

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

**GENÉTICA DA DISTRIBUIÇÃO DE GRÃOS NUDA EM PANÍCULAS DE AVEIA  
HEXAPLÓIDE (*Avena sativa* L.)**

Everton Alen Brenner  
Engenheiro Agrônomo (UEL)

Dissertação apresentada como um dos  
requisitos à obtenção do Grau de  
Mestre em Fitotecnia  
Área de Concentração Plantas de Lavoura

Porto Alegre (RS), Brasil  
Março, 2007



## AGRADECIMENTOS

Ao professor Luiz Carlos Federizzi pela orientação, paciência, entusiasmo, estímulo e amizade.

Ao professor Marcelo Teixeira Pacheco, por todas contribuições, sugestões e disponibilidade em ajudar sempre.

Aos membros da comissão avaliadora: Carla Andrea Delatorre, Marcelo Teixeira Pacheco e Sandra Cristina Kothe Milach.

Ana Beatriz Locatelli, pela amizade e incentivo para o primeiro passo neste longo caminho.

Aos amigos: Adriano Alves da Silva, Alexandre Tadeu Piana, Anderson Luis Nunes, Carlos Alberto Lazaroto, Daniel Santos Grohs, Divanilde Guerra, Emerson da Silva Portes, Fabiane Pinto Lamego, Fausto Borges Ferreira, Franceli Rodrigues Kulcheski, Itamar Cristiano Nava, Josana de Abreu Rodrigues, Mércio Luiz Strieder, Naracelis Poletto, Noryam Bervian Bispo, Paula Wiethölter, Paulo Roberto da Silva, Tatiana Boff, Tatiana de Freitas Terra, Thais Fernanda Stella de Freitas e Vanderlei Doneda Tonon.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Agradeço a minha família, que mesmo distante sempre me apoiou.

# GENÉTICA DA DISTRIBUIÇÃO DE GRÃOS NUDA EM PANÍCULAS DE AVEIA HEXAPLÓIDE (*Avena sativa* L.)<sup>1</sup>

**Autor: Everton Alen Brenner**

**Orientador: Luiz Carlos Federizzi**

## RESUMO

A principal característica que diferencia a aveia nuda da aveia com casca é a separação da casca durante o processo de trilha. A expressão incompleta do caráter nuda é um dos entraves à utilização comercial da aveia nuda. Os objetivos deste estudo foram: (i) analisar a expressão do caráter nuda nas panículas dos genitores e da população segregante nas gerações  $F_2$  e  $F_3$ , (ii) estimar o número de genes desse caráter, (iii) analisar possíveis diferenças na expressão do caráter quando utilizadas sementes com e sem casca na semeadura, (iv) determinar a associação do caráter nuda aos caracteres estatura e florescimento. O trabalho foi conduzido na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, nos anos 2005 e 2006. Foram utilizados como genitores as linhagens UFRGS 995080-1 (nuda) e UFRGS 970486-3 (com casca), que foram avaliados conjuntamente com a população segregante quanto a presença e distribuição dos grãos sem casca na panícula. O caráter nuda em aveia é governado por um gene dominante de grande efeito sobre o fenótipo, formando três classes fenotípicas distintas na geração  $F_2$ , nuda, mosaico e com casca, nas proporções 1:2:1, respectivamente. A expressão do caráter nuda nem sempre foi completa nas panículas, mesmo em genótipos homocigotos para a característica, sendo que a menor expressão do caráter nas panículas ocorreu em ramificações de segunda e terceira ordem, localizadas na base destas. Não foram verificadas diferenças nas proporções fenotípicas observadas nas gerações  $F_2$  e  $F_3$  quando as sementes provenientes de plantas individuais foram separadas em sementes nuda e com casca. Assim como o caráter nuda, a característica multiflora das espiguetas possui herança monogênica, sendo que os dois caracteres são fortemente ligados. Não houve associação do caráter nuda com a estatura da planta e nem com o número de dias para o florescimento. A seleção de fenótipos que formam apenas grãos sem casca ao longo da panícula facilitará o desenvolvimento de novas variedades de aveia nuda, uma vez que são homocigotos e provavelmente apresentarão uma expressão mais estável desta característica.

---

<sup>1</sup> Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (90p.) Março, 2007.

# GENETICS OF NAKED GRAIN DISTRIBUTION IN PANICLES OF HEXAPLOIDS OATS (*Avena Sativa* L.)<sup>2</sup>

**Author: Everton Alen Brenner**

**Adviser: Luiz Carlos Federizzi**

## ABSTRACT

The major difference between naked and conventional oats is the capacity of dehulling during threshing. The incomplete expression of the naked trait limits the commercial exploitation of naked oats. The objectives of this work were: (i) to analyze the expression of the naked trait in panicles of F<sub>2</sub> and F<sub>3</sub> segregating populations and the parental genotypes, (ii) to estimate the number of genes controlling this trait, (iii) to evaluate if there are any differences in the expression of the naked character, due to the type of seeds, naked or husked, used, (iv) to determine the association of the naked character with plant height and flowering date. This work was conducted at the Agronomic Experimental Station of UFRGS, in 2005 and 2006. The inbred lines used as parents, UFRGS 995080-1 (naked) and UFRGS 970486-3 (hulled), and the segregating populations F<sub>2</sub> and F<sub>3</sub> were evaluated for the presence and distribution of the naked grains within the panicles. The naked trait is controlled by one dominant major gene. In the F<sub>2</sub> generation three phenotypic classes were observed, naked, mosaic, and hulled, in the proportion of 1:2:1, respectively. The expression of the naked trait was incomplete, even for the dominant homozygous genotypes, as confirmed by the F<sub>3</sub> analysis. The expression of the naked character was less evident in the second and third order branches, located mostly at the base of the panicle. There were no differences in the phenotypic proportions observed in the F<sub>2</sub> and F<sub>3</sub> generations based on the type of seed used, i.e, naked or hulled seeds. The multiflorous trait was also monogenic and strongly linked to naked character. There was no association between the naked trait with plant height and flowering date. Selection of phenotypes that express only dehulled seeds throughout the panicle will facilitate the development of new naked oat varieties, since they are homozygous and will probably have a more stable expression of this characteristic.

---

<sup>2</sup> Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (90p.). March, 2007.

## SUMÁRIO

Página

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. A cultura da aveia.....	3
2.2. Caracterização morfológica do desenvolvimento da panícula.....	4
2.3. Aveia nuda.....	5
2.4. Genética do caráter nuda em aveia hexaplóide.....	8
2.5. Aveia nuda – Futuro comercial.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1. Obtenção de material segregante.....	16
3.2. Procedimento experimental.....	17
3.2.1. Estabelecimento e avaliação da geração F <sub>2</sub> .....	18
3.2.2. Estabelecimento e avaliação da geração F <sub>3</sub> .....	19
3.2.3. Estimativas da herança e da herdabilidade dos caracteres estatura e florescimento.....	21
3.2.4. Associação do caráter nuda com os caracteres estatura e florescimento.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1. Análise das panículas dos genitores e da população na geração F <sub>2</sub> .....	25
4.2. Segregação das plantas para o caráter nuda na geração F <sub>2</sub> .....	38
4.3. Segregação das famílias para o caráter nuda na geração F <sub>3</sub> .....	44
4.4. Hipótese de dois genes.....	48
4.5. Segregação das famílias para o caráter multiflora na geração F <sub>3</sub> .....	52
4.6. Análises de estatura e florescimento.....	54
4.6.1 Variabilidade Genética.....	55
4.6.2. Distribuições de frequências e dispersão das plantas para os caracteres estatura e florescimento em relação à média das famílias da geração F <sub>3</sub> .....	55
4.6.3. Estimativas de herdabilidade para estatura e florescimento.....	63
4.6.4. Associação dos caracteres florescimento e estatura ao caráter nuda.....	66
5. CONCLUSÕES.....	71
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
7. APÊNDICES.....	76

## RELAÇÃO DE TABELAS

Página

<b>TABELA 1.</b> Genealogia, característica dos grãos, florescimento e estatura dos genitores UFRGS 995080-1 e UFRGS 970486-3 .....	17
<b>TABELA 2.</b> Porcentagem de plantas dos genitores utilizados neste estudo classificadas como nuda, mosaico e com casca. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2005/2006. ....	26
<b>TABELA 3.</b> Número de plantas nas classes de panícula quanto ao tipo de grão utilizado na sementeira e ao fenótipo das plantas da geração F <sub>2</sub> . EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2005. ....	35
<b>TABELA 4.</b> Número médio de grãos, desvio padrão, porcentagem de grãos com e sem casca e total de grãos nas diferentes classes de panículas, quanto à ausência e presença de casca nos grãos utilizados na sementeira. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2005. ....	35
<b>TABELA 5.</b> Número de plantas na geração F <sub>2</sub> classificadas como nuda, mosaico e com casca nas análises dos terços superiores das panículas e das panículas inteiras. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2005. ....	39
<b>TABELA 6.</b> Número de famílias da geração F <sub>3</sub> constantes e segregantes para as características nuda e com casca. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006. ....	44
<b>TABELA 7.</b> Número de famílias da geração F <sub>3</sub> constantes e segregantes para as características nuda e com casca, após a re-classificação da classe 2. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006. ....	45
<b>TABELA 8.</b> Distribuição em F <sub>3</sub> das plantas originadas de plantas mosaicas na geração F <sub>2</sub> , quanto às classes de panícula. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006. ....	46
<b>TABELA 9.</b> Distribuição em F <sub>3</sub> das plantas originadas de plantas mosaicas na geração F <sub>2</sub> , quanto às classes de panícula, admitindo-se que a segunda classe pertence à primeira. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006. ....	46
<b>TABELA 10.</b> Frequências observadas e esperadas para o caráter nuda, nas diferentes classes de panícula na geração F <sub>2</sub> . EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2005. ....	49
<b>TABELA 11.</b> Frequências observadas e esperadas para o caráter nuda, em plantas da geração F <sub>3</sub> provenientes de plantas com fenótipo mosaico na geração F <sub>2</sub> . EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006. ....	50
<b>TABELA 12.</b> Frequências observadas e esperadas para o caráter nuda, em plantas da geração F <sub>3</sub> , provenientes de plantas com fenótipo mosaico em F <sub>2</sub> originadas de grãos com casca. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006. ....	51

<b>TABELA 13.</b> Frequências observadas e esperadas para o caráter nuda, em plantas da geração F <sub>3</sub> , provenientes de plantas com fenótipo mosaico em F <sub>2</sub> originadas de grãos sem casca. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006.....	51
<b>TABELA 14.</b> Número de famílias na geração F <sub>3</sub> classificadas como multiflora, misto e não multiflora. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006.....	52
<b>TABELA 15.</b> Média dos caracteres estatura e florescimento para os genótipos de aveia utilizados como genitores da população analisada. EEA/UFRGS, 2005/2006. ....	55



## RELAÇÃO DE FIGURAS

Página

<b>FIGURA 1.</b> Representação esquemática da distribuição da população segregante nas gerações F <sub>2</sub> e F <sub>3</sub> quanto ao tipo de semente utilizada na semeadura.....	22
<b>FIGURA 2.</b> Temperaturas diárias mínimas, médias e máximas no mês de setembro nos anos 2005 e 2006. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul. ....	27
<b>FIGURA 3.</b> Representação ilustrativa das panículas principais avaliadas na geração F <sub>2</sub> e classificadas na classe 1.....	28
<b>FIGURA 4.</b> Representação ilustrativa das panículas principais avaliadas na geração F <sub>2</sub> e classificadas na classe 2.....	29
<b>FIGURA 5.</b> Representação ilustrativa das panículas principais avaliadas na geração F <sub>2</sub> e classificadas na classe 3.....	30
<b>FIGURA 6.</b> Representação ilustrativa das panículas principais avaliadas na geração F <sub>2</sub> e classificadas na classe 4.....	31
<b>FIGURA 7.</b> Representação ilustrativa das panículas principais avaliadas na geração F <sub>2</sub> e classificadas na classe 5.....	32
<b>FIGURA 8.</b> Representação ilustrativa das panículas principais avaliadas na geração F <sub>2</sub> e classificadas na classe 6.....	33
<b>FIGURA 9.</b> Possível composição alélica do gene responsável pelo caráter nuda nas diferentes classes de panículas. ....	43
<b>FIGURA 10.</b> Distribuição de frequência para estatura nos genitores e na população da geração F <sub>2</sub> . EEA/UFRGS, Eldorado do Sul - RS, 2005. ....	56
<b>FIGURA 11.</b> A. Distribuição de frequência para estatura nos genitores e na população da geração F <sub>3</sub> (mosaico nuda) B. Dispersões em relação à estatura média das famílias na geração F <sub>3</sub> (mosaico nuda). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul - RS, 2006. ....	57
<b>FIGURA 12.</b> A. Distribuição de frequência para estatura nos genitores e na população da geração F <sub>3</sub> (mosaico com casca) B. Dispersões em relação à estatura média das famílias na geração F <sub>3</sub> (mosaico com casca). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul - RS, 2006.....	58
<b>FIGURA 13.</b> Distribuição de frequência para florescimento nos genitores e na população da geração F <sub>2</sub> . EEA/UFRGS, Eldorado do Sul - RS, 2005. ....	60
<b>FIGURA 14.</b> A. Distribuição de frequência para florescimento nos genitores e na população da geração F <sub>3</sub> (mosaico nuda) B. Dispersões em relação ao florescimento médio das famílias na geração F <sub>3</sub> (mosaico nuda). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul - RS, 2006. ....	61

<b>FIGURA 15.</b> A. Distribuição de freqüência para florescimento nos genitores e na população da geração F <sub>3</sub> (mosaico com casca) B. Dispersões em relação ao florescimento médio das famílias na geração F <sub>3</sub> (mosaico com casca). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul - RS, 2006. ....	62
<b>FIGURA 16.</b> Estimativa de herdabilidade pai-progênie para estatura. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul - RS, 2006. ....	64
<b>FIGURA 17.</b> Estimativa de herdabilidade pai-progênie para florescimento. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul - RS, 2006. ....	65
<b>FIGURA 18.</b> Estatura e florescimento das plantas nas gerações F <sub>2</sub> e F <sub>3</sub> quanto ao tipo de semente (com ou sem casca) utilizada na semeadura da geração F <sub>2</sub> . EEA/UFRGS, Eldorado do Sul - RS, 2005/2006. ....	67
<b>FIGURA 19.</b> Estatura e florescimento das plantas pertencentes ao grupo mosaico na geração F <sub>3</sub> quanto ao tipo de semente (com ou sem casca) utilizada na semeadura. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul - RS, 2006. ....	68
<b>FIGURA 20.</b> Estatura e florescimento das plantas na geração F <sub>2</sub> quanto à classe de panícula. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul - RS, 2005. ....	69
<b>FIGURA 21.</b> Estatura e florescimento das plantas na geração F <sub>3</sub> quanto à classe de panícula. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul - RS, 2006. ....	70

## 1. INTRODUÇÃO

A aveia (*Avena sativa* L.) é um cereal com excelente qualidade nutricional, de importância para a alimentação animal e humana. Porém, a casca que envolve o grão, por possuir um baixo valor nutricional e econômico, muitas vezes é indesejada. Além de diluir os ricos valores nutricionais presentes no grão, a casca também confere um maior volume a este, aumentando os custos em transporte e armazenamento dos grãos. A casca também dificulta o processamento dos grãos na indústria, uma vez que esta precisa ser totalmente removida por ser indesejada junto à aveia processada.

