípica (Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993).

Um dos primeiros estudos do controle genético da tolerância ao calor em trigo foi desenvolvido por Saadalla, Shanahan e Quick (1990) utilizando a termoestabilidade da membrana em plântulas e no estágio de antese, em 90 famílias  $F_6$  obtidas em número igual dos dois cruzamentos entre um genótipo tolerante ao calor, comum, e dois outros de sensibilidade média. Foram constatadas diferenças entre os dois grupos, ou seja, os dois genitores de sensibilidade média contribuíram com diferentes alelos para a tolerância ao calor. Houve tendência de reduzir a termotolerância da fase de plântula para a fase de antese, entretanto, apresentaram boa correlação ( $r= 0,79$ ). Esta mesma tendência foi observada por Fokar, Nguyen e Blum (1998), que encontraram uma associação linear ( $R^2= 0,85$ ) da termoestabilidade da membrana em plântula e em planta adulta na fase de floração. No trabalho já citado de Saadalla, Shanahan e Quick (1990), nenhuma família superou o pai tolerante e a maioria foi inferior ao genitor sensível ao calor, resultando uma média das famílias inferior ao pior genitor. A segregação transgressiva observada sugere que os genitores contribuíram com diferentes alelos e que a característica é controlada por vários genes.

O controle genético da resposta diferencial de redução do TTC, como medida da termoestabilidade adquirida, foi estudado pela primeira vez por Porter, Nguyen e Burke (1995). Neste trabalho foram utilizados cinco cultivares e seus híbridos  $F_1$  resultantes dos cruzamentos, em esquema de dialelo completo e recíprocos. Os níveis de tolerância adquirida (TTC) foram variáveis entre os  $F_1$ 's e o controle genético foi predominantemente aditivo. A capacidade geral de combinação (CGC) atingiu 67% da variação genotípica total, 6% para capacidade específica de combinação (CEC) e 27% para efeito recíproco. Os autores alertam para os 27% do efeito recíproco, dos quais 67% são explicados

pelo efeito materno. Apesar de não ter sido significativo, o efeito materno não deve ser ignorado na escolha dos genitores para serem utilizadas como fêmeas em hibridações.

Estudos recentes do controle genético da termotolerância da redução do TTC foram desenvolvidos por Fokar, Nguyen e Blum (1998). Neste trabalho foram utilizadas seis populações:  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $F_1$ ,  $RC_{11}$ ,  $RC_{12}$  e  $F_2$ . Constatou-se que a média dos valores de TTC do  $F_1$  foi superior à média dos pais, não diferindo do genitor superior, indicando que o controle da termotolerância do TTC é de ação gênica dominante. As estimativas da variância genética aditiva, de dominância e ambiental, indicaram que a maior parte da variação genética verificada poderia ser explicada pela variância aditiva. Os autores chamam a atenção para o fato de haverem constatado a presença de dominância, embora a variação genética tenha sido predominantemente aditiva. Segundo eles, isto não é contradizente, visto que, de acordo com Falconer (1981), o conceito de variância aditiva não implica na suposição de ação gênica aditiva. A estimativa da herdabilidade, no sentido amplo, para TTC foi de 89%.

Utilizando-se da técnica da fluorescência da clorofila, Moffatt et al. (1990) desenvolveram um trabalho para determinar o controle genético da tolerância ao calor. Foram utilizados seis cultivares de diferentes origens e os híbridos  $F_1$  dos cruzamentos destes cultivares em esquema dialelo completo, com recíprocos. Os autores encontraram diferenças significativas entre os  $F_1$  para o contraste pais vs  $F_1$ . Vale salientar que a significância do contraste pais vs  $F_1$  indica a presença de heterose para fluorescência da clorofila sob condições de estresse de alta temperatura. A capacidade geral de combinação foi altamente significativa, sugerindo que o controle do caráter fluorescência da clorofila, como medida da tolerância ao calor, foi predominantemente de efeito aditivo. Também, foram obtidos efeitos maternos e recíprocos específicos significativos, esses últimos indicadores de interação de fatores nucleares e citoplasmáticos.

Com base nestes resultados, Moffatt et al. (1990) sugerem o uso da seleção recorrente como um método apropriado para aumentar a tolerância ao calor em trigo, ressaltando ainda a necessidade de cuidadosa escolha do genitor feminino, devido a significância dos efeitos maternos e recíprocos específicos.

## 2.5 Interação de genótipos com ambientes

A maioria das espécies de plantas cultivadas é explorada em diversos tipos de ambientes. O trigo é, dentre as mais importantes fontes de alimento para a humanidade, a espécie mais amplamente adaptada, sendo cultivado numa ampla faixa de latitude entre 60°N e 40°S (Briggle e Curtis, 1987). No Brasil, o seu cultivo concentra-se entre os paralelos 32°S e 21°S, todavia, podem ser encontradas lavouras até a altura do paralelo 11°S (Mota, 1982; Comissão ..., 1999). Em tão vasta amplitude de cultivo, esta cultura é submetida aos mais diversos tipos de ambientes. Considera-se como ambiente todas as causas não genéticas que influenciam a expressão do caráter, ou, mais explicitamente, um conjunto de fatores biofísicos que influencia o crescimento e o desenvolvimento do indivíduo e, por isso, atua na expressão das características (Bisford e Cooper, 1998).

Continuamente os melhoristas buscam ampliar a base genética de espécies cultivadas, como prevenção de problemas associados com a vulnerabilidade genética, no caso de ocorrer quebra de resistência às principais doenças (Kang, 1998). A diversidade genética entre os cultivares brasileiros de trigo foi considerada bastante acentuada, inclusive superior a encontrada em outros países, sendo a principal razão a maior diversidade das condições de cultivo no Brasil (Reis, 1998). Admitindo-se a grande variação genética entre os cultivares ou linhagens de trigo existentes, é de se esperar que, quando avaliados em diferentes locais e anos, irão responder de forma diferenciada aos efeitos dos

diferentes ambientes. Esta resposta diferencial dos genótipos aos diferentes ambientes é amplamente conhecida como interação de genótipos com ambientes (GxA) (Kang, 1998).

Segundo Kang (1998), no passado, a ênfase maior era para os aspectos da mensuração estatística do comportamento diferencial dos genótipos em diferentes ambientes e sobre metodologias estatísticas para caracterizar os genótipos quanto a sua estabilidade. Para este autor, isto é como tratar os sintomas sem conhecer as causas do problema. Em sua opinião, a interação de genótipos com ambientes é primariamente um assunto do melhoramento de plantas e não estritamente biométrico. No sentido biológico, a interação GxA ocorrerá quando a contribuição ou nível de expressão dos alelos dos genes que regulam as características diferir entre os ambientes (Basford e Cooper, 1998). O produto gênico é uma cadeia de polipeptídios que pode ter funções enzimáticas. Se a atividade de uma enzima, que corresponde à expressão gênica ou fenótipo, é sensível às mudanças dos fatores do ambiente como temperatura, disponibilidade hídrica etc., variações de comportamento do genótipo serão observadas (Kang, 1998).

Do ponto de vista evolutivo, a interação GxA é importante para manter a variação genética e a adaptação das espécies. Portanto, a interação pode ser, ao mesmo tempo, um problema ou oportunidade para os genetistas e melhoristas. Os conhecimentos obtidos pela genética da evolução e ecológica podem ser aplicados ao melhoramento de plantas, visto que o ponto comum é a seleção natural e a artificial (Kang, 1998).

O entendimento e a busca de soluções para superar as limitações impostas pela interação GxA têm sido uma preocupação constante dos melhoristas e inúmeras publicações são encontradas sobre o assunto. Na última década deste milênio, ou seja, a partir de 1990, parece ter aumentado o interesse por melhores conhecimentos sobre a interação GxA, envolvendo melhoristas,

genetistas e estatísticos (Kang, 1998). Há consenso entre a maioria dos melhoristas de que a ocorrência de interação GxA é o principal complicador no melhoramento de qualquer cultura, sobretudo no ganho com a seleção (Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993). O componente da interação GxA tem efeito negativo no ganho com a seleção, pois ele é parte da variância fenotípica que fica no denominador da expressão que define a herdabilidade (Kang, 1998). A interação somente pode ser detectada quando estão envolvidos, no mínimo, dois genótipos distintos submetidos às condições de, pelo menos, dois ambientes diferentes. Quando ocorre resposta diferencial dos genótipos com a variação dos ambientes mas a classificação não é alterada, este tipo de interação é denominada simples, ou seja, genótipos superiores mantêm sua superioridade em todos os ambientes. Por outro lado, quando ocorre alteração na ordem de classificação do comportamento dos genótipos, a interação é denominada complexa (Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993).

A constatação de efeito significativo da interação GxA na análise de variância nem sempre indica diferença de comportamento dos genótipos frente aos ambientes. Neste sentido, Ramalho, Santos e Zimmermann, (1993) alertam para que se o efeito ambiental sobre os genótipos ocorrer de forma multiplicativa, ao invés de aditiva, será detectada interação, devido à falta de ajuste dos dados ao modelo estatístico, cuja pressuposição é ser aditivo. Nestas circunstâncias, os autores recomendam utilizar uma transformação logarítmica.

Se a classificação fenotípica de dois genótipos varia com os ambientes, o genótipo favorecido pela seleção será diferente entre os ambientes. Entretanto, quando a classificação dos genótipos não é alterada nos diferentes ambientes, mas a magnitude das diferenças intergenotípicas no fenótipo aumentam significativamente, a estimativa da herdabilidade e resposta à seleção aumentarão para uma dada variância fenotípica constante e, neste caso, a eficiência da seleção permanece inalterada (Kang, 1998). Portanto, a ocorrência

de interação simples não é um problema para os melhoristas. Ao contrário disso, a interação complexa reflete a baixa correlação entre as médias dos genótipos nos diferentes ambientes (Cruz e Regazzi, 1994). Em outras palavras, a existência de interação do tipo complexo é indicativo da adaptação dos genótipos a ambientes específicos.

Quando se avaliam vários genótipos em diferentes ambientes, certamente ocorrerá interação GxA, sendo esta constituída de uma porção da variância devido à interação simples e outra da complexa. Uma partição do quadrado médio da interação genótipos por pares de ambientes foi proposta por Robertson (1959), citado por Cruz e Regazzi (1994), que permite decompor as porções simples e complexas da interação. Posteriormente, Cruz e Castoldi (1991) propuseram uma nova decomposição, visto que a expressão original pode gerar dificuldades na interpretação dos resultados, principalmente quando o coeficiente de correlação das médias dos genótipos nos ambientes situa-se entre limites de 0 a 0,12 e de 0,78 a 1,0. Somente em níveis intermediários a diferença de variabilidade genotípica constitui fator decisivo na determinação da maior importância da parte simples em relação à complexa e vice-versa (Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993).

A expressão para cada par de ambientes proposta por Cruz e Castoldi (1991) é a seguinte:

$$\sigma_{g0}^2 = \frac{1}{2}(\sigma_{P1} - \sigma_{P2})^2 + \sigma_{P1}\sigma_{P2}[1 - r_{12} - \sqrt{(1 - r_{12})^3}] + \sqrt{(1 - r_{12})^3}\sigma_{P1}\sigma_{P2} ,$$

sendo  $\sigma_{P1}$  e  $\sigma_{P2}$  o desvio padrão genético nos ambientes 1 e 2, respectivamente;  $r_{12}$  correspondente à correlação entre os ambientes 1 e 2.

Da expressão acima, o termo  $\sqrt{(1 - r_{12})^3}\sigma_{P1}\sigma_{P2}$  corresponde à porção complexa da interação e o restante da expressão define a porção simples.



Quando o coeficiente de correlação entre os pares de ambientes ( $r_{12}$ ) aproxima-se de 1,0, a expressão da variância da interação GxA ( $\sigma_{ga}^2$ ) tende para zero, ou seja, se  $r_{12}=1$ , não existe interação de genótipos com ambientes. Quando  $r_{12}$  tende para zero a porção referente a interação complexa tende a ser máxima e, neste caso, o trabalho do melhorista para decidir sobre a seleção é mais complicado.

A decomposição da interação formulada pela expressão acima considera cada par de ambientes. Para  $n$  ambientes pode-se estimar a interação de  $n(n-1)/2$  pares de ambientes pela expressão geral (Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993):

$$\sigma_{ga}^2 = \sum_{j < j'} [(\sigma_{pj} - \sigma_{pj'})^2 + 2\sigma_{pj}\sigma_{pj'}(1 - r_{jj'} - \sqrt{(1 - r_{jj'})^3}) + 2\sqrt{(1 - r_{jj'})}\sigma_{pj}\sigma_{pj'}]$$

Algumas considerações são feitas por Yan e Hunt (1998), de que a interação GxA simples e complexa pode envolver bases genéticas e fisiológicas diferentes. Supondo que as características relevantes são independentes, a resposta diferenciada da produção, devido a variação do ambiente poderia diferenciar somente na amplitude, ou seja, em condições sem estresse todos os genótipos teriam a mesma produção máxima. Nesta situação não haveria variação na classificação dos fenótipos frente aos diferentes ambientes. Por outro lado, a interação complexa pode envolver genes com efeitos pleiotrópicos. Vários genes são bem conhecidos em trigo com efeitos pleiotrópicos, entre eles, genes de vernalização (Vrn), de fotoperíodo (Ppd) e genes de nanismo (Rht), cada um com efeitos positivos ou negativos sobre a produção em condições de ambientes variáveis (Stelmakh, 1993; Worland, 1996; Schneider, Brothers e Kelly, 1997).

Em algumas situações é possível reduzir os efeitos da interação GxA pela adoção de técnicas de manejo da cultura, tais como: fertilização do solo,

controle de doenças, de pragas e de plantas daninhas etc. Por outro lado, fatores relacionados ao clima, como temperatura, luz, chuvas, umidade relativa etc., são praticamente impossíveis de serem controlados (Cruz e Regazzi, 1994; Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993).

Na impossibilidade de atenuar o efeito da interação  $G \times A$ , uma das alternativas para o melhorista é o desenvolvimento de cultivares com adaptação específica para cada tipo de ambiente. Neste caso, o componente da interação é capitalizado no ganho com a seleção (Cruz e Regazzi, 1994). Esta estratégia possibilita a obtenção de cultivares mais produtivos para um dado ambiente e é de interesse dos agricultores; todavia pode elevar drasticamente o custo de pesquisa e da produção de sementes (Kang, 1998).

A estratificação dos ambientes tem sido outra alternativa proposta em várias ocasiões, possibilitando que uma região de cultivo seja subdividida em mega-ambientes, o que implica em mais trabalho para o melhorista e produtores de sementes, todavia aumenta a herdabilidade e mais rápido progresso no melhoramento, maior competitividade para os produtores de sementes e maior índice de produtividade para os agricultores (Abdalla et al., 1996). O termo mega-ambiente foi definido por pesquisadores do CIMMYT e envolve aspectos ambientais, genotípicos, geográficos e econômicos, sendo assim descrito: “Mega-ambientes são amplos, não necessariamente contíguas áreas, usualmente internacionais e freqüentemente transcontinentais, definidos por similares estresses bióticos e abióticos, sistemas de cultivos requeridos, preferências dos consumidores ...” (Braun, Rajaram e Vanginkel, 1996). De acordo com Gauch e Zobel (1997), duas condições são necessárias para definir a existência de mega-ambientes: em primeiro lugar, a constatação de interação complexa, ou seja, diferentes genótipos sobressaindo em diferentes ambientes; segundo, os padrões de interação complexa devem ter boa repetibilidade no decorrer dos anos. A repetibilidade do padrão de interação depende da repetibilidade dos fatores

ambientais, todavia, existem inúmeras formas de combinações destes fatores, principalmente os imprevisíveis, nas diferentes fases da cultura, o que torna quase impossível uma completa repetibilidade dos ambientes no decorrer dos anos (Yan e Hunt, 1998).

A estratificação definida pelo CIMMYT é de caráter muito amplo, visto que os objetivos dos programas daquela instituição abrangem praticamente todas as regiões produtoras de trigo do mundo. Entretanto, a subdivisão de áreas de produção pode ser bastante restrita, dependendo da complexidade dos fatores bióticos e abióticos. No Brasil, existe uma estratificação das regiões produtoras de trigo, constituída de três macrorregiões: a) região sul, que abrange os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e sul do Paraná, ou seja, regiões ao sul do paralelo 24°S; b) região centro-sul, envolvendo o Paraná (ao norte do paralelo 24°S), São Paulo e Mato Grosso do Sul; c) região centro, composta por Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Bahia e Distrito Federal. Esta subdivisão leva em conta alguma similaridade macroclimática, principalmente regime de chuvas e térmico. Na região central outra estratificação foi definida com base no regime de chuvas, existindo, portanto, objetivos distintos para os programas de melhoramento para a cultura do trigo em cultivo de sequeiro ou com irrigação.

Por mais criteriosa que seja a estratificação dos ambientes, uma fração da interação ainda permanece em decorrência de fatores incontroláveis dos ambientes como temperatura, chuvas etc., contra os quais esta estratégia não oferece eficácia (Cruz e Regazzi, 1994). Além disso, a interação de genótipos com anos não pode ser controlada por este método (Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993). Quando a interação GxA não apresenta repetibilidade com os anos, como é caso de regiões com a variação climática anual maior do que a variação entre os locais, a estabilidade da produção e ampla adaptação, isto é, genótipos com alta média de produção e baixo componente da interação GxA, constituem a estratégia mais viável e deve ser enfatizada no melhoramento (Yan

e Hunt, 1998). Neste sentido, Troyer (1996) relata que o grande sucesso do melhoramento de milho nos Estados Unidos deve-se a obtenção de cultivares com ampla adaptação, o que só foi possível pela intensa avaliação em ambientes distintos a que os experimentos são conduzidos. Segundo o autor, híbridos avançados são comumente testados em mais de 100 locais, o que permite identificar genes que possibilitam maior adaptação.

Do ponto de vista dos agricultores, a estabilidade no decorrer dos anos, estabilidade temporal, é mais importante. Entretanto, a vida média de uma variedade é menor do que 10 anos e seria impraticável recomendar novos cultivares com base em dados de um período tão longo (Kang, 1998). Em termos práticos, a busca de estabilidade temporal é possível utilizando genitores avaliados por vários anos em cruzamentos com este objetivo (Kang, 1998).

Existem opiniões contrárias ao melhoramento para maior estabilidade e ampla adaptação, ao ponto de Reitz (1975), citado por Rajaram (1991), afirmar que selecionar para ampla adaptação equivale a selecionar para baixo rendimento. De fato, Rosielle e Hamblin (1981), examinando os aspectos teóricos da seleção para produção, mostraram que a seleção para tolerância a estresse geralmente reduz a média de produção em ambientes sem estresse, salientando ainda que a seleção para produtividade média, ou seja, envolvendo todos os ambientes, aumentou a média de produção nos ambientes com e sem estresse. Resultados obtidos por Calhoun et al. (1994) indicaram que avaliações em ambientes com e sem estresse preservam os alelos que conferem tolerância a seca e combinam alta produtividade e ampla adaptação. Ceccarelli (1994) sugere que repetidos ciclos de seleção em um dado tipo de ambiente reduz a frequência de linhas adaptadas a outros tipos de ambientes.

Resistência ou tolerância a qualquer tipo de estresse, biótico ou abiótico, é essencial para o comportamento estável ou previsível de um genótipo (Duvick, 1996). Define-se estresse no contexto de organismos biológicos, como uma

resposta fisiológica aos efeitos dos fatores adversos do ambiente (Kang, 1998). Se as causas da interação GxA são características de herança simples, a solução é facilitada, a exemplo da suscetibilidade às ferrugens do trigo. Entretanto, para características de herança mais complexa, o melhoramento de populações por meio da seleção recorrente, envolvendo mais fatores, pode ser necessário antes do desenvolvimento de cultivares (Kang, 1998).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Locais**

Os experimentos foram conduzidos em Lavras e em Patos de Minas, no estado de Minas Gerais. Em Lavras (MG), foi utilizada a área experimental do Departamento de Biologia, da Universidade Federal de Lavras (UFLA), situada a 918 m de altitude, 21°14' S de latitude e 45°00' W de longitude, em solo de fertilidade média, sem a ocorrência de acidez e alumínio tóxico na camada arável. Em Patos de Minas, os experimentos foram instalados na Estação Experimental do Sertãozinho, pertencente a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), com as seguintes coordenadas: altitude de 940 m, latitude de 18°36' S e longitude de 46°31' W, em solo de alta fertilidade principalmente rico em fósforo, não apresentando acidez e alumínio tóxico.

#### **3.2 Genitores utilizados**

Foram utilizados 13 genitores, os quais foram escolhidos e estratificados em dois grupos, conforme a sua aptidão de cultivo:

Grupo I - é constituído de cinco cultivares recomendados e de três linhagens em fase de avaliação, em ensaio de rendimento, para o cultivo com irrigação. São eles:

**Anahuac:** é um cultivar proveniente do Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT) obtido do cruzamento II 12300//LERMA ROJO64/8186/3/NORTEÑO 67. Possui porte baixo, boa qualidade de farinha, sensibilidade ao alumínio, moderada resistência às principais doenças, ciclo médio e ampla adaptação em ambientes sem alumínio tóxico no solo, sendo cultivado em vários estados brasileiros. No Brasil-Central foi retirada a sua recomendação para cultivo irrigado a partir de 1997, devido à sua sensibilidade ao acamamento;

**BR 12:** proveniente do CIMMYT obtido do cruzamento BUCKY/MAYA 7451B/4/BLUE BIRD//HD 832-5-5/OLESEN/3/CIANO/PENJAMO; é de porte baixo, sensível ao alumínio, qualidade intermediária de farinha, boa resistência à ferrugem do colmo, moderadamente suscetível à ferrugem da folha e suscetível a helmintosporiose e ciclo médio. Foi recomendado para cultivo com irrigação no Brasil-Central a partir de 1985 e retirado a partir de 1997;

**BR 26:** de origem mexicana, do CIMMYT, oriundo do cruzamento KAVKAZ/BUHO SIB//KALYAN/BLUE BIRD; é de porte baixo, qualidade de farinha intermediária, boa resistência à ferrugem do colmo, suscetível à ferrugem da folha e à helmintosporiose, moderadamente suscetível ao alumínio e ciclo médio. Foi recomendado para cultivo de sequeiro e com irrigação a partir de 1988;

**CPAC 9186:** linhagem obtida do cruzamento SERI 82/PF 813, realizado pelo Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, da EMBRAPA (CPAC/EMBRAPA); é de porte baixo, resistente às principais doenças, boa qualidade de farinha, moderadamente suscetível ao alumínio e ciclo médio. Esta

linhagem foi recomendada para cultivo no Brasil-Central a partir de 1998, pelo seu bom desempenho produtivo no cultivo com irrigação;

**EMBRAPA 22:** este cultivar é originário do México, obtido no CIMMYT, pelo cruzamento VEERY SIB/3/KLTO SIB/PAT 19//MO/JUPATECO; é de porte baixo, suscetível às principais doenças, moderadamente suscetível ao alumínio, boa qualidade da farinha e ciclo médio. Foi recomendado para cultivo irrigado no Brasil-Central a partir de 1993;

**EP 9320:** linhagem obtida do cruzamento F60314 76/4/CIANO 67//SIETE CERROS//KAL/BLUE BIRD/3/PCI"S"/5/CIANO 79/6/CIANO 79 \* 2/HE 1, realizado pelo CIMMYT e selecionado pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) e EPAMIG; é de porte baixo, ciclo médio e baixa qualidade de farinha;

**IAC 24:** é proveniente do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), obtido do cruzamento IAS 51/IRN 597-70; é de porte baixo, tolerante ao alumínio, ciclo médio, boa qualidade de farinha e suscetível às principais doenças. É recomendado para São Paulo em cultivo irrigado e sequeiro, Mato Grosso do Sul em cultivo de sequeiro e para Minas Gerais em cultivo com irrigação;

**IVI 931036:** linhagem introduzida do CIMMYT, oriunda do cruzamento BUC"S"/BJY//PRL/VEERY 6; é de porte baixo e ciclo médio;

**Grupo II -** Neste grupo foram incluídos três cultivares recomendados e duas linhagens em fase de avaliação, para o cultivo de sequeiro:

**BH 1146:** obtido pelo extinto Instituto Agrônomo de Minas Gerais (IAMG), pelo cruzamento FRONTEIRA/MENTANA//PG 1; é de porte alto, ciclo precoce, suscetível às ferrugens, tolerante à helmintosporiose, qualidade intermediária de farinha e tolerante ao alumínio. É cultivado em Minas Gerais desde 1951 e é considerado tolerante ao calor e à seca;

**BR 24:** é originário do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, da EMBRAPA (CNPT/EMBRAPA), obtido do cruzamento IAS 58 \* 2/EAGLE; é suscetível às ferrugens, moderadamente resistente à helmintosporiose, tolerante ao alumínio ciclo precoce, porte alto, qualidade fraca de farinha, possui boa resistência ao acamamento devido a seu colmo rígido. Foi recomendado para cultivo de sequeiro para o Brasil-Central a partir de 1988;

**EMBRAPA 21:** obtido pelo CPAC/EMBRAPA, por meio do cruzamento PAT 10/Alondra SIB//VEERY 5; é de porte alto, sujeito ao acamamento; moderadamente tolerante ao alumínio, ciclo médio, boa resistência às principais doenças e moderada qualidade de farinha. Foi recomendado para cultivo de sequeiro no Brasil-Central a partir de 1993.

**EP 9287:** originou-se do cruzamento MG 1/BR 31, feito pelo CNPT/EMBRAPA e selecionado pela EPAMIG; é de porte médio e ciclo médio.

**EP 93541:** obtida do cruzamento PF 8640/PF 8150, realizado pelo CNPT/EMBRAPA e selecionado pela EPAMIG; é de porte médio e ciclo precoce.

### **3.3 Obtenção das populações**

Foram obtidas 40 populações oriundas dos cruzamentos dos genitores do grupo I com os do grupo II, realizados em dialelo parcial. As hibridações foram efetuadas na área experimental do Departamento de Biologia da UFLA pelo processo manual, em 15 espigas para cada cruzamento, de modo a obterem sementes F<sub>1</sub> suficientes para a semeadura dos experimentos. Os cruzamentos foram realizados no campo, no inverno de 1996, utilizando-se cinco épocas de semeadura com intervalos de uma semana, para que ocorresse sincronia de florescimento dos genitores. As polinizações foram feitas nas primeiras horas do dia ou após as 16 horas, quando havia liberação de pólen.



### 3.4 Avaliação das populações

As populações e os genitores foram avaliados em duas épocas de semeadura, nos dois locais já descritos anteriormente. A primeira época de semeadura ocorreu no mês de fevereiro, quando predominam temperaturas elevadas durante a maior parte do desenvolvimento das plantas, decrescendo no decorrer do período até atingir o completo ciclo da cultura (Tabelas 1 e 2). A segunda época de semeadura ocorreu no mês de maio, exceto para o experimento com a geração  $F_2$  em Patos de Minas que foi na segunda quinzena de abril. Na segunda época, a maior parte do período de desenvolvimento das plantas ocorreu em temperaturas mais amenas em relação à primeira época, tendendo a aumentar no final do ciclo, principalmente no estágio de enchimento dos grãos, compreendido entre a antese e a maturação. A avaliação da geração  $F_1$  e parentais ocorreu no ano de 1997, entretanto, a  $F_2$  foi avaliada em anos diferentes nos dois locais, ou seja, em 1998 nos experimentos de Lavras e em 1999 em Patos de Minas.

Na geração  $F_1$  foi adotado o delineamento experimental em látice 8x8 com duas repetições em todos os experimentos, sendo acrescentados 11 tratamentos adicionais para completar o número de tratamentos do látice, além das populações híbridas e os genitores. Na geração  $F_2$ , foi utilizado o mesmo delineamento só que, desta vez, com 81 tratamentos, ou seja, 40 populações, 13 genitores e mais 28 tratamentos adicionais constituídos de outras populações em diferentes gerações avaliadas com outros objetivos, com três repetições em Lavras, ao passo que em Patos de Minas optou-se pelo delineamento de blocos casualizados com as 40 populações e os 13 genitores, em três repetições.

O tamanho da parcela e a densidade de semeadura foram diferente para as gerações. Na  $F_1$ , a semeadura foi efetuada no espaçamento de 40cm entre linhas e 15cm entre plantas, com 20 plantas por parcela em 3,0m de sulco. Na

TABELA 1- Percentagem de ocorrências de faixas de temperatura (°C) e médias das temperaturas médias, máximas e mínimas por fases de desenvolvimento médio das plantas de trigo, 1997.


| Locais/Ano e fase do ciclo        | Intervalos de temperatura (°C) em % |           |           |        | Temperatura(°C) |       |       |
|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------|-----------|--------|-----------------|-------|-------|
|                                   | t > 25                              | 20<=t<=25 | 15<=t<=20 | t < 15 | Tmédia          | Tmax. | Tmin. |
| <b>Lavras - Verão/97</b>          |                                     |           |           |        |                 |       |       |
| Emergência/<br>Perfilhamento      | 18,33                               | 34,17     | 47,00     | 0,15   | 21,65           | 28,42 | 17,01 |
| Perfilhamento/<br>Espigamento     | 4,03                                | 33,89     | 52,92     | 9,17   | 19,73           | 25,92 | 15,36 |
| Espigamento/<br>Maturação         | 1,17                                | 18,86     | 37,21     | 42,76  | 17,66           | 24,77 | 12,90 |
| Todo o ciclo                      | 5,77                                | 26,30     | 43,60     | 21,20  | 19,18           | 25,97 | 14,54 |
| <b>Lavras - Outono/97</b>         |                                     |           |           |        |                 |       |       |
| Emergência/<br>Perfilhamento      | 1,83                                | 14,33     | 32,67     | 50,67  | 16,24           | 24,00 | 10,80 |
| Perfilhamento/<br>Espigamento     | -                                   | -         | -         | -      | 17,67           | 26,60 | 11,28 |
| Espigamento/<br>Maturação         | -                                   | -         | -         | -      | 20,21           | 29,27 | 13,29 |
| Todo o ciclo                      | -                                   | -         | -         | -      | 18,46           | 27,19 | 12,04 |
| <b>Patos de Minas - Verão/97</b>  |                                     |           |           |        |                 |       |       |
| Emergência/<br>Perfilhamento      | 23,83                               | 40,83     | 35,33     | 0,00   | 22,39           | 28,45 | 18,61 |
| Perfilhamento/<br>Espigamento     | 13,44                               | 30,24     | 52,42     | 3,90   | 20,59           | 26,42 | 16,65 |
| Espigamento/<br>Maturação         | 8,05                                | 28,79     | 51,61     | 11,55  | 19,52           | 25,77 | 14,44 |
| Todo o ciclo                      | 13,67                               | 32,25     | 47,79     | 6,29   | 20,30           | 26,59 | 16,08 |
| <b>Patos de Minas - Outono/97</b> |                                     |           |           |        |                 |       |       |
| Emergência/<br>Perfilhamento      | 5,17                                | 23,50     | 47,83     | 23,50  | 17,90           | 24,75 | 13,05 |
| Perfilhamento/<br>Espigamento     | 7,74                                | 29,29     | 42,62     | 20,36  | 18,84           | 26,46 | 13,01 |
| Espigamento/<br>Maturação         | 31,97                               | 29,06     | 30,15     | 8,81   | 22,27           | 30,58 | 15,49 |
| Todo o ciclo                      | 17,61                               | 27,79     | 38,52     | 16,08  | 20,12           | 27,88 | 14,10 |

Obs.: Dados climáticos obtidos nos postos meteorológicos de Lavras (Altitude:918,87m; Latitude: 21° 14' S; Longitude: 45° 00' W) e Patos de Minas (Altitude: 940,28m; Latitude:18° 36' S; Longitude: 46° 31' W), próximos a área experimental (300m), vinculados ao 5° Distrito de Meteorologia do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, em Belo Horizonte (MG).

TABELA 2- Percentagem de ocorrências de faixas de temperatura (°C) e médias das temperaturas médias, máximas e mínimas por fases de desenvolvimento médio das plantas de trigo, 1998/1999.

| Locais/Ano e fase do ciclo        | Intervalos de temperatura (°C) em % |         |         |        | Temperatura(°C) |       |       |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|---------|--------|-----------------|-------|-------|
|                                   | t > 25                              | 20<t≤25 | 15<t≤20 | t < 15 | Tmédia          | Tmax. | Tmin. |
| <u>Lavras - Verão/98</u>          |                                     |         |         |        |                 |       |       |
| Emergência/<br>Perfilhamento      | 30,00                               | 35,17   | 34,83   | 0,00   | 23,64           | 20,30 | 18,84 |
| Perfilhamento/<br>Espigamento     | 19,00                               | 34,67   | 43,65   | 4,15   | 22,31           | 28,55 | 18,25 |
| Espigamento/<br>Maturação         | 18,67                               | 28,86   | 37,05   | 15,43  | 20,05           | 26,82 | 15,03 |
| Todo o ciclo                      | 21,38                               | 32,09   | 38,22   | 8,31   | 21,47           | 28,10 | 16,71 |
| <u>Lavras - Outono/98</u>         |                                     |         |         |        |                 |       |       |
| Emergência/<br>Perfilhamento      | 2,00                                | 19,17   | 39,50   | 39,33  | 16,64           | 23,27 | 12,00 |
| Perfilhamento/<br>Espigamento     | 3,92                                | 21,08   | 31,74   | 43,26  | 16,51           | 24,09 | 10,89 |
| Espigamento/<br>Maturação         | 20,08                               | 22,67   | 37,42   | 20,83  | 19,59           | 27,24 | 13,79 |
| Todo o ciclo                      | 10,43                               | 21,37   | 36,12   | 32,07  | 17,94           | 25,34 | 12,46 |
| <u>Patos de Minas - Verão/99</u>  |                                     |         |         |        |                 |       |       |
| Emergência/<br>Perfilhamento      | 20,16                               | 42,67   | 37,17   | 0,00   | 22,07           | 28,01 | 18,53 |
| Perfilhamento/<br>Espigamento     | 29,37                               | 42,71   | 27,92   | 0,00   | 22,69           | 29,16 | 18,39 |
| Espigamento/<br>Maturação         | 23,63                               | 30,64   | 40,09   | 6,45   | 20,78           | 28,40 | 15,11 |
| Todo o ciclo                      | 10,43                               | 36,61   | 36,61   | 3,26   | 21,52           | 28,46 | 16,70 |
| <u>Patos de Minas - Outono/99</u> |                                     |         |         |        |                 |       |       |
| Emergência/<br>Perfilhamento      | 12,67                               | 26,67   | 42,00   | 18,66  | 20,06           | 28,38 | 13,81 |
| Perfilhamento/<br>Espigamento     | 19,56                               | 25,46   | 37,85   | 17,13  | 19,51           | 27,48 | 13,22 |
| Espigamento/<br>Maturação         | 19,53                               | 28,75   | 41,23   | 10,49  | 19,98           | 27,43 | 14,19 |
| Todo o ciclo                      | 17,93                               | 27,16   | 40,27   | 14,63  | 19,85           | 27,66 | 13,79 |

Obs.: Dados climáticos obtidos nos postos meteorológicos de Lavras(Altitude:918,87m; Latitude: 21° 14' S; Longitude: 45° 00' W) e Patos de Minas (Altitude: 940,28m; Latitude:18° 36' S; Longitude: 46° 31' W), próximos a área experimental (300m), vinculados ao 5° Distrito de Meteorologia do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, em Belo Horizonte (MG).



geração F<sub>2</sub> foi adotado o mesmo espaçamento entre linhas, porém, foram semeadas 50 sementes/m e a parcela foi constituída de 4 linhas de 3,0m, com área total de 4,8m<sup>2</sup>.

Foram adotadas práticas de manejo cultural uniformes em todos os experimentos, de modo que fosse minimizada a influência de fatores bióticos e abióticos que comprometessem a expressão dos tratamentos quanto ao efeito diferencial de calor entre as duas épocas de semeadura. Em todos os experimentos foram aplicados 500kg/ha da fórmula 4-14-8 por ocasião da semeadura. A adubação nitrogenada em cobertura foi ministrada na dose de 40kg de N/ha, dividida em duas parcelas, sendo a primeira aplicada aos 15 dias após a emergência das plântulas e a segunda aos 15 dias decorridos da primeira. O suprimento de água no solo foi mantido por irrigações suplementares que, em períodos de ausência de chuvas, impôs um turno de rega semanal com lâmina de aproximadamente 20 a 25mm. Em todas as situações, as plantas foram mantidas sem competição com plantas daninhas por meio de capinas associadas a herbicidas em alguns casos. O controle de doenças foi mantido com cerca de três aplicações do fungicida Propiconazole, na dose de 0,5litro/ha. Da mesma forma, as pragas foram controladas, quando necessário, com produtos e doses recomendados (Comissão ..., 1999).

### 3.5 Caracteres avaliados

**Produção de grãos:** quantificada pela pesagem em gramas dos grãos obtidos de todas as plantas da parcela após serem trilhados, limpos e secos ao sol. Na geração F<sub>1</sub> os dados da produção de grãos foram corrigidos para o estande ideal de 20 plantas, pelo coeficiente de regressão (b), conforme Vencovsky e barriga (1992).

**Número de grãos por espiga:** na geração F<sub>1</sub> foi determinado pela contagem dos grãos das espigas de cinco plantas, incluindo os perfilhos. Na geração F<sub>2</sub>, foi determinado contando-se os grãos de 20 espigas tomadas ao acaso na parcela.

**Peso de mil grãos:** foi obtido pela pesagem de todos os grãos das espigas amostradas para determinação do número de grãos por espiga e ajustados para gramas por mil grãos.

**Número de espigas por planta:** na geração F<sub>1</sub> foi efetuada a contagem das espigas por planta de cada parcela e estimou-se a média para uma planta. Na geração F<sub>2</sub> efetuou-se a contagem das plantas de uma linha de 3,0m de cada parcela antes do perfilhamento, ou seja, até no máximo 10 dias após a emergência. Por ocasião da colheita, contaram-se as espigas da mesma linha e a relação das duas contagens resultou na determinação desejada.

**Altura das plantas:** foi obtida pela média de altura de 10 plantas, expressa em cm, tomadas ao acaso em cada parcela, excluindo-se as aristas.

**Ciclo até a antese:** foi determinado pelo número de dias necessários para que ocorressem 50% de espigas totalmente expostas na parcela.

### 3.6 Análise estatística dos dados

Inicialmente os dados dos caracteres avaliados foram submetidos à análise de variância por experimento, considerando como fixos a média e os efeitos de tratamentos, conforme o modelo estatístico:

$$y_{ijk} = \mu + r_j + b_{k(j)} + t_i + e_{(ijk)}, \text{ para o delineamento em látice, em que:}$$

$y_{ijk}$ : é o valor observado do  $i$ -ésimo tratamento, na  $j$ -ésima repetição, no  $k$ -ésimo bloco;  $\mu$ : é a média geral;  $r_j$ : é o efeito da  $j$ -ésima repetição ( $j= 1$  e  $2$ , na geração F<sub>1</sub>, e  $j= 1, 2, 3$ , na F<sub>2</sub>);  $b_{k(j)}$ : é o efeito do  $k$ -ésimo bloco dentro da  $j$ -

ésima repetição ( $k= 1, 2, \dots, 8$ , na geração  $F_1$  e  $k= 1, 2, \dots, 9$ , na  $F_2$ );  $t_i$ : é o efeito de  $i$ -ésimo tratamento ( $i= 1, 2, \dots, 64$ , na geração  $F_1$  e  $i= 1, 2, 3, \dots, 81$  na  $F_2$ );  $e_{(ijk)}$ : é o erro experimental.

No delineamento em blocos casualizados, foi utilizado o modelo:

$y_{ij} = \mu + r_j + t_i + e_{(ij)}$ , em que:  $y_{ij}$ : é o valor observado do  $i$ -ésimo tratamento na  $j$ -ésima repetição;  $r_j$ : é o efeito da  $j$ -ésima repetição ( $j= 1, 2, 3$ );  $t_i$ : é o efeito do  $i$ -ésimo tratamento ( $i= 1, 2, \dots, 53$ ). Os demais elementos do modelo são descritos como no caso anterior.

Posteriormente, foram efetuadas as análises de variância conjunta, por geração, utilizando-se as médias provenientes da análise por experimento, sendo ajustadas quando obtidas dos experimentos conduzidos no delineamento em látice. Todos os efeitos foram considerados fixos, exceto erro médio, segundo o modelo:

$$y_{ilm} = \mu + t_i + p_l + q_m + (tp)_{il} + (tq)_{im} + (pq)_{lm} + (tpq)_{ilm} + \bar{e}_{(ilm)},$$

em que:  $y_{ilm}$ : é a média observada do  $i$ -ésimo tratamento, na  $l$ -ésima época de semeadura e no  $m$ -ésimo local;  $\mu$ : é a média geral;  $t_i$ : é o efeito da média do  $i$ -ésimo tratamento ( $i= 1, 2, \dots, 53$ );  $p_l$ : é o efeito da  $l$ -ésima época ( $l = 1, 2$ );  $q_m$ : é o efeito do  $m$ -ésimo local ( $m= 1, 2$ );  $\bar{e}_{ilm}$ : é o erro experimental médio associado à observação  $y_{ilm}$ , ponderado pelos graus de liberdade, conforme Gomes (1982). Os demais elementos do modelo correspondem às interações de primeira e segunda ordens dos tratamentos, épocas e locais.

As análises de variâncias dialélicas conjuntas foram realizadas com as médias, sem incluir os genitores, segundo o modelo 1, método IV proposto por Griffing (1956), adaptado a dialelos parciais, conforme Cruz e Regazzi (1994), como segue:

$$y_{ijlm} = \mu + p_l + q_m + g_i + g_j + s_{ij} + (pl)_{lm} + (pg)_{il} + (pg)_{jl} + (ps)_{ijl} + \\ (qg)_{im} + (qg)_{jm} + (qs)_{ijm} + (pqg)_{ilm} + (pqg)_{jlm} + (pqs)_{ijlm} + \bar{e}_{ijlm}$$

em que:  $y_{ijlm}$ : é a média da população proveniente do cruzamento do i-ésimo genitor do grupo I com j-ésimo do grupo II, na l-ésima época de semeadura e no m-ésimo local;  $p_l$ : é o efeito da l-ésima época de semeadura ( $l= 1$  e  $2$ );  $q_m$ : é o efeito do m-ésimo local ( $l= 1$  e  $2$ );  $g_i$ : é o efeito da capacidade geral de combinação do i-ésimo genitor do grupo I ( $i= 1, 2, \dots, 8$ );  $g_j$ : é o efeito da capacidade geral de combinação do j-ésimo genitor do grupo II ( $j= 1, 2, \dots, 5$ );  $s_{ij}$ : é o efeito da capacidade específica de combinação entre o i-ésimo genitor do grupo I e o j-ésimo genitor do grupo II;  $\bar{e}_{(ijlm)}$ : é o erro experimental médio. Os demais elementos do modelo correspondem às possíveis interações.

O erro padrão (EP) das estimativas de capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$  e  $\hat{g}_j$ ), específicas de combinação ( $\hat{s}_{ij}$ ) e os contrastes entre efeitos foram obtidos pela raiz quadrada das variâncias, conforme apresentado por Cruz e Regazzi (1994):

$$V(\hat{g}_i) = (m-1)\hat{\sigma}_e^2 / mn; \quad V(\hat{g}_i - \hat{g}_{i'}) = 2\hat{\sigma}_e^2 / n;$$

$$V(\hat{g}_j) = (n-1)\hat{\sigma}_e^2 / mn; \quad V(\hat{g}_j - \hat{g}_{j'}) = 2\hat{\sigma}_e^2 / m;$$

$$V(\hat{s}_{ij}) = (m-1)(n-1)\hat{\sigma}_e^2 / mn; \quad V(\hat{s}_{ij} - \hat{s}_{ik}) = 2(m-1)\hat{\sigma}_e^2 / m;$$

$$V(\hat{s}_{ij} - \hat{s}_{kj}) = 2(n-1)\hat{\sigma}_e^2 / n; \quad V(\hat{s}_{ij} - \hat{s}_{kl}) = (2mn - m - n)\hat{\sigma}_e^2 / mn$$

em que:  $m$  e  $n$ : são os números de genitores do grupo I e do grupo II, respectivamente;  $\hat{\sigma}_e^2$ : é o erro médio;  $V(\hat{g}_i)$  e  $V(\hat{g}_j)$ : é a variância das estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação do grupo I e do grupo II, respectivamente;  $V(\hat{g}_i - \hat{g}_{i'})$  e  $V(\hat{g}_j - \hat{g}_{j'})$ : é a variância do contraste das

estimativas dos efeitos da CGC entre genitores do grupo I e do grupo II, respectivamente, sendo  $i \neq i'$  e  $j \neq j'$ ;  $V(\hat{s}_{ij})$ : é a variância das estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação;  $V(\hat{s}_{ij} - \hat{s}_{ik})$ : é a variância do contraste das estimativas dos efeitos da CEC entre todos os cruzamentos que tem em comum o i-ésimo genitor do grupo I;  $V(\hat{s}_{ij} - \hat{s}_{kj})$ : é a variância do contraste das estimativas dos efeitos da CEC entre todos os cruzamentos, tendo em comum o j-ésimo genitor do grupo II;  $V(\hat{s}_{ij} - \hat{s}_{kl})$ : é a variância do contraste das estimativas dos efeitos da CEC entre todos os cruzamentos que não têm qualquer dos genitores em comum.

Um modo de verificar a predominância dos efeitos aditivos ou não aditivos na análise dialélica é utilizando o coeficiente de determinação  $R^2$ . Por este coeficiente pode ser verificado o quanto cada fonte de variação da capacidade geral de combinação (CGCI ou CGCII) e da capacidade específica de combinação (CEC) contribuiu para a variação das populações. Este coeficiente ( $R^2$ ) foi estimado pela razão da soma de quadrados de cada fonte de variação da análise dialélica (CGCI, CGCII e CEC) e a soma de quadrados de populações, ou seja,  $R^2 = SQ_{CGC}$  ou  $SQ_{CEC}/SQ_{Populações}$ .

Utilizando-se as estimativas da capacidade geral de combinação obtidas na análise dialélica ( $g_i$  e  $g_j$ ), procedeu-se a análise de variância destes valores para as gerações  $F_1$  e  $F_2$ , considerando cada ambiente, locais e épocas, como sendo repetições. Como as estimativas  $g_i$  e  $g_j$  incluem valores negativos, foi somada uma constante para que cada valor se tornasse positivo e mantendo-se a magnitude da diferença entre eles. A partir das esperanças dos quadrados médios da análise de variância foi estimada a repetibilidade ( $Z$ ) das estimativas da CGC, utilizando a seguinte expressão:  $Z = (QM_{Pais} - QM_E) / QM_{Pais}$ , em



que:  $QM_{Pais}$  : é o quadrado médio dos efeitos de pais;  $QM_E$  : é quadrado médio do erro da referida análise.

Para quantificar os efeitos do estresse de calor ocorrido na época de semeadura do verão em relação ao outono, foi obtida a percentagem de redução (%R) das médias de produção de grãos observadas nas duas épocas para cada local, conforme a expressão (Wardlaw, Dawson e Munibi, 1989):

$$\%R = [1 - (P_v / P_o)] * 100$$

O erro padrão (EP) das estimativas da percentagem de redução da produtividade foi obtido pela raiz quadrada da variância de  $\%R$ . A variância de  $\%R$  é dada pela expressão abaixo, segundo Wricke e Weber (1986):

$$V(\%R) = 10^4 \{ [V(P_v) / \bar{P}_v^2] + [\bar{P}_v^2 * V(P_o) / \bar{P}_o^4] \},$$

em que:  $V(P_v)$  e  $V(P_o)$  : é a variância do erro da análise de variância da produção de grãos no experimento de verão e outono, respectivamente;  $\bar{P}_v$  e  $\bar{P}_o$  : são a média geral de produtividade de grãos no experimento de verão e outono, respectivamente.

As análises de variâncias foram realizadas utilizando-se os programas GENES (Cruz, 1997) e MAPGEN (Ferreira e Zambalde, 1997).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Resultados obtidos na geração F<sub>1</sub>

Os experimentos conduzidos na época de semeadura no verão tiveram acentuada redução da germinação e emergência das plântulas. Contudo, como as diferenças no estande não estiveram associadas a determinados tratamentos, a correção do estande por meio da covariância solucionou o problema.

A precisão experimental foi boa para a maioria das características, exceto para o número de espigas por planta nos experimentos de verão. Contudo, mesmo nesse caso os valores do CV foram próximos de 20% (Tabela 1A). A relação entre o menor e o maior quadrado médio do erro não ultrapassou a seis para quaisquer das características consideradas neste estudo, ou seja, ocorreu homogeneidade de variância dos erros e, portanto, as análises de variância conjunta foram realizadas sem restrições.

A análise de variância conjunta dos dados dos experimentos conduzidos nas duas épocas de semeadura, verão e outono, e nos dois locais, Lavras e Patos de Minas, evidenciou haver diferenças significativas para a maioria das fontes de variação (Tabelas 3A, 4A, 5A e 6A).

Para que esse trabalho tivesse sucesso era necessário que ocorresse diferença marcante entre as duas épocas de semeadura, como reflexo da diferença de temperatura entre elas. Para isso, foram adotadas todas as técnicas de manejo uniformes para as épocas e locais, de tal forma que fosse minimizada qualquer influência de outros fatores. O sucesso desta estratégia pode ser constatado pelos efeitos altamente significativos da época de semeadura em todas as características. Assim, espera-se que a maioria das diferenças de comportamento dos genitores e das populações híbridas, ao variar a época de semeadura, seja devida às reações diferenciadas ao estresse de calor.

Os parentais utilizados diferiram significativamente para a quase totalidade das características avaliadas. Apesar de ser constatado pequeno contraste entre pais de grupos diferentes quando avaliados pela produção de grãos, constatou-se que eles são divergentes para as demais características quantificadas neste trabalho. De modo geral, os parentais diferiram para a maioria dos caracteres, condição essa indispensável para a condução de um trabalho dessa natureza.

Entre as populações híbridas houve maior contraste do que entre os genitores, nas mesmas condições. O mesmo fato foi constatado quando se considerou o desdobramento dos efeitos de populações, segundo o modelo dialélico utilizado, isto é, capacidade geral de combinação do grupo I (CGC I), do grupo II (CGC II) e capacidade específica de combinação (CEC) em interações com épocas e locais.

Diante das constatações dos efeitos significativos das interações envolvendo populações procedeu-se a análise desses efeitos, considerando cada um dos ambientes avaliados (Tabelas 3, 5, 7, 9 e 11). Inicialmente é preciso salientar, como já mencionado anteriormente, que houve acentuada diferença entre os ambientes avaliados, como pode ser constatado pelas médias obtidas. Em todas as características foram observadas acentuadas reduções no seu desempenho, quando se comparam as médias obtidas na semeadura de verão com aquelas verificadas no outono. No caso da produção de grãos, a redução média no verão foi de 45,24%, em Lavras e 13,12% em Patos de Minas. Ocorreu acentuada variação nos percentuais de redução das demais características, sendo que entre os locais as diferenças foram menos acentuadas, exceto para a produção de grãos, em que se observou ligeira superioridade em Lavras.

Observou-se que o efeito de populações foi significativo na maioria dos casos, incluindo todas as características avaliadas. Somente não foi constatado efeito significativo ( $p \geq 0,05$ ) para a característica produção de grãos na época de

verão, nos dois locais de avaliação, e para ciclo até a antese na época de outono, em Patos de Minas. Do desdobramento da fonte de variação populações em efeitos de CGC I, CGC II e CEC foram constatadas diferenças significativas na maioria dos casos. Isto evidencia, pelo menos a princípio, a existência de variação entre os genitores, com a presença de efeitos aditivos e também não aditivos no controle desses caracteres.

A predominância de efeitos aditivos e não aditivos pode ser medida pela contribuição relativa das capacidades de combinação, geral e específica, em relação a variação total existente entre populações, que pode ser obtida pela estimativa  $R^2$ , ou seja, razão entre a soma de quadrados de cada fonte e a de populações. Foi verificado que a contribuição da CGC ou CEC variou com a característica avaliada e, em alguns casos, com o ambiente em que foi efetuada a avaliação. Vale ressaltar que houve predominância marcante dos efeitos não aditivos para a característica produção de grãos, independentemente da época de semeadura e de local de avaliação. Essa contribuição variou de acordo com o agrupamento dos genitores. Por exemplo, para a produção de grãos que a CGC I foi mais expressiva do que a CGC II, principalmente nas condições de semeadura de verão, isto é, sob condições de temperaturas mais elevadas (Tabela 3). Para as características número de grãos por espiga, peso de mil grãos e altura das plantas foi predominante a CGC II, enquanto a CGC I foi igual ou inferior a CEC. Para as características número de espigas por planta e ciclo até a antese, a predominância dos efeitos foi pouco consistente com as variações da época de semeadura ou locais. Entretanto, mesmo nos casos em que a CEC não predominou é importante salientar que os efeitos genéticos não aditivos não podem ser desprezados.

As estimativas da capacidade geral de combinação nos diferentes ambientes são apresentadas nas Tabelas 4, 6, 8, 10 e 12. Analisando a contribuição dos genitores do grupo I para os efeitos da capacidade de

combinação, constata-se que a linhagem CPAC 9186 foi o destaque, com comportamento favorável para todas as características, especialmente a altura de plantas e ciclo até a antese, que apresentaram valores positivos na época de verão e negativos no outono. Este tipo de reação denota menor sensibilidade ao calor para estas duas características, quando comparadas com a média de contribuição dos outros genitores que tiveram desempenhos opostos. Considerando a produção de grãos como expressão final de todos os componentes, a linhagem CPAC 9186 foi destaque nas duas épocas e nos dois locais de avaliação, pois a estimativa da CGC sempre foi positiva. Outro destaque entre os genitores do grupo I foi o cultivar Anahuac, que sobressaiu na época de verão, nos dois locais para a produção de grãos, e teve bom desempenho para as demais características. Os demais genitores do grupo I foram sensíveis à ocorrência de calor, com CGC negativa ou não significativa no verão para a produtividade de grãos.

A capacidade geral de combinação entre os genitores do grupo II também foi variável com as épocas de semeadura e locais, para as características analisadas. Vale ressaltar que nesse grupo as estimativas da CGC no verão não diferiram entre os genitores, exceto no caso da linhagem EP 9287 que foi a de pior desempenho, com a estimativa da CGC negativa.

Os efeitos da capacidade específica de combinação foram significativos para todas as características e são apresentados nas Tabelas 13, 14, 15, 16 e 17. No caso da produção de grãos, constatou-se que os efeitos da CEC foram mais expressivos no outono do que no verão. Por outro lado, para as demais características foi observada melhor discriminação entre as combinações na época de verão.

O principal destaque deve ser dado para os cruzamentos BR 26/ EP 93541 e CPAC 9186/EP 93541 que apresentaram valores de CEC positivos em todos os ambientes para as características produção de grãos e número de grãos

por espiga. Considerando somente a época de verão e o caráter produtividade de grãos, destacaram-se os cruzamentos Anahuac/BR 24, BR 12/BR 24 e CPAC 9186/EMBRAPA 21. No outono, os maiores valores da CEC foram detectados nas combinações Anahuac/EP 9287, BR 12/EMBRAPA 21, CPAC 9186/EMBRAPA 21, EMBRAPA 22/EMBRAPA 21 e EP 9320/BR 24.

#### **4.2 Resultados obtidos na geração F<sub>2</sub>**

Deve ser enfatizado inicialmente que a utilização de parcelas maiores (4,8m<sup>2</sup>) na geração F<sub>2</sub>, com cerca de 600 plantas, contribuiu para a melhoria da precisão em relação ao observado na geração F<sub>1</sub>, principalmente para a característica número de espigas por planta, cujo CV máximo foi de 16,9% (Tabela 2A), inferior ao que se observou na geração F<sub>1</sub>. Vale ressaltar que a relação entre o menor e maior quadrado médio do erro não ultrapassou a quatro para qualquer das características, ocorrendo, desta forma, homogeneidade de variâncias dos erros, condição básica para a realização da análise de variância conjunta.

Os resultados da análise de variância conjunta são apresentados nas Tabelas 7A, 8A e 9A, onde se observa que houve significância para a maioria dos efeitos para as características avaliadas, exceto para o número de espigas por planta. Para esta característica foram observados efeitos significativos somente dos contrastes pais do grupo I vs pais do grupo II e pais vs populações, além dos efeitos de épocas, locais e épocas x locais.

Ao contrário do que ocorreu nos experimentos com a geração F<sub>1</sub>, na semeadura mais densa praticada nos experimentos com a geração F<sub>2</sub>, foi observada maior diferenciação entre os genitores, ocorrendo interações significativas destes com as épocas de semeadura e locais. O mesmo fato também foi constatado para fonte de variação populações e o seu

desdobramento, segundo o modelo de análise dialélica de Griffing (1956). Entre as populações segregantes  $F_2$ , também foram verificados expressivos contrastes, ocorrendo interações triplas significativas com épocas e locais.

Como ocorreu para a geração  $F_1$  também foi efetuada a análise de variância dialélica por ambiente (Tabelas 18, 20, 22 e 24). Novamente ocorreu acentuada redução das médias das características na época de semeadura de verão, principalmente para a produção de grãos, cuja diminuição foi maior que 50% nos dois locais de avaliação. Também foi expressiva a redução no número de grãos por espiga (25%), altura de plantas (36%) e ciclo até a antese (25%).

A decomposição da fonte de variação populações em efeitos de CGC I, CGC II e CEC evidenciou haver significâncias para a maioria dos casos. A CGC I somente não foi significativa para produção de grãos nas duas épocas de semeaduras em Lavras e para ciclo até a antese na época de outono. Para CGC II houve efeito significativo para todas as características, em todas as épocas e locais. Comparativamente, parece que os genitores do grupo II são mais divergentes quanto à frequência de alelos favoráveis, principalmente para a produção de grãos. Os efeitos da CEC foram menos expressivos, principalmente na época de verão para a produção de grãos e peso de mil grãos, e para ciclo até a antese nas duas épocas em Patos de Minas, onde não foram constatadas significâncias ( $p \geq 0,05$ ) para estes casos.

Analisando a contribuição da CGC em relação à CEC, pelos valores de  $R^2$ , constata-se que esses valores foram superiores para a CGC II. Se comparado ao que ocorreu na geração  $F_1$  percebe-se nítida inversão de predominância da CGC II com a CGC I para as características produção de grãos e ciclo até a antese. A menor participação da CEC foi observada, de modo geral, para a produção de grãos.

As estimativas da capacidade geral de cada genitor nos diferentes ambientes são apresentadas nas Tabelas 19, 21, 23 e 25. Em relação à geração  $F_1$

houve marcante alteração no desempenho dos genitores em suas contribuições, principalmente para a produção de grãos. Entre os destaques dos genitores do grupo I na geração anterior, somente o cultivar Anahuac manteve o seu bom comportamento com estimativas de CGC positivas e significativas na época de verão, confirmando sua boa combinação em condições de temperaturas elevadas.

Entre os genitores do grupo II também foram marcantes as alterações de desempenho, quanto à capacidade geral de combinação, se comparadas às ocorrências na geração  $F_1$ . O cultivar BH 1146 destacou-se com valores positivos e significativos para produção de grãos na época de verão, ao passo que o seu melhor desempenho na geração anterior foi somente no outono em Lavras. Outra mudança marcante de comportamento foi verificada para o cultivar BR 24 que se destacou com valores positivos e significativos para a capacidade geral de combinação para produção de grãos e número de grãos por espiga em todas as épocas; entretanto, seus efeitos foram mais expressivos em Patos de Minas, onde demonstrou ser mais adaptado. A alteração mais expressiva ocorreu de fato para a linhagem EP 93541, que superou os demais parentais do grupo II em todas as épocas e locais para a produção de grãos e número de grãos por espiga. A linhagem EP 9287, que na geração  $F_1$  havia apresentado um dos melhores desempenhos, não apresentou a mesma performance na geração  $F_2$  e, juntamente com o cultivar EMBRAPA 21, foram os de menor produtividade.

As capacidades específicas de combinação são apresentadas nas Tabelas 26, 27, 28 e 29. Novamente foi constatada maior expressividade da CEC em condições sem estresse de calor para a maioria das características. Dentre as combinações, é necessário ressaltar o bom desempenho do cruzamento Anahuac/BH 1146 com valores positivos de CEC em todos os ambientes, o mesmo ocorrendo com a população do cruzamento EP 9320/EP 93541. Chamam



a atenção estes dois cruzamentos, pelo fato dos quatro genitores envolvidos terem sobressaído também quanto à capacidade geral de combinação. Considerando somente a época de verão, várias combinações apresentaram valores da CEC positivos e significativos, e entre elas as seguintes: EMBRAPA 22/BH 1146, BR 12/BR 24, BR 12/EMBRAPA 21, BR 26/EMBRAPA 21, CPAC 9186/EP 93541, EP 9320/BR 24, EP 9320/EP 93541 E IVI 931036/EMBRAPA 21. Como já salientado anteriormente, no outono a discriminação da CEC foi melhor, sendo obtidos vários cruzamentos com valores positivos e significativos, entre eles: BR 12/EMBRAPA 21, BR 26/EP 93541, EMBRAPA 22/EMBRAPA 21, EP 9320/EP 9287 e EP 9320/EP 93541. Por fim, é importante ressaltar o cruzamento CPAC 9186/BR 24, que esteve entre os de maior produtividade de grãos nas duas épocas em Patos de Minas combinação que, além da boa produtividade de grãos, associou o porte baixo da linhagem CPAC 9186, com a palha forte do cultivar BR 24, o que lhe conferiu maior resistência ao acamamento .

#### 4.3 Resposta ao calor

O estresse provocado por altas temperaturas foi medido pela percentagem de redução da produção de grãos na época de semeadura de verão, comparada com a de outono, assumindo que todas as práticas culturais uniformes para as duas épocas minimizaram outros efeitos. A análise foi feita por local, haja vista a ocorrência de interações significativas dos pais ou populações com locais nas duas gerações avaliadas.

As populações responderam de modo diferente ao estresse de calor. Observa-se, por exemplo, para a geração F<sub>1</sub> em Lavras (Tabela 30), que a redução na produtividade de grãos no verão em relação ao outono, variou de 22,4% (Anahuac/BR 24) a 62,4% (IVI 931036/EP 93541). Merece ser salientado

que esses valores devem ser observados com ressalva, pois é considerada a redução independente da produtividade média. Dizendo de outro modo, não há vantagem em ter baixa redução no verão se for associada à produtividade média baixa. Isso ocorreu em algumas situações como, por exemplo, o cruzamento Anahuac/EMBRAPA 21 e CPAC 9186/BR 24, que associou índice baixo com pequena produtividade nas duas épocas de semeadura.

Considerando os menores valores da percentagem de redução e as maiores médias obtidas no verão, podem ser destacadas as populações dos seguintes cruzamentos: Anahuac/BR 24, CPAC 9186/EP 9287 e EMBRAPA 22/EP 93541. Chamam a atenção os cruzamentos Anahuac/EP 93541, CPAC 9186/BH 1146 e CPAC 9186/EMBRAPA 21, que apresentaram as maiores médias de produção nas duas épocas, embora apresentem índices de redução da produção de 47%, acima da média.

Nos experimentos de Patos de Minas (Tabela 31), também na geração  $F_1$ , foi constatada a mesma situação já relatada para Lavras, inclusive com resultados bem semelhantes. Cita-se por exemplo o caso dos cruzamentos Anahuac/BR 24 e CPAC 9186/EMBRAPA 21. Vale ressaltar que neste local não houve redução acentuada para todos os tratamentos, sobretudo quando se compara a média geral de cada época, em que se observa redução de 15% no verão. Em muitas situações foi constatada menor produção no outono, fato pouco esperado. Além dos cruzamentos já mencionados em Lavras, merece ser ressaltado o cruzamento CPAC 9186/EP 93541 pelas suas produtividades médias altas nas duas épocas, embora o índice de redução não estivesse entre os menores.

Nos experimentos em que foram avaliadas as populações na geração  $F_2$  foi observada menor discrepância entre as médias nos locais avaliados. Entretanto, entre as épocas, as reduções no verão foram semelhantes às observadas na geração  $F_1$  (Tabelas 32 e 33). As mesmas considerações feitas na

geração  $F_1$  para as associações do índice de redução com as médias em cada época também podem ser admitidas para a  $F_2$ .

Os resultados obtidos com os dados dos experimentos de Lavras na geração  $F_2$  são apresentados na Tabela 32. Entre as populações, a redução da produtividade no verão variou de 37 a 64% (Erro padrão= 4,05). Entre os menores índices de redução da produção de grãos ocorreram situações em que ambas as médias das épocas foram baixas, fato este indesejável por refletir baixo potencial de produção. Considerando os valores mais elevados da média no verão associados a baixos índices de redução, podem ser destacados os seguintes cruzamentos: EMBRAPA 22/BH 1146, Anahuac/BH 1146, EP 9320/BH 1146, EP 9320/BR24, Anahuac/EP 93541 e Anahuac/BR 24. O cruzamento CPAC 9186/EP 93541 pode ser destacado pelo fato de apresentar médias altas nas duas épocas e valor intermediário de redução da produtividade, ou seja, tem bom potencial de produção e tolerância satisfatória ao calor.

Em Patos de Minas (Tabela 33), os índices de redução da produtividade de grãos no verão em relação ao outono variaram de 29 a 68% (Erro padrão= 4,44). Novamente constata-se que os menores índices observados estão associados a médias baixas no outono, refletindo baixo potencial produtivo. Esse é o caso, por exemplo, dos cruzamentos IAC 24/BH 1146 e EMBRAPA 22/BH 1146. É possível que esta baixa produtividade tenha sido consequência do acentuado acamamento ocorrido neste local, isto porque os genitores IAC 24 e EMBRAPA 22 são de palha fraca e o BH 1146 é de porte alto. Deve ser enfatizado, contudo, que esse não foi o único tratamento que apresentou grande acamamento das plantas neste local. Chama a atenção o cruzamento EP 9320/EP 93541, por apresentar as maiores médias nas duas épocas e boa tolerância ao calor, visto ter sofrido redução de produtividade no verão de 43,46%, considerada relativamente satisfatória. Ressalte-se também que os dois genitores envolvidos neste cruzamento, como já mencionado, destacaram-se quanto a

capacidade geral de combinação. Podem ser evidenciados ainda, pelos baixos índices de redução da produção no verão, os seguintes cruzamentos: Anahuac/BH 1146, Anahuac/BR 24, Anahuac/EP 93541, BR 12/BR 24, CPAC 9186/EP 93541 e EP 9320/BR 24. Nota-se que, quando se comparam os resultados de Lavras e Patos de Minas na mesma geração  $F_2$ , a coerência nos resultados foi relativamente boa.

Como já salientado em item anterior, o desempenho das populações foi modificado da geração  $F_1$  para a  $F_2$ . Apesar desta constatação, algumas populações tiveram o mesmo desempenho nas duas gerações quanto à tolerância ao calor, podendo salientar os seguintes cruzamentos: Anahuac/BR 24, Anahuac/EP 93541 e CPAC 9186/EP 93541.

Os desempenhos dos genitores envolvidos em todos os cruzamentos referente à resposta ao calor, podem ser visualizados nas Tabelas 34 e 35. Nas avaliações dos genitores com as populações na geração  $F_1$ , em que foi utilizada semeadura espaçada (Tabela 34), destacaram-se com maior produtividade no verão, em Lavras, os genitores EMBRAPA 21, BH 1146, CPAC 9186, BR 12 e Anahuac. Dentre esses, mantiveram-se produtivos no outono somente o CPAC 9186, BH 1146 e EMBRAPA 21. A redução da produção pelo efeito do calor variou de 27,29% a 54,46% e os menores índices de redução estão associados a médias menores nas duas épocas ou pelo menos no outono. O melhor desempenho foi do genitor EMBRAPA 21, com média de produtividade entre as mais altas nas duas épocas e baixo índice de redução na produção. Chamam a atenção também os parentais CPAC 9186 e BH 1146 pela produtividade de grãos nas duas épocas, embora o índice de redução seja relativamente alto. Em Patos de Minas, houve mudanças no desempenho dos genitores, exceto a linhagem CPAC 9186 e o cultivar BH 1146. Neste local houve menor variação da produtividade em relação às épocas de semeadura, ocorrendo inclusive menores valores para algumas médias no outono, à semelhança do que já foi

comentado para as populações F<sub>1</sub>. Merecem ser destacados os genitores Anahuac e EP 93541, ambos com boa produtividade nas duas épocas.

Quando os genitores foram avaliados em semeadura mais densa, em relação a que foi utilizada nos experimentos com a geração F<sub>1</sub>, foram constatadas mudanças de comportamento, principalmente no outono (Tabela 35). Em ambos os locais a linhagem CPAC 9186 sobressaiu-se por apresentar um dos menores índices de redução associado a alta produtividade de grãos nas duas épocas de semeadura. Ressalte-se também os genitores BH 1146, BR 24 e EP 93541, com baixo índice de redução, porém, com produtividade relativamente baixa no outono.