A capacidade da aveia nuda (*Avena sativa*) de formar grãos que se separam da casca durante o processo de trilha é, portanto, uma importante vantagem desta aveia sobre a convencional. Além de possibilitar uma dieta mais concentrada e com um menor conteúdo de fibra não alimentar, a aveia nuda possui um potencial significativo como matéria-prima para uso industrial, uma vez que não existe a necessidade do processo de remoção da casca.

Estudos têm mostrado resultados positivos em experimentos que incluem a aveia nuda na formulação das dietas de aves, suínos, gado, cavalos e ovelhas, demonstrando o potencial desta aveia na participação nas dietas destes animais, podendo inclusive substituir cereais como milho e cevada.

A expressão incompleta do caráter nuda na aveia representa um problema para a indústria, onde mesmo pequenas proporções de casca devem ser removidas para que a aveia possa ser processada. Conseqüentemente, a indústria não pode beneficiar-se do uso direto da aveia nuda, caso esta não expresse de maneira completa esta característica.

Atualmente, grandes avanços têm sido feitos através de programas de melhoramento, principalmente no Reino Unido, Estados Unidos e Canadá, onde os cultivares modernos de aveia nuda daqueles países já possuem um potencial produtivo semelhante aos cultivares convencionais com casca.

No Brasil ainda não existem variedades com o caráter nuda no mercado.

O entendimento da genética do caráter nuda na aveia em germoplasma adaptado às condições subtropicais do Brasil é, portanto, de fundamental importância para o desenvolvimento de cultivares de aveia nuda mais competitivos e com maior qualidade de grão.

Assim, os objetivos deste trabalho foram:

- analisar a expressão do caráter nuda nas panículas e estimar o número de genes deste caráter em uma população segregante, nas gerações  $F_2$  e  $F_3$ , provenientes do cruzamento entre um genótipo nuda e um genótipo com casca;
- analisar possíveis diferenças nas proporções de plantas com o caráter nuda quando utilizadas sementes com e sem casca na semeadura;
- determinar a associação do caráter nuda com a estatura de planta e com o número de dias para o florescimento.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. A cultura da aveia

A aveia pertence à família Poaceae, subfamília Poideae, tribo Aveneae e gênero *Avena*. As diferentes espécies formam uma série poliplóide, com espécies diplóides, tetraplóides e hexaplóides, sendo 7 o número cromossômico básico. A aveia branca (*Avena sativa* L.) é hexaplóide,  $2n = 6x = 42$  cromossomos, e combina o genoma AACDD de três espécies ancestrais diplóides. É uma espécie anual, autógama, destinada basicamente à produção de grãos para alimentação humana e animal (O'mara, 1961).

A aveia é um cereal cujo centro de origem situa-se no Oriente Médio. Inicialmente a espécie desenvolveu-se como invasora de campos de trigo e cevada, sendo introduzida na Europa através dessas culturas, até ser domesticada. Este cereal apresenta uma ampla adaptação, sendo cultivada em diferentes partes do mundo. Sua maior distribuição e cultivo concentram-se em áreas de clima temperado e úmido, na América do Norte, na Europa e Rússia (Murphy & Hoffman, 1992). Na América Latina, Brasil e Argentina são os maiores produtores, sendo sua introdução atribuída aos imigrantes europeus.

Na região Sul do Brasil, onde é possível realizar dois cultivos anuais, um cultivo de inverno e um de verão, a aveia tem sido muito utilizada na rotação de culturas, devido a sua ação recuperadora da estrutura do solo, a capacidade de adaptação a diferentes ambientes e a qualidade nutricional para alimentação animal e humana (Federizzi et al., 1995).

A cariopse de aveia contém 16 – 21% de proteína, sendo que 86% da proteína total é caseína, comparados a 60% para o trigo e 48% para o milho. (Fosberg & Reves, 1992).

Estudos têm revelado que, devido à alta concentração de fibras solúveis em aveia, a alimentação diária com pequenas quantidades deste cereal pode reduzir o nível de colesterol no sangue (Chen & Anderson, 1986), melhorar a digestão (Ali et al., 1986), diminuir a pressão sanguínea, doenças do coração (Liu et al., 1982) e câncer de colo (Reddy, 1986). Devido ao reconhecimento das propriedades benéficas do seu grão à saúde humana, a aveia deixou de ter importância apenas como forragem e alimentação animal e passou a participar na constituição de produtos alimentícios e cosméticos. Porém a casca é de baixo valor econômico e nutricional, e sua presença é muitas vezes indesejável, tanto na indústria como na alimentação animal. Assim, consideráveis esforços têm sido voltados à redução no conteúdo de casca na aveia convencional e ao melhoramento de variedades nudas (Campbell, 1996).

## **2.2. Caracterização morfológica do desenvolvimento da panícula**

A aveia possui uma inflorescência em forma de panícula. A panícula de aveia é caracterizada por possuir uma ramificação central de onde são originadas ramificações laterais, que são distribuídas alternadamente ao longo da ramificação central. As ramificações foram classificadas por Bonnett (1937) em ramificações de primeira, segunda e terceira ordem, dependendo do ponto de onde são originadas, por exemplo, se partem da ramificação central (primeira ordem) ou de ramificações laterais (segunda ou terceira ordem).

Todas as ramificações terminam em uma única espiguetas apical, sendo que a diferenciação das espiguetas tem início na espiguetas localizada na extremidade da ramificação central e prossegue até a base da panícula. As ramificações de primeira ordem formam espiguetas antes das de segunda ordem, que por sua vez, formam espiguetas antes das ramificações de terceira ordem. Desta forma, os estágios de desenvolvimento das espiguetas variam dentro da panícula, sendo que a fase de formação de espiguetas continua por

aproximadamente 18 dias após a formação da primeira. Quando a última espiguetas é formada, a espiguetas terminal da ramificação central já está em fase avançada de desenvolvimento (Bonnett, 1937).

A posição das espiguetas nas panículas e a posição dos grãos nas espiguetas contribuem para a capacidade de dreno do grão, e determinam, portanto o seu potencial de peso (Bonnett 1937, Doehlert et al., 2002), que também é fortemente dependente das condições ambientais na fase de enchimento dos grãos. Estudando a variação das divisões celulares nas espiguetas, Rajala & Peltonen-Sainio (2004) encontraram um maior número de células formadas nos flósculos primários das espiguetas. Estes autores também observaram que o número de células encontradas nos flósculos primários era maior nas espiguetas localizadas nas ramificações de primeira ordem localizadas nas regiões superiores das panículas. Os flósculos com maior número de células produzem grãos maiores e mais pesados, mostrando assim que os flósculos primários possuem uma maior capacidade de formação de grãos quando comparados aos secundários, assim como as espiguetas localizadas nas ramificações primárias possuem maior capacidade de formação de grãos, quando comparada às espiguetas formadas em ramificações de segunda e terceira ordem (Rajala & Peltonen-Sainio, 2004).

### **2.3. Aveia nuda**

A aveia nuda pertence à espécie *Avena sativa*, sendo possível, portanto a sua hibridização com as espécies pertencentes ao grupo hexaplóide (Jenkins & Hanson, 1976).

A exploração deste tipo de aveia não é recente, uma vez que esta possui uma história relativamente longa na agricultura, sendo que os mais antigos registros arqueológicos datam aproximadamente 500 anos d.C.. Domesticada na China, a aveia nuda ainda hoje é uma

cultura comum em certas regiões daquele país. A partir da China expandiu-se para a Europa como inço, e foi domesticada na Inglaterra no século XVII (Peltonen-Sainio et al., 2004).

A principal característica que diferencia a aveia nuda da aveia convencional é a separação da casca durante o processo de trilha. A aveia é caracterizada por possuir flósculos protegidos por duas brácteas bem lignificadas: a lema, localizada do lado externo e a pálea do lado interno. O acúmulo de lignina na pálea e lema nas aveias nuda e convencional ocorre no mesmo estágio de desenvolvimento, porém na aveia convencional este acúmulo na lema ocorre de maneira uniforme, enquanto que na aveia nuda o acúmulo é concentrado ao redor dos feixes vasculares, apresentando um padrão de lignificação muito semelhante ao das glumas. Já a pálea possui a lignificação uniforme tanto na aveia nuda como na convencional (Ougham et al., 1996).

Outra característica que tem sido associada ao caráter nuda é o caráter multiflora das espiguetas. Em contraste com a aveia convencional, que apresenta normalmente dois ou três flósculos por espiguetas, a aveia nuda pode possuir mais de oito flósculos por espiguetas, que promove a formação de sementes pequenas, freqüentemente perdidas na colheita mecânica. Segundo Peltonen-Sainio et al. (2004) a espiguetas multiflora é a principal responsável pela baixa produtividade da aveia nuda quando comparada à aveia convencional.

A aveia nuda apresenta uma série de características que a torna pouco competitiva agronomicamente. Os principais fatores que limitam a aceitação e crescimento do mercado desta aveia, além da menor produtividade, são: expressão incompleta do caráter nuda que impede a utilização direta dos grãos, presença de tricomas nos grãos, rancificação no armazenamento, desuniformidade dos grãos e baixa germinação das sementes (Barr et al., 1996).

Entretanto, estas limitações podem ser, e estão sendo superadas a partir do melhoramento fitogenético clássico. Melhoristas, principalmente do Reino Unido, Estados



Unidos e Canadá, têm desenvolvido linhagens geneticamente homozigotas que formam de 90% a quase 100% de grãos sem casca. A partir destas linhagens, estes países têm lançado no mercado cultivares com altos níveis de expressão do caráter nuda (Barr et al., 1996). A maior expressividade do caráter nuda é de fundamental importância, principalmente para a indústria, que não tolera a casca junto à aveia processada, mesmo em pequenas proporções, e estas devem ser removidas antes da aveia seguir para os demais processos (Peltonen-Sainio et al., 2004).

Os tricomas na aveia nuda são expostos e facilmente soltos durante a debulha, podendo causar sérias irritações e alergias, além de diminuir a palatabilidade da ração de alguns animais. Através do melhoramento, a ocorrência de tricomas pode ser bastante diminuída, a exemplo de Burrows (1986), que através de sucessivas seleções contra a presença de tricomas, desenvolveu uma variedade nuda com baixa ocorrência destes.

A desuniformidade dos grãos está muito relacionada com o caráter multiflora da aveia nuda, uma vez que os flósculos distais na espiguetas produzem grãos menores. Grãos pequenos, além de serem muitas vezes perdidos na colheita, são indesejados na indústria, uma vez que a uniformidade do tamanho do grão é um dos principais parâmetros de qualidade da aveia utilizada na alimentação humana. Entretanto, existe variação genética para o número de flósculos em aveia nuda, e muitos melhoristas têm selecionado variedades de três a cinco flósculos por espiguetas (Barr et al., 1996).

As sementes de aveia nuda apresentam menores taxas de germinação quando comparadas a aveia convencional, o que determina um estabelecimento pobre da cultura, e um rendimento menor. Porém, através do descarte das linhagens de baixa germinação, grande parte dos programas de melhoramento realiza, mesmo que de forma indireta, a seleção de variedades com maiores índices de germinação. Além de fatores genéticos, a germinação das sementes depende também do manejo empregado na cultura. A semente nuda, por estar

desprotegida da pálea e da lema, é mais suscetível a danos mecânicos no embrião, que ocorrem principalmente durante os processos de colheita e limpeza das sementes. E como estresses mecânicos comprometem a germinação, cuidados especiais devem ser tomados nesses processos, como a diminuição da velocidade do cilindro na colheitadeira (Peltonen-Sainio et al., 2004).

Devido ao alto conteúdo de óleo presente nos grãos de aveia nuda, possíveis problemas podem ocorrer no seu armazenamento, como a rancificação. Porém, experiências no Reino Unido e Canadá indicam que a umidade dos grãos abaixo de 14% evita maiores problemas no armazenamento (Kirkkari & Peltonen-Sainio, 2004).

Os rendimentos das atuais variedades de aveia nuda tem aumentado muito em comparação aos primeiros cultivares lançados. As variedades modernas, quando comparado o rendimento dos grãos *per se*, ou seja, desconsiderando o peso da palha, apresentam rendimentos similares aos rendimentos das variedades com casca (Peltonen-Sainio et al., 2004).

Apesar do potencial econômico, o cultivo da aveia nuda ainda é pequeno no cenário mundial. Estimativas, publicadas em 1996, indicam cerca de 20.000 ha cultivados no Canadá, aproximadamente 2.000 ha nos Estados Unidos, 4.000 ha na Austrália, 4.500 ha no Reino Unido e 350 ha na França (Barr et al., 1996).

#### **2.4. Genética do caráter nuda em aveia hexaplóide**

A genética do caráter nuda em aveia vem sendo estudada por diversos pesquisadores desde o começo do século passado. Em 1907, Norton<sup>1</sup> apud Jensen (1961) desenvolveu cruzamentos entre linhagens nudas e com casca, e observou que as plantas na geração F<sub>1</sub> desenvolviam panículas que formavam grãos com e sem casca, sendo que os grãos com casca

---

<sup>1</sup> NORTON, J. B. Notes on breeding oats. **American Breeders Association Proceedings**, Washington, v.3, n.1, p.280-285, 1907.

eram observados predominantemente nas regiões inferiores das panículas. Na geração F<sub>2</sub> o autor encontrou a segregação da população para o caráter nuda na razão 1 nuda: 2 intermediário: 1 com casca, e propôs que o caráter nuda na aveia é governado por um gene.

A partir da análise da herança do caráter nuda em dois cruzamentos entre genitores com e sem casca, Gaines (1917)<sup>2</sup> apud Jensen (1961) observou a presença de grãos com e sem casca nas panículas das plantas da geração F<sub>1</sub>, e assim como observado por Norton (1907), os grãos com casca ocorriam predominantemente na base das panículas. Na geração F<sub>2</sub> o autor não distinguiu as classes nuda e intermediária, porém observou a adequação à segregação de 3:1, com a dominância do fenótipo nuda, concordando assim com a herança monogênica proposta por Norton (1907).