TABELA 3 Resumo da análise de variância dialélica da produção de grãos (g/20 plantas) de trigo, na geração F<sub>1</sub>.

| FV                     | GL  | Lavras     |             | Patos de Minas |            |
|------------------------|-----|------------|-------------|----------------|------------|
|                        |     | Verão      | Outono      | Verão          | Outono     |
| Populações             | 39  | 1318,636ns | 8203,497**  | 1671,257ns     | 3989,320** |
| CGC I                  | 7   | 3349,777*  | 4338,400**  | 3797,764*      | 6124,994** |
| CGC II                 | 4   | 118,448ns  | 20836,975** | 720,359ns      | 7406,136** |
| CEC                    | 28  | 982,306ns  | 7364,989**  | 1275,472ns     | 2967,285** |
| Erro médio             | 196 | 1581,490   | 1581,490    | 1581,490       | 1581,490   |
| Média                  |     | 257,6      | 660,2       | 395,3          | 470,7      |
| R <sup>2</sup> (CGCI)  |     | 0,456      | 0,095       | 0,408          | 0,276      |
| R <sup>2</sup> (CGCII) |     | 0,009      | 0,261       | 0,044          | 0,190      |
| R <sup>2</sup> (CEC)   |     | 0,535      | 0,644       | 0,548          | 0,534      |

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

R<sup>2</sup>: razão entre a soma de quadrados dos efeitos CGCI ou CGCII ou CEC e a dos efeitos de populações.

TABELA 4- Estimativa da capacidade geral de combinação dos genitores de trigo, para produção de grãos (g/20 plantas), na geração F<sub>1</sub>.

| Genitores       | Lavras                      |         | Patos de Minas                           |         |
|-----------------|-----------------------------|---------|--|---------|
|                 | Verão                       | Outono  | Verão                                    | Outono  |
| <b>Grupo I</b>  |                             |         |  |         |
| Anahuac         | 30,555                      | 3,400   | 20,562                                   | -12,147 |
| BR 12           | 2,535                       | -44,200 | -2,157                                   | -26,507 |
| BR 26           | 5,055                       | -23,200 | -13,057                                  | 15,372  |
| CPAC 9186       | 35,695                      | 22,800  | 51,742                                   | 63,212  |
| EMBRAPA 22      | 7,995                       | -14,200 | -17,277                                  | 12,472  |
| EP 9320         | -29,665                     | -16,200 | -4,957                                   | 19,512  |
| IAC 24          | -17,565                     | 39,200  | 6,142                                    | -22,347 |
| IVI 931036      | -34,605                     | 32,400  | -40,997                                  | -49,567 |
|                 | EP ( $\hat{g}_i$ ) = 16,636 |         | EP ( $\hat{g}_i - \hat{g}_i'$ ) = 25,151 |         |
| <b>Grupo II</b> |                             |         |  |         |
| BH 1146         | 4,262                       | 46,175  | 6,292                                    | -8,305  |
| BR 24           | -4,150                      | -66,825 | 1,430                                    | 9,695   |
| EMBRAPA 21      | 3,887                       | -41,325 | 9,967                                    | -48,855 |
| EP 9287         | -1,400                      | 21,175  | -14,445                                  | 27,395  |
| EP 93541        | -2,600                      | 40,800  | -3,245                                   | 20,070  |
|                 | EP ( $\hat{g}_j$ ) = 12,576 |         | EP ( $\hat{g}_j - \hat{g}_j'$ ) = 19,884 |         |

TABELA 5 Resumo da análise de variância dialélica do número de grãos por espiga de trigo, na geração F<sub>1</sub>.

| FV                    | GL  | Épocas de semeadura |           | Locais    |                |
|-----------------------|-----|---------------------|-----------|-----------|----------------|
|                       |     | Verão               | Outono    | Lavras    | Patos de Minas |
| Populações            | 39  | 109,056**           | 113,734** | 131,577** | 77,853**       |
| CGC I                 | 7   | 170,874**           | 110,922** | 136,457** | 106,181**      |
| CGC II                | 4   | 486,891**           | 705,977** | 759,070** | 410,380**      |
| CEC                   | 28  | 39,812**            | 29,832**  | 40,715**  | 23,268**       |
| Erro médio            | 196 | 9,047               | 9,047     | 9,047     | 9,047          |
| Média                 |     | 46,09               | 62,27     | 57,929    | 50,429         |
| R <sup>2</sup> CGC I  |     | 0,281               | 0,175     | 0,186     | 0,244          |
| R <sup>2</sup> CGC II |     | 0,458               | 0,637     | 0,592     | 0,541          |
| R <sup>2</sup> CEC    |     | 0,261               | 0,188     | 0,222     | 0,215          |

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F  
R<sup>2</sup>: razão entre a soma de quadrados dos efeitos CGCI ou CGCII ou CEC e a dos efeitos de populações.

TABELA 6 Estimativa da capacidade geral de combinação dos genitores de trigo, para número de grãos por espiga, na geração F<sub>1</sub>.

| Genitores       | Épocas de semeadura        |        | Locais                                 |                |
|-----------------|----------------------------|--------|--|----------------|
|                 | Verão                      | Outono | Lavras                                 | Patos de Minas |
| <b>Grupo I</b>  |                            |        |  |                |
| Anahuac         | 1,31                       | -0,05  | 1,15                                   | 0,11           |
| BR 12           | 4,05                       | 3,060  | 3,79                                   | 3,32           |
| BR 26           | 2,47                       | 2,54   | 2,81                                   | 2,20           |
| CPAC 9186       | 3,67                       | 3,26   | 3,50                                   | 3,43           |
| EMBRAPA 22      | 2,06                       | 1,17   | 1,55                                   | 1,68           |
| EP 9320         | -3,99                      | -0,83  | -3,01                                  | -1,81          |
| IAC 24          | -2,00                      | -6,49  | -4,58                                  | -3,91          |
| IVI 931036      | -7,60                      | -2,65  | -5,22                                  | -5,03          |
|                 | EP ( $\hat{g}_i$ ) = 1,258 |        | EP ( $\hat{g}_i - \hat{g}_r$ ) = 1,902 |                |
| <b>Grupo II</b> |                            |        |  |                |
| BH 1146         | -1,35                      | -3,61  | -2,29                                  | -2,67          |
| BR 24           | 6,08                       | 8,53   | 8,56                                   | 6,04           |
| EMBRAPA 21      | -7,16                      | -8,93  | -9,65                                  | -6,43          |
| EP 9287         | 5,01                       | 3,23   | 4,16                                   | 4,07           |
| EP 93541        | -2,57                      | 0,78   | -0,78                                  | -1,01          |
|                 | EP ( $\hat{g}_i$ ) = 0,951 |        | EP ( $\hat{g}_i - \hat{g}_r$ ) = 1,504 |                |

TABELA 7 Resumo da análise de variância dialélica do peso de mil grãos (g) de trigo, na geração F<sub>1</sub>.

| FV                    | GL  | Épocas de semeadura |           | Locais    |                |
|-----------------------|-----|---------------------|-----------|-----------|----------------|
|                       |     | Verão               | Outono    | Lavras    | Patos de Minas |
| Populações            | 39  | 13,514**            | 17,509**  | 19,018**  | 13,000**       |
| CGC I                 | 7   | 14,352**            | 11,403**  | 17,174**  | 9,240**        |
| CGC II                | 4   | 61,029**            | 100,584** | 103,259** | 58,908**       |
| CEC                   | 28  | 6,516**             | 7,168**   | 7,444**   | 7,380**        |
| Erro médio            | 196 | 2,876               | 2,876     | 2,876     | 2,876          |
| Média                 |     | 44,181              | 49,615    | 47,595    | 46,201         |
| R <sup>2</sup> CGC I  |     | 0,191               | 0,117     | 0,162     | 0,128          |
| R <sup>2</sup> CGC II |     | 0,463               | 0,589     | 0,557     | 0,465          |
| R <sup>2</sup> CEC    |     | 0,346               | 0,294     | 0,281     | 0,407          |

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

R<sup>2</sup>: razão entre a soma de quadrados dos efeitos CGCI ou CGCII ou CEC e a dos efeitos de populações.

TABELA 8 Estimativa da capacidade geral de combinação dos genitores de trigo, para peso de mil grãos (g), na geração F<sub>1</sub>.

| Genitores       | Épocas de semeaduras      |        | Locais                                 |                |
|-----------------|---------------------------|--------|--|----------------|
|                 | Verão                     | Outono | Lavras                                 | Patos de Minas |
| <b>Grupo I</b>  |                           |        |  |                |
| Anahuac         | -0,51                     | 0,23   | -0,28                                  | 0,01           |
| BR 12           | -0,71                     | -0,14  | -0,57                                  | -0,28          |
| BR 26           | -0,92                     | -1,86  | -1,45                                  | -1,33          |
| CPAC 9186       | 1,42                      | 0,93   | 0,64                                   | 1,71           |
| EMBRAPA 22      | 0,83                      | -0,39  | 0,24                                   | 0,19           |
| EP 9320         | 1,16                      | 1,15   | 0,07                                   | 0,24           |
| IAC 24          | -1,97                     | -0,97  | -1,82                                  | -1,12          |
| IVI 931036      | 0,71                      | 1,05   | 1,17                                   | 0,59           |
|                 | EP ( $\hat{g}_i$ ) = 0,71 |        | EP ( $\hat{g}_i - \hat{g}_i'$ ) = 1,07 |                |
| <b>Grupo II</b> |                           |        |  |                |
| BH 1146         | 0,37                      | 1,44   | 1,12                                   | 0,69           |
| BR 24           | -2,72                     | -2,75  | -3,18                                  | -2,28          |
| EMBRAPA 21      | 2,76                      | 3,59   | 3,54                                   | 2,81           |
| EP 9287         | -0,29                     | -1,23  | -1,36                                  | -0,16          |
| EP 93541        | -0,12                     | -1,05  | -0,12                                  | -0,06          |
|                 | EP ( $\hat{g}_j$ ) = 0,53 |        | EP ( $\hat{g}_j - \hat{g}_j'$ ) = 0,85 |                |



TABELA 9 Resumo da análise de variância dialélica de duas características de trigo, na geração F<sub>1</sub>.

| FV                    | GL  | Nº de espigas por planta |          | Altura das plantas (cm) |           |
|-----------------------|-----|--------------------------|----------|-------------------------|-----------|
|                       |     | Verão                    | Outono   | Verão                   | Outono    |
| Populações            | 39  | 4,5792**                 | 2,7366** | 79,096**                | 96,551**  |
| CGC I                 | 7   | 9,4087**                 | 3,8903*  | 125,641**               | 70,153**  |
| CGC II                | 4   | 14,6369**                | 8,0445** | 371,598**               | 689,857** |
| CEC                   | 28  | 1,9350ns                 | 1,6899ns | 25,673**                | 18,392**  |
| Erro médio            | 196 | 1,6218                   | 1,6218   | 9,138                   | 9,138     |
| Média                 |     | 9,477                    | 12,120   | 70,837                  | 105,955   |
| R <sup>2</sup> CGC I  |     | 0,369                    | 0,255    | 0,285                   | 0,130     |
| R <sup>2</sup> CGC II |     | 0,328                    | 0,301    | 0,482                   | 0,733     |
| R <sup>2</sup> CEC    |     | 0,303                    | 0,443    | 0,233                   | 0,137     |

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

R<sup>2</sup>: razão entre a soma de quadrados dos efeitos CGCI ou CGCII ou CEC e a dos efeitos de populações.

TABELA 10 Estimativa da capacidade geral de combinação dos genitores de trigo, para duas características, na geração F<sub>1</sub>.

| Genitores                       | Nº de espigas por planta |        | Altura das plantas (cm) |        |
|---------------------------------|--------------------------|--------|-------------------------|--------|
|                                 | Verão                    | Outono | Verão                   | Outono |
| <b>Grupo I</b>                  |                          |        |                         |        |
| Anahuac                         | 1,38                     | -0,07  | 2,16                    | 0,08   |
| BR 12                           | -0,66                    | -0,46  | 1,60                    | -0,91  |
| BR 26                           | -0,34                    | -0,79  | -0,75                   | -1,00  |
| CPAC 9186                       | 1,43                     | 0,46   | 2,07                    | -1,42  |
| EMBRAPA 22                      | -0,91                    | 0,02   | -0,72                   | -0,15  |
| EP 9320                         | -0,45                    | -0,60  | 4,50                    | 6,35   |
| IAC 24                          | 0,47                     | 1,09   | -1,64                   | -1,96  |
| IVI 931036                      | -0,92                    | 0,35   | -7,24                   | -0,97  |
| EP ( $\hat{g}_i$ )              |                          | 0,53   |                         | 1,26   |
| EP ( $\hat{g}_i - \hat{g}_i'$ ) |                          | 0,81   |                         | 1,91   |
| <b>Grupo II</b>                 |                          |        |                         |        |
| BH 1146                         | 0,58                     | 0,44   | 3,82                    | 8,33   |
| BR 24                           | -0,76                    | -1,23  | 4,52                    | 3,49   |
| EMBRAPA 21                      | 1,05                     | 0,35   | 1,87                    | 0,08   |
| EP 9287                         | -1,23                    | 0,02   | -6,14                   | -9,11  |
| EP 93541                        | 0,36                     | 0,42   | -4,08                   | -2,79  |
| EP ( $\hat{g}_j$ )              |                          | 0,40   |                         | 0,96   |
| EP ( $\hat{g}_j - \hat{g}_j'$ ) |                          | 0,64   |                         | 1,51   |

TABELA 11 Resumo da análise de variância dialélica do ciclo (dias) até antese do trigo, na geração F<sub>1</sub>.

| FV                    | GL  | Lavras   |         | Patos de Minas |         |
|-----------------------|-----|----------|---------|----------------|---------|
|                       |     | Verão    | Outono  | Verão          | Outono  |
| Populações            | 39  | 11,800** | 3,104** | 6,953**        | 1,346ns |
| CGC I                 | 7   | 21,018** | 7,270** | 18,191**       | 1,463ns |
| CGC II                | 4   | 32,255** | 8,540** | 11,332**       | 4,074ns |
| CEC                   | 28  | 6,573**  | 1,285ns | 3,518**        | 0,926ns |
| Erro médio            | 196 | 1,763    | 1,763   | 1,763          | 1,763   |
| Média                 |     | 50,375   | 63,555  | 57,570         | 62,730  |
| R <sup>2</sup> CGC I  |     | 0,320    | 0,420   | 0,470          | 0,195   |
| R <sup>2</sup> CGC II |     | 0,280    | 0,282   | 0,167          | 0,311   |
| R <sup>2</sup> CEC    |     | 0,400    | 0,297   | 0,363          | 0,494   |

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

R<sup>2</sup>: razão entre a soma de quadrados dos efeitos CGCI ou CGCII ou CEC e a dos efeitos de populações.

TABELA 12 Estimativa da capacidade geral de combinação dos genitores de trigo, para ciclo até antese (dias), na geração F<sub>1</sub>.

| Genitores       | Lavras                    |        | Patos de Minas                           |        |
|-----------------|---------------------------|--------|--|--------|
|                 | Verão                     | Outono | Verão                                    | Outono |
| <b>Grupo I</b>  |                           |        |  |        |
| Anahuac         | 2,54                      | -1,65  | 0,69                                     | -0,15  |
| BR 12           | 0,70                      | 1,22   | -0,17                                    | 1,23   |
| BR 26           | 0,76                      | 0,10   | -0,13                                    | -0,35  |
| CPAC 9186       | 2,10                      | -1,09  | 1,73                                     | -0,49  |
| EMBRAPA 22      | -1,08                     | -0,77  | -0,11                                    | -0,37  |
| EP 9320         | 0,16                      | 0,82   | 1,75                                     | 0,09   |
| IAC 24          | -1,42                     | -0,43  | 0,55                                     | 0,07   |
| IVI 931036      | -3,78                     | 1,80   | -4,31                                    | -0,03  |
|                 | EP ( $\hat{g}_i$ ) = 0,55 |        | EP ( $\hat{g}_i - \hat{g}_{i'}$ ) = 0,84 |        |
| <b>Grupo II</b> |                           |        |  |        |
| BH 1146         | -1,56                     | -0,54  | 0,10                                     | -0,85  |
| BR 24           | 1,33                      | -1,29  | 1,34                                     | -0,42  |
| EMBRAPA 21      | 2,85                      | 1,37   | 0,23                                     | 0,96   |
| EP 9287         | -1,72                     | 0,63   | -1,93                                    | 0,44   |
| EP 93541        | -0,91                     | -0,17  | 0,25                                     | -0,13  |
|                 | EP ( $\hat{g}_i$ ) = 0,42 |        | EP ( $\hat{g}_i - \hat{g}_{i'}$ ) = 0,66 |        |

TABELA 13 Estimativa da capacidade específica de combinação entre dois genitores de trigo, para a produção de grãos (g/20 plantas), na geração F<sub>1</sub>.

| Cruzamentos                   | Lavras                                       |  | Patos de Minas                               |         |
|-------------------------------|--|--|--|---------|
|                               | Verão  | Outono                                       | Verão  | Outono  |
| Anahuac/BH 1146               | -26,94                                       | -15,77                                       | -52,91                                       | 46,98   |
| Anahuac/BR 24                 | 61,97  | -21,77                                       | 31,25  | -23,01  |
| Anahuac/EMBRAPA 21            | -49,36                                       | -109,27                                      | 33,61  | -60,76  |
| Anahuac/EP 9287               | -6,78  | 98,22  | -20,97                                       | 34,88   |
| Anahuac/EP 93541              | 21,12  | 48,60  | 9,02   | 1,91    |
| BR 12/BH 1146                 | -1,72  | -17,17                                       | -14,69                                       | 9,04    |
| BR 12/BR 24                   | 13,29  | 13,82  | 47,37  | 11,94   |
| BR 12/EMBRAPA 21              | 14,15  | 100,32                                       | -54,56                                       | 38,19   |
| BR 12/EP 9287                 | -13,96                                       | -50,17                                       | 47,64  | -72,55  |
| BR 12/EP 93541                | -11,76                                       | -46,80                                       | -25,75                                       | 13,37   |
| BR 26/BH 1146                 | -4,94  | -74,17                                       | -5,99  | -100,43 |
| BR 26/BR 24                   | -0,73  | 2,82   | -46,63                                       | 40,66   |
| BR 26/EMBRAPA 21              | -4,07  | -28,67                                       | 4,53   | 28,41   |
| BR 26/EP 9287                 | -15,78                                       | -28,17                                       | -10,95                                       | -3,43   |
| BR 26/EP 93541                | 25,52  | 128,20                                       | 59,04  | 34,79   |
| CPAC 9186/BH 1146             | 5,32   | 59,82  | 14,51  | -30,87  |
| CPAC 9186/BR 24               | -46,07                                       | -113,17                                      | -43,63                                       | -95,67  |
| CPAC 9186/EMBRAPA 21          | 8,19   | 110,32                                       | 47,33  | -31,52  |
| CPAC 9186/EP 9287             | 24,68  | -114,17                                      | -37,55                                       | 75,92   |
| CPAC 9186/EP 93541            | 7,88   | 57,20  | 19,34  | 82,15   |
| EMBRAPA 22/BH 1146            | -6,88  | 24,82  | 28,23  | 14,26   |
| EMBRAPA 22/BR 24              | -43,47                                       | -19,17                                       | -19,01                                       | 27,26   |
| EMBRAPA 22/EMBRAPA 21         | 32,99  | 92,32  | 6,75   | 17,41   |
| EMBRAPA 22/EP 9287            | -28,12                                       | -5,17  | -22,43                                       | -83,13  |
| EMBRAPA 22/EP 93541           | 45,48  | -92,80                                       | 6,46   | 24,19   |
| EP 9320/BH 1146               | 14,98  | 0,82   | 33,21  | 40,22   |
| EP 9320/BR 24                 | 36,89  | 96,82  | 33,67  | -8,87   |
| EP 9320/EMBRAPA 21            | 17,45  | 16,32  | -17,17                                       | 40,57   |
| EP 9320/EP 9287               | 2,64   | 74,82  | 3,34   | 2,62    |
| EP 9320/EP 93541              | -71,96                                       | -188,80                                      | -53,05                                       | -74,55  |
| IAC 24/BH 1146                | 18,38  | 7,42   | 15,11  | 2,48    |
| IAC 24/BR 24                  | -26,81                                       | 41,42  | -5,53  | -21,31  |
| IAC 24/EMBRAPA 21             | -16,85                                       | -55,07                                       | 3,93   | 11,23   |
| IAC 24/EP 9287                | 21,44  | -22,57                                       | 7,64   | 23,08   |
| IAC 24/EP 93541               | 3,84   | 28,80  | -21,15                                       | -15,49  |
| IVI 931036/BH 1146            | 1,82   | 14,22  | -17,45                                       | 18,30   |
| IVI 931036/BR 24              | 4,93   | -0,77  | 2,51   | 69,00   |
| IVI 931036/EMBRAPA 21         | -2,51  | -126,27                                      | -24,43                                       | -43,54  |
| IVI 931036/EP 9287            | 15,88  | 47,22  | 33,28  | 22,60   |
| IVI 931036/EP 93541           | -20,12                                       | 65,60  | 6,08   | -66,37  |
| EP ( $\hat{S}_{ij}$ ) = 33,27 | EP ( $\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{ik}$ ) = 52,61 | EP ( $\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{lj}$ ) = 50,30 | EP ( $\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{kl}$ ) = 46,21 |         |

TABELA 14 Estimativa das capacidade específica de combinação entre dois genitores de trigo, para número de grãos por espiga, na geração F<sub>1</sub>.

| Cruzamentos               | Épocas de semeadura                      |  | Locais                                   |                |
|---------------------------|--|--|--|----------------|
|                           | Verão                                    | Outono                                   | Lavras                                   | Patos de Minas |
| Anahuac/BH 1146           | -5,40                                    | -1,46                                    | -2,39                                    | -4,47          |
| Anahuac/BR 24             | 5,37                                     | 3,60                                     | 5,15                                     | 3,82           |
| Anahuac/EMBRAPA 21        | -2,49                                    | -3,19                                    | -4,53                                    | -1,15          |
| Anahuac/EP 9287           | -2,91                                    | -5,20                                    | -4,84                                    | -3,26          |
| Anahuac/EP 93541          | 5,42                                     | 6,25                                     | 6,61                                     | 5,07           |
| BR 12/BH 1146             | -0,84                                    | -3,02                                    | -5,13                                    | 1,27           |
| BR 12/BR 24               | 3,73                                     | -0,51                                    | 2,21                                     | 1,01           |
| BR 12/EMBRAPA 21          | 1,87                                     | 9,50                                     | 6,58                                     | 4,78           |
| BR 12/EP 9287             | -3,00                                    | -5,81                                    | -3,48                                    | -5,32          |
| BR 12/EP 93541            | -1,77                                    | -0,16                                    | -0,18                                    | -1,74          |
| BR 26/BH 1146             | -0,96                                    | 0,35                                     | -0,95                                    | 0,37           |
| BR 26/BR 24               | -1,24                                    | 0,56                                     | 0,84                                     | -1,52          |
| BR 26/EMBRAPA 21          | 0,45                                     | -1,93                                    | -0,74                                    | -0,74          |
| BR 26/EP 9287             | -1,12                                    | -0,69                                    | -2,00                                    | 0,20           |
| BR 26/EP 93541            | 2,86                                     | 1,71                                     | 2,84                                     | 1,73           |
| CPAC 9186/BH 1146         | -0,46                                    | -3,27                                    | -0,69                                    | -3,04          |
| CPAC 9186/BR 24           | -3,99                                    | 1,14                                     | -4,44                                    | 1,60           |
| CPAC 9186/EMBRAPA 21      | -2,10                                    | -5,80                                    | -3,48                                    | -4,42          |
| CPAC 9186/EP 9287         | 1,18                                     | 5,94                                     | -3,90                                    | 3,22           |
| CPAC 9186/EP 93541        | 5,36                                     | 1,99                                     | 4,70                                     | 2,65           |
| EMBRAPA 22/BH 1146        | -2,50                                    | 0,72                                     | -0,39                                    | -1,39          |
| EMBRAPA 22/BR 24          | 1,92                                     | -1,72                                    | -0,39                                    | 0,60           |
| EMBRAPA 22/EMBRAPA 21     | 0,41                                     | 1,74                                     | 2,32                                     | -0,17          |
| EMBRAPA 22/EP 9287        | -3,96                                    | 1,28                                     | -2,24                                    | -0,43          |
| EMBRAPA 22/EP 93541       | 4,12                                     | -2,02                                    | 0,70                                     | 1,40           |
| EP 9320/BH 1146           | 5,70                                     | 1,92                                     | 3,82                                     | 3,80           |
| EP 9320/BR 24             | -0,13                                    | -0,22                                    | -0,68                                    | 0,34           |
| EP 9320/EMBRAPA 21        | 4,06                                     | 2,59                                     | 4,88                                     | 1,76           |
| EP 9320/EP 9287           | 2,64                                     | 2,23                                     | 4,51                                     | 0,36           |
| EP 9320/EP 93541          | -12,28                                   | -6,52                                    | -12,53                                   | -6,26          |
| IAC 24/BH 1146            | -0,24                                    | 3,12                                     | 3,09                                     | -0,20          |
| IAC 24/BR 24              | 0,68                                     | -1,16                                    | -0,56                                    | 0,09           |
| IAC 24/EMBRAPA 21         | -0,38                                    | -1,60                                    | -3,00                                    | 1,01           |
| IAC 24/EP 9287            | 1,30                                     | -0,46                                    | 0,58                                     | 0,26           |
| IAC 24/EP 93541           | -1,37                                    | 0,09                                     | -0,11                                    | -1,16          |
| IVI 931036/BH 1146        | 4,71                                     | 1,64                                     | 2,63                                     | 3,72           |
| IVI 931036/BR 24          | -6,37                                    | -1,70                                    | -2,12                                    | -5,94          |
| IVI 931036/EMBRAPA 21     | -1,83                                    | -1,29                                    | -2,06                                    | -1,06          |
| IVI 931036/EP 9287        | 5,85                                     | 2,70                                     | 3,57                                     | 4,97           |
| IVI 931036/EP 93541       | -2,37                                    | -1,35                                    | -2,02                                    | -1,69          |
| $EP(\hat{S}_{ij}) = 2,52$ | $EP(\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{ik}) = 3,98$ | $EP(\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{kj}) = 3,80$ | $EP(\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{kl}) = 3,49$ |                |

TABELA 15 Estimativa das capacidade específica de combinação entre dois genitores de trigo, para peso de mil grãos (g), na geração F<sub>1</sub>.

| Cruzamentos                  | Épocas de semeadura                         |   | Locais                                      |                |
|------------------------------|---|---|---|----------------|
|                              | Verão                                       | Outono                                      | Lavras                                      | Patos de Minas |
| Anahuac/BH 1146              | -0,24                                       | 1,31  | 1,57  | -0,50          |
| Anahuac/BR 24                | -1,05                                       | 0,35  | 0,17  | -0,88          |
| Anahuac/EMBRAPA 21           | 2,38  | 3,06  | 1,05  | 4,38           |
| Anahuac/EP 9287              | -0,08                                       | -1,67                                       | 0,65  | -2,40          |
| Anahuac/EP 93541             | -0,99                                       | -3,05                                       | -3,44                                       | -0,60          |
| BR 12/BH 1146                | 1,11  | 0,09  | 0,36  | 0,84           |
| BR 12/BR 24                  | -1,35                                       | -1,07                                       | -1,64                                       | -0,79          |
| BR 12/EMBRAPA 21             | -0,08                                       | -1,21                                       | 0,39  | -1,68          |
| BR 12/EP 9287                | 0,47  | 2,71  | 1,14  | 2,04           |
| BR 12/EP 93541               | -0,14                                       | -0,52                                       | -0,25                                       | -0,41          |
| BR 26/BH 1146                | -0,13                                       | -0,69                                       | 0,74  | -1,56          |
| BR 26/BR 24                  | 0,01  | -0,50                                       | 0,24  | -0,79          |
| BR 26/EMBRAPA 21             | 1,43  | -1,79                                       | -2,73                                       | 2,37           |
| BR 26/EP 9287                | -0,72                                       | 1,73  | 1,32  | -0,31          |
| BR 26/EP 93541               | -0,58                                       | 1,25  | 0,43  | 0,24           |
| CPAC 9186/BH 1146            | -0,27                                       | -0,49                                       | -0,96                                       | 0,20           |
| CPAC 9186/BR 24              | 1,62  | -2,00                                       | -0,16                                       | -0,23          |
| CPAC 9186/EMBRAPA 21         | -2,36                                       | 2,21  | 2,22  | -2,37          |
| CPAC 9186/EP 9287            | 3,34  | 0,73  | 0,02  | 4,05           |
| CPAC 9186/EP 93541           | -2,32                                       | -0,45                                       | -1,12                                       | -1,65          |
| EMBRAPA 22/BH 1146           | 0,57  | 1,89  | 1,84  | 0,62           |
| EMBRAPA 22/BR 24             | -1,49                                       | 2,28  | -1,26                                       | 2,04           |
| EMBRAPA 22/EMBRAPA 21        | 1,53  | 0,94  | 1,17  | 1,30           |
| EMBRAPA 22/EP 9287           | -2,72                                       | -2,84                                       | -3,18                                       | -2,38          |
| EMBRAPA 22/EP 93541          | 2,11  | -2,27                                       | 1,43  | -1,58          |
| EP 9320/BH 1146              | -1,01                                       | -0,06                                       | -1,99                                       | 0,92           |
| EP 9320/BR 24                | -0,57                                       | -0,37                                       | -0,64                                       | -0,31          |
| EP 9320/EMBRAPA 21           | -0,90                                       | -1,71                                       | -0,11                                       | -2,50          |
| EP 9320/EP 9287              | 0,70  | -0,29                                       | 0,74  | -0,33          |
| EP 9320/EP 93541             | 1,78  | 2,43  | 2,00  | 2,22           |
| IAC 24/BH 1146               | 1,32  | -0,23                                       | 0,61  | 0,48           |
| IAC 24/BR 24                 | 0,16  | 0,36  | 0,11  | 0,40           |
| IAC 24/EMBRAPA 21            | -1,37                                       | -0,13                                       | -0,86                                       | -0,64          |
| IAC 24/EP 9287               | 1,68  | 0,44  | 1,99  | 0,13           |
| IAC 24/EP 93541              | -1,78                                       | -0,44                                       | -1,85                                       | -0,37          |
| IVI 931036/BH 1146           | -1,36                                       | -1,81                                       | -2,14                                       | -1,03          |
| IVI 931036/BR 24             | 2,68  | 0,98  | 3,16  | 0,49           |
| IVI 931036/EMBRAPA 21        | -0,60                                       | -1,36                                       | -1,11                                       | -0,85          |
| IVI 931036/EP 9287           | -2,65                                       | -0,84                                       | -2,71                                       | -0,78          |
| IVI 931036/EP 93541          | 1,93  | 3,03  | 2,80  | 2,17           |
| EP ( $\hat{S}_{ij}$ ) = 1,42 | EP ( $\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{ik}$ ) = 2,24 | EP ( $\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{kj}$ ) = 2,14 | EP ( $\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{kl}$ ) = 1,97 |                |

TABELA 16 Estimativa da capacidade específica de combinação entre dois genitores de trigo, para duas características, na geração F<sub>1</sub>.

| Cruzamentos                          | Nº de espigas por planta |        | Altura das plantas (cm) |        |
|--------------------------------------|--------------------------|--------|-------------------------|--------|
|                                      | Verão                    | Outono | Verão                   | Outono |
| Anahuac/BH 1146                      | -0,76                    | 0,21   | -3,17                   | 0,68   |
| Anahuac/BR 24                        | 0,72                     | -1,82  | 0,12                    | -0,53  |
| Anahuac/EMBRAPA 21                   | -0,04                    | 0,65   | 5,12                    | 3,93   |
| Anahuac/EP 9287                      | -0,21                    | 1,08   | -1,76                   | -1,78  |
| Anahuac/EP 93541                     | 0,28                     | -0,12  | -0,32                   | -2,30  |
| BR 12/BH 1146                        | -0,50                    | 1,00   | 3,14                    | 2,78   |
| BR 12/BR 24                          | 1,26                     | -0,03  | 5,18                    | -2,18  |
| BR 12/EMBRAPA 21                     | -0,76                    | -0,71  | -4,36                   | -1,11  |
| BR 12/EP 9287                        | 0,66                     | 0,56   | -0,80                   | 2,12   |
| BR 12/EP 93541                       | -0,66                    | -0,83  | -3,16                   | -1,60  |
| BR 26/BH 1146                        | 0,05                     | 0,28   | -1,81                   | -4,28  |
| BR 26/BR 24                          | -0,98                    | 0,75   | -3,11                   | 2,35   |
| BR 26/EMBRAPA 21                     | -0,32                    | -0,58  | 3,18                    | 1,82   |
| BR 26/EP 9287                        | -0,64                    | -0,05  | 0,00                    | 1,01   |
| BR 26/EP 93541                       | 1,90                     | -0,40  | 1,74                    | -0,91  |
| CPAC 9186/BH 1146                    | -0,36                    | -2,06  | -0,47                   | -0,41  |
| CPAC 9186/BR 24                      | -1,23                    | 0,20   | -4,88                   | -2,97  |
| CPAC 9186/EMBRAPA 21                 | 2,25                     | 0,57   | 3,26                    | 2,59   |
| CPAC 9186/EP 9287                    | -0,11                    | -0,50  | 1,48                    | -1,67  |
| CPAC 9186/EP 93541                   | -0,54                    | 1,80   | 0,62                    | 2,46   |
| EMBRAPA 22/BH 1146                   | 0,95                     | 0,42   | 0,36                    | -1,93  |
| EMBRAPA 22/BR 24                     | -0,64                    | 0,09   | -2,74                   | 2,90   |
| EMBRAPA 22/EMBRAPA 21                | 0,29                     | 1,16   | 4,95                    | 2,37   |
| EMBRAPA 22/EP 9287                   | -0,15                    | -1,06  | -1,03                   | -2,34  |
| EMBRAPA 22/EP 93541                  | -0,45                    | -0,61  | -1,54                   | -1,01  |
| EP 9320/BH 1146                      | -0,62                    | -0,56  | 2,54                    | 3,46   |
| EP 9320/BR 24                        | 1,15                     | 0,36   | 4,28                    | -0,60  |
| EP 9320/EMBRAPA 21                   | -0,76                    | 0,63   | -5,41                   | -1,14  |
| EP 9320/EP 9287                      | -0,93                    | 0,26   | -3,15                   | -2,85  |
| EP 9320/EP 93541                     | -0,07                    | -0,69  | 1,74                    | 1,13   |
| IAC 24/BH 1146                       | 0,63                     | 0,35   | -0,27                   | 0,33   |
| IAC 24/BR 24                         | -0,67                    | 0,37   | 0,02                    | 2,26   |
| IAC 24/EMBRAPA 21                    | 0,62                     | -0,81  | 0,47                    | -1,16  |
| IAC 24/EP 9287                       | 0,35                     | -0,43  | 2,39                    | 1,07   |
| IAC 24/EP 93541                      | -0,94                    | 0,52   | -2,62                   | -2,50  |
| IVI 931036/BH 1146                   | -0,62                    | 0,34   | -0,32                   | -0,61  |
| IVI 931036/BR 24                     | 0,39                     | 0,06   | 1,12                    | -1,22  |
| IVI 931036/EMBRAPA 21                | -1,28                    | -0,92  | -7,22                   | -7,31  |
| IVI 931036/EP 9287                   | 1,03                     | 0,16   | 2,89                    | 4,43   |
| IVI 931036/EP 93541                  | 0,48                     | 0,36   | 3,53                    | 4,71   |
| EP ( $\hat{S}_{ii}$ )                |                          | 1,06   |                         | 2,53   |
| EP ( $\hat{S}_{ii} - \hat{S}_{ik}$ ) |                          | 1,68   |                         | 4,00   |
| EP ( $\hat{S}_{ii} - \hat{S}_{ki}$ ) |                          | 1,61   |                         | 3,82   |
| EP ( $\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{kj}$ ) |                          | 1,48   |                         | 3,51   |