Esta mesma herança foi encontrada por Caporn (1918), que ainda observou uma constância fenotípica no grupo com casca e uma grande variação de proporções de grãos com e sem casca nos grupos intermediário e nuda, sendo que até mesmo o genitor nuda ocasionalmente formava grãos com casca, que em casos extremos, representavam 40% dos grãos formados nas panículas.

Através dos cruzamentos entre uma variedade nuda e cinco variedades com casca, sendo quatro pertencentes à espécie *A. sativa* e uma à espécie *A. fatua*, Love & McRostie (1919)<sup>3</sup> apud Jensen (1961) observaram, nos cinco cruzamentos, a formação de grãos com e sem casca nas panículas de todas as plantas da geração F<sub>1</sub>. Porém em apenas dois cruzamentos, entre a variedade nuda as variedades com casca da espécie *sativa*, foi observada a segregação em F<sub>2</sub> próxima à razão 1:2:1. Estes autores descreveram uma grande variação na porcentagem de grãos com e sem casca na classe intermediária, e observaram que não existe

---

<sup>2</sup> GAINES, E. F. Inheritance of wheat, barley and oat hybrids. **Washington Agricultural Experiment Station Annual Reports**. Washington, v.135, n.13, p.47-60.

<sup>3</sup> LOVE, H. H.; McROSTIE, G. P. The inheritance of hull-lessness in oat hybrids. **American Naturalist**, Chicago, v.53, n.624, p.5-32, 1919.

relação do tipo de semente (com ou sem casca) semeada e a descendência produzida. No entanto, a porcentagem de grãos com casca nas plantas heterozigotas tendiam a indicar a porcentagem de grãos com casca na descendência heterozigota, sempre com a razão 1:2:1 mantida. Os autores discutem a possibilidade de que múltiplos “fatores” estejam envolvidos, onde o primeiro fator determinaria a condição com ou sem casca, enquanto que os demais fatores condicionariam a quantidade de casca para plantas heterozigotas para o primeiro fator.

Assim como Love & McRostie (1919), Chou (1932)<sup>4</sup> apud Jensen (1961) observou uma grande variação nas proporções de grãos com e sem casca no grupo intermediário, e sugeriu que existe uma estreita relação entre a porcentagem de grãos com casca (ou sem casca) de uma planta heterozigota e a proporção de plantas da sua progênie que são classificadas nos grupos intermediários e sem casca. A relação geral proposta pelo autor é que um baixo percentual de grãos com casca nas panículas intermediárias dão origem a uma descendência com um pequeno número de plantas pertencentes ao grupo intermediário, e um grande número de plantas pertencentes ao grupo sem casca. Já uma alta porcentagem de grãos com casca nas panículas intermediárias dão origem a uma descendência com um grande número de plantas pertencentes ao grupo intermediário e um pequeno número de plantas pertencentes ao grupo sem casca. O autor sugere a existência de fatores primários e múltiplos fatores secundários, que favorecem a produção de grãos sem casca quando dominantes e a produção de grãos com casca quando recessivos.

A partir de análises das gerações F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub> do cruzamento entre BO 1/11 (com casca) e Caesar (nuda), Boland e Lawes (1973) sugeriram que a herança do caráter nuda na aveia é governada por um gene principal, o qual teria seu efeito “mascarado” por genes modificadores que atuariam sobre as classes nuda e intermediária, que explicariam assim os

---

<sup>4</sup> CHOU, C. Y. **A study of the inheritance of hull character and resistance to loose smut in oats from a cross between *A. sativa* var. *Smut Resistant* and *A. nuda* var. *Hulless 407a1-18***. 1932. Ph.D Thesis - Cornell University, N.Y, Ithaca, 1932.

desvios encontrados da razão 1:2:1. Estes autores observaram uma maior formação de grãos sem casca em genótipos cultivados em casa de vegetação, quando comparados aos mesmos genótipos cultivados no campo. No ano seguinte, estes mesmos autores estudaram a interação da expressão do caráter nuda e temperatura, e observaram que sob a temperatura de 25°C oito linhagens de aveia nuda possuíam a expressão completa do caráter. Porém destas oito linhagens, apenas uma manteve a expressão completa quando cultivada sob a temperatura de 15°C, mostrando que existe uma associação positiva entre a expressão do caráter nuda e temperatura (Lawes & Boland, 1974).

Em estudo semelhante, Moule (1972) propôs que a expressão do fenótipo nuda é produzida por um gene com ação de dominância incompleta, sendo que a expressão deste, quando homocigoto dominante ou heterocigoto, é modificado pela ação de dois genes secundários, também com ação de dominância incompleta. Segundo Jenkins e Hanson (1976), o modelo de três genes proposto por Moule para determinação do caráter nuda na aveia é inadequado quando observada a segregação  $F_2$  em um maior número de cruzamentos entre aveia nuda e aveia convencional. Estes autores propuseram então a existência de um terceiro gene modificador, que assume relações epistáticas com os outros dois genes modificadores. Os quatro genes foram definidos por Simmonds et al. (1978) como N-1 (o gene principal), N-2, N-3, N-4 (genes modificadores). Segundo o modelo proposto por Jenkins & Hanson (1976) o caráter nuda é expresso quando alelos dominantes estão presentes nos locos N-1 e N-2, sendo dominante (N-3) ou recessivo (n-3) o alelo presente no terceiro locus. Genótipos com alelos homocigotos recessivos (n-1/n-1) no locus N-1 sempre darão origem a grãos com casca, independente dos alelos presentes nos demais loci. O fenótipo mosaico produz uma mistura de grãos com e sem casca, em várias proporções, dependendo dos alelos presentes nos loci N-2 e N-3. O locus N-4 reverte os efeitos dos outros três loci, onde o homocigoto

---

recessivo ( $n-4/n-4$ ) é hipostático a qualquer outro alelo dominante nos outros três locus. Quando o locus N-4 é homocigoto dominante ( $N-4/N-4$ ) e o locus N-1 está em condição heterocigota, é produzido um fenótipo com casca.

Estudando a herança e a expressão dos caracteres nuda e fatuóide em cruzamentos envolvendo linhas de aveia nuda e convencional Hoekstra et al. (2003) observaram a ocorrência de aproximadamente três grãos sem casca ou mosaicos para cada grão com casca, sugerindo que o caráter nuda do grão é governado por um único gene dominante, com expressão variável, sendo recessivo o alelo que expressa a característica casca aderida à cariopse.

A herança do caráter nuda foi estudada por Cabral et al. (2000) através da análise das gerações  $F_2$  e  $F_3$  de cruzamentos entre fontes de germoplasma de aveia nuda dos Estados Unidos e Austrália e genótipos brasileiros de aveia convencional. Os resultados encontrados sustentam o modelo de Moule (1972), porém Cabral e colaboradores sugerem que os genes modificadores atuam independentemente do gene principal e possivelmente influenciam o grau de lignificação da lema, explicando a ocorrência de lemas frágeis e facilmente destacadas mesmo em genótipos convencionais.

Em cevada, o caráter nuda é governado por um único alelo recessivo (*nud*) localizado no braço longo do cromossomo 7H (Kikuchi et al., 2003). Taketa et al (2006) desenvolveram um mapa de alta resolução através de clonagem posicional, e encontraram dois marcadores próximos ao gene *nud*, sKT3 e sKT9, que flanqueiam este gene a distâncias de 0,6 cM e 0,06 cM respectivamente.

Utilizando linhagens duplo-haplóides, Choo et al. (2001) encontraram associação do caráter nuda em cevada com os caracteres estatura, peso de grão e rendimento. Também foi observado que a expressão do caráter nuda na cevada variou de 82 a 100%, mostrando que, a exemplo da aveia, a expressão do caráter nuda muitas vezes não é completa.

Em aveia, o gene N-1 foi localizado por De Koeber e colaboradores (2004) no grupo de ligação TM\_5, mesmo grupo de ligação de 9 QTL's que controlam características como acamamento, aparência geral, rendimento, peso de grão, rendimento industrial, grãos arredondados, peso hectolitro, grãos finos e conteúdo de óleo do grão.

O gene N-1 parece possuir efeito pleiotrópico sobre o caráter multiflora da espiguetta. A presença de espiguetas multiflora tem sido associada aos grãos sem casca, e usada como marcador morfológico para esta característica. A partir de uma análise dialélica envolvendo seis cultivares de aveia, Jenkins & Hanson (1976) concluíram que o gene N-1 é responsável pelos caracteres nuda e multiflora. Cabral e colaboradores (2000) observaram que a segregação do caráter multiflora da espiguetta foi similar à segregação do caráter nuda do grão, confirmando os resultados encontrados por Jenkins & Hanson. Entretanto, estes autores observaram a ocorrência de grãos sem casca em espiguetas normais, sendo a correlação entre as duas características não perfeita, variando de 0.58 a 0.88. Já os resultados obtidos por Kibite & Taylor (1994) indicam que os caracteres nuda e multiflora são controlados por genes próximos, com a frequência de recombinação de 10,5%.

A partir da bibliografia consultada, observa-se que as publicações mais antigas defendem a herança monogênica do caráter, e atribuem ao ambiente possíveis desvios das proporções esperadas para este tipo de herança. Porém a partir dos estudos de Moule (1972), que introduziu a hipótese de genes modificadores, surgiram diferentes conjecturas sobre o número de genes que atuam neste caráter, inclusive a de Jenkins & Hanson (1976), que parece ser a mais aceita atualmente.

## **2.5. Aveia nuda – Futuro comercial**

A aveia é considerada uma importante fonte de proteínas, carboidratos, fibras, vitaminas e minerais e, em menor quantidade, constituintes funcionais que contribuem para a

saúde humana, como tocoferóis, avenatramides e flavonóides (Peterson, 2004). A aveia possui propriedades únicas que a tornam útil como matéria prima para um grande número de produtos, especialmente na área alimentícia, médica e cosmética.

Estudando a composição química de linhagens de aveia nuda desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento Genético de Aveia da UFRGS, Alves e colaboradores (2005a) encontraram nestas linhagens valores de proteína bruta superiores (18,79 a 23,41%) aos valores encontrados na aveia convencional (12,69 a 16,12%). Os menores valores de proteína bruta encontrados para as linhagens de aveia nuda são superiores aos maiores encontrados para aveia convencional. Estes resultados são de grande interesse, uma vez as proteínas desempenham funções vitais no organismo, sendo necessárias para a formação e reparação dos músculos, além de participarem do sistema imunológico, enzimático e hormonal. Já os valores de amido disponível (entre 52,25 e 61,68%) são aproximadamente 23% inferiores aos encontrados na aveia convencional, mostrando que a quantidade de energia prontamente disponível proveniente de carboidratos da aveia nuda é menor quando comparado a cultivares convencionais.

As linhagens de aveia nuda estudadas apresentaram valores inferiores de macro e micro minerais, exceto pela similaridade quanto ao Zn (3,3 mg/100g) e Fe (4,3 mg/100g). Para Ca, Mg e Mn essa inferioridade atingiu valores de 68,2; 63,8; 67%, respectivamente. Já para P, o valor encontrado mostrou-se ligeiramente superior, sendo 15,7% maior do que na aveia convencional (Alves et al., 2005b)

As análises dos teores de fibras alimentares mostraram que as linhagens de aveia nuda estudadas possuem o dobro de teores de fibras totais e solúveis. Este fato é de especial interesse, uma vez que estudos têm demonstrado os benefícios das fibras solúveis a saúde humana, como absorção mais lenta da glicose, diminuição nos níveis plasmáticos de colesterol e equilíbrio da microbiota intestinal (Alves et al., 2005c)



Na nutrição animal, a aveia também possui um importante papel, principalmente em regiões onde o clima não permite a produção de milho e soja (Peterson, 2004). Porém o alto teor de fibra contido na casca, que compreende aproximadamente 25% do peso do grão deste cereal, tem sido um fator limitante na utilização da aveia na alimentação animal, principalmente em monogástricos. A aveia nuda, portanto, possui um grande potencial na participação das dietas de suínos, aves, bovinos, cavalos e ovelhas (Peltonen-Sainio et al., 2004).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Estação Experimental Agronômica (EEA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. A EEA está localizada no município de Eldorado do Sul, situada a 30°05'27'' de latitude Sul e 51°40'18'' de longitude Oeste, apresentando altitude média de 46 metros acima do nível do mar (Bergamaschi & Guadagnin, 1990). O solo da EEA é classificado como Laterítico Bruno-Avermelhado Distrófico pertencente à unidade de mapeamento São Jerônimo (Embrapa, 1999). O clima da região pertence a variedade específica Cfa da classificação climática de Köeppen, ou seja, subtropical úmido com verão quente. A radiação solar global é mais elevada no mês de dezembro, com média diária próxima de 500 cal/cm<sup>2</sup>/dia, enquanto que junho tem a menor média diária, cerca de 200 cal/cm<sup>2</sup>/dia. Janeiro e fevereiro são os meses mais quentes, enquanto que junho e julho são os mais frios. A precipitação pluvial média anual é de 1440 mm, apresentando, freqüentemente, problemas de deficiência hídrica nos meses de novembro a março (Bergamaschi & Guadagnin, 1990).

#### 3.1. Obtenção de material segregante

Neste estudo foram utilizadas duas linhagens do Programa de Melhoramento Genético de Aveia da UFRGS, UFRGS 995080-1 que apresenta a característica nuda e a UFRGS 970486-3 que apresenta a casca aderida às cariopses. As genealogias das linhagens encontram-se na Tabela 1.

O genitor UFRGS 995080–1 foi selecionado por apresentar alta expressividade do caráter nuda nos grãos, e também por possuir características agronômicas favoráveis que a destacaram diante das demais linhagens de aveia nuda desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento Genético de Aveia da UFRGS. O genitor UFRGS 970486-3 é uma linhagem desenvolvida pelo mesmo programa, que não chegou a ser lançada comercialmente.

**Tabela 1.** Genealogia, característica dos grãos, florescimento e estatura dos genitores UFRGS 995080–1 e UFRGS 970486-3. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2005/2006.

<b>Genitores</b>	<b>Genealogia</b>	<b>Característica dos grãos</b>	<b>Florescimento (dias)</b>	<b>Estatura (cm)</b>
UFRGS 995080-1	UFRGS 10 X Paul	Nuda	94	110,21
UFRGS 970486-3	UFRGS 15 X UFRGS 1834/90	Com casca	101,91	109

### **3.2. Procedimento experimental**

Este trabalho foi conduzido a partir das sementes de geração F<sub>2</sub> provenientes do cruzamento dos genitores UFRGS 995080-1 e UFRGS 970486-3. Em 2003, estes genitores foram semeados em parcelas de quatro linhas de três metros de comprimento, espaçadas 0.30 metros entre linhas, em três épocas. Durante a fase de reprodução foi realizado o cruzamento entre as mesmas pelo método Flor Fechada (Bertagnolli & Federizzi, 1994).

No ano de 2004 as sementes produzidas, a partir do cruzamento do ano anterior, foram semeadas a campo, em uma linha, dando origem às plantas da geração F<sub>1</sub>. Todas as plantas férteis desta geração foram colhidas em “Bulk”, dando origem às sementes F<sub>2</sub>. As sementes formadas nesta geração apresentavam ambos os fenótipos nuda e com casca. Estas foram então separadas de acordo com o fenótipo, identificadas e armazenadas em câmara de armazenamento de sementes.

### **3.2.1. Estabelecimento e avaliação da geração F<sub>2</sub>**

Em 23/06/05, as sementes produzidas a partir da geração F<sub>1</sub> foram semeadas a campo, sob o sistema de plantio direto, em linhas de três metros de comprimento, com espaçamento de 0,15 m entre plantas e 0,25 m entre linhas, em um experimento em blocos casualizados com duas repetições. Foram semeadas 25 linhas por repetição, sendo 13 linhas de sementes nuda e 12 de sementes com casca na primeira repetição, e 13 linhas de sementes com casca e 12 de sementes nuda na segunda repetição. Também foram semeadas 4 linhas com sementes dos genitores em cada repetição.

A adubação base foi realizada de acordo com as recomendações fornecidas pela análise de solo, utilizando-se 300 kg/ha da fórmula 10-30-15 de NPK. No aparecimento da quarta e da sétima folhas, foram realizadas as adubações de cobertura, aplicando-se 30 kg/ha de nitrogênio por aplicação. O controle de moléstias foi realizado pela aplicação de fungicida foliar sistêmico tebuconazole na dose de 0,75 l/ha, no dia 21/07/2005, e pela aplicação de inseticida organofosforado sistêmico, na dose de 0,6 l/ha, na mesma data. O controle de plantas invasoras foi realizado através de capinas.

Como as plantas estavam individualizadas nas linhas, foram tomadas as datas de florescimento, estatura e ciclo total.

O florescimento foi determinado através do número de dias entre a semeadura e o aparecimento de 50% da panícula principal. A data de florescimento das plantas individuais foi avaliada de três em três dias a partir do florescimento da primeira planta.

A estatura foi determinada após a maturação fisiológica das plantas, sendo que a determinação deste caráter ocorreu através da medição da distância entre a base do colmo e o topo da panícula mais alta de cada planta.

O ciclo total foi determinado através do número de dias entre a semeadura e a colheita, realizada por ocasião da maturação.

As plantas foram acompanhadas durante o desenvolvimento vegetativo e no florescimento foi realizada a marcação da panícula principal, por meio de fita adesiva. A panícula principal e secundária de cada planta  $F_2$  foram colhidas separadamente por ocasião da maturação. Das plantas colhidas, foram selecionadas ao acaso 153 plantas originadas de sementes com casca e 148 plantas provenientes de sementes sem casca. Antes do processo de debulha destas plantas, as panículas principais foram analisadas e divididas em terços. A divisão das panículas em terços superiores, intermediários e inferiores ocorreu pela observação de dois entrenós mais extensos em comprimento presentes nas panículas que dividiam estas em três partes semelhantes. Para cada planta selecionada, realizou-se um desenho. No desenho foram marcadas todas as ramificações presentes na panícula principal e todas as espiguetas presentes nestas. Depois de desenhadas, as espiguetas eram classificadas em multiflora e não multiflora, e debulhadas a mão de forma minuciosa e individual. Durante o processo de debulha era considerada a posição de cada grão nas espiguetas e a característica destes (nuda ou com casca). Desta forma, obteve-se um desenho mostrando a localização e característica de cada espiguetas e grão presente na panícula principal de cada planta selecionada na geração  $F_2$ .

### **3.2.2. Estabelecimento e avaliação da geração $F_3$**

No segundo ano de experimentação foram selecionadas 50 plantas que, em  $F_2$ , apresentaram o fenótipo semelhante ao genitor UFRGS 995080-1 (totalmente nuda), e 50 plantas que apresentaram nesta mesma geração o fenótipo semelhante ao genitor UFRGS 970486-3 (com casca). Das 50 plantas selecionadas com o fenótipo nuda, 20 eram originadas de sementes  $F_2$  com casca, e 30 de sementes  $F_2$  sem casca. Já para as plantas com o fenótipo com casca, 30 foram originadas de sementes  $F_2$  com casca, e 20 de sementes  $F_2$  sem casca (Figura 1).

Foram observadas na geração F<sub>2</sub> a ocorrência de plantas com ambas espiguetas multifloras e não multifloras na mesma panícula. Selecionou-se então 50 plantas deste fenótipo, denominado fenótipo mosaico, provenientes de sementes F<sub>2</sub> sem casca, e 50 plantas que apresentaram o mesmo fenótipo, porém provenientes das sementes F<sub>2</sub> com casca (Figura 1).

Em 24/06/06, as sementes selecionadas foram semeadas manualmente em solo sob plantio direto em linhas de três metros de comprimento, com espaçamento de 0,30 m entre plantas e 0,30 m entre linhas. Para o fenótipo mosaico, as sementes com e sem casca, de cada planta selecionada, foram semeadas separadamente em linhas vizinhas. Desta forma, foram semeadas no total, 50 linhas com sementes originadas de plantas que apresentaram o fenótipo nuda na geração F<sub>2</sub>, 50 linhas com sementes de plantas que apresentaram o fenótipo com casca, e 200 linhas com sementes originadas de plantas com o fenótipo mosaico, provenientes de 100 plantas da geração F<sub>2</sub> com fenótipo mosaico. Foram semeadas também ao longo do experimento 12 linhas com sementes do genitor UFRGS 995080-1 (nuda) e 12 linhas com sementes do genitor 970486-3 (com casca) (Figura 1).

A adubação base foi realizada de acordo com as recomendações fornecidas pela análise de solo, utilizando-se 300 kg/ha da fórmula 10-30-10 de NPK. A adubação de cobertura foi realizada em duas épocas: no aparecimento da quarta e da sétima folha, aplicando-se 30 kg/ha de nitrogênio. O controle de moléstias foi realizado pela aplicação de fungicida foliar sistêmico tebuconazole na dose de 0,75 l/ha, nos dias 03/10/2006 e 27/10/2006 e pela aplicação de inseticida organofosforado sistêmico, na dose de 0,5 l/ha, no dia 03/10/2006. O controle de plantas invasoras foi realizado através de capinas.

As plantas foram acompanhadas durante o desenvolvimento vegetativo e foram analisadas individualmente para as características florescimento, ciclo e estatura. No florescimento foi realizada a marcação da panícula principal, por meio de fita adesiva. Antes

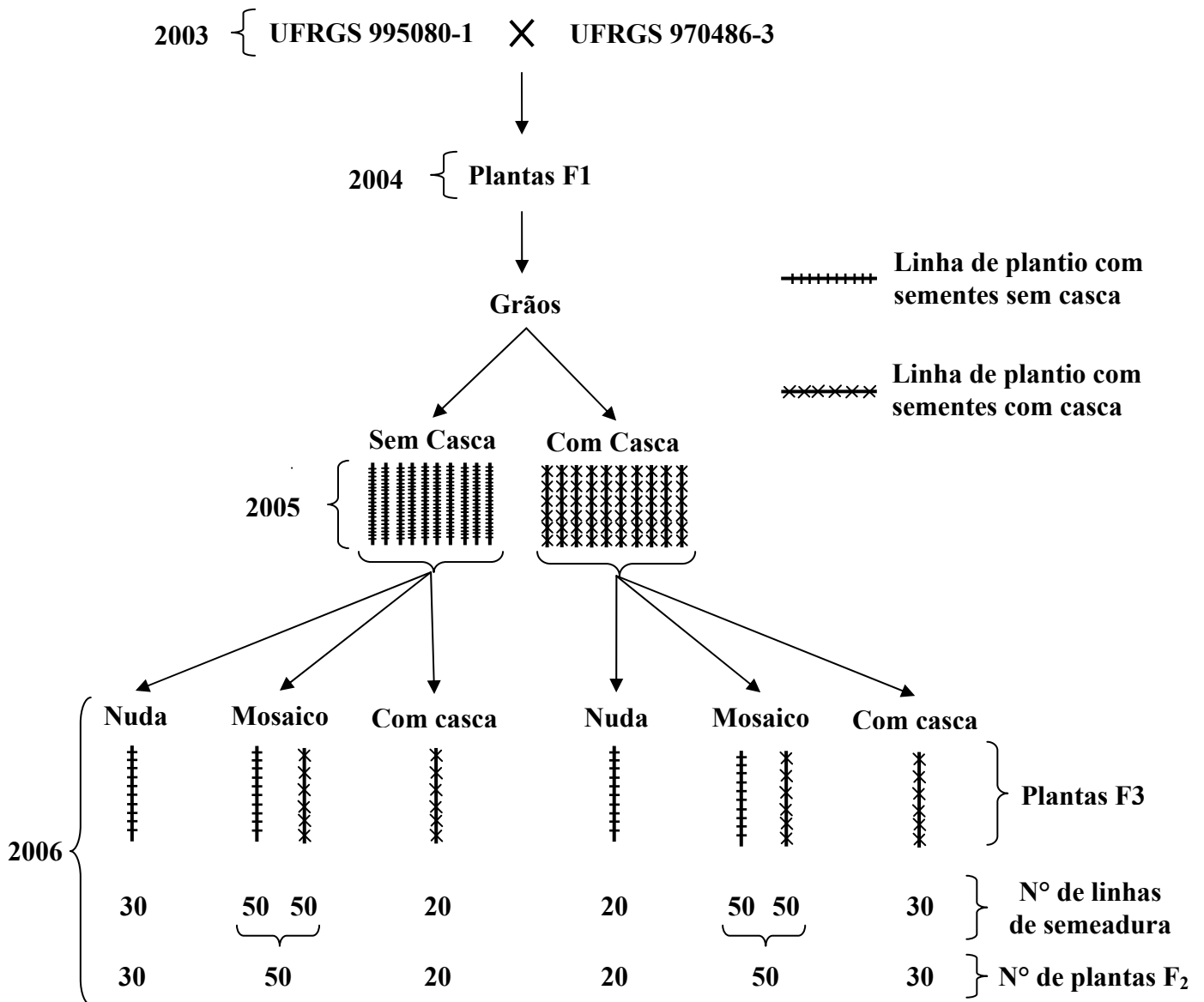
da colheita das plantas, foi realizada a análise das panículas individuais para determinar a presença de espiguetas multifloras e a segregação desta característica para cada família. As famílias foram então classificadas em multifloras, não multifloras e mosaicas, onde foram observadas, respectivamente, apenas plantas com panículas multifloras, apenas plantas com panículas não multifloras e plantas com os dois tipos de panículas na família. A frequência destas classes foi comparada a razão 1:2:1 pelo teste de qui-quadrado ( $\chi^2$ ), descrito por Steel & Torrie (1980).

A panícula principal e mais quatro panículas de cada planta foram colhidas separadamente por ocasião da maturação. As panículas principais foram analisadas individualmente quanto à presença e distribuição dos grãos com e sem casca, verificando-se a segregação ou não das famílias desta geração para as características nuda e com casca. A segregação encontrada nas plantas com fenótipo mosaico foi avaliada pelo teste de  $\chi^2$  para a hipótese genética de 1:2:1.

Um diagrama das atividades realizadas nas diferentes gerações está na Figura 1.

### **3.2.3. Estimativas da herança e da herdabilidade dos caracteres estatura e florescimento**

Os dados de estatura e florescimento das plantas nas gerações  $F_2$  e  $F_3$  foram analisados com a perspectiva de se estimar a herança e a herdabilidade destes caracteres, assim como verificar a possível associação destes ao caráter nuda.



**Figura 1.** Representação esquemática da distribuição da população segregante nas gerações F2 e F3 quanto ao tipo de semente utilizada na semeadura.

A herança foi determinada a partir da análise das distribuições de frequências dos genitores e das progênies nas duas gerações analisadas. As distribuições foram obtidas a partir dos dados observados em cada geração, através do agrupamento dos indivíduos em classes com intervalos de 4 cm para estatura e 3 dias para o florescimento. A definição do intervalo de classe foi baseada na fórmula:



$$i = A/K$$

$$K = n^{1/2}$$

$i$  = intervalo de classes;

$A$  = amplitude (valor máximo – valor mínimo)

$K$  = número de classes;

$n$  = número de linhagens recombinantes

De maneira complementar à análise de distribuição de frequências, contrastou-se graficamente os valores médios de estatura e florescimento das famílias  $F_3$  e os respectivos desvios padrão das plantas nestas famílias, com a expectativa de se distinguir as famílias homocigotas das heterocigotas a partir da dispersão observada.

Foram feitas as estimativas de herdabilidade através do método pai-progênie (b), utilizando-se os dados de estatura e florescimento da geração  $F_2$  e os dados das respectivas médias das progênies na geração  $F_3$  (Falconer & Mackay, 1996).

Como cada planta do grupo mosaico na geração  $F_2$  deu origem a duas linhas (uma semeada com sementes nuda e a segunda com sementes com casca) na geração  $F_3$ , duas avaliações foram realizadas para cada característica nas análises de distribuição de frequências, dispersão e herdabilidade. Na primeira avaliação foram consideradas somente as linhas originadas de sementes sem casca, e na segunda avaliação apenas as linhas originadas de sementes com casca. Uma vez que a única diferença entre as duas avaliações está no grupo mosaico, possíveis diferenças observadas nas distribuições, dispersões e herdabilidade seriam devido ao tipo de grão utilizado na semeadura deste grupo na geração  $F_3$ .

#### **3.2.4. Associação do caráter nuda com os caracteres estatura e florescimento**

A associação do caráter nuda aos caracteres estatura e o florescimento das plantas nas gerações  $F_2$  e  $F_3$  foram avaliados em duas análises: a primeira considerando o tipo de semente

(com ou sem casca) utilizada no plantio, com a finalidade de verificar se a ausência da casca na semente influi na estatura e no florescimento das plantas originadas, e a segunda análise comparando estes caracteres nas plantas pertencentes às diferentes classes de panícula, com a finalidade de verificar se a estatura e o florescimento estão associados às diferentes expressões do caráter nuda na panícula.

Nesta análise foram consideradas todas as plantas da geração  $F_2$  utilizadas no plantio da geração seguinte, e em  $F_3$  foram selecionadas 10 plantas aleatoriamente em cada fenótipo nuda, mosaico e com casca, para os dois tipos de sementes utilizadas na semeadura em  $F_2$  (nuda e com casca), totalizando 60 plantas por classe de panícula.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Análise das panículas dos genitores e da população na geração F<sub>2</sub>

Os genótipos UFRGS 995080-1 (nuda) e UFRGS 970486-3 (com casca) mantiveram 100% dos grãos sem casca e 100% de grãos com casca, respectivamente, em 2005. Já em 2006, 12% das plantas do genótipo UFRGS 995080-1 formaram uma pequena quantidade de grãos com casca na base da panícula principal, enquanto que o genótipo UFRGS 970486-3 manteve a característica constante, formando somente grãos com casca (Tabela 2).