TABELA 17 Estimativa da capacidade específica de combinação entre dois genitores de trigo, para ciclo até a antese (dias), na geração F<sub>1</sub>.

| Cruzamentos               | Lavras                                   |  | Patos de Minas                           |        |
|---------------------------|--|--|--|--------|
|                           | Verão                                    | Outono                                   | Verão                                    | Outono |
| Anahuac/BH 1146           | -0,14                                    | -0,36                                    | 0,63                                     | -0,62  |
| Anahuac/BR 24             | 0,47                                     | -0,11                                    | 2,40                                     | -0,76  |
| Anahuac/EMBRAPA 21        | 0,74                                     | 1,23                                     | -0,89                                    | 1,56   |
| Anahuac/EP 9287           | -3,68                                    | -1,03                                    | -2,53                                    | -0,12  |
| Anahuac/EP 93541          | 0,61                                     | 0,27                                     | 0,38                                     | -0,05  |
| BR 12/BH 1146             | 3,50                                     | -0,24                                    | 0,49                                     | 0,19   |
| BR 12/BR 24               | 1,61                                     | 0,41                                     | 3,26                                     | 0,06   |
| BR 12/EMBRAPA 21          | -2,11                                    | -0,65                                    | -3,83                                    | -0,32  |
| BR 12/EP 9287             | -0,84                                    | -0,41                                    | 0,63                                     | 1,09   |
| BR 12/EP 93541            | -2,15                                    | 0,88                                     | -0,55                                    | -1,03  |
| BR 26/BH 1146             | -1,16                                    | 0,38                                     | 0,75                                     | 1,97   |
| BR 26/BR 24               | -3,05                                    | 1,03                                     | -2,78                                    | -0,56  |
| BR 26/EMBRAPA 21          | 5,02                                     | 0,47                                     | 2,33                                     | -0,34  |
| BR 26/EP 9287             | -0,50                                    | -0,79                                    | -1,31                                    | -0,42  |
| BR 26/EP 93541            | -0,31                                    | -1,09                                    | 1,00                                     | -0,65  |
| CPAC 9186/BH 1146         | -1,20                                    | -0,32                                    | -1,00                                    | -0,38  |
| CPAC 9186/BR 24           | -0,29                                    | 0,93                                     | -2,04                                    | 1,78   |
| CPAC 9186/EMBRAPA 21      | 5,18                                     | -0,33                                    | 2,17                                     | -0,30  |
| CPAC 9186/EP 9287         | -2,64                                    | 0,01                                     | 0,43                                     | -1,28  |
| CPAC 9186/EP 93541        | -1,05                                    | -0,29                                    | 0,44                                     | 0,19   |
| EMBRAPA 22/BH 1146        | 0,48                                     | 0,76                                     | -1,66                                    | -0,30  |
| EMBRAPA 22/BR 24          | -1,01                                    | -1,49                                    | 0,20                                     | -0,84  |
| EMBRAPA 22/EMBRAPA 21     | -1,03                                    | -0,75                                    | 2,31                                     | -0,42  |
| EMBRAPA 22/EP 9287        | 1,44                                     | 0,99                                     | 0,07                                     | 0,79   |
| EMBRAPA 22/EP 93541       | 0,13                                     | 0,49                                     | -0,91                                    | 0,77   |
| EP 9320/BH 1146           | -0,86                                    | -0,74                                    | 0,97                                     | -1,46  |
| EP 9320/BR 24             | 2,15                                     | -0,49                                    | 1,34                                     | 0,60   |
| EP 9320/EMBRAPA 21        | -3,37                                    | 0,75                                     | -2,05                                    | -0,08  |
| EP 9320/EP 9287           | 0,50                                     | 1,09                                     | -0,59                                    | 1,03   |
| EP 9320/EP 93541          | 1,59                                     | -0,61                                    | 0,32                                     | -0,09  |
| IAC 24/BH 1146            | 0,62                                     | 0,92                                     | -0,82                                    | 1,15   |
| IAC 24/BR 24              | 0,13                                     | 0,77                                     | -1,76                                    | -0,28  |
| IAC 24/EMBRAPA 21         | -3,79                                    | -2,99                                    | 1,25                                     | -0,76  |
| IAC 24/EP 9287            | 2,28                                     | 1,25                                     | 2,41                                     | -0,94  |
| IAC 24/EP 93541           | 0,77                                     | 0,05                                     | -1,07                                    | 0,83   |
| IVI 931036/BH 1146        | -1,22                                    | -0,42                                    | 0,63                                     | -0,54  |
| IVI 931036/BR 24          | -0,01                                    | -1,07                                    | -0,60                                    | 0,02   |
| IVI 931036/EMBRAPA 21     | -2,63                                    | 2,27                                     | -1,29                                    | 0,64   |
| IVI 931036/EP 9287        | 3,44                                     | -1,09                                    | 0,87                                     | -0,14  |
| IVI 931036/EP 93541       | 0,43                                     | 0,31                                     | 0,38                                     | 0,03   |
| $EP(\hat{S}_{ij}) = 1,11$ | $EP(\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{ik}) = 1,76$ | $EP(\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{kl}) = 1,68$ | $EP(\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{kl}) = 1,54$ |        |

TABELA 18 Resumo da análise de variância dialélica da produção de grãos (g/4,8m<sup>2</sup>) de trigo, na geração F<sub>2</sub>.

| FV                      | GL  | Lavras     |             | Patos de Minas |             |
|-------------------------|-----|------------|-------------|----------------|-------------|
|                         |     | Verão      | Outono      | Verão          | Outono      |
| Populações              | 39  | 17596,62** | 39541,23**  | 49640,56**     | 39448,52**  |
| CGC I                   | 7   | 18720,80ns | 12042,76ns  | 75430,34**     | 59197,03**  |
| CGC II                  | 4   | 66312,25** | 171393,93** | 275950,90**    | 162356,04** |
| CEC                     | 28  | 10356,20ns | 27454,39**  | 10863,07ns     | 16953,18*   |
| Erro médio              | 196 | 9847,90    | 9847,90     | 9847,90        | 9847,90     |
| Média                   |     | 1032,27    | 2308,03     | 1070,27        | 2139,70     |
| R <sup>2</sup> (CGC I)  |     | 0,191      | 0,055       | 0,273          | 0,269       |
| R <sup>2</sup> (CGC II) |     | 0,386      | 0,445       | 0,570          | 0,422       |
| R <sup>2</sup> (CEC)    |     | 0,422      | 0,500       | 0,157          | 0,308       |

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

R<sup>2</sup>: razão entre a soma de quadrados dos efeitos CGCI ou CGCII ou CEC e a dos efeitos de populações.

TABELA 19 Estimativa das capacidade geral de combinação dos genitores de trigo, para a produção de grãos (g/4,8m<sup>2</sup>), na geração F<sub>2</sub>.

| Genitores       | Lavras                     |         | Patos de Minas                          |         |
|-----------------|----------------------------|---------|---|---------|
|                 | Verão                      | Outono  | Verão                                   | Outono  |
| <b>Grupo I</b>  |                            |         |   |         |
| Anahuac         | 79,68                      | -84,83  | 135,32                                  | -11,10  |
| BR 12           | 21,77                      | -30,46  | -43,07                                  | -39,90  |
| BR 26           | -77,42                     | 56,67   | 108,92                                  | 133,30  |
| CPAC 9186       | 23,45                      | -21,30  | 3,72                                    | 66,10   |
| EMBRAPA 22      | -25,77                     | -0,44   | -117,07                                 | 5,90    |
| EP 9320         | 74,68                      | 65,29   | 93,72                                   | 128,90  |
| IAC 24          | -79,47                     | -11,09  | 40,72                                   | -175,30 |
| IVI 931036      | -16,92                     | 26,15   | -222,27                                 | -107,90 |
|                 | EP ( $\hat{g}_i$ ) = 41,51 |         | EP ( $\hat{g}_i - \hat{g}_i'$ ) = 62,76 |         |
| <b>Grupo II</b> |                            |         |   |         |
| BH 1146         | 82,84                      | -114,03 | 84,72                                   | -117,20 |
| BR 24           | 49,56                      | 36,13   | 152,22                                  | 121,17  |
| EMBRAPA 21      | -131,40                    | -141,20 | -215,52                                 | -101,70 |
| EP 9287         | -57,81                     | -7,58   | -185,27                                 | -88,32  |
| EP 93541        | 56,81                      | 226,70  | 163,85                                  | 186,05  |
|                 | EP ( $\hat{g}_j$ ) = 31,38 |         | EP ( $\hat{g}_j - \hat{g}_j'$ ) = 49,62 |         |



TABELA 20 Resumo da análise de variância dialélica do número de grãos por espiga de trigo, na geração F<sub>2</sub>.

| FV                    | GL  | Épocas de de semeadura |           | Locais    |                |
|-----------------------|-----|------------------------|-----------|-----------|----------------|
|                       |     | Verão                  | Outono    | Lavras    | Patos de Minas |
| Populações            | 39  | 57,107**               | 57,550**  | 35,314**  | 58,035**       |
| CGC I                 | 7   | 81,104**               | 45,010**  | 30,464**  | 64,877**       |
| CGC II                | 4   | 345,018**              | 429,728** | 260,560** | 375,998**      |
| CEC                   | 28  | 9,978**                | 7,517**   | 4,349ns   | 10,902**       |
| Erro médio            | 196 | 4,030                  | 4,030     | 4,030     | 4,030          |
| Média                 |     | 38,15                  | 51,08     | 44,366    | 44,867         |
| R <sup>2</sup> CGC I  |     | 0,255                  | 0,140     | 0,155     | 0,201          |
| R <sup>2</sup> CGC II |     | 0,620                  | 0,766     | 0,757     | 0,664          |
| R <sup>2</sup> CEC    |     | 0,125                  | 0,094     | 0,088     | 0,135          |

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

R<sup>2</sup>: razão entre a soma de quadrados dos efeitos CGCI ou CGCII ou CEC e a dos efeitos de populações.

TABELA 21 Estimativa da capacidade geral de combinação dos genitores de trigo, para o número de grãos por espiga, na geração F<sub>2</sub>.

| Genitores       | Épocas de semeadura       |        | Locais                                 |                |
|-----------------|---------------------------|--------|--|----------------|
|                 | Verão                     | Outono | Lavras                                 | Patos de Minas |
| <b>Grupo I</b>  |                           |        |  |                |
| Anahuac         | 2,23                      | -1,39  | 0,68                                   | 0,16           |
| BR 12           | -0,67                     | 3,16   | 0,68                                   | 1,81           |
| BR 26           | 1,79                      | 1,11   | 0,87                                   | 2,03           |
| CPAC 9186       | 1,47                      | 1,67   | 1,47                                   | 1,67           |
| EMBRAPA 22      | -3,40                     | -0,14  | -1,77                                  | -1,78          |
| EP 9320         | 4,22                      | 0,98   | 2,31                                   | 2,89           |
| IAC 24          | -2,26                     | -2,64  | -2,03                                  | -2,87          |
| IVI 931036      | -3,38                     | -2,76  | -2,21                                  | -3,93          |
|                 | EP ( $\hat{g}_i$ ) = 0,84 |        | EP ( $\hat{g}_i - \hat{g}_i'$ ) = 1,27 |                |
| <b>Grupo II</b> |                           |        |  |                |
| BH 1146         | -2,41                     | -5,52  | -4,11                                  | -3,84          |
| BR 24           | 7,58                      | 4,92   | 5,24                                   | 7,26           |
| EMBRAPA 21      | -3,09                     | -5,65  | -4,05                                  | -4,69          |
| EP 9287         | -3,41                     | 3,90   | 1,24                                   | -0,75          |
| EP 93541        | 1,34                      | 2,36   | 1,67                                   | 2,02           |
|                 | EP ( $\hat{g}_i$ ) = 0,63 |        | EP ( $\hat{g}_i - \hat{g}_i'$ ) = 1,00 |                |

TABELA 22 Resumo da análise de variância dialélica do peso de mil grãos (g) de trigo, na geração F<sub>2</sub>.

| FV                    | GL  | Lavras   |          | Patos de Minas |          |
|-----------------------|-----|----------|----------|----------------|----------|
|                       |     | Verão    | Outono   | Verão          | Outono   |
| Populações            | 39  | 2,9527** | 5,735**  | 3,406**        | 7,308**  |
| CGC I                 | 7   | 7,0824** | 5,176**  | 4,520**        | 7,858**  |
| CGC II                | 4   | 6,6645** | 32,949** | 6,260**        | 38,497** |
| CEC                   | 28  | 1,3901ns | 1,988*   | 2,719**        | 2,716**  |
| Erro médio            | 196 | 1,247    | 1,247    | 1,247          | 1,247    |
| Média                 |     | 39,559   | 47,383   | 44,230         | 46,435   |
| R <sup>2</sup> CGC I  |     | 0,431    | 0,162    | 0,238          | 0,193    |
| R <sup>2</sup> CGC II |     | 0,231    | 0,589    | 0,189          | 0,540    |
| R <sup>2</sup> CEC    |     | 0,338    | 0,249    | 0,573          | 0,267    |

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

R<sup>2</sup>: razão entre a soma de quadrados dos efeitos CGCI ou CGCII ou CEC e a dos efeitos de populações.

TABELA 23 Estimativa das capacidade geral de combinação dos genitores de trigo, para o peso de mil grãos (g), na geração F<sub>2</sub>.

| Genitores       | Lavras                    |        | Patos de Minas                        |        |
|-----------------|---------------------------|--------|---------------------------------------|--------|
|                 | Verão                     | Outono | Verão                                 | Outono |
| <b>Grupo I</b>  |                           |        |                                       |        |
| Anahuac         | -0,77                     | -0,84  | 0,15                                  | -1,37  |
| BR 12           | -0,10                     | 0,04   | 0,01                                  | -0,19  |
| BR 26           | -0,35                     | -0,23  | 0,87                                  | -0,13  |
| CPAC 9186       | -0,50                     | 0,25   | 0,71                                  | 0,02   |
| EMBRAPA 22      | 2,47                      | 1,25   | -1,13                                 | 1,88   |
| EP 9320         | -0,06                     | 0,04   | 1,35                                  | -0,33  |
| IAC 24          | -1,48                     | -1,79  | -0,87                                 | -1,57  |
| IVI 931036      | 0,80                      | 1,29   | -1,09                                 | 1,70   |
|                 | EP ( $\hat{g}_i$ ) = 0,47 |        | EP ( $\hat{g}_i - \hat{g}_j$ ) = 0,71 |        |
| <b>Grupo II</b> |                           |        |                                       |        |
| BH 1146         | 0,50                      | 1,66   | 0,71                                  | 1,25   |
| BR 24           | -0,97                     | -2,25  | -0,34                                 | -2,37  |
| EMBRAPA 21      | 1,33                      | 2,48   | 1,14                                  | 3,14   |
| EP 9287         | -0,43                     | -1,53  | -0,93                                 | -0,73  |
| EP 93541        | -0,44                     | -0,35  | -0,58                                 | -1,28  |
|                 | EP ( $\hat{g}_j$ ) = 0,35 |        | EP ( $\hat{g}_j - \hat{g}_i$ ) = 0,56 |        |

TABELA 24 Resumo da análise de variância dialélica de duas características de trigo, na geração F<sub>2</sub>, avaliada em Lavras.

| FV                    | GL  | Altura das plantas (cm) |            | Ciclo até antese (dias) |           |
|-----------------------|-----|-------------------------|------------|-------------------------|-----------|
|                       |     | Verão                   | Outono     | Verão                   | Outono    |
| Populações            | 39  | 45,7569**               | 111,0103** | 4,4071**                | 3,5308**  |
| CGC I                 | 7   | 58,9559**               | 134,7735** | 6,8352**                | 1,9478ns  |
| CGC II                | 4   | 236,5112**              | 617,2623** | 22,5117**               | 23,3319** |
| CEC                   | 28  | 15,2065**               | 32,7477**  | 1,2137ns                | 1,0978ns  |
| Erro médio            | 196 | 7,5470                  | 7,5470     | 1,5050                  | 1,5050    |
| Média                 |     | 85,2530                 | 134,4363   | 44,7357                 | 59,9201   |
| R <sup>2</sup> CGC I  |     | 0,2313                  | 0,2179     | 0,2784                  | 0,0990    |
| R <sup>2</sup> CGC II |     | 0,5301                  | 0,5703     | 0,5239                  | 0,6778    |
| R <sup>2</sup> CEC    |     | 0,2386                  | 0,2118     | 0,1977                  | 0,2232    |

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

R<sup>2</sup>: razão entre a soma de quadrados dos efeitos CGCI ou CGCII ou CEC e a dos efeitos de populações.

TABELA 25 Estimativa da capacidade geral de combinação dos genitores de trigo, para duas características, na geração F<sub>2</sub>, em Lavras.

| Genitores                       | Altura das plantas (cm) |        | Ciclo até antese (dias) |        |
|---------------------------------|-------------------------|--------|-------------------------|--------|
|                                 | Verão                   | Outono | Verão                   | Outono |
| <b>Grupo I</b>                  |                         |        |                         |        |
| Anahuac                         | 0,79                    | -0,77  | 1,17                    | -1,27  |
| BR 12                           | 2,73                    | 3,32   | 0,26                    | 0,22   |
| BR 26                           | -0,14                   | -3,33  | 0,85                    | 0,72   |
| CPAC 9186                       | 1,24                    | -3,51  | -0,08                   | 0,44   |
| EMBRAPA 22                      | 5,59                    | 10,86  | -0,90                   | 0,24   |
| EP 9320                         | -1,91                   | -5,29  | -0,05                   | 0,23   |
| IAC 24                          | -2,80                   | -2,50  | 1,08                    | -0,49  |
| IVI 931036                      | -5,50                   | 1,21   | -2,33                   | -0,08  |
| EP ( $\hat{g}_i$ )              |                         | 1,15   |                         | 0,51   |
| EP ( $\hat{g}_i - \hat{g}_i'$ ) |                         | 1,74   |                         | 0,78   |
| <b>Grupo II</b>                 |                         |        |                         |        |
| BH 1146                         | 4,87                    | 11,36  | -0,24                   | -1,61  |
| BR 24                           | 6,14                    | 5,46   | 2,60                    | 0,06   |
| EMBRAPA 21                      | -2,25                   | -2,88  | 0,14                    | 2,55   |
| EP 9287                         | -6,97                   | -11,67 | -2,05                   | 0,51   |
| EP 93541                        | -1,78                   | -2,28  | -0,46                   | -1,51  |
| EP ( $\hat{g}_i$ )              |                         | 0,87   |                         | 0,39   |
| EP ( $\hat{g}_i - \hat{g}_i'$ ) |                         | 1,37   |                         | 0,61   |

**TABELA 26** Estimativa da capacidade específica de combinação entre dois genitores de trigo, para a produção de grãos 9g/4,8m<sup>2</sup>, na geração F<sub>2</sub>.

| Cruzamentos                  | Lavras                                       |  | Patos de Minas                               |         |
|------------------------------|--|--|--|---------|
|                              | Verão  | Outono                                       | Verão  | Outono  |
| Anahuac/BH 1146              | 119,11                                       | 66,71  | 57,67  | 140,60  |
| Anahuac/BR 24                | 0,27   | 26,87  | -15,82                                       | 142,22  |
| Anahuac/EMBRAPA 21           | -149,98                                      | -47,53                                       | -73,07                                       | -154,90 |
| Anahuac/EP 9287              | 38,74  | 188,04                                       | 40,67  | -170,27 |
| Anahuac/EP 93541             | -8,15  | -234,10                                      | -9,45  | 42,35   |
| BR 12/BH 1146                | -61,12                                       | -165,59                                      | -65,92                                       | 132,40  |
| BR 12/BR 24                  | -5,04  | 93,09  | 119,57                                       | -86,97  |
| BR 12/EMBRAPA 21             | 155,35                                       | 204,59                                       | -116,67                                      | 208,90  |
| BR 12/EP 9287                | -80,24                                       | -125,98                                      | 25,07  | -161,47 |
| BR 12/EP 93541               | -8,95  | -6,11  | 37,95  | -95,85  |
| BR 26/BH 1146                | 32,23  | 130,93                                       | -18,92                                       | 97,20   |
| BR 26/BR 24                  | 64,31  | -72,80                                       | -112,42                                      | 12,82   |
| BR 26/EMBRAPA 21             | -110,06                                      | -270,88                                      | 247,32                                       | 35,70   |
| BR 26/EP 9287                | -3,29  | -102,84                                      | -103,92                                      | -156,67 |
| BR 26/EP 93541               | 16,82  | 315,60                                       | -12,05                                       | 10,95   |
| CPAC 9186/BH 1146            | -103,60                                      | 29,76  | -117,72                                      | 3,40    |
| CPAC 9186/BR 24              | -40,55                                       | -151,01                                      | 176,77                                       | 105,02  |
| CPAC 9186/EMBRAPA 21         | -29,25                                       | -87,83                                       | -144,47                                      | -39,10  |
| CPAC 9186/EP 9287            | 59,71  | 119,00                                       | 28,27  | -54,47  |
| CPAC 9186/EP 93541           | 113,68                                       | 90,08  | 57,15  | -14,85  |
| EMBRAPA 22/BH 1146           | 219,82                                       | -110,51                                      | 153,07                                       | -130,40 |
| EMBRAPA 22/BR 24             | -102,55                                      | -38,92                                       | -37,42                                       | 75,22   |
| EMBRAPA 22/EMBRAPA 21        | 10,80  | 256,47                                       | -68,67                                       | -10,90  |
| EMBRAPA 22/EP 9287           | -82,76                                       | 2,76   | -30,92                                       | 130,72  |
| EMBRAPA 22/EP 93541          | -45,32                                       | -109,81                                      | -16,05                                       | -64,65  |
| EP 9320/BH 1146              | -74,68                                       | -188,81                                      | -40,72                                       | -56,40  |
| EP 9320/BR 24                | 132,61                                       | 8,75   | -65,22                                       | -97,77  |
| EP 9320/EMBRAPA 21           | -52,72                                       | -119,86                                      | 49,52  | -184,90 |
| EP 9320/EP 9287              | -10,72                                       | 104,70                                       | -55,72                                       | 246,72  |
| EP 9320/EP 93541             | 5,51   | 195,22                                       | 112,15                                       | 92,35   |
| IAC 24/BH 1146               | -125,22                                      | 180,53                                       | 39,27  | -107,20 |
| IAC 24/BR 24                 | 64,47  | 108,92                                       | -120,22                                      | -62,57  |
| IAC 24/EMBRAPA 21            | -6,51  | 25,89  | 104,52                                       | 130,30  |
| IAC 24/EP 9287               | 71,59  | -208,83                                      | 53,27  | 51,92   |
| IAC 24/EP 93541              | -4,33  | -106,53                                      | -76,85                                       | -12,45  |
| IVI 931036/BH 1146           | -6,55  | 56,97  | -6,72  | -79,60  |
| IVI 931036/BR 24             | -113,53                                      | 25,10  | 54,77  | -90,97  |
| IVI 931036/EMBRAPA 21        | 182,37                                       | 39,15  | 1,52   | 14,90   |
| IVI 931036/EP 9287           | 6,97   | 23,13  | 43,27  | 113,52  |
| IVI 931036/EP 93541          | -69,26                                       | -144,35                                      | -92,85                                       | 42,15   |
| EP ( $\hat{S}_{ij}$ )= 83,03 | EP ( $\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{ik}$ )= 131,28 | EP ( $\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{kj}$ )= 125,52 | EP ( $\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{ki}$ )= 115,30 |         |

TABELA 27 Estimativa da capacidade específica de combinação entre dois genitores de trigo, para número de grãos por espiga, na geração F<sub>2</sub>.

| Cruzamentos                 | Épocas de semeadura                        |  | Locais                                     |                |
|-----------------------------|--|--|--|----------------|
|                             | Verão                                      | Outono                                     | Lavras                                     | Patos de Minas |
| Anahuac/BH 1146             | -2,63                                      | 1,13                                       | -1,46                                      | -0,04          |
| Anahuac/BR 24               | 0,77                                       | -0,49                                      | 0,11                                       | 0,16           |
| Anahuac/EMBRAPA 21          | -2,69                                      | -1,97                                      | -1,27                                      | -3,39          |
| Anahuac/EP 9287             | 1,07                                       | -0,29                                      | -0,04                                      | 0,82           |
| Anahuac/EP 93541            | 3,48                                       | 1,62                                       | 2,65                                       | 2,45           |
| BR 12/BH 1146               | 1,93                                       | -0,62                                      | 0,90                                       | 0,41           |
| BR 12/BR 24                 | -0,09                                      | -0,06                                      | -0,41                                      | 0,26           |
| BR 12/EMBRAPA 21            | 0,03                                       | 4,19                                       | 2,41                                       | 1,81           |
| BR 12/EP 9287               | -2,25                                      | -4,29                                      | -3,07                                      | -3,47          |
| BR 12/EP 93541              | 0,38                                       | 0,78                                       | 0,17                                       | 1,00           |
| BR 26/BH 1146               | -1,94                                      | 0,43                                       | 0,85                                       | -2,36          |
| BR 26/BR 24                 | 1,69                                       | 1,16                                       | 1,66                                       | 1,19           |
| BR 26/EMBRAPA 21            | 2,00                                       | -0,41                                      | -0,59                                      | 2,19           |
| BR 26/EP 9287               | -0,37                                      | -1,67                                      | -0,19                                      | -1,84          |
| BR 26/EP 93541              | -1,37                                      | 0,49                                       | -1,71                                      | 0,83           |
| CPAC 9186/BH 1146           | -2,12                                      | -1,02                                      | 0,42                                       | -3,55          |
| CPAC 9186/BR 24             | 0,89                                       | -1,26                                      | 0,18                                       | -0,55          |
| CPAC 9186/EMBRAPA 21        | -0,94                                      | -1,31                                      | -2,50                                      | 0,25           |
| CPAC 9186/EP 9287           | 0,71                                       | 2,47                                       | 1,47                                       | 1,71           |
| CPAC 9186/EP 93541          | 1,45                                       | 1,12                                       | 0,43                                       | 2,14           |
| EMBRAPA 22/BH 1146          | 3,22                                       | -2,24                                      | -0,82                                      | 1,80           |
| EMBRAPA 22/BR 24            | -0,05                                      | 0,27                                       | 0,42                                       | -0,20          |
| EMBRAPA 22/EMBRAPA 21       | -1,58                                      | 1,33                                       | -0,19                                      | -0,05          |
| EMBRAPA 22/EP 9287          | -1,64                                      | 1,58                                       | 0,12                                       | -0,18          |
| EMBRAPA 22/EP 93541         | 0,05                                       | -0,94                                      | 0,48                                       | -1,36          |
| EP 9320/BH 1146             | -2,25                                      | 0,41                                       | -0,57                                      | -1,27          |
| EP 9320/BR 24               | 2,58                                       | 0,75                                       | 0,50                                       | 2,83           |
| EP 9320/EMBRAPA 21          | -0,50                                      | -3,14                                      | -0,51                                      | -3,12          |
| EP 9320/EP 9287             | 0,04                                       | 0,70                                       | 0,50                                       | 0,24           |
| EP 9320/EP 93541            | 0,13                                       | 1,28                                       | 0,08                                       | 1,32           |
| IAC 24/BH 1146              | 0,06                                       | 0,36                                       | -0,52                                      | 0,94           |
| IAC 24/BR 24                | -2,46                                      | -1,53                                      | -2,12                                      | -1,86          |
| IAC 24/EMBRAPA 21           | 2,68                                       | 1,71                                       | 1,95                                       | 2,44           |
| IAC 24/EP 9287              | 2,30                                       | 1,26                                       | 1,71                                       | 1,85           |
| IAC 24/EP 93541             | -2,59                                      | -1,80                                      | -1,02                                      | -3,37          |
| IVI 931036/BH 1146          | 3,74                                       | 1,56                                       | 1,20                                       | 4,10           |
| IVI 931036/BR 24            | -3,33                                      | 1,15                                       | -0,33                                      | -1,85          |
| IVI 931036/EMBRAPA 21       | 0,99                                       | -0,39                                      | 0,70                                       | -0,10          |
| IVI 931036/EP 9287          | 0,14                                       | 0,24                                       | -0,48                                      | 0,86           |
| IVI 931036/EP 93541         | -1,54                                      | -2,56                                      | -1,09                                      | -3,01          |
| EP ( $\hat{S}_{ij}$ )= 1,68 | EP ( $\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{ik}$ )= 2,65 | EP ( $\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{kj}$ )= 2,54 | EP ( $\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{kl}$ )= 2,33 |                |

TABELA 28 Estimativa da capacidade específica de combinação entre dois genitores de trigo, para peso de mil grãos (g), na geração F<sub>2</sub>.

| Cruzamentos                 | Lavras                                     |  | Patos de Minas                             |        |
|-----------------------------|--|--|--|--------|
|                             | Verão                                      | Outono                                     | Verão                                      | Outono |
| Anahuac/BH 1146             | 1,64                                       | 0,54                                       | 1,81                                       | 0,49   |
| Anahuac/BR 24               | -0,59                                      | 0,27                                       | -1,84                                      | 0,41   |
| Anahuac/EMBRAPA 21          | -1,84                                      | 1,21                                       | 2,17                                       | 0,10   |
| Anahuac/EP 9287             | 0,15                                       | -1,77                                      | -0,95                                      | -0,02  |
| Anahuac/EP 93541            | 0,64                                       | -0,25                                      | -1,20                                      | -0,97  |
| BR 12/BH 1146               | -0,12                                      | -0,01                                      | -0,05                                      | 0,31   |
| BR 12/BR 24                 | 0,42                                       | 0,42                                       | 0,90                                       | -0,67  |
| BR 12/EMBRAPA 21            | 0,74                                       | -2,31                                      | -1,08                                      | -1,28  |
| BR 12/EP 9287               | 0,07                                       | 2,56                                       | 0,19                                       | 2,19   |
| BR 12/EP 93541              | -1,11                                      | -0,65                                      | 0,04                                       | -0,56  |
| BR 26/BH 1146               | -0,15                                      | -0,80                                      | -0,01                                      | -0,65  |
| BR 26/BR 24                 | 0,09                                       | -0,69                                      | -0,46                                      | -0,23  |
| BR 26/EMBRAPA 21            | 0,37                                       | 2,16                                       | 1,35                                       | 2,66   |
| BR 26/EP 9287               | -1,77                                      | -1,80                                      | -0,77                                      | -1,96  |
| BR 26/EP 93541              | 1,47                                       | 1,12                                       | -0,12                                      | 0,18   |
| CPAC 9186/BH 1146           | 0,26                                       | 1,48                                       | 1,25                                       | -0,91  |
| CPAC 9186/BR 24             | 1,05                                       | 0,10                                       | -0,40                                      | 2,41   |
| CPAC 9186/EMBRAPA 21        | 1,22                                       | 0,12                                       | 0,21                                       | 1,70   |
| CPAC 9186/EP 9287           | -1,41                                      | 0,00                                       | 0,79                                       | -0,52  |
| CPAC 9186/EP 93541          | -1,11                                      | -1,70                                      | -1,86                                      | -2,67  |
| EMBRAPA 22/BH 1146          | -0,54                                      | -0,16                                      | -3,41                                      | -0,97  |
| EMBRAPA 22/BR 24            | -0,14                                      | 0,11                                       | 1,14                                       | -1,05  |
| EMBRAPA 22/EMBRAPA 21       | -1,12                                      | -1,11                                      | -2,04                                      | -0,46  |
| EMBRAPA 22/EP 9287          | 1,15                                       | 1,64                                       | 0,93                                       | 1,11   |
| EMBRAPA 22/EP 93541         | 0,66                                       | -0,47                                      | 3,38                                       | 1,36   |
| EP 9320/BH 1146             | -0,95                                      | 0,34                                       | -0,09                                      | 0,35   |
| EP 9320/BR 24               | -0,62                                      | -0,69                                      | -1,84                                      | 0,27   |
| EP 9320/EMBRAPA 21          | 1,80                                       | 2,12                                       | 2,27                                       | 0,96   |
| EP 9320/EP 9287             | 0,22                                       | -1,91                                      | 0,35                                       | -2,76  |
| EP 9320/EP 93541            | -0,45                                      | 0,14                                       | -0,70                                      | 1,18   |
| IAC 24/BH 1146              | -1,19                                      | 0,14                                       | -0,37                                      | 2,69   |
| IAC 24/BR 24                | 0,04                                       | 0,31                                       | 0,88                                       | -0,79  |
| IAC 24/EMBRAPA 21           | 0,75                                       | -1,37                                      | 0,00                                       | -2,90  |
| IAC 24/EP 9287              | 1,39                                       | 1,02                                       | -0,23                                      | 1,17   |
| IAC 24/EP 93541             | -0,99                                      | -0,09                                      | -0,28                                      | -0,17  |
| IVI 931036/BH 1146          | 1,06                                       | -1,53                                      | 0,85                                       | -1,29  |
| IVI 931036/BR 24            | -0,25                                      | 0,17                                       | 1,60                                       | -0,37  |
| IVI 931036/EMBRAPA 21       | -1,92                                      | -0,82                                      | -2,88                                      | -0,78  |
| IVI 931036/EP 9287          | 0,22                                       | 0,27                                       | -0,31                                      | 0,79   |
| IVI 931036/EP 93541         | 0,89                                       | 1,91                                       | 0,74                                       | 1,64   |
| EP ( $\hat{S}_{ij}$ )= 0,93 | EP ( $\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{ik}$ )= 1,48 | EP ( $\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{kj}$ )= 1,41 | EP ( $\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{kl}$ )= 1,30 |        |