A ocorrência de grãos com casca no genitor nuda no segundo ano de experimentação não era esperada, uma vez que este genótipo é homozigoto e estável para a característica nuda. Alguns fatores podem estar associados a esta expressão incompleta do caráter observada neste genitor, como variação residual, efeitos do ambiente, erro de leitura e até mesmo mistura de sementes. A variação residual não é provável, uma vez que o genitor nuda foi constante para característica no ano de 2005. Erros de leitura e interpretação também são pouco prováveis, já que as análises foram conduzidas por apenas uma pessoa, assim como também é pouco provável a mistura de sementes, visto que cada panícula foi debulhada de maneira minuciosa e individual, e a semeadura realizada a mão.

Segundo Ougham et al. (1996) o processo de lignificação da lema ocorre tardiamente durante a maturação da panícula, um pouco antes da surgimento desta (fase de emborrachamento), tanto na aveia com casca como na nuda. Procurou-se então analisar as condições climáticas durante esta fase no desenvolvimento do genitor nuda. A partir do florescimento médio nos anos 2005 e 2006, obteve-se a data média de florescimento deste

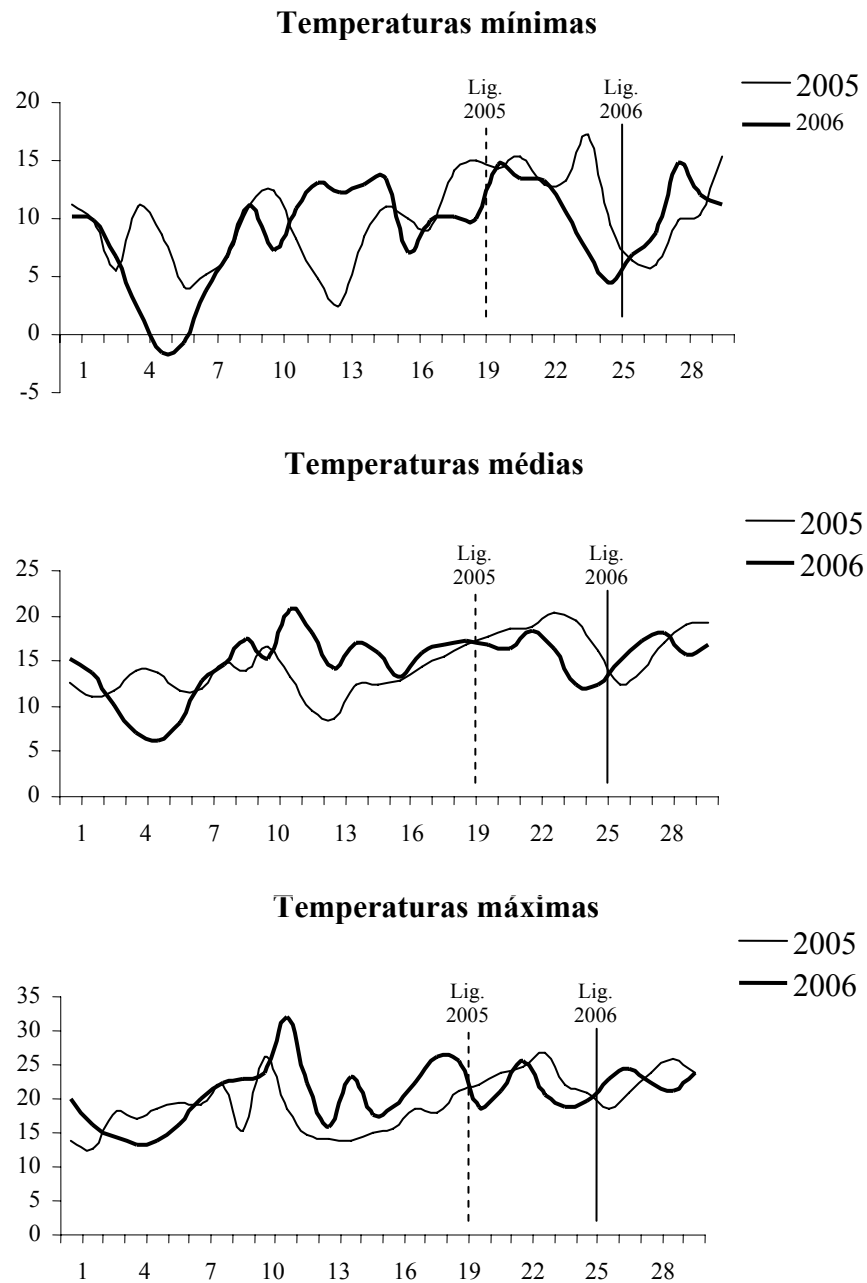
**Tabela 2.** Porcentagem de plantas dos genitores utilizados neste estudo classificadas como nuda, mosaico e com casca. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2005/2006.

<b>Ano</b>	<b>Genótipos UFRGS</b>	<b>Plantas avaliadas</b>	<b>% Nuda</b>	<b>% Mosaico</b>	<b>% Com Casca</b>
2005	995080-1	20	100	0	0
	970486-3	20	0	0	100
2006	995080-1	50	88	12	0
	970486-3	20	0	0	100

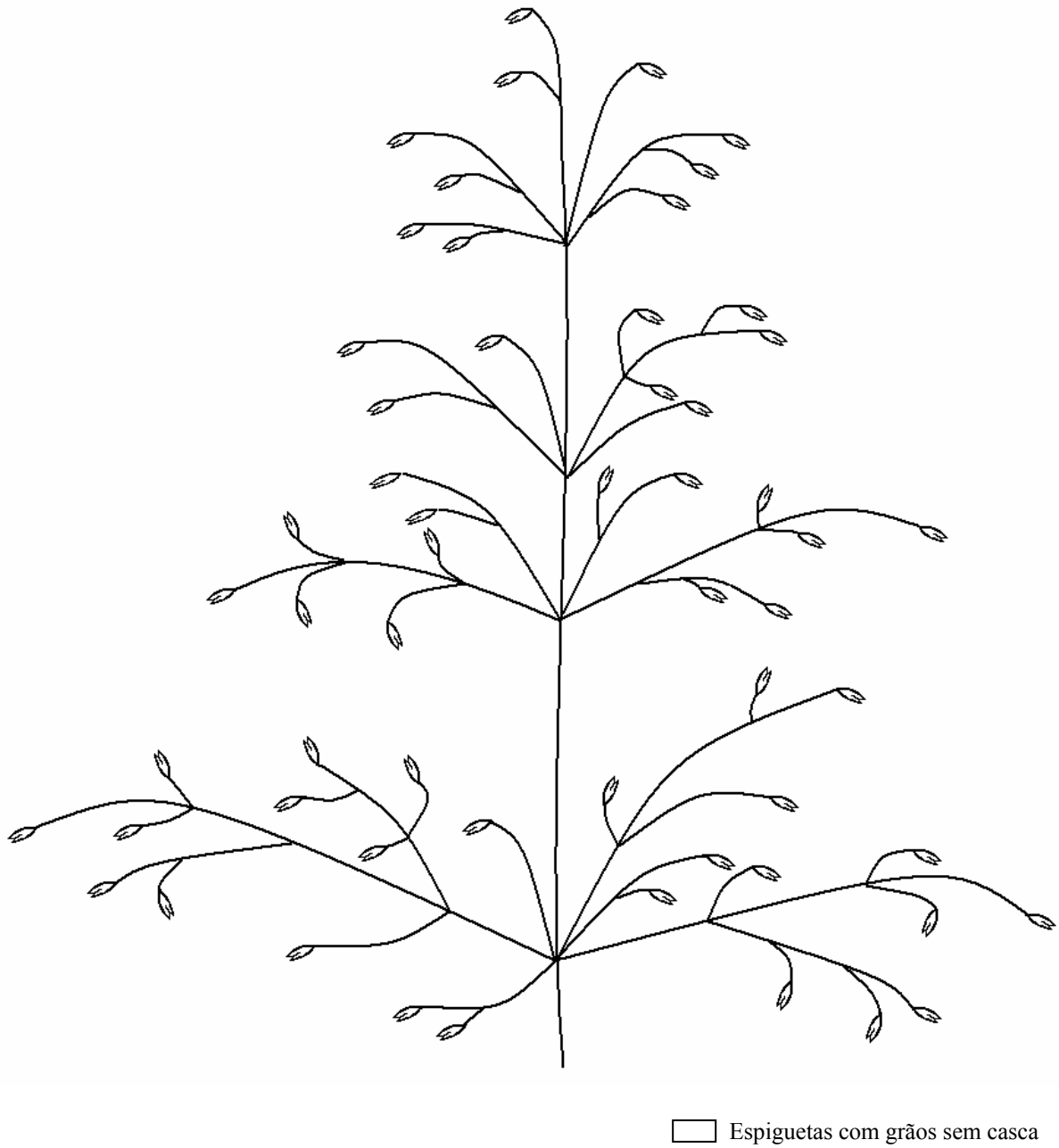
genitor: 21/09/2005 e 27/09/2006. Assumiu-se então que o processo de acúmulo de lignina deve ter ocorrido cerca de dois dias antes das datas de florescimento. Durante a fase de lignificação da lema no genitor nuda, foram observadas temperaturas médias e máximas semelhantes nos dois anos de experimentação (Figura 2). A maior diferença foi observada nas temperaturas mínimas registradas nestes dias, que foram aproximadamente 15°C e 5°C nos anos 2005 e 2006, respectivamente (Figura 2). As baixas temperaturas que ocorreram durante o período de lignificação da lema durante o ano 2006 possivelmente possam ter influenciado a expressão do caráter no genitor nuda neste ano, visto que a menor expressão do caráter nuda em genótipos submetidos a baixas temperaturas também foi observado por Lawes & Boland (1974).

Na população segregante da geração F<sub>2</sub>, as panículas principais apresentaram grande variação quanto às proporções de grãos com e sem casca. A partir desta variação, foram definidas seis classes principais: 1) Panículas que formaram apenas grãos sem casca, de maneira semelhante a UFRGS 995080-1, nuda (Figura 3); 2) Panículas com a maior parte dos grãos sem casca, e uma pequena quantidade destes com casca (Figura 4); 3) Panículas que formaram grãos sem e com casca, com os primeiros localizados predominantemente na parte superior e os grãos com casca na parte inferior da panícula (Figura 5); 4) Panículas que formaram grãos com e sem casca, distribuídos de forma variada na panícula (Figura 6); 5) Panícula com a maior parte dos grãos com casca, e uma pequena quantidade destes sem casca

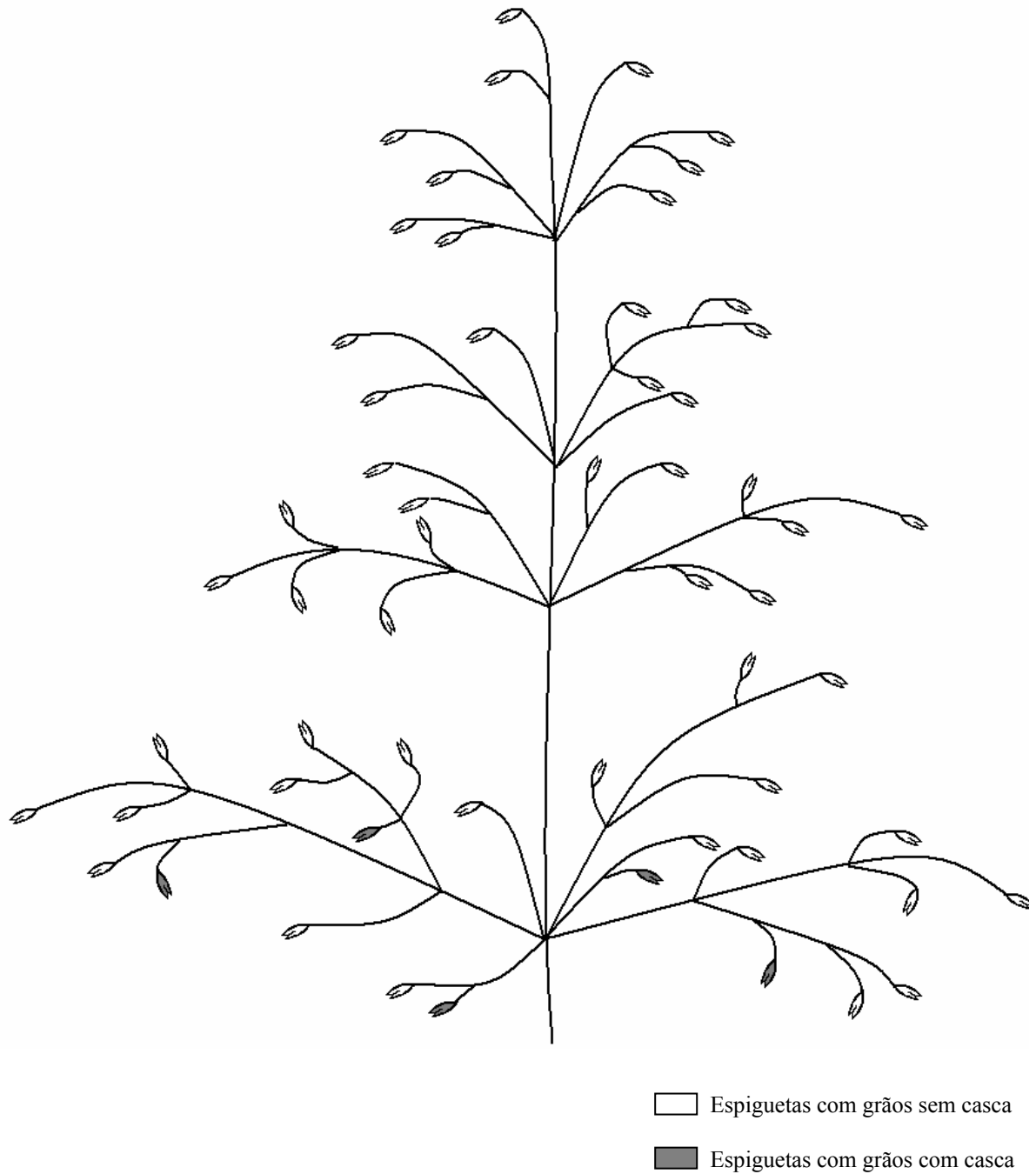
(Figura 7); 6) Panículas que formaram apenas grãos com casca, de maneira semelhante a UFRGS 970486-3, com casca (Figura 8).