TABELA 29 Estimativa da capacidade específica de combinação entre dois genitores de trigo, para dois caracteres, na geração F<sub>2</sub>. Lavras.

| Cruzamentos                          | Altura das plantas (cm) |        | Ciclo até antese (dias) |        |
|--------------------------------------|-------------------------|--------|-------------------------|--------|
|                                      | Verão                   | Outono | Verão                   | Outono |
| Anahuac/BH 1146                      | -1,25                   | 1,60   | -0,04                   | -0,15  |
| Anahuac/BR 24                        | -3,08                   | 2,58   | 1,21                    | 1,24   |
| Anahuac/EMBRAPA 21                   | 0,76                    | -0,20  | 1,28                    | 1,31   |
| Anahuac/EP 9287                      | -1,37                   | -6,60  | -2,24                   | -2,22  |
| Anahuac/EP 93541                     | 4,95                    | 2,62   | -0,20                   | -0,18  |
| BR 12/BH 1146                        | -4,02                   | 1,56   | -0,86                   | -0,96  |
| BR 12/BR 24                          | 2,60                    | 2,40   | 1,64                    | 1,66   |
| BR 12/EMBRAPA 21                     | 2,66                    | -5,60  | -1,22                   | -1,20  |
| BR 12/EP 9287                        | -0,16                   | 4,98   | -0,30                   | -0,28  |
| BR 12/EP 93541                       | -1,07                   | -3,35  | -0,74                   | 0,77   |
| BR 26/BH 1146                        | 3,73                    | 2,71   | 1,03                    | 0,93   |
| BR 26/BR 24                          | 4,58                    | -0,17  | -1,18                   | -1,15  |
| BR 26/EMBRAPA 21                     | -2,10                   | 2,81   | 0,62                    | 0,65   |
| BR 26/EP 9287                        | -6,67                   | -9,16  | 0,06                    | 0,09   |
| BR 26/EP 93541                       | 0,47                    | 3,80   | -0,54                   | -0,51  |
| CPAC 9186/BH 1146                    | 3,40                    | -0,43  | 0,18                    | 0,08   |
| CPAC 9186/BR 24                      | 1,03                    | 3,21   | 0,02                    | 0,05   |
| CPAC 9186/EMBRAPA 21                 | 0,70                    | 4,65   | 0,18                    | 0,21   |
| CPAC 9186/EP 9287                    | -0,28                   | -9,15  | -0,62                   | -0,59  |
| CPAC 9186/EP 93541                   | -4,85                   | 1,73   | 0,23                    | 0,26   |
| EMBRAPA 22/BH 1146                   | 6,74                    | 2,57   | -0,21                   | 0,52   |
| EMBRAPA 22/BR 24                     | -0,59                   | -9,21  | 0,97                    | 0,79   |
| EMBRAPA 22/EMBRAPA 21                | -5,04                   | -0,46  | -0,59                   | -0,77  |
| EMBRAPA 22/EP 9287                   | 0,87                    | 6,30   | 0,54                    | 0,36   |
| EMBRAPA 22/EP 93541                  | -1,98                   | 0,81   | -0,71                   | -0,90  |
| EP 9320/BH 1146                      | -2,82                   | 0,66   | -0,10                   | -0,20  |
| EP 9320/BR 24                        | -0,92                   | 0,41   | -0,57                   | -0,55  |
| EP 9320/EMBRAPA 21                   | 3,55                    | 6,51   | 1,49                    | 1,51   |
| EP 9320/EP 9287                      | -0,96                   | -7,14  | -0,92                   | -0,90  |
| EP 9320/EP 93541                     | 1,15                    | -0,45  | 0,11                    | 0,14   |
| IAC 24/BH 1146                       | -4,87                   | -6,26  | -0,20                   | -0,31  |
| IAC 24/BR 24                         | -2,64                   | 0,38   | -0,72                   | -0,70  |
| IAC 24/EMBRAPA 21                    | 2,39                    | -3,46  | -1,26                   | -1,23  |
| IAC 24/EP 9287                       | 7,98                    | 13,18  | 2,21                    | 2,24   |
| IAC 24/EP 93541                      | -2,85                   | -3,85  | -0,03                   | 0,00   |
| IVI 931036/BH 1146                   | -0,90                   | -2,41  | 0,20                    | -0,10  |
| IVI 931036/BR 24                     | -0,97                   | 0,40   | -1,37                   | -1,34  |
| IVI 931036/EMBRAPA 21                | -2,91                   | -4,25  | -0,50                   | -0,47  |
| IVI 931036/EP 9287                   | 0,59                    | 7,57   | 1,28                    | 1,30   |
| IVI 931036/EP 93541                  | 4,19                    | -1,31  | 0,39                    | 0,42   |
| EP ( $\hat{S}_{ij}$ )                |                         | 2,30   |                         | 1,03   |
| EP ( $\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{ik}$ ) |                         | 3,63   |                         | 1,62   |
| EP ( $\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{kj}$ ) |                         | 3,47   |                         | 1,55   |
| EP ( $\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{kl}$ ) |                         | 3,19   |                         | 1,42   |

TABELA 30 Índices de redução (%R) da produtividade média por época de semeadura, em populações F<sub>1</sub> de trigo, em Lavras.

| Cruzamentos           | Produção de grãos (g/20plantas) |             |            | Verão CIs.* | Outono CIs. | Média CIs. | Redução CIs. (%) |
|-----------------------|---------------------------------|-------------|------------|-------------|-------------|------------|------------------|
|                       | Verão CIs.*                     | Outono CIs. | Média CIs. |             |             |            |                  |
| Anahuac/BH 1146       | 366 (13)                        | 694 (16)    | 530 (15)   | 47,53 (23)  | 511 (20)    | 22,43 (1)  | 47,53 (23)       |
| Anahuac/BR 24         | 446 (1)                         | 575 (32)    | 511 (20)   | 22,43 (1)   | 511 (20)    | 33,20 (5)  | 33,20 (5)        |
| Anahuac/EMBRAPA 21    | 343 (28)                        | 513 (38)    | 428 (37)   | 51,47 (32)  | 428 (37)    | 33,20 (5)  | 51,47 (32)       |
| Anahuac/EP 9287       | 380 (10)                        | 783 (4)     | 582 (4)    | 45,99 (20)  | 582 (4)     | 43,77 (16) | 51,47 (32)       |
| Anahuac/EP 93541      | 407 (4)                         | 753 (8)     | 580 (5)    | 45,99 (20)  | 580 (5)     | 43,77 (16) | 45,99 (20)       |
| BR 12/BH 1146         | 363 (15)                        | 645 (22)    | 504 (21)   | 34,40 (6)   | 504 (21)    | 43,77 (16) | 43,77 (16)       |
| BR 12/BR 24           | 369 (12)                        | 563 (35)    | 466 (31)   | 34,40 (6)   | 466 (31)    | 43,97 (17) | 34,40 (6)        |
| BR 12/EMBRAPA 21      | 378 (11)                        | 675 (18)    | 527 (17)   | 43,97 (17)  | 527 (17)    | 43,97 (17) | 43,97 (17)       |
| BR 12/EP 9287         | 345 (26)                        | 587 (31)    | 466 (32)   | 41,26 (11)  | 466 (32)    | 41,26 (11) | 41,26 (11)       |
| BR 12/EP 93541        | 346 (24)                        | 610 (26)    | 478 (29)   | 43,31 (14)  | 478 (29)    | 43,31 (14) | 43,31 (14)       |
| BR 26/BH 1146         | 362 (18)                        | 609 (27)    | 486 (27)   | 40,56 (10)  | 486 (27)    | 37,56 (8)  | 40,56 (10)       |
| BR 26/BR 24           | 358 (21)                        | 573 (33)    | 465 (33)   | 37,56 (8)   | 465 (33)    | 36,07 (7)  | 37,56 (8)        |
| BR 26/EMBRAPA 21      | 363 (17)                        | 567 (34)    | 465 (35)   | 36,07 (7)   | 465 (35)    | 45,16 (18) | 36,07 (7)        |
| BR 26/EP 9287         | 346 (25)                        | 630 (23)    | 488 (26)   | 45,16 (18)  | 488 (26)    | 52,16 (34) | 45,16 (18)       |
| BR 26/EP 93541        | 386 (9)                         | 806 (1)     | 596 (2)    | 52,16 (34)  | 596 (2)     | 48,94 (27) | 52,16 (34)       |
| CPAC 9186/BH 1146     | 403 (6)                         | 789 (3)     | 596 (1)    | 48,94 (27)  | 596 (1)     | 31,79 (4)  | 48,94 (27)       |
| CPAC 9186/BR 24       | 343 (27)                        | 503 (39)    | 423 (39)   | 31,79 (4)   | 423 (39)    | 46,09 (21) | 31,79 (4)        |
| CPAC 9186/EMBRAPA 21  | 405 (5)                         | 752 (11)    | 579 (6)    | 46,09 (21)  | 579 (6)     | 29,39 (2)  | 46,09 (21)       |
| CPAC 9186/EP 9287     | 417 (2)                         | 590 (30)    | 503 (22)   | 29,39 (2)   | 503 (22)    | 48,96 (28) | 29,39 (2)        |
| CPAC 9186/EP 93541    | 399 (8)                         | 781 (5)     | 590 (3)    | 48,96 (28)  | 590 (3)     | 49,37 (30) | 48,96 (28)       |
| EMBRAPA 22/BH 1146    | 363 (14)                        | 717 (13)    | 540 (13)   | 49,37 (30)  | 540 (13)    | 43,21 (13) | 49,37 (30)       |
| EMBRAPA 22/BR 24      | 318 (37)                        | 560 (36)    | 439 (36)   | 43,21 (13)  | 439 (36)    | 47,25 (12) | 43,21 (13)       |
| EMBRAPA 22/EMBRAPA 21 | 403 (7)                         | 697 (15)    | 550 (9)    | 47,25 (12)  | 550 (9)     | 42,25 (12) | 47,25 (12)       |
| EMBRAPA 22/EP 9287    | 336 (31)                        | 662 (21)    | 499 (24)   | 49,23 (29)  | 499 (24)    | 31,23 (3)  | 49,23 (29)       |
| EMBRAPA 22/EP 93541   | 409 (3)                         | 594 (29)    | 501 (23)   | 31,23 (3)   | 501 (23)    | 49,75 (31) | 31,23 (3)        |
| EP 9320/BH 1146       | 347 (23)                        | 691 (17)    | 519 (18)   | 49,75 (31)  | 519 (18)    | 46,48 (22) | 49,75 (31)       |
| EP 9320/BR 24         | 361 (19)                        | 674 (19)    | 517 (19)   | 46,48 (22)  | 517 (19)    | 43,57 (15) | 46,48 (22)       |
| EP 9320/EMBRAPA 21    | 349 (22)                        | 619 (25)    | 484 (28)   | 43,57 (15)  | 484 (28)    | 55,51 (36) | 43,57 (15)       |
| EP 9320/EP 9287       | 329 (32)                        | 740 (12)    | 535 (14)   | 55,51 (36)  | 535 (14)    | 48,91 (26) | 55,51 (36)       |
| EP 9320/EP 93541      | 253 (40)                        | 496 (40)    | 375 (40)   | 48,91 (26)  | 375 (40)    | 51,83 (33) | 48,91 (26)       |
| IAC 24/BH 1146        | 363 (16)                        | 753 (9)     | 558 (7)    | 51,83 (33)  | 558 (7)     | 54,14 (35) | 51,83 (33)       |
| IAC 24/BR 24          | 309 (38)                        | 674 (20)    | 492 (25)   | 54,14 (35)  | 492 (25)    | 45,75 (19) | 54,14 (35)       |
| IAC 24/EMBRAPA 21     | 327 (34)                        | 603 (28)    | 465 (34)   | 45,75 (19)  | 465 (34)    | 48,41 (25) | 45,75 (19)       |
| IAC 24/EP 9287        | 360 (20)                        | 698 (14)    | 529 (16)   | 48,41 (25)  | 529 (16)    | 55,62 (39) | 48,41 (25)       |
| IAC 24/EP 93541       | 341 (29)                        | 769 (6)     | 555 (8)    | 55,62 (39)  | 555 (8)     | 48,19 (24) | 55,62 (39)       |
| IWI 931036/BH 1146    | 329 (33)                        | 753 (10)    | 541 (12)   | 48,19 (24)  | 541 (12)    | 38,21 (9)  | 48,19 (24)       |
| IWI 931036/BR 24      | 324 (36)                        | 625 (24)    | 474 (30)   | 38,21 (9)   | 474 (30)    | 55,65 (38) | 38,21 (9)        |
| IWI 931036/EMBRAPA 21 | 324 (35)                        | 525 (37)    | 425 (38)   | 38,21 (9)   | 425 (38)    | 62,42 (40) | 38,21 (9)        |
| IWI 931036/EP 9287    | 338 (30)                        | 761 (7)     | 549 (11)   | 55,65 (38)  | 549 (11)    | 62,42 (40) | 55,65 (38)       |
| IWI 931036/EP 93541   | 300 (39)                        | 799 (2)     | 550 (10)   | 62,42 (40)  | 550 (10)    | 45,00      | 62,42 (40)       |

Erro padrão da % Redução = 6,96 \* CIs.: classificação



| Cruzamentos           |          | Produção de grãos (g/20plantas) |      | Redução (%) |      |
|-----------------------|----------|---------------------------------|------|-------------|------|
| Verão                 | Outono   | Média                           | Cls. | Média       | Cls. |
| Anahuac/BH 1146       | 497 (29) | 433 (19)                        | 433  | 25,76       | (31) |
| Anahuac/BR 24         | 449 (5)  | 447 (27)                        | 433  | -0,72       | (7)  |
| Anahuac/EMBRAPA 21    | 459 (4)  | 349 (39)                        | 404  | -31,63      | (1)  |
| Anahuac/EP 9287       | 380 (25) | 521 (7)                         | 451  | 26,97       | (32) |
| Anahuac/EP 93541      | 422 (12) | 481 (18)                        | 451  | 12,28       | (14) |
| BR 12/BH 1146         | 385 (21) | 445 (28)                        | 415  | 13,55       | (17) |
| BR 12/BR 24           | 442 (6)  | 466 (21)                        | 454  | 5,15        | (10) |
| BR 12/EMBRAPA 21      | 349 (35) | 434 (32)                        | 391  | 19,63       | (23) |
| BR 12/EP 9287         | 426 (9)  | 399 (36)                        | 413  | -6,82       | (3)  |
| BR 12/EP 93541        | 364 (30) | 478 (19)                        | 421  | 23,78       | (30) |
| BR 26/BH 1146         | 383 (23) | 377 (37)                        | 380  | -1,35       | (5)  |
| BR 26/BR 24           | 337 (39) | 537 (4)                         | 437  | 37,19       | (39) |
| BR 26/EMBRAPA 21      | 397 (17) | 466 (22)                        | 431  | 14,82       | (18) |
| BR 26/EP 9287         | 357 (34) | 510 (10)                        | 433  | 30,05       | (37) |
| BR 26/EP 93541        | 438 (7)  | 541 (3)                         | 490  | 19,04       | (22) |
| CPAC 9186/BH 1146     | 468 (2)  | 495 (14)                        | 481  | 5,46        | (11) |
| CPAC 9186/BR 24       | 405 (15) | 448 (26)                        | 426  | 9,64        | (13) |
| CPAC 9186/EMBRAPA 21  | 504 (1)  | 454 (23)                        | 479  | -11,18      | (2)  |
| CPAC 9186/EP 9287     | 395 (18) | 637 (1)                         | 516  | 38,02       | (40) |
| CPAC 9186/EP 93541    | 463 (3)  | 636 (2)                         | 550  | 27,21       | (34) |
| EMBRAPA 22/BH 1146    | 413 (14) | 489 (16)                        | 451  | 15,68       | (19) |
| EMBRAPA 22/BR 24      | 360 (31) | 520 (9)                         | 440  | 30,72       | (38) |
| EMBRAPA 22/EMBRAPA 21 | 395 (19) | 452 (25)                        | 423  | 12,64       | (15) |
| EMBRAPA 22/EP 9287    | 341 (37) | 428 (34)                        | 384  | 20,21       | (24) |
| EMBRAPA 22/EP 93541   | 381 (24) | 528 (5)                         | 454  | 27,73       | (35) |
| EP 9320/BH 1146       | 430 (8)  | 522 (6)                         | 476  | 17,69       | (21) |
| EP 9320/BR 24         | 425 (10) | 491 (15)                        | 458  | 13,38       | (16) |
| EP 9320/EMBRAPA 21    | 383 (22) | 482 (17)                        | 433  | 20,52       | (26) |
| EP 9320/EP 9287       | 379 (26) | 520 (8)                         | 450  | 27,12       | (33) |
| EP 9320/EP 93541      | 334 (40) | 436 (31)                        | 385  | 23,36       | (29) |
| IAC 24/BH 1146        | 423 (11) | 443 (29)                        | 433  | 4,47        | (8)  |
| IAC 24/BR 24          | 397 (16) | 437 (30)                        | 417  | 9,04        | (12) |
| IAC 24/EMBRAPA 21     | 415 (13) | 411 (35)                        | 413  | -1,10       | (6)  |
| IAC 24/EP 9287        | 395 (20) | 499 (12)                        | 447  | 20,91       | (28) |
| IAC 24/EP 93541       | 377 (27) | 453 (24)                        | 415  | 16,78       | (20) |
| IVI 931036/BH 1146    | 343 (36) | 431 (33)                        | 387  | 20,43       | (25) |
| IVI 931036/BR 24      | 358 (32) | 500 (11)                        | 429  | 28,35       | (36) |
| IVI 931036/EMBRAPA 21 | 340 (38) | 329 (40)                        | 334  | -3,35       | (4)  |
| IVI 931036/EP 9287    | 373 (28) | 471 (20)                        | 422  | 20,82       | (27) |
| IVI 931036/EP 93541   | 357 (33) | 375 (38)                        | 366  | 4,75        | (9)  |
| Média                 | 395      | 470                             | 433  | 14,67       |      |

\* Erro padrão da % Redução = 8,89

\*Cls.: classificação

TABELA 31 Índices de redução (%R) da produtividade média por época de semeadura, em populações F<sub>1</sub> de trigo, em Patos de Minas.

TABELA 32 Índices de redução (%) da produtividade média por época de semeadura, em populações F<sub>2</sub> de trigo, em Lavras.

| Cruzamentos           | Produção de grãos (g/4,8m <sup>2</sup> ) |                   |                | Clas. *<br>Vergo | Clas. *<br>Outono | Média<br>Clas. | Redução<br>(%) | Clas. |
|-----------------------|--|-------------------|----------------|------------------|-------------------|----------------|----------------|-------|
|                       | Clas. *<br>Verão                         | Clas. *<br>Outono | Média<br>Clas. |                  |                   |                |                |       |
| Anahuac/BH 1146       | 1314                                     | 2176              | 1745           | (1)              | (30)              | (10)           | 39,61          | (2)   |
| Anahuac/BR 24         | 1162                                     | 2286              | 1724           | (6)              | (23)              | (13)           | 49,18          | (7)   |
| Anahuac/EMBRAPA 21    | 831                                      | 2034              | 1433           | (38)             | (38)              | (39)           | 59,17          | (32)  |
| Anahuac/EP 9287       | 1093                                     | 2404              | 1748           | (11)             | (13)              | (9)            | 54,53          | (17)  |
| Anahuac/EP 93541      | 1161                                     | 2216              | 1688           | (7)              | (27)              | (20)           | 47,62          | (6)   |
| BR 12/BH 1146         | 1076                                     | 1998              | 1537           | (14)             | (39)              | (35)           | 46,16          | (4)   |
| BR 12/BR 24           | 1099                                     | 2407              | 1753           | (10)             | (12)              | (8)            | 54,36          | (16)  |
| BR 12/EMBRAPA 21      | 1078                                     | 2341              | 1709           | (13)             | (19)              | (17)           | 53,95          | (14)  |
| BR 12/EP 9287         | 916                                      | 2144              | 1530           | (32)             | (34)              | (34)           | 57,28          | (24)  |
| BR 12/EP 93541        | 1102                                     | 2498              | 1800           | (9)              | (4)               | (5)            | 55,89          | (19)  |
| BR 26/BH 1146         | 1070                                     | 2382              | 1726           | (15)             | (16)              | (12)           | 55,08          | (18)  |
| BR 26/BR 24           | 1069                                     | 2328              | 1698           | (16)             | (20)              | (18)           | 54,09          | (15)  |
| BR 26/EMBRAPA 21      | 713                                      | 1953              | 1333           | (40)             | (40)              | (40)           | 63,47          | (39)  |
| BR 26/EP 9287         | 894                                      | 2254              | 1574           | (35)             | (25)              | (32)           | 60,35          | (34)  |
| BR 26/EP 93541        | 1028                                     | 2907              | 1968           | (23)             | (1)               | (2)            | 64,62          | (40)  |
| CPAC 9186/BH 1146     | 1035                                     | 2202              | 1619           | (22)             | (28)              | (28)           | 53,01          | (12)  |
| CPAC 9186/BR 24       | 1065                                     | 2172              | 1618           | (19)             | (31)              | (29)           | 50,98          | (8)   |
| CPAC 9186/EMBRAPA 21  | 895                                      | 2058              | 1476           | (34)             | (37)              | (38)           | 56,50          | (23)  |
| CPAC 9186/EP 9287     | 1058                                     | 2398              | 1728           | (20)             | (14)              | (11)           | 55,90          | (20)  |
| CPAC 9186/EP 93541    | 1226                                     | 2604              | 1915           | (4)              | (3)               | (3)            | 52,90          | (11)  |
| EMBRAPA 22/BH 1146    | 1309                                     | 2083              | 1696           | (2)              | (34)              | (19)           | 37,15          | (1)   |
| EMBRAPA 22/BR 24      | 954                                      | 2305              | 1629           | (29)             | (21)              | (27)           | 58,63          | (30)  |
| EMBRAPA 22/EMBRAPA 21 | 886                                      | 2423              | 1654           | (36)             | (8)               | (24)           | 63,44          | (38)  |
| EMBRAPA 22/EP 9287    | 866                                      | 2303              | 1584           | (37)             | (22)              | (31)           | 62,40          | (36)  |
| EMBRAPA 22/EP 93541   | 1018                                     | 2424              | 1721           | (24)             | (7)               | (14)           | 58,01          | (26)  |
| EP 9320/BH 1146       | 1115                                     | 2070              | 1593           | (8)              | (36)              | (30)           | 46,14          | (3)   |
| EP 9320/BR 24         | 1289                                     | 2418              | 1854           | (3)              | (9)               | (4)            | 46,69          | (5)   |
| EP 9320/EMBRAPA 21    | 923                                      | 2112              | 1518           | (31)             | (33)              | (36)           | 56,31          | (21)  |
| EP 9320/EP 9287       | 1038                                     | 2470              | 1754           | (21)             | (5)               | (6)            | 57,97          | (25)  |
| EP 9320/EP 93541      | 1169                                     | 2795              | 1982           | (5)              | (2)               | (1)            | 58,17          | (27)  |
| IAC 24/BH 1146        | 910                                      | 2363              | 1637           | (33)             | (17)              | (26)           | 61,48          | (35)  |
| IAC 24/BR 24          | 1067                                     | 2442              | 1754           | (17)             | (6)               | (7)            | 56,31          | (22)  |
| IAC 24/EMBRAPA 21     | 815                                      | 2182              | 1498           | (39)             | (29)              | (37)           | 62,65          | (37)  |
| IAC 24/EP 9287        | 967                                      | 2081              | 1524           | (27)             | (35)              | (35)           | 53,54          | (13)  |
| IAC 24/EP 93541       | 1005                                     | 2417              | 1711           | (25)             | (10)              | (15)           | 58,41          | (28)  |
| IVI 931036/BH 1146    | 1092                                     | 2277              | 1684           | (12)             | (24)              | (21)           | 52,06          | (9)   |
| IVI 931036/BR 24      | 951                                      | 2395              | 1673           | (30)             | (15)              | (22)           | 60,28          | (33)  |
| IVI 931036/EMBRAPA 21 | 1066                                     | 2232              | 1649           | (18)             | (26)              | (25)           | 52,23          | (10)  |
| IVI 931036/EP 9287    | 965                                      | 2350              | 1657           | (28)             | (18)              | (23)           | 58,95          | (31)  |
| IVI 931036/EP 93541   | 1003                                     | 2417              | 1710           | (26)             | (11)              | (16)           | 58,50          | (29)  |

Erro padrão da % Redução = 4,05

\* Clas.: classificação

TABELA 33 Índices de redução (%) da produtividade média por época de semeadura, em populações F<sub>2</sub> de trigo, em Patos de Minas.

| Cruzamentos           | Produção de grãos (g/4,8m <sup>2</sup> ) |           | Redução CIs. |                  |
|-----------------------|--|-----------|--------------|------------------|
|                       | Verão                                    | Outono    | Média CIs.   | Redução CIs. (%) |
| Anahuac/BH 1146       | 1348 (4)                                 | 2152 (18) | 1750 (9)     | 37,36 (3)        |
| Anahuac/BR 24         | 1342 (5)                                 | 2392 (6)  | 1867 (4)     | 43,90 (12)       |
| Anahuac/EMBRAPA 21    | 917 (31)                                 | 1872 (36) | 1395 (34)    | 51,01 (27)       |
| Anahuac/EP 9287       | 1061 (21)                                | 1870 (37) | 1466 (29)    | 43,26 (8)        |
| Anahuac/EP 93541      | 1360 (3)                                 | 2357 (8)  | 1859 (5)     | 42,30 (5)        |
| BR 12/BH 1146         | 1046 (23)                                | 2115 (21) | 1581 (21)    | 50,54 (26)       |
| BR 12/BR 24           | 1299 (7)                                 | 2137 (20) | 1718 (11)    | 39,21 (4)        |
| BR 12/EMBRAPA 21      | 695 (38)                                 | 2207 (15) | 1451 (33)    | 68,51 (40)       |
| BR 12/EP 9287         | 867 (34)                                 | 1850 (38) | 1359 (38)    | 53,14 (29)       |
| BR 12/EP 93541        | 1229 (12)                                | 2190 (16) | 1710 (12)    | 43,88 (11)       |
| BR 26/BH 1146         | 1245 (10)                                | 2253 (13) | 1749 (10)    | 44,74 (14)       |
| BR 26/BR 24           | 1219 (13)                                | 2407 (5)  | 1813 (7)     | 49,36 (21)       |
| BR 26/EMBRAPA 21      | 1211 (14)                                | 2207 (14) | 1709 (13)    | 45,13 (15)       |
| BR 26/EP 9287         | 890 (33)                                 | 2028 (29) | 1459 (31)    | 56,11 (32)       |
| BR 26/EP 93541        | 1331 (6)                                 | 2470 (2)  | 1901 (3)     | 46,11 (18)       |
| CPAC 9186/BH 1146     | 1041 (24)                                | 2092 (23) | 1567 (22)    | 50,24 (25)       |
| CPAC 9186/BR 24       | 1403 (2)                                 | 2432 (3)  | 1918 (2)     | 42,31 (6)        |
| CPAC 9186/EMBRAPA 21  | 714 (36)                                 | 2065 (24) | 1390 (35)    | 65,42 (35)       |
| CPAC 9186/EP 9287     | 917 (32)                                 | 2063 (25) | 1490 (26)    | 55,55 (31)       |
| CPAC 9186/EP 93541    | 1295 (8)                                 | 2377 (7)  | 1836 (6)     | 45,52 (17)       |
| EMBRAPA 22/BH 1146    | 1191 (17)                                | 1898 (35) | 1545 (24)    | 37,25 (2)        |
| EMBRAPA 22/BR 24      | 1068 (20)                                | 2342 (9)  | 1705 (14)    | 54,40 (30)       |
| EMBRAPA 22/EMBRAPA 21 | 669 (39)                                 | 2033 (28) | 1351 (39)    | 67,09 (38)       |
| EMBRAPA 22/EP 9287    | 777 (35)                                 | 2188 (17) | 1463 (30)    | 66,32 (37)       |
| EMBRAPA 22/EP 93541   | 1101 (19)                                | 2267 (11) | 1684 (15)    | 51,43 (28)       |
| EP 9320/BH 1146       | 1208 (15)                                | 2095 (22) | 1652 (18)    | 42,34 (7)        |
| EP 9320/BR 24         | 1251 (9)                                 | 2292 (10) | 1772 (8)     | 45,42 (16)       |
| EP 9320/EMBRAPA 21    | 998 (26)                                 | 1982 (32) | 1490 (27)    | 49,65 (23)       |
| EP 9320/EP 9287       | 923 (29)                                 | 2427 (4)  | 1675 (16)    | 61,97 (34)       |
| EP 9320/EP 93541      | 1440 (1)                                 | 2547 (1)  | 1994 (1)     | 43,46 (9)        |
| IAC 24/BH 1146        | 1235 (11)                                | 1740 (40) | 1488 (28)    | 29,02 (1)        |
| IAC 24/BR 24          | 1143 (18)                                | 2023 (30) | 1583 (20)    | 43,50 (10)       |
| IAC 24/EMBRAPA 21     | 1000 (25)                                | 1993 (31) | 1497 (25)    | 49,82 (24)       |
| IAC 24/EP 9287        | 979 (27)                                 | 1928 (34) | 1454 (32)    | 49,22 (20)       |
| IAC 24/EP 93541       | 1198 (16)                                | 2138 (19) | 1668 (17)    | 43,97 (13)       |
| IVI 931036/BH 1146    | 926 (28)                                 | 1835 (39) | 1381 (37)    | 49,54 (22)       |
| IVI 931036/BR 24      | 1055 (22)                                | 2062 (26) | 1559 (23)    | 48,84 (19)       |
| IVI 931036/EMBRAPA 21 | 634 (40)                                 | 1945 (33) | 1290 (40)    | 67,40 (39)       |
| IVI 931036/EP 9287    | 706 (37)                                 | 2057 (27) | 1382 (36)    | 65,68 (36)       |
| IVI 931036/EP 93541   | 919 (30)                                 | 2260 (12) | 1590 (19)    | 59,34 (33)       |
| Média                 | 1070                                     | 2140      | 1605         | 49,98            |

Erro padrão da % Redução = 4,44 \* CIs.: classificação

TABELA 34 Índices de redução (%R) da produtividade média por época de semeadura dos genitores de trigo, avaliados com a geração F<sub>1</sub>.

| Parentais             | Produção de grãos (g/20plantas) |       | Verão CIs* Outono CIs. |       | Redução CIs. (%) |
|-----------------------|---------------------------------|-------|------------------------|-------|------------------|
|                       | Média CIs.                      | Clas. | Média CIs.             | Clas. |                  |
| Anahuac               | 344                             | (5)   | 473                    | (13)  | 27,29 (1)        |
| BR 12                 | 345                             | (4)   | 572                    | (7)   | 39,70 (6)        |
| BR 26                 | 319                             | (8)   | 515                    | (10)  | 38,14 (5)        |
| CPAC 9186             | 354                             | (3)   | 662                    | (1)   | 46,59 (11)       |
| EMBRAPA 22            | 299                             | (11)  | 535                    | (9)   | 44,13 (10)       |
| EP 9320               | 259                             | (13)  | 569                    | (8)   | 54,46 (13)       |
| IAC 24                | 332                             | (7)   | 584                    | (6)   | 43,10 (9)        |
| IVI 931036            | 287                             | (12)  | 587                    | (5)   | 51,09 (12)       |
| BH 1146               | 360                             | (2)   | 623                    | (2)   | 42,30 (7)        |
| BR 24                 | 314                             | (10)  | 481                    | (11)  | 34,72 (3)        |
| EMBRAPA 21            | 380                             | (1)   | 601                    | (3)   | 36,82 (4)        |
| EP 9287               | 318                             | (9)   | 478                    | (12)  | 33,47 (2)        |
| EP 93541              | 341                             | (6)   | 592                    | (4)   | 42,36 (8)        |
| Média                 | 327                             |       | 559                    |       | 41,09            |
| <b>Patos de Minas</b> |                                 |       |                        |       |                  |
| Anahuac               | 386                             | (3)   | 452                    | (2)   | 14,48 (9)        |
| BR 12                 | 308                             | (12)  | 372                    | (10)  | 17,33 (10)       |
| BR 26                 | 348                             | (9)   | 391                    | (9)   | 11,04 (7)        |
| CPAC 9186             | 405                             | (1)   | 412                    | (4)   | 1,55 (4)         |
| EMBRAPA 22            | 367                             | (6)   | 409                    | (5)   | 10,41 (6)        |
| EP 9320               | 283                             | (13)  | 407                    | (6)   | 30,57 (13)       |
| IAC 24                | 363                             | (7)   | 358                    | (12)  | -1,42 (2)        |
| IVI 931036            | 339                             | (10)  | 392                    | (7)   | 13,45 (8)        |
| BH 1146               | 381                             | (4)   | 392                    | (8)   | 2,68 (5)         |
| BR 24                 | 325                             | (11)  | 428                    | (3)   | 24,18 (11)       |
| EMBRAPA 21            | 369                             | (5)   | 367                    | (11)  | -0,74 (3)        |
| EP 9287               | 352                             | (8)   | 298                    | (13)  | -17,79 (1)       |
| EP 93541              | 394                             | (2)   | 544                    | (1)   | 27,58 (12)       |
| Média                 | 355                             |       | 402                    |       | 10,25            |

Erro padrão da % Redução: Lavras=6,96; Patos de Minas=8,89 \* CIs.: classificação

**TABELA 35** Índices de redução (%R) da produtividade média por época de semeadura dos genitores de trigo, avaliados com a geração F<sub>2</sub>.

| Parentais             | Produção de grãos (g/4,8m <sup>2</sup> ) |             |             | Redução (%)  | Cls. |
|-----------------------|--|-------------|-------------|--------------|------|
|                       | Verão                                    | Outono      | Média       |              |      |
| <b>Lavras</b>         |  |             |             |              |      |
| Anahuac               | 1092 (4)                                 | 2502 (1)    | 1797 (2)    | 56,35        | (7)  |
| BR 12                 | 941 (7)                                  | 1991 (11)   | 1466 (12)   | 52,71        | (5)  |
| BR 26                 | 850 (10)                                 | 2223 (10)   | 1536 (9)    | 61,77        | (10) |
| CPAC 9186             | 1368 (1)                                 | 2343 (3)    | 1855 (1)    | 41,62        | (2)  |
| EMBRAPA 22            | 1007 (6)                                 | 2267 (8)    | 1637 (6)    | 55,57        | (6)  |
| EP 9320               | 766 (12)                                 | 2299 (5)    | 1533 (10)   | 66,68        | (13) |
| IAC 24                | 748 (13)                                 | 1933 (13)   | 1340 (13)   | 61,28        | (8)  |
| IVI 931036            | 776 (11)                                 | 2256 (9)    | 1516 (11)   | 65,61        | (12) |
| BH 1146               | 1167 (3)                                 | 1936 (12)   | 1552 (8)    | 39,72        | (1)  |
| BR 24                 | 1214 (2)                                 | 2288 (6)    | 1751 (3)    | 46,95        | (3)  |
| EMBRAPA 21            | 897 (8)                                  | 2456 (2)    | 1676 (5)    | 63,48        | (11) |
| EP 9287               | 889 (9)                                  | 2310 (4)    | 1600 (7)    | 61,50        | (9)  |
| EP 93541              | 1082 (5)                                 | 2283 (7)    | 1683 (4)    | 52,58        | (4)  |
| <b>Médias</b>         | <b>984</b>                               | <b>2237</b> | <b>1611</b> | <b>55,83</b> |      |
| <b>Patos de Minas</b> |  |             |             |              |      |
| Anahuac               | 720 (7)                                  | 1670 (10)   | 1195 (10)   | 56,89        | (7)  |
| BR 12                 | 541 (12)                                 | 1563 (13)   | 1052 (13)   | 65,39        | (11) |
| BR 26                 | 852 (5)                                  | 2087 (3)    | 1470 (4)    | 59,18        | (8)  |
| CPAC 9186             | 1277 (2)                                 | 2005 (5)    | 1641 (3)    | 36,31        | (2)  |
| EMBRAPA 22            | 673 (10)                                 | 1930 (6)    | 1302 (7)    | 65,13        | (10) |
| EP 9320               | 579 (11)                                 | 2048 (4)    | 1314 (6)    | 71,73        | (13) |
| IAC 24                | 844 (6)                                  | 1628 (11)   | 1236 (9)    | 48,16        | (4)  |
| IVI 931036            | 526 (13)                                 | 1802 (8)    | 1164 (11)   | 70,81        | (12) |
| BH 1146               | 1105 (4)                                 | 1680 (9)    | 1393 (5)    | 34,23        | (1)  |
| BR 24                 | 1480 (1)                                 | 2328 (1)    | 1904 (1)    | 36,43        | (3)  |
| EMBRAPA 21            | 695 (8)                                  | 1583 (12)   | 1139 (12)   | 56,10        | (6)  |
| EP 9287               | 676 (9)                                  | 1872 (7)    | 1274 (8)    | 63,89        | (9)  |
| EP 93541              | 1111 (3)                                 | 2262 (2)    | 1687 (2)    | 50,88        | (5)  |
| <b>Média</b>          | <b>852</b>                               | <b>1881</b> | <b>1367</b> | <b>55,00</b> |      |

Erro padrão da % Redução: Lavras= 4,05; Patos de Minas= 4,44 \* Cls.: classificação

## 5 DISCUSSÃO

A principal preocupação desse trabalho foi verificar o comportamento dos genitores e suas populações híbridas sob condições de estresse e não estresse de calor. Para que isso pudesse ser verificado era necessário que os ambientes utilizados fossem bem contrastantes com relação à temperatura do ar. A estratificação das temperaturas por fase de desenvolvimento das plantas, apresentada nas Tabelas 1 e 2, comprova a discrepância entre as condições de estresse de calor. Tomando como referência o experimento conduzido em Lavras, por exemplo, as temperaturas registradas no verão, semeadura em fevereiro, são bem superiores às observadas no outono, semeadura em maio, especialmente até a fase de perfilhamento (Tabelas 1 e 2). Neste local, na fase compreendida entre a germinação e o perfilhamento, a ocorrência de temperatura acima de 20°C foi superior em 50% do total de horas. Ressalta-se que, desse total, uma grande parte das temperaturas foi superior a 25°C, considerada limitante para o desempenho da planta de trigo (Al-Khatib e Paulsen, 1999)

Em Patos de Minas foi observada situação semelhante ao que aconteceu em Lavras, no referente às temperaturas. Entretanto, vale ressaltar que nesse local ocorreu maior percentual de horas com temperaturas acima de 25°C, inclusive até o estágio de espigamento.