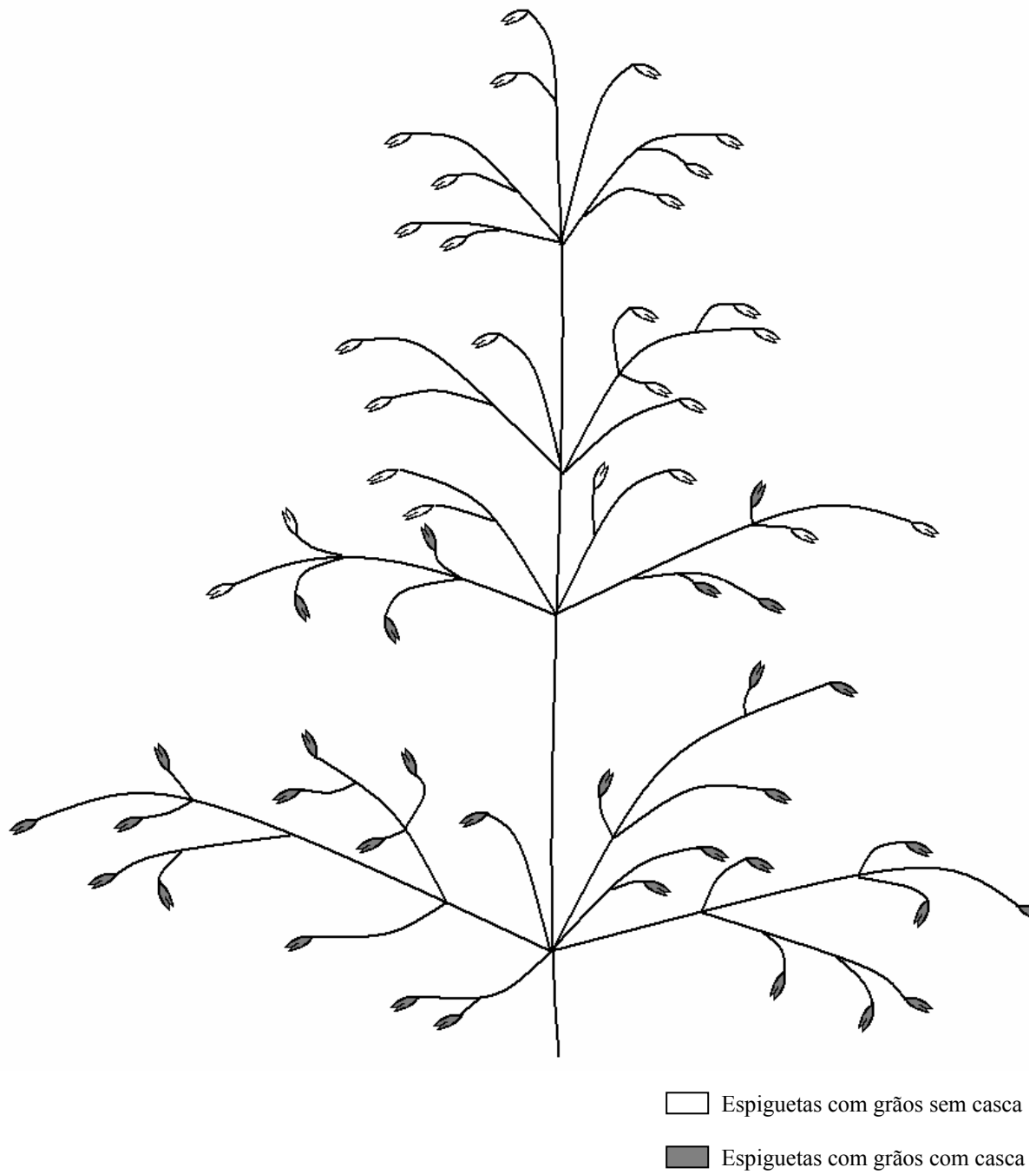
**Figura 2.** Temperaturas diárias mínimas, médias e máximas no mês de setembro nos anos 2005 e 2006. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul.



**Figura 3.** Representação ilustrativa das panículas principais avaliadas na geração  $F_2$  e classificadas na classe 1.

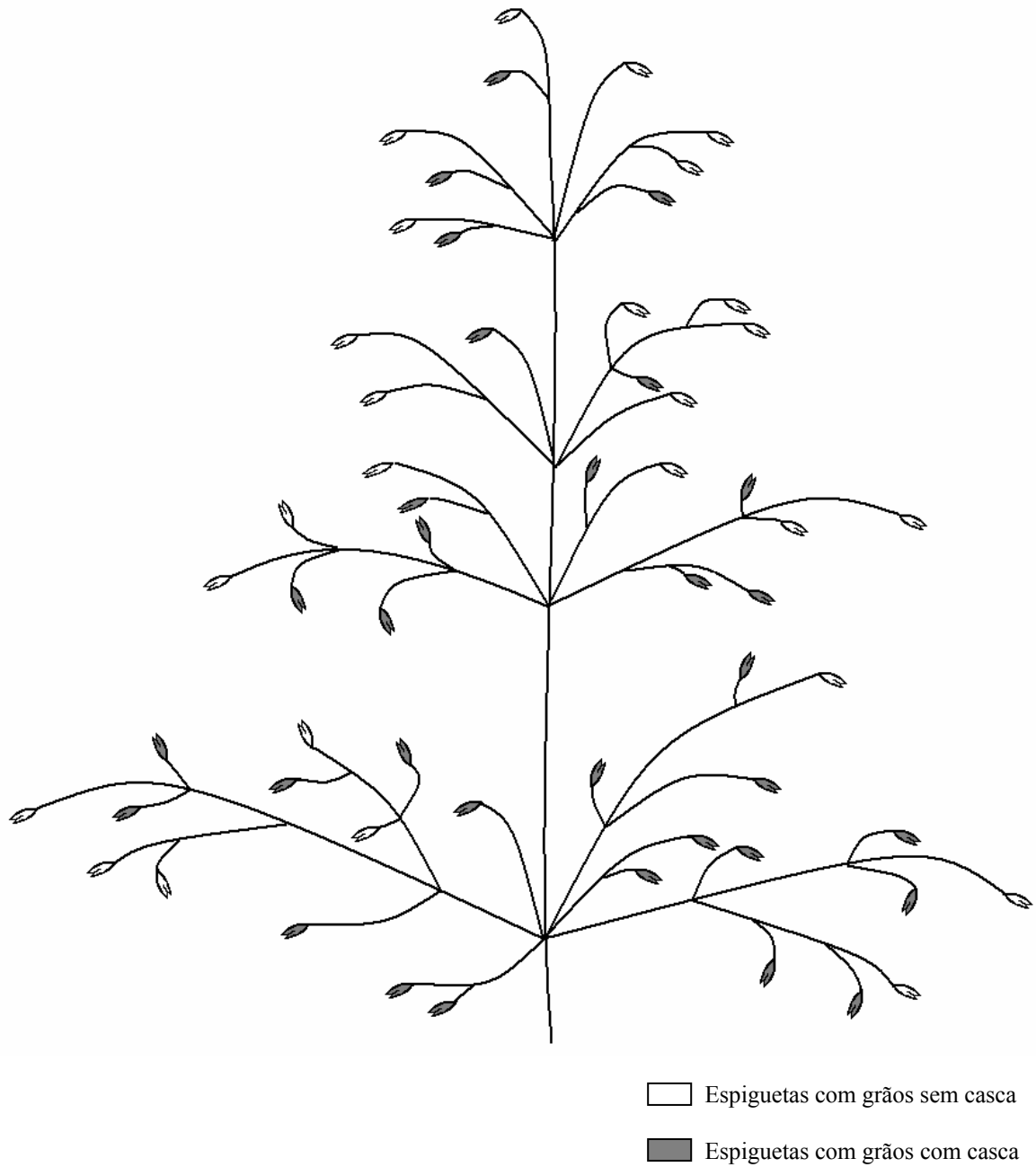


**Figura 4.** Representação ilustrativa das panículas principais avaliadas na geração  $F_2$  e classificadas na classe 2.

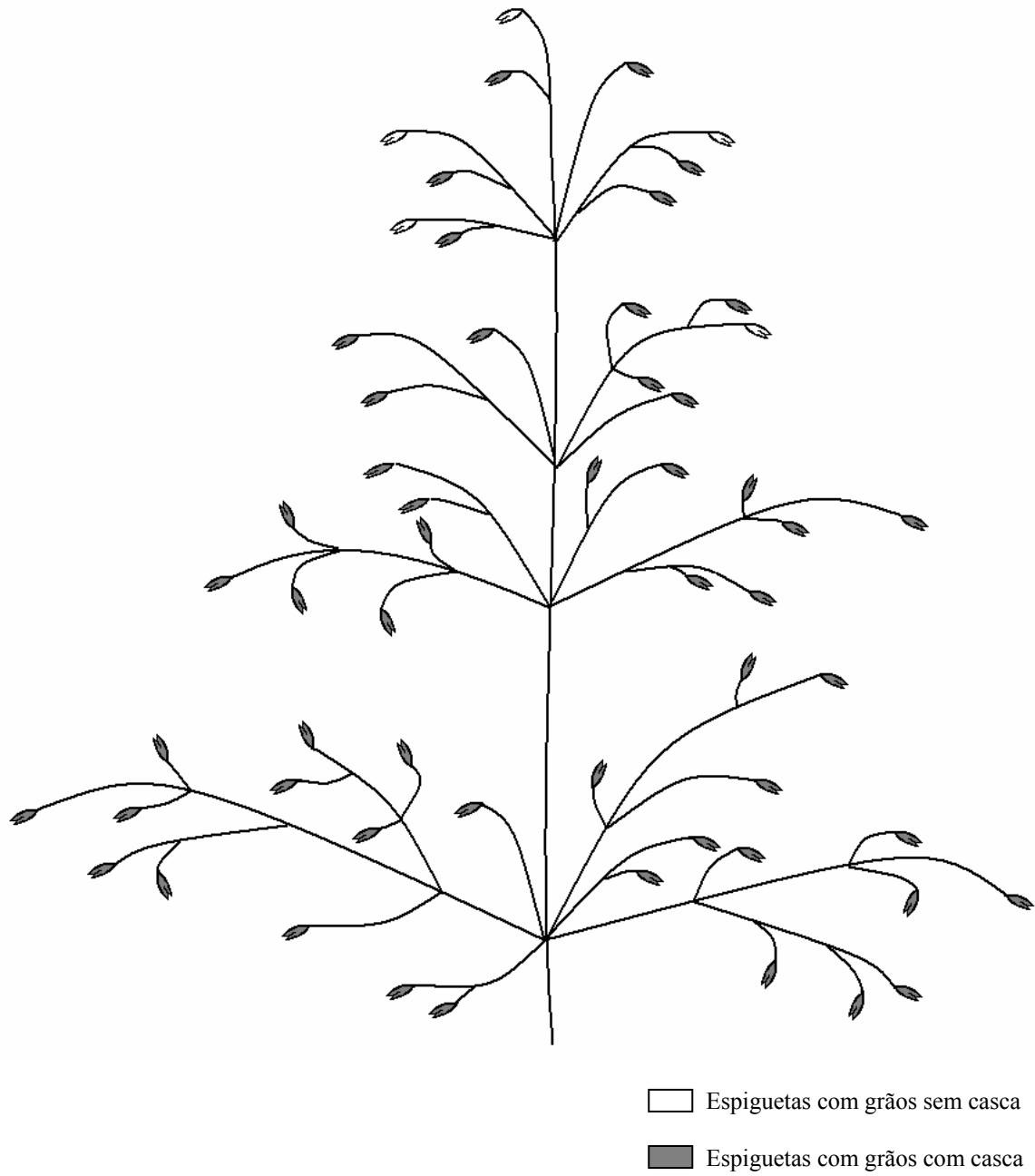


**Figura 5.** Representação ilustrativa das panículas principais avaliadas na geração  $F_2$  e classificadas na classe 3.

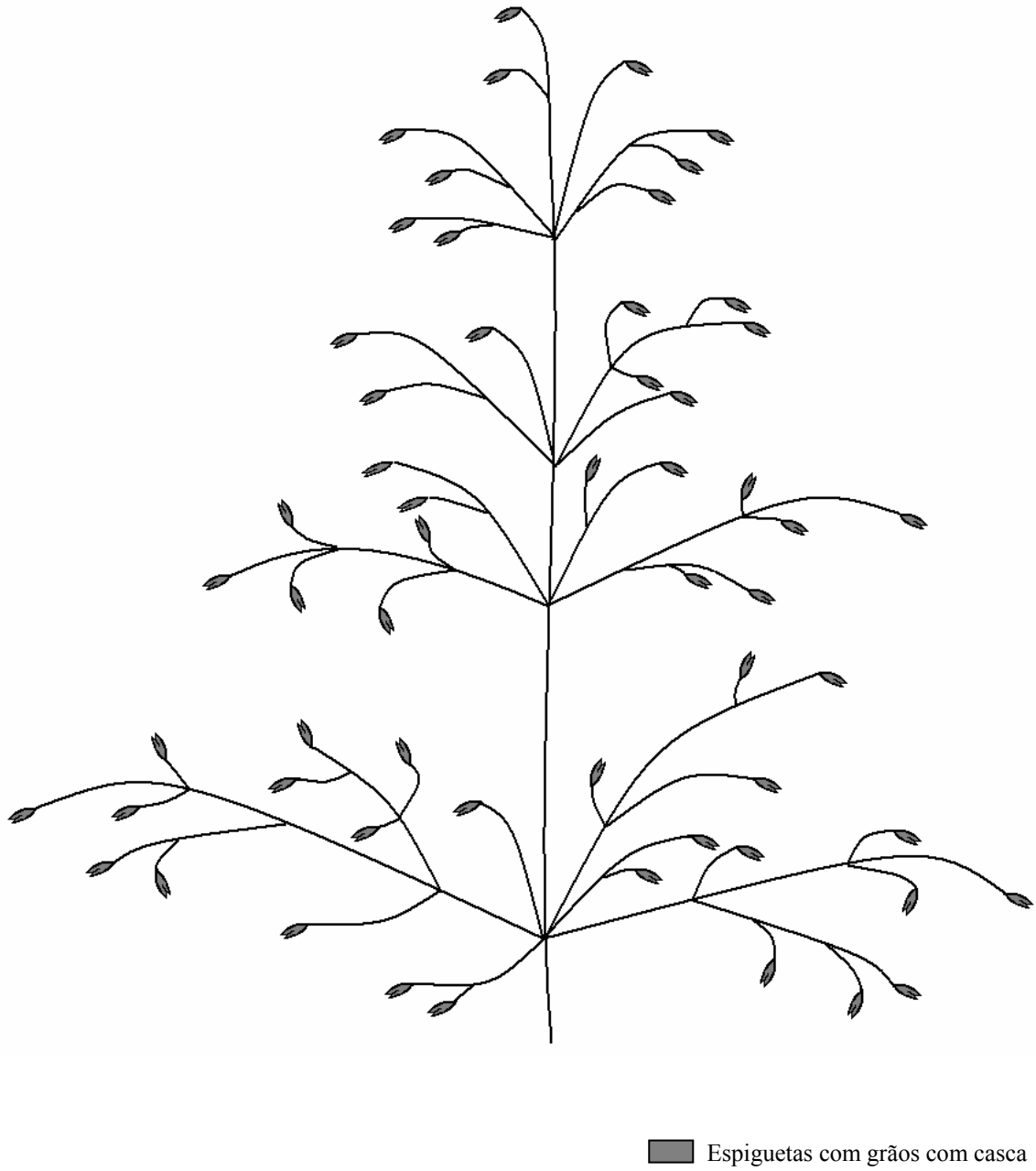




**Figura 6.** Representação ilustrativa das panículas principais avaliadas na geração  $F_2$  e classificadas na classe 4.



**Figura 7.** Representação ilustrativa das panículas principais avaliadas na geração  $F_2$  e classificadas na classe 5.



**Figura 8.** Representação ilustrativa das panículas principais avaliadas na geração  $F_2$  e classificadas na classe 6.

Na primeira classe de panículas, caracterizada por formar apenas grãos sem casca na panícula principal, foram observadas somente espiguetas multifloras. Estas espiguetas apresentaram variações em relação ao tamanho e ao número de grãos formados por espiguetas. O número de grãos por espiguetas multifloras variou de um a cinco, sendo que as espiguetas maiores e com maior número de grãos eram mais frequentes no terço superior e em ramificações de primeira ordem na panícula. Foram classificadas nesta classe 31 plantas F<sub>2</sub> oriundas de sementes sem casca, que produziram em média 67,26 grãos nas panículas principais, e 25 plantas originadas de sementes com casca, as quais formaram em média 58,46 grãos. O número total médio de grãos encontrados nas panículas principais das plantas pertencentes a esta classe foi 63,78. (Tabelas 3 e 4).

Na segunda classe foi observada uma grande maioria de grãos sem casca, e uma pequena quantidade de grãos com casca, sendo que estes foram observados predominantemente na base das panículas (Figura 4). Foram classificadas nesta classe 39 plantas, 21 originadas de sementes sem casca, que produziram em média 48,76 (91%) grãos sem casca e apenas 4,84 (9%) grãos com casca, e 18 plantas originadas de sementes com casca, que formaram em média 46,70 (89,1%) grãos sem casca e 5,70 (10,9%) grãos com casca. O número médio total de grãos sem casca produzidos nas panículas principais das plantas pertencentes a esta classe foi de 47,86 (90,2%), enquanto que o número médio de grãos com casca foi de apenas 5,21 (9,8%) (Tabelas 3 e 4).

A terceira classe de panículas foi caracterizada por formar tanto grãos sem casca como grãos com casca, onde os primeiros foram observados predominantemente no terço superior da panícula, enquanto que os grãos com casca foram observados nos terços inferiores da mesma (Figura 5). Observou-se nesta classe 10 plantas oriundas de sementes sem casca, que produziram em média 43,50 (50,2%) grãos sem casca e 43,10 (49,8%) grãos com casca, e 9

**Tabela 3.** Número de plantas nas classes de panícula quanto ao tipo de grão utilizado na semeadura e ao fenótipo das plantas da geração F<sub>2</sub>. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2005.

Grão semeado em F <sub>2</sub>	Geração F <sub>2</sub>	Classes de panículas (geração F <sub>2</sub> )						Total
		1	2	3	4	5	6	
Com Casca	Nuda	25	0	0	0	0	0	153
	Com Casca	0	0	0	0	0	41	
	Mosaico	0	18	9	47	13	0	
Nuda	Nuda	31	0	0	0	0	0	148
	Com Casca	0	0	0	0	0	32	
	Mosaico	0	21	10	42	12	0	
<b>Total</b>		<b>56</b>	<b>39</b>	<b>19</b>	<b>89</b>	<b>25</b>	<b>73</b>	<b>301</b>

**Tabela 4.** Número médio de grãos, desvio padrão, porcentagem de grãos com e sem casca e total de grãos nas diferentes classes de panículas, quanto à ausência e presença de casca nos grãos utilizados na semeadura. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2005.

Classe	Tipo de grão semeado	Tipo de grão (geração F <sub>2</sub> )				% Nuda	% Com casca	Total de grãos
		Nuda		Com Casca				
		Média	Desv. Pad.	Média	Desv. Pad.			
1	Nuda	67,26	22,92	-	-	100	0	67,26 <sup>ns</sup>
	Com casca	58,46	26,48	-	-	100	0	58,46 <sup>ns</sup>
	Total	63,78	24,42	-	-	100	0	63,78
2	Nuda	48,76	21,71	4,84	2,67	91,0	9,0	53,6 <sup>ns</sup>
	Com casca	46,70	12,99	5,70	3,40	89,1	10,9	52,4 <sup>ns</sup>
	Total	47,86	18,09	5,21	2,96	90,2	9,8	53,07
3	Nuda	43,50	14,73	43,10	20,40	50,2	49,8	86,6 <sup>*</sup>
	Com casca	33,33	12,35	27,55	10,47	54,7	45,3	60,88 <sup>*</sup>
	Total	38,68	14,27	35,73	17,90	52,0	48,0	74,41
4	Nuda	45,89	20,28	37,96	13,34	54,7	45,3	83,85 <sup>ns</sup>
	Com casca	36,07	13,85	41,53	15,85	46,5	53,5	77,6 <sup>ns</sup>
	Total	40,66	17,87	39,71	14,60	50,6	49,4	80,37
5	Nuda	5,66	4,13	51,50	18,58	9,9	90,1	57,16 <sup>*</sup>
	Com Casca	8,28	6,57	76,14	29,17	9,8	90,2	84,42 <sup>*</sup>
	Total	7,07	5,52	64,76	27,07	9,8	90,2	71,83
6	Nuda	-	-	74,77	33,16	0	100	74,77 <sup>ns</sup>
	Com casca	-	-	68,46	21,90	0	100	68,46 <sup>ns</sup>
	Total	-	-	70,93	26,70	0	100	70,93

<sup>ns</sup> Não significativo pelo teste T, a 5% de probabilidade, dentro de cada classe

\* Significativo pelo teste T, a 5% de probabilidade, dentro de cada classe

plantas oriundas de sementes com casca, que formaram em média 33,33 (54,7%) grãos sem casca e 27,55 (45,3%) grãos com casca. O número médio total de grãos sem casca formados na panícula principal foi de 38,68 (52%), enquanto que o número médio total dos grãos com casca foi de 35,73 (48%) (Tabelas 3 e 4).

Na quarta classe as panículas também apresentaram grãos com e sem casca, porém distribuídos ao longo de toda panícula. Nesta classe, a ocorrência de grãos com casca foi observada principalmente nas espiguetas multifloras onde são formados os grãos terciários e quartenários, e também nas regiões onde são formados os grãos secundários e terciários nas espiguetas intermediárias (Figura 6). A espiguetas intermediária é caracterizada por possuir a pálea e a lema com tamanho semelhante ao da gluma, sendo uma forma intermediária entre a espiguetas multiflora, que possui a pálea e lema maiores que a gluma, e a espiguetas não multiflora, que possui a pálea e a lema mais aderidas ao grão, e menores em comprimento quando comparadas à gluma. Foram observadas nesta classe 42 plantas originadas de sementes sem casca, que produziram em média 45,89 (54,7%) grãos sem casca e 37,96 (45,3%) grãos com casca, e 47 plantas oriundas de sementes com casca, que produziram em média 36,07 (46,5%) grãos sem casca e 41,53 (53,5%) grãos com casca. O número médio total de grãos sem e com casca formados nas panículas principais destas plantas foi de 40,66 (50,6%) e 39,71 (49,4%), respectivamente (Tabelas 3 e 4).

A quinta classe foi caracterizada por possuir uma grande maioria de grãos com casca, e uma pequena quantidade de grãos sem casca ao longo das panículas principais analisadas (Figura 7). Foram classificadas nesta classe 12 plantas originadas de sementes sem casca, que produziram em média 5,66 (9,9%) grãos sem casca e 51,50 (90,1%) grãos com casca, e 13 plantas originadas de sementes com casca, que formaram 8,28 (9,8%) grãos sem casca, e 76,14 (90,2%) grãos com casca, em média. O número médio total de grãos sem casca

formados na panícula principal das plantas desta classe foi de 7,07 (9,8%) enquanto que o número médio total dos grãos com casca foi de 64,76 (90,2%) (Tabelas 3 e 4).

Na sexta classe de panículas foram observadas apenas a formação de grãos com casca. Todas as espiguetas formadas nesta classe eram espiguetas não multifloras, sendo que a maior parte destas formou dois grãos por espiguetas. Observou-se também a ocorrência de espiguetas com apenas um grão, e, de maneira menos freqüente, espiguetas com três grãos. A ocorrência de espiguetas não multifloras com três grãos formados foi observada mais freqüentemente no terço superior e em ramificações de primeira ordem na panícula, enquanto que as espiguetas de apenas um grão foram observadas mais freqüentemente nos terços inferiores e em ramificações secundárias da panícula. Foram observadas nesta classe 32 plantas originadas de sementes sem casca, que produziram em média 74,77 grãos, e 41 plantas originadas de sementes com casca, que formaram 68,46 grãos em média. Foi observado o número total médio de 70,93 grãos formados nas panículas principais das plantas desta classe (Tabelas 3 e 4).

Nas classes 1, 2, 4 e 6, não foram observadas diferenças significativas no número de grãos formados nas panículas principais, quando utilizadas sementes com ou sem casca na semeadura. Entretanto, observou-se nas classes 3 e 5 um número maior de grãos formados nas panículas das plantas originadas de grãos sem casca e com casca, respectivamente (Tabela 4). As diferenças observadas possivelmente são devido ao pequeno número de plantas pertencentes a estas classes.

Durante a análise das panículas e espiguetas, não foram encontradas espiguetas multifloras que formassem apenas grãos com casca, assim como não foram observadas espiguetas não multifloras com grãos sem casca. Esta observação está de acordo com a hipótese de pleiotropia entre os dois caracteres, sugerido por Jenkins & Hanson (1976), e também encontrado por Cabral et al. (2000), e em desacordo com os resultados encontrados

por Kibite & Taylor (1994), que sugerem que os caracteres nuda e multiflora são controlados por genes separados, com a frequência de recombinação de 10,5%. Admitindo-se esta frequência de recombinação, seria esperado a obtenção de aproximadamente 31 fenótipos recombinantes para estas características neste trabalho, o que não foi observado.

Na análise das panículas principais foi observada uma grande variação de proporções de grãos com e sem casca nas panículas pertencentes ao grupo mosaico (observar os desvios padrões apresentados na Tabela 4), logo um número maior de classes poderia ter sido definido neste grupo. Entretanto, como foram consideradas, além do número, a distribuição dos grãos com e sem casca nas panículas, neste trabalho estão representadas somente as classes mais relevantes para este estudo.

#### **4.2. Segregação das plantas para o caráter nuda na geração F<sub>2</sub>**

Foram realizadas duas análises, a primeira considerando apenas o terço superior das panículas, e a segunda considerando as panículas inteiras (Tabela 5).

Quando analisados o terço superior das panículas das plantas provenientes de sementes com casca, foram observadas 30 plantas com 100% dos grãos sem casca, 42 plantas com grãos 100% com casca e 81 plantas mosaicas, o que permitiria aceitar a hipótese de um gene dois alelos governando o caráter nuda (Tabela 5). Quando analisados o terço superior nas plantas originadas das sementes nudas, 40 plantas foram classificadas como 100% nuda, 33 foram 100% com casca e 75 plantas formaram grãos com e sem casca, o que também permite aceitar a hipótese de um gene com dois alelos governando a característica (Tabela 5). Portanto, não houve diferenças na proporção de plantas com o caráter nuda quando utilizadas sementes com ou sem casca na semeadura.

Na análise das panículas inteiras das plantas provenientes de sementes com casca, foi observado que das 30 plantas classificadas como 100% nuda na análise do terço superior, 25



**Tabela 5.** Número de plantas na geração F<sub>2</sub> classificadas como nuda, mosaico e com casca nas análises dos terços superiores das panículas e das panículas inteiras. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2005.

Grão semeado em F <sub>2</sub>	Geração F <sub>2</sub>	Freq. Esp.	Terço Superior (Freq. Obs.)	$\chi^2$ (1:2:1)	P	Inteira (Freq. Obs.)	$\chi^2$ (1:2:1)	P	
<b>Com Casca</b>	Nuda		30			25			
	Mosaico		0			5			
	Com Casca		0			0			
	Nuda		0			0			
	Mosaico		0			1			
	Com Casca		42			41			
	Nuda		0			0			
	Mosaico		81			81			
	Com Casca		0			0			
	<b>Total</b>	Nuda	38	30	<b>2,31<sup>ns</sup></b>	<b>0,31</b>	25	<b>5,98<sup>ns</sup></b>	<b>0,05</b>
		Mosaico	77	81			87		
		Com Casca	38	42			41		
	Subtotal	153	153			153			
<b>Sem Casca</b>	Nuda		40			31			
	Mosaico		0			9			
	Com Casca		0			0			
	Nuda		0			0			
	Mosaico		0			1			
	Com Casca		33			32			
	Nuda		0			0			
	Mosaico		75			75			
	Com Casca		0			0			
	<b>Total</b>	Nuda	37	40	<b>0,68<sup>ns</sup></b>	<b>0,70</b>	31	<b>3,28<sup>ns</sup></b>	<b>0,19</b>
		Mosaico	74	75			85		
		Com Casca	37	33			32		
	Subtotal	148	148			148			
<b>Soma nuda e com casca</b>	Nuda	75	70	<b>0,49<sup>ns</sup></b>	<b>0,78</b>	56	<b>7,78<sup>*</sup></b>	<b>0,02</b>	
	Mosaico	151	156			172			
	Com Casca	75	75			73			
	Total Geral	301	301			301			

<sup>ns</sup> Não significativo a 5% de probabilidade

\* Significativo a 5% de probabilidade

se mantiveram nesta classe, enquanto que cinco plantas passaram para a classe mosaico. Foram observadas também 41 plantas com 100% dos grãos com casca, sendo que uma planta foi re-classificada como mosaico, e 81 plantas formaram grãos com e sem casca, sendo classificadas, portanto no grupo mosaico. Estas proporções também permitem aceitar a hipótese de um gene com dois alelos governando o caráter, quando considerada a probabilidade de 0,05 (Tabela 5).