As evidências indicam que na semeadura de verão, especialmente até a fase de perfilhamento, as plantas de trigo foram submetidas a condições bem adversas, com relação às temperaturas. De fato houve acentuada diferença da produtividade média de grãos entre as duas épocas de semeadura. Tomando como exemplo os dados médios de produção de grãos da geração F<sub>2</sub> em Lavras, no verão foram obtidas 978,8g por parcela contra 2209,5g no outono, ou seja, ocorreu redução de 55,7%. Do mesmo modo, em Patos de Minas foram

observados valores médios de 1016,8g, no verão e 2076,0g, no outono, isto é, uma redução de 51,0%.

Em condições normais, existem outros fatores que influenciam o desenvolvimento da planta. Os efeitos danosos do calor sobre a planta de trigo podem ser mais acentuados com a ocorrência de deficiência hídrica no solo, o que pode elevar em muito a temperatura nos órgãos da planta (Acevedo, Nachit e Ferrara, 1991). O aumento de temperatura nos tecidos diminui o suprimento de CO<sub>2</sub> e aumenta a produção de O<sub>2</sub>, causando danos temporários ou permanentes na membrana dos cloroplastos (Krieg, 1994). Para minimizar o confundimento de efeitos de estresse hídrico, todos os experimentos foram irrigados de modo que em nenhum momento do ciclo ocorresse qualquer limitação da água na planta. Além do controle da umidade do solo, foram utilizadas outras práticas culturais uniformes como doses de adubos, controle preventivo de doenças com o mesmo produto e doses e controle de plantas daninhas.

Todos esses fatores, que foram controlados, possibilitaram que a precisão experimental, avaliada pelo coeficiente de variação, fosse boa para a maioria dos caracteres, independentemente da presença ou não do estresse de calor (Tabelas 1A e 2A). As estimativas do CV estão abaixo dos valores que são normalmente obtidos em outros trabalhos (Scheeren, Carvalho e Federizzi, 1995; Wobeto, 1994). Desse modo, a menor precisão experimental, que é uma das principais limitações quando se avaliam linhagens ou cultivares em condições de estresse e que restringem o sucesso da seleção, não foi observada neste trabalho.

Estudos de tolerância ao calor em experimento de campo têm sido considerados de pouco sucesso pela dificuldade de garantir a ocorrência do efeito desejado, sem a interferência de outros fatores (Saadalla, Shanahan e Quick, 1990). De fato, algumas ocorrências naturais fogem ao controle, mesmo com os critérios mais rígidos adotados. Uma delas refere-se à umidade relativa

do ar que, nas condições em que foram realizados os experimentos, atinge maiores valores na época de verão. Entretanto, acredita-se que o seu efeito seria marcante sobre a evapotranspiração e ocorrências de doenças, porém, as medidas preventivas adotadas possivelmente minimizaram os seus efeitos.

Outro fator a ser considerado, de ocorrência natural, é o fotoperíodo, que praticamente não diferencia entre os dois locais pela proximidade dos valores da latitude. Em Lavras, o fotoperíodo no mês de fevereiro é de 13 horas e em maio é de 11 horas, ou seja, ocorre uma diferença de 2 horas no comprimento do dia no período em que as plantas são sensíveis a este fator, que corresponde à fase da germinação à diferenciação floral. Não se dispõem de informações da sensibilidade dos parentais utilizados a este fator, todavia, é sabido que a maioria dos cultivares desenvolvidos no Brasil e pelo CIMMYT são insensíveis (Zhonghu e Rajaram, 1994).

Evidências da insensibilidade ao fotoperiodismo dos parentais foram obtidas pelas somas térmicas demonstradas na Tabela 36, podendo-se observar que houve exigências diferentes na quantidade de calor para atingir o florescimento entre os parentais. Entretanto, ao se comparar cada parental em épocas diferentes, percebe-se que a soma térmica foi praticamente a mesma, a despeito da redução que ocorreu em quantidades de dias para atingir o mesmo estágio na época de verão. Depreende-se destes dados que o ciclo foi definido predominantemente pela temperatura. A soma térmica média de todos os genitores foi de 1075°C, praticamente igual os 1069°C obtidos por Wobeto (1994) com cultivares brasileiros no Rio Grande do Sul, onde a diferença de fotoperíodo é muito mais acentuada devido à maior latitude. Do que foi exposto, é possível que as respostas dos diferentes tratamentos em relação às épocas de semeadura sejam predominantemente devido às diferenças térmicas constatadas.

De modo geral, os experimentos tiveram desenvolvimento normal em todas as épocas e locais, sem a ocorrência de fatos que pudesse comprometer



TABELA 36- Soma térmica (°C.dia) e ciclo (dias) da emergência ao estágio de antese, obtidos no experimento de Lavras, em dois anos.

| Genitores  | 1997   |       |        |       | 1998   |       |        |       |
|------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
|            | Verão  |       | Outono |       | Verão  |       | Outono |       |
|            | °C.dia | Ciclo | °C.dia | Ciclo | °C.dia | Ciclo | °C.dia | Ciclo |
| Anahuac    | 1213   | 59    | 1073   | 63    | 1216   | 54    | 1137   | 68    |
| BR 12      | 1075   | 52    | 1132   | 66    | 991    | 43    | 1013   | 61    |
| BR 26      | 1233   | 60    | 1036   | 61    | 1058   | 46    | 1104   | 66    |
| CPAC 9186  | 1233   | 60    | 1151   | 67    | 1193   | 53    | 1174   | 70    |
| EMBRAPA 22 | 1095   | 53    | 1132   | 66    | 945    | 41    | 974    | 59    |
| EP 9320    | 994    | 48    | 1132   | 66    | 969    | 42    | 1034   | 62    |
| IAC 24     | 1034   | 50    | 1113   | 65    | 1058   | 46    | 1013   | 61    |
| IVI 931036 | 933    | 45    | 1113   | 65    | 969    | 42    | 994    | 60    |
| BH 1146    | 975    | 47    | 1002   | 59    | 1037   | 45    | 937    | 57    |
| BR 24      | 1132   | 55    | 1054   | 62    | 1193   | 53    | 1013   | 61    |
| EMBRAPA 21 | 1213   | 59    | 1191   | 69    | 1111   | 49    | 1137   | 68    |
| EP 9287    | 1014   | 49    | 1151   | 67    | 1058   | 46    | 1053   | 63    |
| EP 93541   | 1056   | 51    | 1113   | 65    | 1014   | 44    | 937    | 57    |
| Média      | 1092   | 53    | 1107   | 65    | 1062   | 46    | 1040   | 63    |

a confiabilidade das informações geradas. Fato que chamou a atenção foi a acentuada redução da germinação das sementes  $F_1$  nos experimentos de verão, nos dois locais testados, o que não se repetiu nos experimentos com sementes  $F_2$ , na mesma época no ano seguinte. Todas as evidências apontam para a excessiva temperatura do solo na fase compreendida entre a sementeira e a emergência das plântulas. As temperaturas médias do solo, obtidas no posto meteorológico de Lavras, próximo à área experimental, tomadas nos horários de 9, 15 e 21 horas, foram 23,0, 30,4 e 24,7°C, respectivamente, na fase da sementeira até a germinação, na época de verão. Já na época de outono e no mesmo período, as temperaturas médias foram de 13,7, 20,9 e 16,2°C. Como se vê, ocorreu uma diferença de 10°C de uma época para outra, o suficiente para causar acentuada diferença de emergência.

Um questionamento que poderia ser feito é o fato de não se ter repetido com a germinação das sementes  $F_2$ , na mesma época, visto que as temperaturas do solo ocorreram nos mesmos níveis. A explicação mais aceitável reside na diferença de vigor das sementes. Sementes  $F_1$  normalmente apresentam enchimentos debilitados, causados por estresses decorrentes dos processos de emasculação e polinização durante as hibridações artificiais. Assim, estas sementes provavelmente possuem menor quantidade de endosperma, que são reservas essenciais no processo de germinação. A elevação da temperatura na fase de germinação acelera o processo, sendo que o ideal nesta fase são 20-25°C (Nayeen e Mahajan, 1991). De acordo com Blum e Sinmena (1994), durante o processo de germinação toda fonte de carbono é dependente do estoque deste elemento no endosperma e quando ocorre elevação da temperatura acima do ideal, boa parte das reservas de carbono é perdida pela respiração. No caso das sementes  $F_1$ , o menor estoque de carbono não foi o suficiente para suprir as necessidades dos processos fisiológicos da germinação, devido às perdas provocadas pelas elevadas temperaturas do solo.

Além do aspecto limitante relacionado ao vigor das sementes  $F_1$  em estudos de tolerância ao calor, outro fator complicador é a dificuldade na obtenção de quantidades de sementes suficientes para a realização dos experimentos. Isto limita o número de locais avaliados, o número de repetições em qualquer delineamento utilizado e, principalmente, o número de plantas por parcela. Diante dessas limitações, Lupton (1965) sugeriu utilizar sementes  $F_2$  em estudos, em cruzamentos dialélicos, visto que é difícil obter quantidades maiores pelo elevado número de hibridações. Entretanto, existem opiniões contrárias a esta sugestão por considerar que as populações  $F_2$  podem não ter todas as combinações genotípicas que representam o cruzamento. Assim, esse problema pode ser atenuado utilizando-se número de plantas na  $F_2$  que represente a variabilidade genética existente no cruzamento. É oportuno enfatizar que, até

certo limite, a possibilidade de se utilizar um maior número de plantas por parcela, contribui para uma maior precisão experimental (Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993).

É preciso também esclarecer que os procedimentos estatísticos adotados foram realizados mantendo-se separadas as gerações  $F_1$  e  $F_2$ . A principal justificativa dessa estratégia deve-se a constatação de discrepância acentuada entre os resíduos médios das duas gerações para a característica produção de grãos, contradizendo uma das pressuposições básicas da análise de variância, referente à homogeneidade de variância dos erros. Além disso, a magnitude da média geral da produção de grãos da  $F_1$  foi cerca de 3,5 vezes inferior a da geração  $F_2$ , haja vista que as parcelas da  $F_1$  foram constituídas de apenas 20 plantas em três metros de sulco, enquanto que na outra geração a densidade foi de 600 plantas por  $4,8m^2$ .

Comentando a respeito das implicações do uso da geração  $F_2$  ao invés da  $F_1$ , utilizando linhagens homozigotas como parentais em cruzamentos dialélicos, Miranda Filho e Chaves (1996), usando a metodologia de Gardner e Eberhart (1966), mostraram que há diferença entre os componentes da heterose, porém o efeito de variedade não é alterado. Quando se utiliza o método de Griffing (1956), como foi o caso desse trabalho, a estimativa da capacidade geral de combinação depende do efeito do parental e da heterose e, portanto, a estimativa depende da geração utilizada. Contudo, como os próprios autores mostraram, a diferença é pequena e praticamente não afetou a classificação dos parentais. Por essa razão, nesse trabalho optou-se por utilizar o mesmo modelo de análise apresentado na literatura, indistintamente para as gerações  $F_1$  e  $F_2$ .

Nesse trabalho foram considerados vários caracteres, sendo alguns componentes primários da produção e outros que também influenciam na expressão desse caráter. Tem sido apresentado o argumento de que a produtividade de grãos é o melhor índice de seleção quando se consideram

vários caracteres simultaneamente (Ferreira, Ribeiro e Ramalho, 1995). Assim, na discussão dos resultados será dada ênfase ao caráter produção de grãos, o qual reflete como os demais caracteres interagem para fornecer o produto final de interesse dos agricultores.

Nas avaliações da geração  $F_1$  foi observado menor contraste entre os parentais utilizados para produção de grãos, principalmente entre os genitores do grupo I. É possível que o maior espaçamento utilizado na geração  $F_1$ , 15 cm entre plantas, possibilitou maior homeostase dos caracteres que estão relacionados a produção de grãos, principalmente aqueles primários, tais como peso médio dos grãos, número de grãos por espiga e número de espigas por área. Sem dúvida, o componente mais afetado pela densidade foi o número de espigas por área ou perfilhamento útil, e isto ficou claro quando se constatou efeito não significativo para esta característica na semeadura mais densa, utilizada nos experimentos em que se avaliaram as populações  $F_2$  e os parentais.

Os parentais do grupo I foram avaliados e selecionados para condições de cultivo irrigado de alto potencial de produtividade. Por outro lado, o grupo II é constituído de genitores com comportamentos mais diversificados, envolvendo cultivares tradicionais como o BH 1146 e linhagens modernas de menor porte e com bom potencial para o cultivo de sequeiro. Quando avaliados na mesma condição, não foi constatada superioridade dos parentais modernos, visto que os cultivares de porte alto, considerados tradicionais, foram superiores à maioria dos cultivares modernos na ausência de acamamento, o que foi observado nos experimentos com a geração  $F_1$  ou na  $F_2$ , nos experimentos de Lavras (Tabelas 34 e 35).

No presente trabalho, o contraste pais vs populações para a produtividade de grãos foi sempre significativo, indicando a presença de heterose, ou seja, de efeitos não aditivos no controle do caráter. Tomando como referência a geração  $F_2$  em ambos os locais e nas duas épocas de semeadura, a

produtividade média de grãos dos parentais foi de 1.489g por parcela, ao passo que nas populações híbridas foi de 1.637g por parcela, o que equivale a uma heterose média de 9,9%.

A análise de variância do dialelo pelo método de Griffing (1956) permite estimar os efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC). Inicialmente é preciso enfatizar que a CGC inclui principalmente os efeitos aditivos, entretanto, quando se considera que no dialelo a frequência alélica é diferente de 0,5, a CGC inclui também uma parcela dos desvios de dominância (Singh e Paroda, 1984).

Vencovsky e Barriga (1992) apresentaram a expressão para se estimar a capacidade geral de combinação de um dado genitor  $i$  com um testador, ou seja:  $g_i = (\rho_i - \bar{\rho})[\alpha + (1 - 2\bar{\tau})\delta]$ , em que:  $g_i$ : é o efeito da capacidade geral de combinação do genitor  $i$ ;  $\rho_i$ : é a frequência do alelo no  $i$ -ésimo parental;  $\bar{\rho}$ : é a frequência média do alelo entre os parentais;  $\alpha$ : é o efeito dos locos fixados;  $\bar{\tau}$ : é a frequência média nos testadores, sendo que nos dialelos parciais, os testadores do grupo I são todos os parentais do grupo II ou vice-versa;  $\delta$ : é o efeito de dominância do loco em heterozigose. Sendo  $\bar{\tau}$  diferente de 0,5, percebe-se, assim, que o efeito de dominância ( $\delta$ ) participa da CGC. A CEC, por sua vez, é uma medida dos desvios do desempenho de um híbrido do valor esperado com base no comportamento médio dos pais (Snijders, 1990). Ela inclui os efeitos de dominância e epistasia do tipo dominante x aditivo, dominante x dominante e outras de maior ordem (VanGinkel e Scharen, 1988). Se a CEC não for significativa, pode-se aceitar a hipótese de que o desempenho de progênies de um dado cruzamento simples pode ser adequadamente predito com base na CGC de seus genitores (Baker, 1978).

Para medir a importância da CEC em relação a CGC no controle da expressão de um determinado caráter, são sugeridas diferentes alternativas. De

acordo com Baker (1978), pela metodologia proposta por Griffing (1956), para modelos aleatórios a importância relativa da CGC e da CEC em determinar o comportamento da progênie poderá ser obtida pelos componentes de variâncias e expressá-los na seguinte razão:  $2\sigma_{CGC}^2 / (2\sigma_{CGC}^2 + \sigma_{CEC}^2)$ . Para modelos fixos, como não são estimadas variâncias, o autor sugere utilizar os componentes equivalentes do quadrado médio, devido às diferenças nos graus de liberdade associados a essas fontes de variação. Outros autores (Barbosa, 1996; Menezes, 1999) preferiram utilizar o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), que mede a contribuição da CGC ou da CEC para a soma de quadrados dos efeitos de populações; esse último procedimento foi o adotado neste trabalho.

Pelos resultados da análise dialélica, foi constatado haver influência da geração no controle genético do caráter produtividade de grãos, sendo que na geração  $F_1$  é nítida a predominância dos efeitos não aditivos em que a CEC representa mais de 50% de contribuição da soma de quadrados dos efeitos de populações, sendo observados valores de  $R^2$  variando de 0,53 a 0,64 (Tabela 3). Entretanto, na geração  $F_2$ , como esperado, a contribuição da CEC para a variação total diminuiu, com valores de  $R^2$  variando de 0,16 a 0,50 (Tabela 18). Mesmo assim, os valores da CEC continuaram altos, indicando que no controle genético deste caráter são importantes os efeitos não aditivos, ou seja, de dominância e epistasia.

A maior expressão da CEC na geração  $F_1$  pode ser explicada pelo fato de nessa geração ocorrer 100% da heterose e pelas melhores condições de desenvolvimento da planta, permitindo maior expressão dos efeitos de dominância. Como já salientado em outras ocasiões, a geração  $F_1$  foi semeada mais espaçada, reduzindo a competição interplantas. Conseqüentemente, todos os componentes relacionados à produção foram beneficiados pela melhor disponibilidade de luz, nutrientes e melhor desenvolvimento do sistema radicular. No final do outono e início do inverno, a ocorrência de temperaturas

mais amenas também permite melhor expressão do potencial produtivo da planta, já que o trigo é favorecido por estas condições. Na literatura, existem vários relatos da maior expressividade dos efeitos não aditivos em condições que favorecem o maior potencial de produção da planta. Trabalhando com trigo duro, Widner e Lebsock (1973) encontraram que o melhor híbrido superou a melhor testemunha em 16% quando semeado em baixa densidade; porém, reduziu para 9% quando a densidade entre plantas foi dobrada. Neste sentido, Cregan e Busch (1978) sugerem que a ausência de efeito da CEC em densidades normais, onde existe maior competição interplantas, é uma indicação de que os efeitos não aditivos podem se não expressar bem sob estas circunstâncias. Conclusões semelhantes foram apresentadas para a cultura do feijão por Santos (1984) e Souza (1993).

A maioria dos trabalhos envolvendo estudos do controle genético da produção de grãos em trigo tem indicado a predominância de efeitos aditivos, contudo, Borghi, Perenzin e Nash (1989) relatam estimativas de vigor híbrido que podem atingir 15% acima da média dos pais, em condições normais de semeadura na lavoura. Como já salientado, neste trabalho ocorreu heterose, que foi estimada nas duas gerações de 12,5%, acima da média dos dois pais, resultado este compatível com os relatados na literatura (Borghi, Perenzin Nash, 1989; Widner e Lebsock, 1973; Bhatt, 1971; Fabrizius et al., 1998).

A presença de heterose ( $h$ ), segundo Falconer (1981), contém  $h = \delta y^2$ , em que  $\delta$  é o desvio de dominância e  $y$  é a medida de divergência entre os pais. Assim, a heterose detectada neste trabalho reflete a presença de dominância no controle da produtividade de grãos de trigo, como já mencionado, e que os genitores do grupo I são divergentes aos do grupo II. Vale salientar que na genealogia dos genitores do grupo II há predominância de germoplasma brasileiro, além do que eles foram selecionados para condições de maior estresse no cultivo de sequeiro. Por outro lado, o grupo I foi selecionado para condições

mais favoráveis no cultivo com irrigação e predomina germoplasma mexicano. Diante destes fatos, é de supor que o grau de parentesco entre os dois grupos seja pequeno. Sendo assim, os cruzamentos entre os genitores dos dois grupos deram origem a populações com alta frequência de locos em heterozigose, condição esta necessária para que ocorra heterose. A divergência genética entre os cultivares envolvidos nos programas de melhoramento no Brasil é grande (Reis, 1998), o que tem contribuído para ganhos genéticos expressivos no melhoramento (Nedel, 1994).

A ocorrência de efeitos de dominância é citada como um obstáculo para os melhoristas de plantas autógamas, cujo objetivo é a obtenção de linhagens homozigotas, principalmente quando se pretende realizar seleções em gerações precoces, pois há tendência da seleção de genótipos com a maioria dos locos em heterozigose (Scheeren, Carvalho e Federizzi, 1995). Contudo, há uma tendência de se utilizar a estimativa da heterose de um dado cruzamento como uma medida dos locos que estão em heterozigose e, portanto, da variabilidade potencial do referido cruzamento (Abreu, 1997; Lima, 1999). Assim, a combinação híbrida ideal é a que associa média alta dos pais e a maior heterose possível. Isto porque a média dos pais representa a média das linhagens na geração  $F_{\infty}$  e, como já mencionado, uma alta heterose indicaria que a população segregante poderia associar média alta com grande variabilidade.

Singh et al. (1992) citam vários trabalhos em diferentes culturas autógamas, em que foram obtidas linhagens superiores aos parentais, oriundas de cruzamentos altamente heteróticos. Segundo os autores, estes exemplos sugerem que a maior proporção dos efeitos não aditivos em plantas autógamas parece ser devido aos efeitos de epistasia do tipo aditivo x aditivo e, neste caso, a seleção deve ser postergada para gerações mais avançadas. Por outro lado, Sprague e Tatum (1942) chamam a atenção para que os efeitos epistáticos



assumem maior importância em relação aos de dominância quando são utilizados genitores de elevado grau de melhoramento.

As estimativas dos efeitos da capacidade de combinação para cada parental, com base na média das gerações  $F_1$  e  $F_2$ , foram significativas para a maioria das características. Entretanto, as comparações dos parentais envolvendo todas as características tornaram-se complexas devido às interações observadas.

A linhagem CPAC 9186 apresentou a maior estimativa de CGC na geração  $F_1$  entre os genitores do grupo I, contudo, não manteve o mesmo comportamento na geração  $F_2$  (Tabelas 4 e 19). O seu comportamento *per se* sobressaiu entre os demais genitores, razões pelas quais este parental deve ser uma boa opção para a seleção de linhagens de seus cruzamentos. Deve ser ressaltado ainda que o seu porte é baixo, apropriado para cultivos irrigados com alto potencial produtivo. Apresentou também ciclo adequado às condições de cultivo na região, sem sofrer redução acentuada deste caráter na época do verão, comportamento este indicativo de tolerância ao calor.

O cultivar Anahuac é considerado de ampla adaptabilidade, sendo cultivado em várias regiões do país, nos mais diversos tipos de ambientes sem a presença de alumínio tóxico no solo. Este cultivar destacou-se na época de verão, nas duas gerações, com valores positivos da CGC para a maioria das características, inclusive com reação semelhante à linhagem CPAC 9186 quanto ao ciclo. Apesar de não ter sobressaído no outono em termos de potencial de produtividade de grãos, este cultivar é, sem dúvida, um dos mais tolerantes ao calor e deve ser utilizado como parental para a melhoria deste caráter.

Ainda entre os genitores do grupo I, a linhagem EP 9320 apresentou um dos maiores valores positivos da CGC em todos os ambientes na geração  $F_2$ . Com base no que foi observado na geração  $F_1$ , houve uma mudança significativa no seu desempenho, visto que nessa geração o seu comportamento foi deficiente, com valores negativos da CGC na maioria dos ambientes. Esta linhagem

apresenta características desejáveis, principalmente quanto ao seu porte baixo, que é apropriado para lavouras irrigadas. Cabe ressaltar que o seu desempenho *per se* ficou abaixo da maioria dos demais genitores.

No grupo II, também ocorreram algumas alterações no desempenho dos parentais de uma geração para outra. O fato mais marcante ocorreu com a linhagem EP 93541, que apresentou os maiores valores positivos da CGC em todos os ambientes, na geração  $F_2$ . Porém, na geração  $F_1$ , o seu desempenho somente foi marcante no outono, com valores da CGC positivos e significativos. Esta linhagem apresenta características vantajosas para o cultivo de sequeiro, sobretudo, quanto à sua estatura média, pouco sujeita ao acamamento. A sua produtividade média de grãos, situa-se entre os genitores mais produtivos em todos os ambientes, entretanto, deve ser considerado que o seu porte médio não é apropriado para cultivos com irrigação devido a maior predisposição ao acamamento em condições de alta fertilidade e boa disponibilidade de água no solo. Assim, esta linhagem deve ser utilizada em cruzamentos com parentais que possuem alelos de nanismo para a obtenção de progênes de menor porte.

Outra constatação de alteração de comportamento entre gerações, quanto a CGC, ocorreu com o cultivar BR 24 que apresentou valores de CGC positivos e significativos na geração  $F_2$  em todos os ambientes, com maior distinção em Patos de Minas, onde parece ter melhor desempenho quanto a produtividade de grãos. Por outro lado, o seu desempenho na geração  $F_1$  não foi bom em todos os ambientes avaliados. Além das qualidades de boa capacidade de combinação para a produção de grãos, vale ressaltar que este cultivar possui boa rigidez do colmo, o que lhe confere boa resistência ao acamamento, apesar do seu porte elevado. Exatamente por ser de estrutura alta, deve ser cruzado com outros genitores de porte baixo.

De todos os parentais utilizados neste trabalho, o BH 1146 é o parental em que mais se esperava um bom desempenho em condições de calor. Esta

expectativa fundamentava-se em informações sobre a sua tolerância a altas temperaturas desde o seu lançamento (Thibau, 1950). De fato, o seu desempenho, quando avaliado na geração  $F_2$ , confirma a expectativa quanto à sua tolerância ao calor, onde apresentou valores da CGC positivos e significativos na semeadura de verão nos dois locais avaliados. Outro fato que chamou a atenção foi a sua produtividade de grãos, colocando-o entre os parentais mais produtivos, principalmente nas épocas de semeadura de verão. O seu uso tem sofrido restrições devido ao seu elevado porte e fragilidade do colmo, o que o torna mais sensível ao acamamento em condições de alta fertilidade do solo e boa disponibilidade hídrica. Vale ressaltar que este cultivar foi obtido há mais de quatro décadas, sendo ainda utilizado em cultivo em alguns estados brasileiros e teve grande participação nos programas de melhoramento, principalmente como fonte de tolerância à acidez do solo.

Foi verificado que nem todos os parentais que apresentaram alta CGC tiveram um bom desempenho *per se*, no que se refere à produtividade de grãos. Isto é, a classificação dos parentais quanto a CGC não foi sempre similar aos seus desempenhos em produtividade de grãos. Esta falta de associação é explicada pela constatação dos efeitos não aditivos, significando a existência de certas combinações híbridas superiores para determinados genitores.

Como já comentado, ocorreram interações entre a CGC e os diferentes ambientes em que foram realizadas as avaliações. Para verificar quais as implicações dessas interações no trabalho dos melhoristas, foi efetuada a análise de variância das estimativas da CGC, considerando cada ambiente, locais e épocas, como sendo repetições. A partir dessas análises foi estimada a repetibilidade (Tabelas 10A), observando-se que os valores da repetibilidade média da CGC dos genitores do grupo I foi de 60,7% e para o grupo II foi de 88,0%. Destas informações, pode-se inferir que, com base na repetibilidade média obtida, o desempenho dos parentais quanto a CGC pode ser predito com

boa margem de segurança, tanto na época de verão quanto no outono. Assim, embora a interação CGC x ambientes tenha sido significativa, a implicação na identificação dos parentais superiores foi pequena. Adicionalmente, pode-se inferir que os programas de melhoramento para o Brasil-Central podem ser acelerados fazendo-se duas avaliações por ano, utilizando cada época de semeadura para a realização das seleções.

Vale ressaltar que a realização de seleções somente em ambientes com estresse de calor pode resultar na perda de alelos favoráveis à produção de grãos em ambientes sem estresse, levando à obtenção de linhagens de menor potencial de produção de grãos (Calhoun et al., 1994; Rosielle e Hamblin, 1981). Neste sentido, é consenso a utilização da média de ambientes com diferentes gradientes de estresse para permitir a seleção de genótipos com boa tolerância, sem perda no desempenho produtivo.

Combinações específicas refletem o grau de complementaridade alélica entre dois genitores. Para o melhorista, interessam aquelas combinações híbridas com alto valor positivo da CEC e que pelo menos um dos genitores tenha alta CGC. Neste contexto, podem ser ressaltadas as combinações CPAC 9186/EP 93541, Anahuac/BH 1146 e EP 9320/EP 93541, que envolvem ambos os genitores com alta CGC, além de sobressaírem em todos os ambientes. Também merece ser mencionado o cruzamento BR 26/EP 93541, com valores positivos em todos os ambientes, envolvendo a linhagem paterna EP 93541 com bom desempenho quanto a CGC. Quanto ao cruzamento Anahuac/BH 1146 deve ser ressaltado que ambos os parentais apresentam palha fraca, sugerindo o cruzamento de sua descendência com outro parental com boa performance ao calor, e que apresenta porte baixo, a exemplo da linhagem CPAC 9186 ou EP 9320.

Outros cruzamentos apresentaram bom desempenho na presença de calor ou somente no outono. Considerando o interesse maior neste trabalho para

tolerância ao calor, sobressaíram no verão os cruzamentos Anahuac/BR 24, BR 12/BR 24, CPAC 9186/EMBRAPA 21, EMBRAPA 22/BH 1146 e EP 9320/BR 24, com o envolvimento de pelo menos um parental com boa CGC.

Os resultados obtidos da análise dialéctica possibilitaram inferências quanto ao controle genético dos diversos caracteres, em especial da produção. Também foi possível inferir sobre as tendências de cada genitor quanto à tolerância ao calor. Entretanto, não possibilitou quantificar o grau de tolerância a esse estresse, sobretudo a respeito da redução da produtividade dos genitores e das populações resultantes do cruzamento entre eles.

Um dos índices mais utilizados para quantificar os efeitos do calor ou qualquer outro tipo de estresse foi proposto por Fischer e Maurer (1978). Além do índice proposto por estes autores, foram testados outros dois, propostos por Wardlaw, Dawson e Munibi (1989) e Melo (1982). Como os três conduziram a resultados muito próximos, optou-se por utilizar a percentagem de redução da produtividade de grãos proposta por Wardlaw, Dawson e Munibi (1989), por ser a de mais fácil interpretação.

Foi utilizada a produção de grãos, por ser este carácter de maior importância, além de que, para as demais características, os efeitos do calor não foram tão expressivos. Isto em parte concorda com o trabalho realizado por Zhong-hu e Rajaram (1994), em que foi verificado que a produtividade de grãos, o número de grãos por espiga, a biomassa e a altura das plantas foram mais termossensíveis, comparados com o número de espigas por planta, o peso de mil grãos e o peso hectolítrico. Uma das conclusões destes autores foi que as características de trigo diferem consideravelmente quanto à tolerância ao calor. Vários outros trabalhos com a cultura do trigo também obtiveram as mesmas conclusões (Shpiler e Blum, 1991; Dawson e Wardlaw, 1989; Wardlaw et al., 1989). Conforme afirmam Shpiler e Blum (1991), o índice de suscetibilidade ao

calor para cada um dos componentes não explica o índice de estresse para produtividade de grãos nos 21 cultivares avaliados em seu trabalho.

A percentagem de redução da produção de grãos (%R) foi obtida por local, haja vista a existência de interação com os locais (Tabelas 30 e 35). Contudo, pelos valores de %R foi constatado que o diferencial de tolerância entre os genitores e populações é acentuado em ambos os locais, evidenciando a ocorrência de variabilidade genética para este caráter, confirmando trabalhos semelhantes com a cultura do trigo (Wardlaw, 1994; Moffatt et al., 1990; Shukla et al., 1997; Blum et al., 1994; Fokar, Blum e Nguyen, 1998; Blum e Sinmena, 1994).

Considerando que a interação pais x épocas também foi expressiva, é preciso considerar que a interpretação do índice utilizado (%R) deve ser feita com cautela, visto que, em algumas situações, baixos valores da %R estão associados a baixas produtividades nos dois ambientes. Entretanto, alguns parentais como BH 1146, CPAC 9186, BR 24, EP 93541 e EMBRAPA 21 apresentaram média alta de produtividade de grãos associados a baixa redução (%R) pelo calor. Chama a atenção o fato dos parentais relacionados acima terem sobressaído também entre os genitores com maior CGC para produtividade de grãos. O cultivar EMBRAPA 21 sobressaiu somente quando avaliado com as populações  $F_1$ , não mantendo o mesmo desempenho na  $F_2$ . Vale ressaltar que este cultivar foi um dos que apresentaram piores desempenhos quanto a capacidade geral de combinação. O parental Anahuac merece ser destacado pelo seu bom desempenho na geração  $F_1$  nos dois locais, e na  $F_2$  em Lavras. Por outro lado, em Patos de Minas a sua média de produtividade de grãos no outono, na geração  $F_2$ , sofreu queda acentuada, em decorrência do acamamento intenso ocorrido neste local.

Nas populações híbridas, avaliadas nas gerações  $F_1$  ou  $F_2$ , todos os menores valores do índice de redução (%R) estão associados a produtividades

baixas em ambas as épocas de semeadura, ou seja, na presença ou ausência de calor. Nesta situação, ficou mais evidente a fragilidade do índice utilizado (%R) para discriminar a tolerância ao calor associada com a média de rendimento de grãos. Desse modo, deve-se tomar a decisão com relação à tolerância, considerando não só a estimativa do índice de redução, mas também a produtividade média na condição de estresse. Neste contexto, podem-se ressaltar os seguintes cruzamentos: Anahuac/BR 24, CPAC 9186/EP 9287, EMBRAPA 22/EP 93541, EMBRAPA 22/BH 1146, Anahuac/BH 1146, EP 9320/BH 1146, EP 9320/BR 24, Anahuac/EP 93541, EP 9320/EP 93541, BR 12/BR 24 e CPAC 9186/EP 93541. Novamente, chama a atenção o fato de que em todas as populações destacadas acima, um ou os dois parentais são de boa tolerância *per se* e estão associados à boa CGC.

Finalmente, vale comentar que é possível associar tolerância ao calor e elevada produtividade, como foi constatado para alguns dos parentais nas condições do estado de Minas Gerais. Esta constatação contradiz vários autores, que afirmam não ser possível incorporar alelos de tolerância a estresse sem perda no potencial produtivo.

## 6 CONCLUSÕES

- Os parentais utilizados respondem diferentemente sob estresse de calor, com destaques para Anahuac, BH 1146, BR 24, CPAC 9186 e EP 93541.
- Já as populações com maior grau de tolerância ao estresse de calor são Anahuac/BH 1146, Anahuac/BR 24, Anahuac/EP 93541, BR 12/BR 24, CPAC 9186/EP 9287, CPAC 9186/EP 93541, EMBRAPA 22/BH 1146, EMBRAPA 22/EP 93541, EP 9320/BH 1146, EP 9320/BR 24 e EP9320/EP93541.
- Tanto os efeitos aditivos como não aditivos são importantes no controle genético da produção de grãos, na presença e na ausência de estresse de calor, principalmente nos estádios compreendidos entre a germinação e a antese.
- Em programas de melhoramento visando a tolerância ao calor, os parentais que devem participar da hibridação são CPAC 9186, EP 9320, EP 93541, Anahuac, BH 1146 e BR 24, em função das maiores estimativas da capacidade geral de combinação sob condições de calor.
- Apesar da ocorrência de interação populações x épocas de semeadura, a repetibilidade das estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação permite inferir a possibilidade de acelerar os programas de melhoramento do trigo no Brasil-Central, conduzindo dois ciclos seletivos por ano na semeadura de verão e no outono.



## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLA, O. S.; CROSSA, J.; AUTRIQUE, E.; DELACY, I. H. Relationships among international testing sites of spring durum wheat. *Crop Science*, Madison, v.36, n.1, p.33-40, Jan./Feb. 1996.
- ABREU, A. F. B. **Predição do potencial genético de populações segregantes do feijoeiro utilizando genitores inter-raciais.** Lavras: UFLA, 1997. 79p. (Tese- Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- ACEVEDO, E.; NACHIT, M.; FERRARA, G. O. Effects of heat stress on wheat and possible selection tools for use in breeding for tolerance. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE: Wheat for the nontraditional warm areas, 1990**, Foz do Iguaçu, Brasil. *Proceedings...*, Mexico: CIMMYT, 1991. p.401-421.
- AL-KHATIB, K.; PAULSEN, G. M. High temperature effects on photosynthetic processes in temperate and tropical cereals. *Crop Science*, Madison, v.39, n.1, p.119-125, Jan./Feb. 1999.
- AL-KHATIB, K.; PAULSEN, G. M. Photosynthesis and productivity during high-temperature stress of wheat genotypes from major world regions. *Crop Science*, Madison, v.30, n.5, p.1127-1132, Sep./Oct. 1990.
- ALLAN, R. E.; VOGEL, O. A.; PETERSON JR., C. J. Seedling emergence rate of fall-sown wheat and its association with plant height and coleoptile length. *Agronomy Journal*, Madison, v.54, n.4, p.347-350, Jul./Aug. 1962.
- AMIR, J.; SINCLAIR, T. R. A model of the temperature and solar radiation effects on spring wheat growth and yield. *Field Crops Research*, Amsterdam, v.28, p.47-58. 1991.
- ANDERSON, V. L.; KEMPTHORNE, O. A model for the study of quantitative inheritance. *Genetics*, Austin, v.39, p.883-898, 1954.
- AUDE, M. I. S.; MARCHEZAN, E; MAIRESSE, L. A. S.; BISOGNIN, D. A.; CIMA, R. J.; ZANINI, W. Taxa de acúmulo de matéria seca e duração do período de enchimento de grão do trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.29, n.10, p.1533-1539, out. 1994.

- BAENZIGER, P. S.; PETERSON, C. J. Genetic variation: its origin and use for breeding self-pollinated species. In: Plant Breeding in the 1990's. SYMPOSIUM ON PLANT BREEDING IN THE 1990's, North Carolina, 1991. Proceedings ..., Wallingfor: CAB Intertional, 1992. p.69-92.
- BAKER, R. J. Issues in diallel analysis. *Crop Science*, Madison, v.18, n.4, p.533-536, Jul./Aug. 1978.
- BARBOSA, M. H. P. Capacidade combinatória e comparação entre critérios de seleção de clones de batata (*Solanum tuberosum*, L.). Lavras: UFLA, 1996. 141p. (Tese - Doutorado em Agronomia).
- BASFORD, K. E.; COOPER, M. Genotype x environment interactions and some considerations of their implications for breeding in Australia. *Australian Journal Agricultural Research*, Victoria, v.49, n.2, p.153-174, 1998.
- BAUER, A.; FRANK, A. B.; BLACK, A. L. Estimation of spring wheat leaf growth rates and anthesis from air temperature. *Agronomy Journal*, Madison, v.76, n.5, p.829-835, Sep./Oct. 1984.
- BAYMA, C. Trigo. Rio de Janeiro: SAI/Ministério da Agricultura, 1960, v.1, 361p.
- BHATT, G. M. Heterotic performance and combining ability in a diallel cross among spring wheats (*Triticum aestivum*, L.). *Australian Journal Agricultural Research*, Victoria, v.22, n.3, 1971.
- BIDINGER, F. R.; MUSGRAVE, R. B.; FISCHER, R. A. Contribution of stored preanthesis assimilates to grain yield in wheat and barley. *Nature*, London, v.270, n.5636, p.431-433, Dec. 1977.
- BLUM, A. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization. *Euphytica*, Wageningen, v.100, n.1, p.77-83, Jan. 1998.
- BLUM, A.; SINMENA, B. Wheat seed endosperm utilization under heat stress and its relation to thermotolerance in the autotrophic plant. *Field Crops Research*, Amsterdam, v.37, n.3, p.185-191, 1994.
- BLUM, A.; SINMENA, B.; MAYER, J.; GOLAN, G.; SHPILER, L. Stem reserve mobilization supports wheat-grain filling under heat stress. *Australian Journal Plant Physiology*, Collingwood, v.21, n.4, p.771-781, 1994.

- BORÉM, A.** Melhoramento de plantas. Viçosa: UFV, 1997. 547p.
- BORGHI, B.; PRENZIN, M.; NASH, R. J.** Combining ability estimates in bread wheat and performance of 100 F<sub>1</sub> híbridos produced using a chemical hybridising agent. *Journal Genetic & Breeding*, Rome, v.43, n.1, p.11-16, Jan 1989.
- BRAUN, H. J.; RAJARAM, S.; VANGINKEL, M.** CIMMYT's approach to breeding for wide adaptation. *Euphytica*, Wageningen, v. 92, n.1/2, p.175-183, 1996.
- BRIGGLE, L. W.; CURTIS, B. C.** Wheat worldwide. In: HEYNE, E. G. (ed.). *Wheat and wheat improvement*. 2.ed. Madison: American Society Agronomy, 1987. p.1-32.
- BRUCKNER, P. L.; FROHBERG, R. C.** Stress tolerance and adaptation in spring wheat. *Crop Science*, Madison, v.27, n.1, p.31-36, Jan./Feb. 1987.
- BUSCH, R. H.; JANKE, J. C.; FROHBERG, R. C.** Evaluation of crosses among high and yielding parents of spring wheat (*Triticum aestivum*, L.) and bulk prediction of line performance. *Crop Science*, Madison, v.14, n.1, p.47-50, Jan./Feb. 1974.
- CALHOUN, D. S.; GEBEYEHU, G.; MIRANDA, A.; RAJARAM, S.; VanGINKEL, M.** Choosing evaluation environments to increase wheat grain yield under drought conditions. *Crop Science*, Madison, v.34, n.3, p.673-678, Mai./Jun. 1994.
- CECCARELLI, S.** Specific adaptation and breeding for marginal conditions. *Euphytica*, Wageningen, v.77, n.3, p.205-219, 1994.
- COMISSÃO CENTRO-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO.** *Recomendações da Comissão Centro-Brasileira de Pesquisa de Trigo para os anos de 1999/2000*. Belo Horizonte: EPAMIG, 1999. 74p. (EPAMIG. Documentos, 33).
- COOPER, R. L.** Mejoramiento por rendimiento en soya: prueba de generacion temprana e adaptacion especifica a ambientes de alto rendimiento versus ambientes de bajo rendimiento. In: BEEBE, S. (ed.), *Temas atuais en mejoramiento genetico del frijol comum: programa del frijol*. Cali: CIAT, 1989. p.301-323. (Documento de trabajo, 47)

- CREGAN, P. B.; BUSCH, R. H.** Early generation bulk hybrid yield testing of adapted hard red spring wheat crosses. *Crop Science, Madison*, v.17, n.6, p.887-891, Nov./Dec. 1977.
- CREGAN, P. B.; BUSCH, R. H.** Heterosis, inbreeding, and line performance in crosses of adapted spring wheats. *Crop Science, Madison*, v.18, n.2, p.247-251, Mar./Apr. 1978.
- CRUZ, C. D.** Programa GENES: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 1997. 442p.
- CRUZ, C. D.; CASTOLDI, F.** Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa. *Revista Ceres, Viçosa*, v.38, n.219, p.422-430, set./out. 1991.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.** Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV, 1994. 390p.
- CRUZ, P. J.; CARVALHO, F. I. F.; FEDERIZZI, L. C.** Efeitos de populações e métodos de seleção aplicados em gerações segregantes de trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, v.18, n.8, p.533-541, maio 1983.
- DARROCH, B. A.; BAKER, R. J.** Two measures of grain filling in spring wheat. *Crop Science, Madison*, v.35, n.1, p.164-168, Jan./Feb. 1995.
- DAWSON, I. A.; WARDLAW, I. F.** The tolerance of wheat to high temperature during reproductive growth. III. Booting to anthesis. *Australian Journal Agricultural Research, Victoria*, v.40, n.5, p.965-980, 1989.
- DUBIN, H. J.; RAJARAM, S.** Breeding disease-resistant wheats for tropical highlands and lowlands. *Annual Review Phytopathology, Palo Alto*, v.34, p.503-526, 1996.
- DUVICK, D.** Plant breeding, an evolutionary concept. *Crop Science, Madison*, v.36, n.3, p.539-548, Mai./Jun. 1996.
- FABRIZIUS, M. A.; BUSH, R. H.; KHAN, K.; HUCKLE, L.** Genetic diversity and heterosis of spring wheat crosses. *Crop Science, Madison*, v.38, n.4, p.1108-1112, July./Aug. 1998.

- FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Tradução de M. A. SILVA, & J. C. SILVA. Viçosa: UFV, 1981. 279p. Tradução de : **Introduction the quantitative genetic**.
- FEDERIZZI, L. C.; MILACH, S. C. K.; BARBOSA NETO, J. F.; PACHECO, M. T. **Melhoramento genético de trigo e aveia no Brasil**. In: SIMPÓSIO SOBRE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1997 Lavras. Anais... Lavras: UFLA, 1997. p.129-146.
- FELDMAN, M. **Wheats: *Triticum* ssp. (Gramineae - Triticinae)**. In: SIMMONDS, N.W. **Evolution of crop plants**. London: Longman, 1979. p.128-130.
- FERRARA, G. O. **Bread wheat breeding for the dryland areas of west Asia and north Africa**. In: TALLER DEL MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA SEQUIA EN TRIGO, 1989, Marcos Juarez. **Memoria...** Mexico: CIMMYT, 1991. p.177-187.
- FERREIRA, D. F.; RIBEIRO, F. E.; RAMALHO, M. A. P. **Uso do índice de seleção no melhoramento do feijoeiro**. **Ciência e Prática**, Lavras, v.19, n.1, p.43-47, jan./mar. 1995.
- FERREIRA, D. F.; ZAMBALDE, A. L. **Simplificação das análises de algumas técnicas especiais da experimentação agropecuária no Mapgen e softwares correlatos**. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE INFORMÁTICA APLICADA A AGROPECUÁRIA E AGROINDÚSTRIA, 1., 1997, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBIAAA, 1997. p.285-291.
- FISCHER, R. A. **Physiological limitations to producing wheat in semitropical and tropical environments and possible selection criteria**. In: INTERNATIONAL SIMPOSIUM OF WHEATS FOR MORE TROPICAL ENVIRONMENTS, 1985, Mexico. **Proceedings...**, Mexico: CIMMYT, 1985. p.209-230.
- FISCHER, R. A.; MAURER, R. D. **Crop temperature modification and yield potencial in a dwarf spring wheat**. **Crop Science**, Madison, v.16, n.6, p.855-859, Nov./Dec. 1976.
- FISCHER, R. A.; MAURER, R. D. **Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response**. **Australian Journal Agricultural Research**, Victoria, v.29, n.5, p.897-907, Set. 1978.

- FOKAR, M.; BLUM, A.; NGUYEN, H. T. Heat tolerance in spring wheat. II. Grain filling. *Euphytica*, Wageningen, v.104, n.1, p.9-15, 1998.
- FOKAR, M.; NGUYEN, H. T; BLUM, A. Heat tolerance in spring wheat. I. Estimating cellular thermotolerance and its heritability. *Euphytica*, Wageningen, v.104, n.1, p.1-8, 1998.
- GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics*, Raleigh, v.22, n.3, p.439-452, Sept. 1966.
- GAUCH, H. G.; ZOBEL, R. W. Identifying mega-environments and targeting genotypes. *Crop Science*, Madison, v.37, n.2, p.311-326, Mar./Apr. 1997.
- GOMES, F. P. *Curso de estatística experimental*, 10.ed. Piracicaba: Nobel, 1982. 466p.
- GRIEDER, A. A cultura do trigo em Minas. *Boletim de Agricultura, Zootecnia e Veterinária*, Belo Horizonte, v.2, n.7/8, p.18-45, jul./ago. 1929.
- GRIEDER, A. Centeio, trigo, cevada e aveia. *Boletim de Agricultura, Zootecnia e Veterinária*, Belo Horizonte, v.4, n.1/3, p.5-34, jan./mar. 1931a.
- GRIEDER, A. Centeio, trigo, cevada e aveia. *Boletim de Agricultura, Zootecnia e Veterinária*, Belo Horizonte, v.4, n.4/6, p.11-29, abr./maio 1931b.
- GRIEDER, A. Centeio, trigo, cevada e aveia. *Boletim de Agricultura, Zootecnia e Veterinária*, Belo Horizonte, v.4, n.7/9, p.11-40, jul./set. 1931c.
- GRIEDER, A. Centeio, trigo, cevada e aveia. *Boletim de Agricultura, Zootecnia e Veterinária*, Belo Horizonte, v.5, n.4, p.3-33, abr. 1932a.
- GRIEDER, A. Centeio, trigo, cevada e aveia. *Boletim de Agricultura, Zootecnia e Veterinária*, Belo Horizonte, v.5, n.5, p.5-20, maio 1932b.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences*, Melbourne, v.9, p.463-493, 1956.

- HAWKER, J. S.; JENNER, C. F. High temperature affects the activity of enzymes in the committed pathway of starch synthesis in developing wheat endosperm. *Australian Journal of Plant Physiology*, Collingwood, v.20, n.2, p.197-209, 1993.
- HAY, R. K. M.; KIRBY, E. J. M. Convergence and synchrony- A review of the coordination of development in wheat. *Australian Journal Agricultural Research*, Victoria, v.42, n.5, p.661-700, 1991.
- HAYMAN, B. I. The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics*, Austin, v.39, p.789-809, 1954.
- INAGAKI, M. N.; VARUGHESE, G.; RAJARAM, S.; VanGINKEL, M.; MUJEEB-KAZI, A. Comparison of bread wheat lines selected by doubled haploid, single-seed descent and pedigree selection methods. *Theoretical Applied Genetic*, Viena, v.97, n.4, p.550-556, Sept. 1998.
- JENSEN, N. F. *Plant breeding methodology*. New York: J. Wiley, 1988. 676p.
- JINKS, J. L.; POONI, H. S. Predicting the properties of recombinant inbred lines derived by single seed descent. *Heredity*, Edinburgh, v.36, n.2, p.253-266, 1976.
- KANG, M. S. Using genotype by environment interaction for crops cultivar development. *Advances in Agronomy*, San Diego, v. 62, p.199-252, 1998.
- KIMBER, G.; SEARS, E. R. Evolution in the Genus *Triticum* and the origin of cultivated wheat. In: HEYNE, E. G. (ed.), *Wheat and wheat improvement*, 2 ed. Madison: American Society Agronomy, 1987. p.154-164.
- KINIRY, J. R. Nonstructural carbohydrate utilization by wheat shaded during grain growth. *Agronomy Journal*, Madison, v.85, n.4, p.844-849, July/Aug. 1993.
- KLEPER, B.; RICKMAN, R. W.; WALDMAN, S.; CHEVALIER, P. The physiological life cycle of wheat: its use in breeding and crop management. *Euphytica*, Wageningen, v. 100, n.1, p.341-347, Jan. 1998.
- KNOTT, D. R. The application of breeding procedures to wheat. In: HEYNE, E. G. (ed.), *Wheat and wheat improvement*, 2ed. Madison: American Society Agronomy, 1987. p.419-427.

- KRIEG, D. R. Stress tolerance mechanisms in above ground organs. In: **WORKSHOP ON ADAPTATION OF PLANTS TO SOIL STRESSES**, 1994, Lincoln. **Proceedings ...** Lincoln: University of Nebraska, 1994. p.65-79.
- KUIPER, P. J. C. Lipids in grape roots in relation to chloride transport. **Plant Physiology**, v.43, n.9, p.1367-1371, Sept., 1968.
- LAGOS, M. B. **História do melhoramento do trigo no Brasil**. Porto Alegre: IPAGRO, 1983. p.80.
- LERSTEN, N. R. Morphology and anatomy of the wheat plant. In: HEYNE, E. G. (ed.). **Wheat and wheat improvement**. 2ed. Madison: American Society Agronomy, 1987. p.33-76.
- LIMA, M. W. P. **Alternativa de escolha de populações de milho para extração de linhagens**. Lavras: UFLA, 1999. 49p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- LIN, C. Y.; CHEN, Y. M.; KEY, J. L. Solute leakage in soybean seedlings under various heat shock regimes. **Plant Cell Physiology**, Kioto, v.26, n.8, p.1493-1498, Dec. 1985.
- LOSS, S. P.; SIDDIQUE, K. H. M. Morphological and physiological traits associated with wheat yield increases in Mediterranean environments, **Advances in Agronomy**, San Diego, v.52, p.229-277, 1994.
- LUPTON, F. G. H. Studies in the breeding of pollinating cereals. 5. Use of incomplete diallel in wheat breeding. **Euphytica**, Wageningen, v.14, p.331-352, 1965.
- MARCUM, K. B. Cell membrane thermostability and whole-plant heat tolerance of kentucky bluegrass. **Crop Science**, Madison, v.38, n.5, p.1214-1218, Sept./Oct. 1998.
- MATHER, K; JINKS, J. L. **Biometrical genetics**. New York: Cornell University Press, 1971. 382p.
- McMASTER, G. S. Phenology, development, and growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) shoot apex: a review. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.59, p.63-118, 1997.



- MELO, B. Tolerância da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) a saturação de alumínio, em condições de casa de vegetação, para solo de cerrado. Lavras: ESAL, 1982. 56p. (Tese - Mestrado em Fitotecnia).
- MENEZES, C. B. Escolha de genitores e seleção de clones de batata para as safras de inverno e das águas. Lavras :UFLA, 1999. 117p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- MIDMORE, D. J.; CARTWRIGHT, P. M.; FISCHER, R. A. Wheat in tropical environments. II. Crop growth and grain yield. *Field Crop Research*, Amsterdam, v.8, p.207-227, 1984.
- MIRANDA FILHO, J. B.; CHAVES, L. Analysis of diallel crosses with F<sub>2</sub> generations. *Brasilian Journal of Genetics*, Ribeirão Preto, v.19, n.1, p.127-132, March 1996.
- MOFFATT, J. M.; SEARS, R. G.; COX, T. S.; PAULSEN, G. M. Wheat high temperature tolerance during reproductive growth. II. Genetic analysis of chlorophyll fluorescence. *Crop Science*, Madison, v.30, n.4, p.886-889, July/Aug. 1990.
- MOFFATT, J. M.; SEARS, R. G.; PAULSEN, G. M. Wheat high temperature tolerance during reproductive growth. I. Evaluating by chlorophyll fluorescence. *Crop Science*, Madison, v.30, n.4, p.881-885, Jul./Aug. 1990.
- MORAES FERNANDES, M. I. B. Domesticar o grão. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v.3, n.17, p.36-46, mar./abr. 1985.
- MOTA, F. S. Clima e zoneamento para a triticultura no Brasil. In: OSÓRIO, E. A. (ed.). *Trigo no Brasil*. Campinas: Fundação Cargill, 1982. p.27-61.
- MOURA, P. A. M.; PIRES, E. T.; LIMA, M. L. P. Considerações econômicas e estatísticas sobre o trigo. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.5, n.50, p.3-8, fev. 1979.
- NAYEEM, K. A.; MAHAJAN, A. R. Screening for high temperature tolerance in wheat species through seedling vigour index and coleoptile length. *Indian Journal Genetic*, New Delhi, v.51, n.3, p.363-369, 1991.

- NEDEL, J. L. Progresso genético no rendimento de grãos de cultivares lançadas para cultivo entre 1940 a 1992. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.29, n.10, p.1565-1570, out. 1994.
- NEI, M. The efficiency of haploid method of plant breeding. *Heredity*, Essex, v.18, p.95-100, 1963.
- NETTEVICH, E. D. The problem of using heterosis of wheat (*Triticum aestivum*). *Euphytica*, Wageningen, v.17, n.1, p.54-62, Apr. 1968.
- OLIVEIRA, L. B.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; FERREIRA, D. F. Alternative procedures for parent choice in a breeding program for the common bean (*Phaseolus vulgaris*, L.). *Brasilian Journal of Genetics*, Ribeirão Preto, v.19, n.4, p.611-615, Dec. 1996.
- PHILLIPS, R. L. Unconventional sources of genetic diversity: de novo variation and elevated epistasis. In: BOREM, A.; DEL GIUDICE, M. P.; SAKIYAMA, N. S. *Plant Breeding in the Turn of the Millennium*, Viçosa: UFV, 1999. p.103-132.
- PORTER, D. R.; NGUYEN, H.T.; BURKE, J. J. Genetic control of acquired high temperature tolerance in winter wheat. *Euphytica*, Wageningen, v.83, n.2, p.153-157, 1995.
- PORTER, D. R.; NGUYEN, H. T.; BURKE, J. J. Quantifying acquired thermal tolerance in winter wheat. *Crop Science*, Madison, v.34, n.6, p.1686-1689, Nov./Dec. 1994.
- RAJARAM, S. Mejoramiento de trigo para obtener tolerancia a la sequia: perspectivas y opiniones. In: TALLER DEL MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA SEQUIA EN TRIGO, 1989, Marcos Juarez. *Memoria...* Mexico: CIMMYT, 1991. p.149-162.
- RAMALHO, M. A. P. Melhoramento do feijoeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, Lavras, 1997. *Anais...* Lavras: UFLA, 1997. p.167-196.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. O. *Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro*. Goiânia: UFG, 1993. 271p.

- RASMUSSEN, D. C.; PHILLIPS, R. L. Plant breeding progress and genetic diversity from de novo variation and elevated epistasis. *Crop Science*, Madison, v.37, n.2, p.303-310, March/April 1997.
- RAWSON, H. M.B. High temperature tolerant wheat: a description of variation and a search for some limitations for productivity. *Field Crops Research*, Amsterdam, v.14, p.197-212, 1986
- REIS, W. P. **Divergência genética entre cultivares de trigo recomendados no Brasil.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1998. 77p. (Tese - Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- REYNOLDS, M. P.; BALOTA, M.; DELGADO, M. I. B.; AMANI, I.; FISHER, R. A. Physiological and morphological traits associated with spring wheat yield under hot, irrigated conditions. *Australian Journal of Plant Physiology*, Collingwood, v.21, n.4, p.717-730, 1994.
- REYNOLDS, M. P.; SINGH, R. P.; IBRAHIM, A.; AGEEB, O. A. A.; LARQUÉ-SAAVEDRA, A.; QUICK, J. S. Evaluating physiological traits to complement empirical selection for wheat in warm environments. *Euphytica*, Wageningen, v.100, n.1/3, p.85-94, 1998.
- ROSIELLE, A. A.; HAMBLIN, J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*, Madison, v.21, n.6, p.943-946, Nov./Dec. 1981.
- SAADALLA, M. M.; QUICK, J. S.; SHANAHAN, J. F. Heat tolerance in winter wheat. II. Membrane thermostability and field performance. *Crop Science*, Madison, v.30, n.6, p.1248-1251, Nov./Dec. 1990.
- SAADALLA, M. M.; SHANAHAN, J. F.; QUICK, J. S. Heat tolerance in winter. I. Hardening and genetics effects on membrane thermostability. *Crop Science*, Madison, v.30, n.6, p.1243-1247, Nov./Dec. 1990.
- SANTOS, J. B. **Controle genético de caracteres agronômicos e potencialidade de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.) para o melhoramento genético.** Piracicaba: ESALQ, 1984. 223p. (Tese - Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).

- SCHEEREN, P. L.; CARVALHO, F. I. F.; FEDERIZZI, L. C.** Análise da capacidade combinatória de seis caracteres adaptativos em trigo (*Triticum aestivum*, L). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.30, n.6, p.831-846, jun. 1995.
- SCHNEIDER, K. A.; BROTHERS, M. E.; KELLY, J. D.** Marker-assisted selection to improve drought resistance in common bean. *Crop Science*, Madison, v.37, n.1, p.51-60, Jan./Feb. 1997.
- SHAKIBA, M. R.; EHDAIE, B.; MADORE, M. A.; WAINES, J. G.** Contribution of internode reserves to grain yield in a tall and semidwarf spring wheat. *Journal of Genetic & Breeding*, Rome, v.50, n.1, p.91-100, Mar. 1996.
- SHPILER, L.; BLUM, A.** Differential reaction of wheat cultivars to hot environments. *Euphytica*, Wageningen, v.35, n.2, p.483-492, june 1986.
- SHPILER, L.; BLUM, A.** Heat tolerance for yield and its components in different wheat cultivars. *Euphytica*, Wageningen, v.51, n.3, p.257-263, Dez. 1991.
- SHUKLA, D. S.; GUPTA, N. K.; KAPASHI, S. B.; DESHMUKH, P. S.; SAIRAM, R. K.; PANDE, P. C.** Relationship between stem reserves and grain development in terminal heat stress susceptible and tolerant wheat genotypes. *Indian Journal Plant Physiology*, New Delhi, v.2, n.1, p.36-40, Jan./Mar. 1997.
- SILVA, A. R.** Melhoramento das variedades de trigo destinadas às diferentes regiões do Brasil. Rio de Janeiro: SAI/Ministério da Agricultura, 1966. 82p.
- SILVA, A. R.; ANDRADE, J. M. V.** A cultura do trigo com irrigação por infiltração em Minas Gerais, *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.5, n.50, p.55-60, fev. 1979.
- SIMMONS, S. R.** Growth, development, and physiology. In: HEYNE, E. G. (Ed.). *Wheat and Wheat Improvement*, 2.ed, Madison: American Society Agricultural, 1987. p.77-113.
- SINGH, K. N.; SINGH, T. B.** Effectiveness of individual plant selection in early generations of bread wheat. *Indian Journal of Genetic*, New Delhi, v.57, n.4, p.411-414, Nov. 1997.

- SINGH, O.; GOWDA, C. L. L.; ESTHI, S. C. DASGUPTA, T.; SMITHSON, J. B. Genetic analysis of agronomic characters in chickpea. I. Estimates of genetic variances from de diallel mating designs. *Theoretical Applied Genetic*, Viena, v. 83, p.956-962, 1992
- SINGH, O.; PARODA, R. S. A comparison of different diallel analysis. *Theoretical Applied Genetic*, Viena, v.67, p.541-545, 1984.
- SINGH, R. P.; RAJARAM, S.; MIRANDA, A.; HUERTA-ESPINO, J.; AUTRIQUE, E. Comparison of two crossing and four selection schemes for yield, yield traits, and slow rusting resistance to leaf rust in the wheat. *Euphytica*, Wageningen, v.100, n.1/3, p.35-43, 1998.
- SNIJDERS, C. H. A. Diallel analysis of resistance to head blight caused by *Fusarium culmorum* in winter wheat. *Euphytica*, Wageningen, v.50, n.1, p.1-9, Oct. 1990.
- SOARES SOBRINHO, J.; SOUZA, M. A. Origem, descrição botânica e desenvolvimento do trigo. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.9, n.97, p.9-13, jan. 1983.
- SOUSA, C. N. A. Relação das cultivares comerciais de trigo no Brasil de 1922 a 1997. Passo Fundo: EMBRAPA/CNPT, 1997. 46p. (EMBRAPA/CNPT. Documentos, 39).
- SOUZA, E. A. Controle genético de alguns caracteres do feijoeiro. Lavras:UFLA, 1993. 105p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- SOUZA, M. A. Variedades de trigo para Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.5, n.50, p.28-31, fev. 1979.
- SPRAGUE, G. F.; TATUM, L. A. General vs. specific combination ability in single crosses of com. *Journal American Society Agronomy*, Washington, v.34, n.10, p.923-932, 1942.
- STELMAKH, A. F. Genetic effects of Vm genes on heading date and agronomic traits in bread wheat. *Euphytica*, Wageningen, v.65, n.1, p.53-60, 1993.

- THIBAU, C. E. A cultura do trigo e sua importância para Minas Gerais. Belo Horizonte: Departamento de Produção Vegetal/Secretaria da Agricultura, Indústria, Comércio e Trabalho, 1950. 39p.
- TRILLER, C. Previsão do potencial genético de cruzamento em soja pela geração F<sub>3</sub>. Londrina: UEL/EMBRAPA/IAPAR, 1994. 133p. (Dissertação-Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- TROYER, A. F. Breeding widely adapted, popular maize hybrids. *Euphytica*, Wageningen, v.92, n. 1/2, p.163-174, 1996.
- VanGINKEL, M.; SCHAREN, A. L. Diallel analysis of resistance to *Septoria tritici* isolates in durum wheat. *Euphytica*, Wageningen, v.38, n.1, p.31-37, Mar./Apr. 1988.
- VanOEVEREN, A. J. A comparison between single seed descent and early cross selection in wheat breeding. *Euphytica*, Wageningen, v.64, n. 1/2, p.91-97, 1992.
- VENCOVSKY, R; BARRIGA, P. Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto: Revista Brasileira de Genética, 1992. 496p.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. *Melhoramento e Produção de Milho no Brasil*. 2.ed., Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.137-209.
- VIANA, J. M. S.; CRUZ, C. D. Combined selection in early generation testing of self-pollinated plants. *Brasilian Journal of Genetics*, Ribeirão Preto, v.20, n.4, p.673-681, Dec. 1997.
- WARDLAW, I. F. The effect of high temperature on kernel development in wheat: variability related to pre-heading and pos-anthesis conditions. *Australian Journal Plant Physiology*, Collingwood, v.21, n.4, p.731-739, 1994.
- WARDLAW, I. F.; MONCUR, L. The response of wheat to high temperature following anthesis. I. The rate and duration of kernel filling. *Australian Journal Plant Physiology*, Collingwood, v.22, n.3, p.391-397, 1995.

- WARDLAW, I. F.; DAWSON, I. A.; MUNIBI, P. The tolerance of wheat to high temperatures during reproductive growth. II. Grain development. *Australian Journal Agricultural Research*, Victoria, v.40, n.1, p.15-24, 1989.
- WARDLAW, I. F.; DAWSON, I. A.; MUNIBI, P.; FEWTER, R. The tolerance of wheat to high temperatures during reproductive growth. I. Survey procedures and general responses patterns. *Australian Journal Agricultural Research*, Victoria, v.40, n.1, p.1-5, 1989.
- WARRINGTON, I. J.; DUNSTONE, R. L.; GREEN, L. M. Temperature effects at three developmental stages on yield of the wheat ear. *Australian J. Agric. Res.*, Victoria, v.28, n.1, p.11-27, 1977.
- WIDNER, J. N.; LEBSOCK, K. L. Combining ability in durum wheat. I Agronomic characteristics. *Crop Science*, Madison, v.13, n. 2, p.164-167, Mar./Apr. 1973.
- WIEGAND, C. L.; CUELLAR, J. A. Duration of grain filling and kernel weight of wheat as affected by temperature. *Crop Science*, Madison, v.21, n.1, p.95-101, Jan./Feb. 1981.
- WOBETO, C. Padrão de afilamento, sobrevivência de afilhos e suas relações com rendimento de grãos de trigo. Porto Alegre: UFRS, 1994. 102p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia)
- WORLAND, A. J. The influence of flowering time genes on environmental adaptability in European wheats. *Euphytica*, Wageningen, v.89, n.1, p.49-57, 1996.
- WRICKE, G.; WEBER, W. E. Quantitative genetics and selection in plant breeding. Berlin: Gruyter, 1986. p.406.
- YAN, W.; HUNT, L. A. Genotype by environment interaction and crop yield. *Plant Breeding Reviews*, Rome, v.16, p.135-178, 1998.
- ZHONG-HU, H.; RAJARAM, S. Differential responses of bread wheat characters to high temperature. *Euphytica*, Wageningen, v.72, n.3, p.197-203, 1994.

## 8 APÊNDICE

- TABELA 1A** Resumo das análises de variância, por local e por época de semeadura, de várias características de trigo proveniente de um cruzamento dialelo avaliado na geração  $F_1$ .
- TABELA 2A** Resumo das análises de variância, por local e por época de semeadura, de várias características de trigo proveniente de um cruzamento dialelo avaliado na geração  $F_2$ .
- TABELA 3A** Resumo das análises de variância conjunta dos dados de três características de trigo, em populações  $F_1$  e seus genitores, em Lavras e Patos de Minas, nas épocas de verão e inverno.
- TABELA 4A** Resumo das análises de variância conjunta da interação tratamentos x ambientes de três características de trigo em populações  $F_1$  e seus genitores, em Lavras e Patos de Minas, nas épocas de verão e inverno.
- TABELA 5A** Resumo das análises de variância conjunta dos dados de três características de trigo, em populações  $F_1$  e seus genitores, em Lavras e Patos de Minas, nas épocas de verão e inverno.
- TABELA 6A** Resumo das análises de variância conjunta da interação tratamentos x ambientes, de três características de trigo, em populações  $F_1$  e seus genitores, em Lavras e Patos de Minas, nas épocas de verão e inverno.
- TABELA 7A** Resumo das análises de variância conjunta de quatro características de trigo, em populações  $F_2$  e seus genitores, em Lavras e Patos de Minas, nas épocas de verão e inverno.
- TABELA 8A** Resumo das análises de variância conjunta da interação tratamentos x ambientes de quatro características de trigo, em populações  $F_2$  e seus genitores, em Lavras e Patos de Minas, nas épocas de verão e inverno.
- TABELA 9A** Resumo das análises de variância conjunta de duas características de trigo, em populações  $F_2$  e seus genitores, em Lavras, nas épocas de verão e inverno.



TABELA 1A Resumo das análises de variância, por local e por época de semeadura, de várias características de trigo proveniente de um cruzamento dialelo avaliado na geração F<sub>1</sub>.

| Locais e caracteres                     | Tratamentos |             | Erro |          | Média | CV (%) |
|---|-------------|-------------|------|----------|-------|--------|
|   | GL          | QM          | GL   | QM       |       |        |
| <b><u>Lavras-Verão/97</u></b>           | 63          |             |      |          |       |        |
| Produção (g/20 plantas)                 | 63          | 3215,340*   | 49   | 1744,947 | 345   | 12,12  |
| Nº de grãos/espiga                      | 63          | 109,648**   | 49   | 16,847   | 47,8  | 8,58   |
| Peso de mil grãos (g)                   | 63          | 30,786**    | 49   | 8,623    | 42,4  | 6,93   |
| Nº de espigas por planta                | 63          | 5,259ns     | 49   | 3,380    | 8,6   | 21,49  |
| Altura das plantas (cm)                 | 63          | 105,217**   | 49   | 13,831   | 68,9  | 5,39   |
| Ciclo até antese (dias)                 | 63          | 37,799**    | 49   | 5,030    | 51,4  | 4,37   |
| <b><u>Lavras-Inverno/97</u></b>         |             |             |      |          |       |        |
| Produção (g/20 plantas)                 | 63          | 15881,751** | 49   | 7105,312 | 630   | 13,38  |
| Nº de grãos/espiga                      | 63          | 166,592**   | 49   | 22,892   | 68,2  | 7,01   |
| Peso de mil grãos (g)                   | 63          | 29,431**    | 49   | 4,557    | 49,2  | 4,34   |
| Nº de espigas por planta                | 63          | 7,510**     | 49   | 2,689    | 11,8  | 13,87  |
| Altura das plantas (cm)                 | 63          | 318,611**   | 49   | 9,011    | 102,8 | 2,92   |
| Ciclo até antese (dias)                 | 63          | 9,827**     | 49   | 1,802    | 63,9  | 2,10   |
| <b><u>Patos de Minas-Verão/97</u></b>   |             |             |      |          |       |        |
| Produção (g/20 plantas)                 | 63          | 4034,476**  | 49   | 1855,051 | 384   | 11,21  |
| Nº de grãos/espiga                      | 63          | 77,527**    | 49   | 12,899   | 43,7  | 8,22   |
| Peso de mil grãos (g)                   | 63          | 20,435**    | 49   | 2,550    | 42,8  | 3,73   |
| Nº de espigas por planta                | 63          | 10,312**    | 49   | 4,021    | 9,91  | 20,23  |
| Altura das plantas (cm)                 | 63          | 119,442**   | 49   | 19,250   | 68,7  | 6,39   |
| Ciclo até antese (dias)                 | 63          | 20,327**    | 49   | 6,071    | 58,2  | 4,23   |
| <b><u>Patos de Minas-Inverno/97</u></b> |             |             |      |          |       |        |
| Produção (g/20 plantas)                 | 63          | 9640,947**  | 49   | 1946,597 | 442   | 9,99   |
| Nº de grãos/espiga                      | 63          | 114,031**   | 49   | 19,741   | 57,7  | 7,70   |
| Peso de mil grãos (g)                   | 63          | 22,750**    | 49   | 7,282    | 46,5  | 5,81   |
| Nº de espigas por planta                | 63          | 4,421ns     | 49   | 2,885    | 12,0  | 14,1   |
| Altura das plantas (cm)                 | 63          | 189,759**   | 49   | 31,010   | 101,3 | 5,49   |
| Ciclo até antese (dias)                 | 63          | 2,954**     | 49   | 1,198    | 62,8  | 1,74   |

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

TABELA 2A Resumo das análises de variância, por local e por época de semeadura, de várias características de trigo proveniente de um cruzamento dialelo avaliado na geração F<sub>2</sub>.

| Locais e caracteres                     | Tratamentos |              | Erro |           | Média  | CV (%) |
|---|-------------|--------------|------|-----------|--------|--------|
|   | GL          | QM           | GL   | QM        |        |        |
| <b><u>Lavras-Verão/98</u></b>           |             |              |      |           |        |        |
| Produção (g/4,8m <sup>2</sup> )         | 80          | 65013,053**  | 136  | 16432,153 | 978,8  | 13,1   |
| Nº de grãos/espiga                      | 80          | 71,193**     | 136  | 7,916     | 35,4   | 7,9    |
| Peso de mil grãos (g)                   | 80          | 18,067**     | 136  | 5,214     | 38,6   | 5,9    |
| Nº espigas por planta                   | 80          | 0,334**      | 136  | 0,113     | 2,2    | 14,9   |
| Altura das plantas (cm)                 | 80          | 196,600**    | 136  | 20,577    | 83,7   | 5,4    |
| Ciclo até antese (dias)                 | 80          | 25,334**     | 136  | 0,907     | 44,5   | 2,9    |
| <b><u>Lavras-Inverno/98</u></b>         |             |              |      |           |        |        |
| Produção (g/4,8m <sup>2</sup> )         | 80          | 157648,247** | 136  | 47204,156 | 2209,5 | 9,8    |
| Nº de grãos/espiga                      | 80          | 95,904**     | 136  | 16,261    | 53,9   | 7,5    |
| Peso de mil grãos (g)                   | 80          | 19,287**     | 136  | 1,848     | 46,2   | 2,9    |
| Nº espigas por planta                   | 80          | 0,301**      | 136  | 0,110     | 2,5    | 13,3   |
| Altura das plantas (cm)                 | 80          | 697,717**    | 136  | 24,708    | 132,0  | 3,8    |
| Ciclo até antese (dias)                 | 80          | 20,966**     | 136  | 2,103     | 59,8   | 2,4    |
| <b><u>Patos de Minas-Verão/99</u></b>   |             |              |      |           |        |        |
| Produção (g/4,8m <sup>2</sup> )         | 52          | 201427,905** | 104  | 16710,497 | 1016,8 | 12,7   |
| Nº de grãos/espiga                      | 52          | 123,797**    | 104  | 9,462     | 39,4   | 7,8    |
| Peso de mil grãos (g)                   | 52          | 19,127**     | 104  | 4,210     | 43,5   | 4,7    |
| Nº espigas por planta                   | 52          | 0,355**      | 104  | 0,120     | 2,0    | 16,9   |
| <b><u>Patos de Minas-Inverno/99</u></b> |             |              |      |           |        |        |
| Produção (g/4,8m <sup>2</sup> )         | 52          | 171262,064** | 104  | 36428,928 | 2076,3 | 9,2    |
| Nº de grãos/espiga                      | 52          | 116,571**    | 104  | 14,797    | 49,0   | 7,8    |
| Peso de mil grãos (g)                   | 52          | 36,738**     | 104  | 3,824     | 45,3   | 4,3    |
| Nº espigas por planta                   | 52          | 0,157**      | 104  | 0,082     | 2,7    | 10,7   |

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

TABELA 3A Resumo das análises de variância conjunta dos dados de três características de trigo, em populações  $F_1$  e seus genitores, em Lavras e Patos de Minas, nas épocas de verão e inverno.

| FV                       | GL         | QM                               |                        |                       |
|--------------------------|------------|----------------------------------|------------------------|-----------------------|
|                          |            | Produção de grãos (g/20 plantas) | Nº de grãos por espiga | Peso de mil grãos (g) |
| <b>Tratamentos (T)</b>   | <b>52</b>  | <b>8375,70**</b>                 | <b>187,086**</b>       | <b>36,6095**</b>      |
| * Entre pais             | 12         | 3731,10**                        | 164,627**              | 11,7327**             |
| - Entre pais do grupo I  | 7          | 2131,03ns                        | 81,641**               | 8,3186**              |
| - Entre pais do grupo II | 4          | 7174,42**                        | 129,519**              | 19,7182**             |
| - Grupo I vs grupo II    | 1          | 1158,33ns                        | 885,964**              | 3,6893ns              |
| * Entre populações       | 39         | 6380,35**                        | 198,785**              | 26,1607**             |
| CGC do grupo I           | 7          | 8359,70**                        | 240,052**              | 22,4611**             |
| CGC do grupo II          | 4          | 7925,59**                        | 1135,577**             | 154,4263**            |
| CEC                      | 28         | 5664,77**                        | 54,641**               | 8,7619**              |
| * Pais vs populações     | 1          | 141931,33**                      | 0,335ns                | 742,6358**            |
| <b>Ambientes (A)</b>     | <b>3</b>   | <b>855135,40**</b>               | <b>6218,947**</b>      | <b>564,5352**</b>     |
| Época (E)                | 1          | 1657765,40**                     | 15166,074**            | 1484,5330**           |
| Local (L)                | 1          | 283657,40**                      | 2905,981**             | 79,7170**             |
| E x L                    | 1          | 623983,50**                      | 584,785**              | 129,3555**            |
| T x A                    | 156        | 2793,90**                        | 16,730**               | 4,0586*               |
| <b>Erro médio</b>        | <b>196</b> | <b>1581,49</b>                   | <b>9,047</b>           | <b>2,8765</b>         |
| Média geral              |            | 456,00                           | 54,2                   | 45,8                  |
| CV (%)                   |            | 12,33                            | 7,85                   | 5,24                  |

\*\* e \* significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

TABELA 4A Resumo das análises de variância conjunta da interação tratamentos x ambientes de três características de trigo em populações F<sub>1</sub> e seus genitores, em Lavras e Patos de Minas, nas épocas de verão e inverno.

| FV                                   | GL         | QM                  |                    |                       |
|--------------------------------------|------------|---------------------|--------------------|-----------------------|
|                                      |            | Produção (g/20 pl.) | Nº de grãos/espiga | Peso de mil grãos (g) |
| <b>Tratamentos x Ambientes</b>       | <b>156</b> | <b>2793,90**</b>    | <b>16,730**</b>    | <b>4,0586*</b>        |
| <b>*Tratamentos (T) x épocas (E)</b> | <b>52</b>  | <b>3548,50**</b>    | <b>30,490**</b>    | <b>4,5524*</b>        |
| - Entre pais x E                     | 12         | 1852,56ns           | 46,843**           | 3,6524ns              |
| GrupoI x E                           | 7          | 1390,18ns           | 24,256*            | 1,6371ns              |
| GrupoII x E                          | 4          | 2817,79ns           | 5,658ns            | 6,9567*               |
| GrupoI vs grupoII x E                | 1          | 1228,21ns           | 369,689**          | 4,5422ns              |
| - Entre populações x E               | 39         | 3540,47**           | 24,006**           | 4,8626*               |
| CGCI x épocas                        | 7          | 2562,36ns           | 41,745**           | 3,2944ns              |
| CGCII x épocas                       | 4          | 11565,01**          | 57,290**           | 7,1870*               |
| CEC x épocas                         | 28         | 2638,64*            | 14,816*            | 4,9226*               |
| - Pais vs populações x E             | 1          | 24212,63**          | 87,151**           | 5,5175ns              |
| <b>* Tratamentos x locais (L)</b>    | <b>52</b>  | <b>2225,60ns</b>    | <b>10,572ns</b>    | <b>4,7828**</b>       |
| - Entre pais x L                     | 12         | 1984,76ns           | 11,091ns           | 1,3142ns              |
| GrupoI x L                           | 7          | 1784,17ns           | 6,231ns            | 1,1364ns              |
| GrupoII x L                          | 4          | 2830,58ns           | 15,407ns           | 0,8462ns              |
| GrupoI vs grupoII x L                | 1          | 5,59ns              | 27,854ns           | 4,4308ns              |
| - Entre populações x L               | 39         | 2325,34*            | 10,645ns           | 5,8555**              |
| CGCI x L                             | 7          | 3092,77ns           | 2,587ns            | 3,9524ns              |
| CGCII x L                            | 4          | 4998,49*            | 33,872**           | 7,7401*               |
| CEC x L                              | 28         | 1751,60ns           | 9,342ns            | 6,0621**              |
| - Pais vs populações x L             | 1          | 1226,53ns           | 1,480ns            | 4,5663ns              |
| <b>*T x E x L</b>                    | <b>52</b>  | <b>2607,50**</b>    | <b>9,127ns</b>     | <b>2,8405ns</b>       |
| - Entre pais x E x L                 | 12         | 1411,81ns           | 9,100ns            | 1,3473ns              |
| GrupoI x E x L                       | 7          | 1361,49ns           | 12,473ns           | 0,7371ns              |
| GrupoII x E x L                      | 4          | 1735,98ns           | 5,499ns            | 2,0937ns              |
| GrupoI vs grupoII x E x L            | 1          | 467,41ns            | 0,007ns            | 2,6327ns              |
| - Entre populações x E x L           | 39         | 2936,54**           | 9,283ns            | 3,3165ns              |
| CGCI x E x L                         | 7          | 3596,10*            | 13,955ns           | 2,5539ns              |
| CGCII x E x L                        | 4          | 4592,82*            | 19,308ns           | 0,8816ns              |
| CEC x E x L                          | 28         | 2535,04*            | 6,683ns            | 3,8549ns              |
| - Pais vs populações x E x L         | 1          | 4122,35ns           | 3,233ns            | 2,1949ns              |
| <b>Erro médio</b>                    | <b>480</b> | <b>1581,49</b>      | <b>9,047</b>       | <b>2,8765</b>         |

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

TABELA 5A Resumo das análises de variância conjunta dos dados de três características de trigo, em populações F<sub>1</sub> e seus genitores, em Lavras e Patos de Minas, nas épocas de verão e inverno.

| FV                      | GL    | Nº de espigas por planta | Altura das plantas (cm) | Ciclo até a antese (dias) | QM         |                  |
|-------------------------|-------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|------------|------------------|
|                         |       |                          |                         |                           | Entre pais | Entre populações |
| * Entre pais            | 12    | 13,6207**                | 414,410**               | 22,3485**                 |            |                  |
| - Entre pais do grupol  | 7     | 6,1574**                 | 65,799**                | 24,0743**                 |            |                  |
| - Entre pais do grupoll | 4     | 17,9437**                | 406,626**               | 23,3645**                 |            |                  |
| - Grupol vs grupoll     | 1     | 48,5714**                | 2885,817**              | 6,2043ns                  |            |                  |
| * Entre populações      | 39    | 4,7240**                 | 153,083**               | 7,8375**                  |            |                  |
| CGC do grupol           | 7     | 8,8960**                 | 148,631**               | 12,6725**                 |            |                  |
| CGC do grupoll          | 4     | 18,0911**                | 991,107**               | 22,9386**                 |            |                  |
| CEC                     | 28    | 1,7714ns                 | 34,478**                | 4,4714**                  |            |                  |
| * Pais vs populações    | 1     | 11,0657**                | 2587,185**              | 79,5581**                 |            |                  |
| Ambientes (A)           | 3     | 6,8990**                 | 20396,951**             | 1784,3543**               |            |                  |
| Epoca (E)               | 1     | 369,6264**               | 61138,868**             | 4073,5778**               |            |                  |
| Local (L)               | 1     | 34,5065**                | 40,098**                | 427,0793**                |            |                  |
| E x L                   | 1     | 7,5208*                  | 11,887ns                | 852,4057**                |            |                  |
| T x A                   | 156   | 1,8500ns                 | 18,061**                | 6,7471**                  |            |                  |
| Erro médio              | 196   | 1,6218                   | 9,138                   | 1,7626                    |            |                  |
| Média geral             | 10,7  | 86,4                     | 58,9                    | 2,25                      |            |                  |
| CV (%)                  | 16,83 | 3,50                     |                         |                           |            |                  |

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

**TABELA 6A** Resumo das análises de variância conjunta da interação tratamentos x ambientes, de três características de trigo, em populações F<sub>1</sub> e seus genitores, em Lavras e Patos de Minas, nas épocas de verão e inverno.

| FV                                   | GL         | QM                   |                         |                         |
|--------------------------------------|------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
|                                      |            | Nº de espigas/planta | Altura das plantas (cm) | Ciclo até antese (dias) |
| <b>Tratamentos x Ambientes</b>       | <b>156</b> | <b>1,8500ns</b>      | <b>18,061**</b>         | <b>6,7471**</b>         |
| <b>*Tratamentos (T) x épocas (E)</b> | <b>52</b>  | <b>2,6534**</b>      | <b>33,981**</b>         | <b>14,2026**</b>        |
| - Entre pais x E                     | 12         | 3,0747*              | 55,843**                | 25,3467**               |
| Grupol x E                           | 7          | 4,6170**             | 22,029*                 | 32,7912**               |
| Grupoll x E                          | 4          | 0,8725ns             | 35,476**                | 18,6155**               |
| Grupol vs grupoll x E                | 1          | 1,0870ns             | 374,002**               | 0,1590ns                |
| - Entre populações x E               | 39         | 2,5918ns             | 22,564**                | 10,4288**               |
| CGCI x épocas                        | 7          | 4,4029*              | 47,162**                | 28,1625**               |
| CGCII x épocas                       | 4          | 4,5904**             | 70,349**                | 21,1410**               |
| CEC x épocas                         | 28         | 1,8536*              | 9,587ns                 | 4,4651**                |
| - Pais vs populações x E             | 1          | 0,0008ns             | 216,927**               | 27,6503**               |
| <b>* Tratamentos x locais (L)</b>    | <b>52</b>  | <b>1,3331ns</b>      | <b>10,579ns</b>         | <b>3,4033**</b>         |
| - Entre pais x L                     | 12         | 1,0679ns             | 11,164ns                | 5,0343**                |
| Grupol x L                           | 7          | 1,5416ns             | 9,851ns                 | 3,0712ns                |
| Grupoll x L                          | 4          | 0,4370ns             | 7,242ns                 | 9,4445**                |
| Grupol vs grupoll x L                | 1          | 0,2758ns             | 36,041*                 | 1,1356ns                |
| - Entre populações x L               | 39         | 1,4454ns             | 9,784ns                 | 2,4616ns                |
| CGCI x L                             | 7          | 2,1960ns             | 9,138ns                 | 3,0486ns                |
| CGCII x L                            | 4          | 3,5129ns             | 17,325ns                | 6,7183**                |
| CEC x L                              | 28         | 0,9623ns             | 8,869ns                 | 1,7067ns                |
| - Pais vs populações x L             | 1          | 0,0000ns             | 34,536ns                | 20,5600**               |
| <b>*T x E x L</b>                    | <b>52</b>  | <b>1,5634ns</b>      | <b>9,623ns</b>          | <b>2,6353*</b>          |
| - Entre pais x E x L                 | 12         | 0,6566ns             | 16,316ns                | 3,3772*                 |
| Grupol x E x L                       | 7          | 0,8646ns             | 9,347ns                 | 5,0886**                |
| Grupoll x E x L                      | 4          | 0,3437ns             | 25,187*                 | 0,4575ns                |
| Grupol vs grupoll x E x L            | 1          | 0,4517ns             | 29,617ns                | 3,0769ns                |
| - Entre populações x E x L           | 39         | 1,8476ns             | 7,234ns                 | 2,4743ns                |
| CGCI x E x L                         | 7          | 1,6914ns             | 6,035ns                 | 4,0599*                 |
| CGCII x E x L                        | 4          | 3,2443ns             | 14,965ns                | 5,4030*                 |
| CEC x E x L                          | 28         | 1,6871ns             | 6,429ns                 | 1,6595ns                |
| - Pais vs populações x E x L         | 1          | 1,3595ns             | 22,496ns                | 0,0115ns                |
| <b>Erro médio</b>                    | <b>480</b> | <b>1,6218</b>        | <b>9,138</b>            | <b>1,7626</b>           |

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

TABELA 7A  
 Resumo das análises de variância conjunta de quatro características de trigo, em populações F<sub>2</sub> e seus genitores, em Lavras e Patos de Minas, nas épocas de verão e inverno.

| QM                      |     |  |                        |                       |                          |
|-------------------------|-----|--|------------------------|-----------------------|--------------------------|
| FV                      | GL  | Produção de grãos (g/4,8m <sup>2</sup> ) | Nº de grãos por espiga | Peso de mil grãos (g) | Nº de espigas por planta |
| * Entre pais            | 12  | 116637,0**                               | 123,525**              | 20,548**              | 0,25706**                |
| - Entre pais do grupoII | 7   | 96555,0**                                | 46,698**               | 22,729**              | 0,14077ns                |
| - Entre pais do grupoII | 4   | 132953,2**                               | 188,955**              | 10,290**              | 0,13833ns                |
| - GrupoI vs grupoII     | 1   | 191944,8**                               | 399,596**              | 46,314**              | 1,54599**                |
| * Entre populações      | 39  | 77371,4**                                | 87,781**               | 12,687**              | 0,06135ns                |
| CGC do grupoI           | 7   | 68010,1**                                | 90,387**               | 12,383**              | 0,07238ns                |
| CGC do grupoII          | 4   | 498510,6**                               | 619,283**              | 68,993**              | 0,21130ns                |
| CEC                     | 28  | 19548,9**                                | 11,200**               | 4,719**               | 0,03717ns                |
| * Pais vs populações    | 1   | 867751,2**                               | 179,757**              | 388,638**             | 0,59806*                 |
| Ambientes (A)           | 3   | 24377597,0**                             | 3613,000**             | 558,794**             | 4,40866**                |
| Época (E)               | 1   | 71914656,0**                             | 9940,553**             | 1145,887**            | 10,28990**               |
| Local (L)               | 1   | 630413,0**                               | 1,410ns                | 101,208**             | 1,40615**                |
| E x L                   | 1   | 587723,0**                               | 897,040**              | 429,289**             | 1,52992**                |
| T x A                   | 156 | 27569,0**                                | 15,331**               | 3,416**               | 0,06318ns                |
| Erro médio              | 480 | 9847,9                                   | 4,036                  | 3,742                 | 0,10447                  |
| Média geral             |     | 1601,0                                   | 44,1                   | 43,6                  | 2,437                    |
| CV (%)                  |     | 6,19                                     | 4,55                   | 4,43                  | 13,26                    |

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

TABELA 8A Resumo das análises de variância conjunta da interação tratamentos x ambientes de quatro características de trigo, em populações F<sub>2</sub> e seus genitores, em Lavras e Patos de Minas, nas épocas de verão e inverno

| FV                           | GL | Produção<br>(g/4,8m <sup>2</sup> ) | Nº de grãos<br>por espiga | Peso de mil<br>grãos (g) | Nº de espigas<br>por planta | QM                      |                              |
|------------------------------|----|------------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------------|
|                              |    |                                    |                           |                          |                             | Tratamentos x Ambientes | Tratamentos (T) x épocas (E) |
|                              | 15 | 27569,0**                          | 15,331**                  | 3,416**                  | 0,0632ns                    |                         |                              |
|                              | 52 | 34487,0**                          | 32,576**                  | 4,391**                  | 0,0575ns                    |                         |                              |
| - Entre pais x E             | 12 | 52955,0**                          | 45,990**                  | 6,168**                  | 0,0698ns                    |                         |                              |
| Grupo I x E                  | 7  | 47217,0**                          | 41,871**                  | 6,829**                  | 0,0643ns                    |                         |                              |
| Grupo II x E                 | 4  | 65448,2**                          | 22,200**                  | 6,334**                  | 0,0883ns                    |                         |                              |
| Grupo I vs grupo II x E      | 1  | 43151,2*                           | 169,989**                 | 0,871ns                  | 0,0329ns                    |                         |                              |
| - Entre populações x E       | 39 | 29438,0**                          | 26,876**                  | 3,399**                  | 0,0541ns                    |                         |                              |
| CGCI x épocas                | 7  | 34599,9**                          | 35,727**                  | 3,728**                  | 0,1010ns                    |                         |                              |
| CGCII x épocas               | 4  | 115204,4**                         | 155,462**                 | 12,508**                 | 0,1408ns                    |                         |                              |
| CEC x épocas                 | 28 | 15895,2*                           | 6,294*                    | 2,016*                   | 0,0300ns                    |                         |                              |
| - Pais vs populações x E     | 1  | 9775,0ns                           | 93,882**                  | 21,730**                 | 0,0439ns                    |                         |                              |
| * Tratamentos x locais (L)   | 52 | 34715,0**                          | 7,903**                   | 2,799**                  | 0,0651ns                    |                         |                              |
| - Entre pais x L             | 12 | 45727,0**                          | 14,599**                  | 5,055**                  | 0,1141ns                    |                         |                              |
| Grupo I x L                  | 7  | 30534,0**                          | 12,632**                  | 5,404**                  | 0,0821ns                    |                         |                              |
| Grupo II x L                 | 4  | 73481,7**                          | 15,138**                  | 4,226**                  | 0,1568ns                    |                         |                              |
| Grupo I vs grupo II x L      | 1  | 41055,1*                           | 26,208*                   | 6,050*                   | 0,1660ns                    |                         |                              |
| - Entre populações x L       | 39 | 24159,0**                          | 5,568ns                   | 1,211ns                  | 0,0449ns                    |                         |                              |
| CGCI x L                     | 7  | 40566,7**                          | 4,953ns                   | 2,786*                   | 0,0519ns                    |                         |                              |
| CGCII x L                    | 4  | 42491,5**                          | 17,274*                   | 0,881ns                  | 0,1531ns                    |                         |                              |
| CEC x L                      | 28 | 17438,8**                          | 4,050ns                   | 0,864ns                  | 0,0278ns                    |                         |                              |
| - Pais vs populações x L     | 1  | 314240,0**                         | 18,624*                   | 37,533**                 | 0,2623ns                    |                         |                              |
| * T x E x L                  | 52 | 13504,0*                           | 5,515*                    | 3,058**                  | 0,0670ns                    |                         |                              |
| - Entre pais x E x L         | 12 | 9159,0ns                           | 10,509**                  | 6,393**                  | 0,0515ns                    |                         |                              |
| Grupo I x E x L              | 7  | 7165,0ns                           | 15,791**                  | 3,464**                  | 0,0920ns                    |                         |                              |
| Grupo II x E x L             | 4  | 13701,2ns                          | 2,138ns                   | 1,770ns                  | 0,0066ns                    |                         |                              |
| - Entre populações x E x L   | 39 | 15168,0*                           | 4,023ns                   | 2,105**                  | 0,0674ns                    |                         |                              |
| CGCI x E x L                 | 7  | 22214,2*                           | 1,915ns                   | 5,738**                  | 0,0878ns                    |                         |                              |
| CGCII x E x L                | 4  | 19806,6ns                          | 5,540ns                   | 1,990ns                  | 0,0545ns                    |                         |                              |
| CEC x E x L                  | 28 | 12743,9ns                          | 4,334ns                   | 1,213ns                  | 0,0642ns                    |                         |                              |
| - Pais vs populações x E x L | 1  | 743,0ns                            | 3,787ns                   | 0,214ns                  | 0,1398ns                    |                         |                              |
| Erro médio                   | 48 | 9847,9                             | 4,036                     | 3,742                    | 0,1045                      |                         |                              |

\*\* e \* : significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F



TABELA 9A Resumo das análises de variância conjunta de duas características de trigo, em populações F<sub>2</sub> e seus genitores, em Lavras, nas épocas de verão e inverno.

| FV                       | GL | QM                         |                            |
|--------------------------|----|----------------------------|----------------------------|
|                          |    | Altura das plantas<br>(cm) | Ciclo até antese<br>(dias) |
| <b>Tratamentos (T)</b>   |    |                            |                            |
| * Entre pais             | 12 | 327,136**                  | 28,7653**                  |
| - Entre pais do grupol   | 7  | 38,799**                   | 38,0386**                  |
| - Entre pais do grupoll  | 4  | 302,169**                  | 18,4796**                  |
| - Grupol vs grupoll      | 1  | 2445,360**                 | 4,9950ns                   |
| * Entre populações       | 39 | 132,147**                  | 4,2709**                   |
| CGC do grupol            | 7  | 150,937**                  | 2,3841ns                   |
| CGC do grupoll           | 4  | 788,429**                  | 23,9695**                  |
| CEC                      | 28 | 33,695**                   | 1,6786ns                   |
| * Pais vs populações     | 1  | 5119,224**                 | 76,7206**                  |
| <b>Época (E)</b>         |    |                            |                            |
| T x E                    | 52 | 47,663**                   | 4,1579**                   |
| - Entre pais x E         | 12 | 69,495**                   | 5,8496**                   |
| Grupol x E               | 7  | 25,742**                   | 2,3606ns                   |
| Grupoll x E              | 4  | 54,628**                   | 6,1823**                   |
| Grupol vs grupoll x E    | 1  | 435,243**                  | 28,9417**                  |
| - Entre populações x E   | 39 | 24,620**                   | 3,6669**                   |
| CGC x E                  | 7  | 42,792**                   | 5,3989**                   |
| CGCII x E                | 4  | 65,345**                   | 21,8741**                  |
| CEC x E                  | 28 | 14,259**                   | 0,6329ns                   |
| - Pais vs populações x E | 1  | 648,370**                  | 3,0099ns                   |
| <b>Erro médio</b>        |    |                            |                            |
| Medida geral             |    | 105,883                    | 52,813                     |
| CV (%)                   |    | 6,520                      | 3,861                      |

\*\* : significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

TABELA 10A Resumo da análise de variância e estimativas da repetibilidade (Z) dos valores da capacidade geral de combinação dos genitores de trigo.

| FV                       | GL | QM        | QME      | Z     |
|--------------------------|----|-----------|----------|-------|
| Ambientes/Geração        | 6  | 0,000     | 0,000    | -     |
| Gerações                 | 1  | 0,000     | 0,000    | -     |
| Pais do grupo I          | 7  | 9035,987  | 3554,282 | 60,66 |
| Dentro de F <sub>1</sub> | 7  | 1671,916  | 616,739  | 63,11 |
| Dentro de F <sub>2</sub> | 7  | 13601,541 | 6491,826 | 52,27 |
| Pais do grupo II         | 4  | 34414,262 | 4138,509 | 87,97 |
| Dentro de F <sub>1</sub> | 4  | 990,702   | 881,510  | 11,02 |
| Dentro de F <sub>2</sub> | 4  | 62312,226 | 7395,507 | 88,13 |