Quando analisados as panículas inteiras nas plantas originadas de sementes nudas, foi observado que das 40 plantas classificadas como 100% nuda na análise do terço superior, 31 se mantiveram nesta classe, enquanto que 9 plantas foram re-classificadas para a classe mosaico. Foram observadas 32 plantas com 100% dos grãos com casca, sendo que uma planta foi re-classificada como mosaico. Foram observadas também 75 plantas que formaram grãos com e sem casca, sendo assim classificadas no grupo mosaico. Estas proporções também permitem aceitar a hipótese de um gene e dois alelos governando o caráter nuda (Tabela 5). Nesta análise também não foram observadas diferenças expressivas nas proporções de plantas com o caráter nuda quando utilizadas sementes com ou sem casca na semeadura.

Observou-se que algumas plantas de fenótipo com casca e nuda mudaram de classificação para fenótipo mosaico quando analisadas as panículas inteiras. Conseqüentemente, na segunda análise observou-se um aumento no número total de plantas com fenótipo mosaico e uma redução do número total de plantas com fenótipos iguais aos parentais. Nas análises dos valores totais dos dois fenótipos da geração F<sub>2</sub>, estas mudanças não provocaram diferenças significativas no valor de  $\chi^2$ , porém observou-se um distanciamento da razão genética 1:2:1 quando analisada as panículas inteiras, indicado pelo aumento no valor do  $\chi^2$ .

A diferença entre as duas análises é mostrada de forma mais clara na análise do total geral, onde se observa a adequação à razão genética 1:2:1 na análise dos terços superiores das panículas, e a não adequação à esta razão quando analisadas as panículas inteiras (Tabela 5).

A segregação encontrada na geração F<sub>2</sub> de 1 nuda : 2 mosaico: 1 com casca quando analisadas apenas o terço superior das panículas indica que nesta população o caráter nuda é governado por um gene, conforme já relatado por Norton (1907), Gaines (1917), Caporn (1918), Chou (1932), Kibite & Taylor (1994), Cabral et al. (2000) e Hoekstra et al. (2003), e contrário a outros estudos que indicam a herança de mais de um gene Moule (1972), Boland & Lawes (1973) e Jenkins & Hanson (1976).

Em função do caráter nuda em aveia ser governado por apenas um gene, os programas de melhoramento genético encontrariam uma maior facilidade na seleção e identificação dos genótipos que formam grãos sem casca, assim como existiria a possibilidade de transferência do gene responsável por este caráter para genótipos que formam grãos com casca.

Apesar desta aparente facilidade em se incorporar este gene nos programas de melhoramento genético de aveia, são poucos os cultivares de aveia nuda no mercado mundial, e não existem cultivares deste tipo de aveia no Brasil. Uma das razões que explica parte do desinteresse do mercado pela aveia nuda é a expressão incompleta deste caráter, que ainda não é bem compreendida. Para os pesquisadores que defendem a herança multigênica, a instabilidade da característica é provocada por genes de menor efeito não homozigotos dominantes para o caráter.

Porém a expressão incompleta do caráter não parece estar associada a um número maior de genes ou a penetrância incompleta do gene principal, uma vez que foi observada a adequação a razão 1:2:1, quando considerados apenas os terços superiores das panículas (Tabela 5). No entanto, foram observados diferentes níveis de expressão do caráter nas panículas, sendo que a expressão parecia ser menor em ramificações de segunda e terceira

ordem localizadas em regiões inferiores das panículas. Essas são justamente as ramificações que formam espiguetas por último durante o desenvolvimento da panícula (Bonnett, 1937), e essas espiguetas, quando formadas, possuem um menor potencial de desenvolvimento de grãos, quando comparadas às espiguetas no restante da panícula (Rajala & Peltonen-Sainio, 2004).

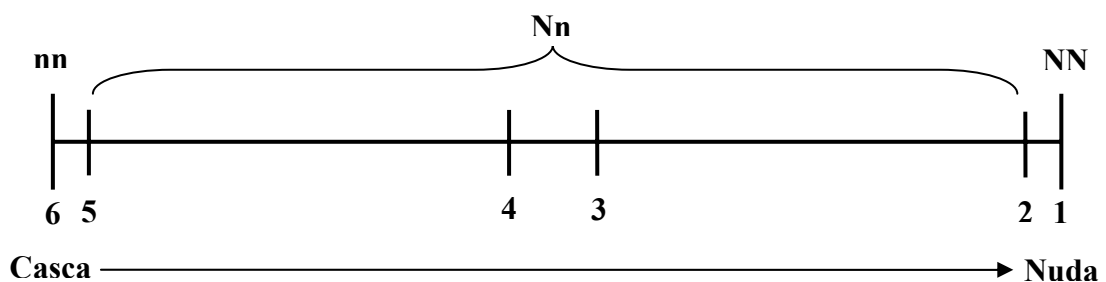
Portanto, pode-se depreender que a expressão do gene responsável pelo caráter nuda está associada a algum fator fisiológico da planta, possivelmente à capacidade de dreno da espiguetas. Esta hipótese pode explicar as diferenças observadas nas análises dos terços superiores, que desconsideram as regiões menos propensas fisiologicamente à expressão do caráter e onde é observada uma clara segregação das plantas para a razão 1:2:1, das análises das panículas inteiras, onde estas regiões são consideradas e é observado um distanciamento desta razão (Tabela 5).

O ambiente parece ser outro determinante da expressão do caráter nuda, visto a formação de grãos com casca em algumas plantas do genitor nuda apenas no segundo ano de experimentação.

Destes resultados pode-se inferir que apenas os genótipos homocigotos dominantes para o caráter (classe 1) (Figura 9) são capazes de formar 100% dos grãos sem casca, porém mesmo estes genótipos podem formar grãos com casca, dependendo do estímulo ambiental. Quando formados, os grãos com casca ocorrem predominantemente nas espiguetas das ramificações de segunda e terceira ordem localizadas em regiões inferiores na panícula. Os genótipos heterocigotos para a característica nuda (classes 2, 3, 4 e 5) (Figura 9) nunca formam panículas com 100% de grãos sem casca, e a grande variação de proporções de grãos com e sem casca observados nas panículas deve ser provocada por efeitos ambientais, que parecem ser muito mais atuantes na expressão do caráter neste genótipo, e por efeitos fisiológicos, visto que também é observada a tendência de formação de grãos com casca em

ramificações de segunda e terceira ordem localizadas na base das panículas em algumas plantas.

Desta forma, a seleção para a característica nos programas de melhoramento pode ser realizada na geração  $F_2$ , seguida de um teste de progênie. Contudo, algumas considerações devem ser tomadas neste teste para este tipo de aveia. A observação de famílias constantes para o caráter nuda na geração  $F_3$  indica que os genótipos selecionados na geração  $F_2$  eram homozigotos dominantes para a característica. Já a observação de plantas segregantes para o caráter dentro das famílias na geração  $F_3$  não necessariamente indica a heterozigozidade do fenótipo selecionado na geração  $F_2$ , visto que a segregação observada pode não ser uma consequência genética, e sim ambiental. Desta forma seria necessária a observação da quantidade e da distribuição dos grãos com casca nas panículas destas plantas. Para os genótipos homozigotos é esperada apenas uma pequena quantidade de grãos com casca, localizados predominantemente em regiões inferiores na panícula, enquanto que para os genótipos heterozigotos, a quantidade esperada de grãos com casca é maior, localizados na base das panículas ou não.



**Figura 9.** Possível composição alélica do gene responsável pelo caráter nuda nas diferentes classes de panículas.

### 4.3. Segregação das famílias para o caráter nuda na geração F<sub>3</sub>

Nesta geração foram avaliadas 30 famílias originadas de plantas que em F<sub>2</sub> apresentavam o fenótipo nuda, 30 que apresentaram o fenótipo com casca, e 60 o fenótipo mosaico, totalizando 120 famílias analisadas, sendo que metade das famílias analisadas era pertencentes ao grupo F<sub>1</sub> com casca e a metade restante ao grupo F<sub>1</sub> sem casca (Tabela 6). O número de panículas avaliadas em cada família foi variável de 5 a 10.

Das famílias que eram nudas na geração, e pertencentes ao grupo F<sub>1</sub> com casca, 5 se mantiveram uniformes para o fenótipo nuda, ou seja, todas as plantas destas famílias F<sub>3</sub> formaram apenas grãos sem casca, enquanto que dez famílias segregaram para esta característica. No fenótipo da geração F<sub>2</sub> com casca todas as famílias se mantiveram constantes para a característica.

Para as plantas originadas do grupo F<sub>1</sub> sem casca, observou-se que das 15 plantas da geração F<sub>2</sub> que tinham o fenótipo nuda, apenas 4 famílias mantiveram a característica constante na geração F<sub>3</sub>, e 11 famílias segregaram para esta característica. No fenótipo com casca não foram observadas famílias com segregação para o caráter.

**Tabela 6.** Número de famílias da geração F<sub>3</sub> constantes e segregantes para as características nuda e com casca. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006.

Grão semeado em F <sub>2</sub>	Geração F <sub>2</sub>	Nº de panículas	Famílias F <sub>3</sub>	
			Uniformes	Segregantes
Com Casca	Nuda	15	5	10
	Com casca	15	15	0
Sem Casca	Nuda	15	4	11
	Com Casca	15	15	0

As famílias uniformes para o fenótipo nuda na geração F<sub>3</sub> possivelmente possuem alelos homozigotos dominantes para a característica. Já a segregação do caráter nuda encontrada nas famílias na geração F<sub>3</sub> não necessariamente indica que as plantas selecionadas

na geração anterior eram heterozigotas para a característica. Visto que possivelmente o ambiente no ano de 2006 estimulou a formação de grãos com casca em algumas plantas do genitor nuda, pode-se assumir que este ambiente também estimulou a formação de grãos com casca na população segregante neste ano. Desta forma, assumiu-se a hipótese de que as plantas pertencentes à classe 2, que são caracterizadas por possuir uma grande quantidade de grãos sem casca e uma pequena quantidade de grãos com casca localizados predominantemente na base da panícula, pertençam à classe 1.

Assumindo-se esta re-classificação, observou-se o comportamento das famílias F<sub>3</sub> apresentado na Tabela 7.

**Tabela 7.** Número de famílias da geração F<sub>3</sub> constantes e segregantes para as características nuda e com casca, após a re-classificação da classe 2. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006.

Grão semeado em F <sub>2</sub>	Geração F <sub>2</sub>	Nº de panículas	Famílias F <sub>3</sub>	
			Uniformes	Segregantes
Com Casca	Nuda	15	10	5
	Com casca	15	15	0
Sem Casca	Nuda	15	7	8
	Com Casca	15	15	0

O número de famílias pertencentes ao grupo F<sub>1</sub> com casca que se mantiveram constantes para o fenótipo nuda aumentou para 10, e para 7 nas as famílias pertencentes ao grupo F<sub>1</sub> sem casca.

No fenótipo mosaico foi observada uma grande variação de classes de panículas dentro das famílias estudadas. Todas famílias apresentaram segregação de classes, não sendo observadas famílias com apenas um tipo de classe de panícula. A análise das plantas pertencentes a este fenótipo é mostrada na Tabela 8.

**Tabela 8.** Distribuição em F<sub>3</sub> das plantas originadas de plantas mosaicas na geração F<sub>2</sub>, quanto às classes de panícula. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006.

Grão semeado em F <sub>2</sub>	Geração F <sub>2</sub>	Classes de panículas (Geração F <sub>3</sub> )						Total
		1	2	3	4	5	6	
Com Casca	Mosaico	43	26	2	86	41	57	255
Nuda	Mosaico	28	26	4	94	26	54	232
<b>Total</b>		<b>71</b>	<b>52</b>	<b>6</b>	<b>180</b>	<b>67</b>	<b>111</b>	<b>487</b>

71

305

111

$$\chi^2 (1:2:1) = 38,12 *$$

$$\text{Probabilidade} = 5,25 \times 10^{-9}$$

(\*Significativo a 1% de probabilidade)

Observa-se uma grande distância da razão genética 1:2:1, indicado pelo alto valor de  $\chi^2 = 56,21$  significativo, quando comparadas as freqüências dos fenótipos paternos (1 e 6) e os fenótipos segregantes (2, 3, 4 e 5).

Assumindo-se novamente a re-classificação da classe 2, observa-se a segregação apresentada na Tabela 9.

**Tabela 9.** Distribuição em F<sub>3</sub> das plantas originadas de plantas mosaicas na geração F<sub>2</sub>, quanto às classes de panícula, admitindo-se que a segunda classe pertence à primeira. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006.

Grão semeado em F <sub>2</sub>	Geração F <sub>2</sub>	Classes de panículas (Geração F <sub>3</sub> )					Total
		1 + 2	3	4	5	6	
Com Casca	Mosaico	69	2	86	41	57	255
Nuda	Mosaico	54	4	94	26	54	232
<b>Total</b>		<b>123</b>	<b>6</b>	<b>180</b>	<b>67</b>	<b>111</b>	<b>487</b>

123

253

111

$$\chi^2 (1:2:1) = 1,41^{ns}$$

$$\text{Probabilidade} = 0,49$$

(<sup>ns</sup> Não significativo a 1% de probabilidade)

A distribuição das classes de panículas para o fenótipo mosaico encontra-se muito mais próxima a razão genética de 1:2:1, indicado pelo valor não significativo de  $\chi^2 = 1,41$ .



Esta é a segregação esperada em  $F_3$  para genótipos que em  $F_2$  possuíam alelos heterozigotos, ratificando assim a presença de um gene governando o caráter nuda em aveia.

A metodologia empregada neste trabalho objetivou a observação detalhada da panícula da aveia, a fim de entender-se onde são formados os grãos com e sem casca nas panículas e espiguetas. Estas análises, aliadas a experimentação em diferentes anos, permitiram observar que mesmo genótipos estáveis (homozigotos) para o caráter nuda, como o genitor UFRGS 995080-1, podem formar grãos com casca, dependendo do ambiente, e que a formação destes grãos ocorre predominantemente em ramificações de segunda e terceira ordens localizadas nos terços inferiores das panículas. Pode-se entender, portanto, que a formação destes grãos são uma consequência da interação de fatores fisiológicos e do ambiente, que inibem a formação de grãos sem casca nestas regiões das panículas, quando submetidas a certas condições ambientais.

A maior parte dos estudos do controle genético do caráter nuda em aveia encontrados na literatura desconsideram uma análise mais detalhada da panícula. Pesquisadores como Boland & Lawes (1973) e Jenkins & Hanson (1976), consideram, segundo as metodologias descritas, apenas a proporção de grãos com e sem casca após o processo de debulha da panícula. Como resultado comum, estes pesquisadores encontraram desvios da proporção 1:2:1, principalmente devido ao pequeno número de plantas pertencentes à classe nuda e ao grande número de plantas encontradas na classe intermediária. Os autores sugerem então que estes desvios são provocados pela ação de genes menores que alteram o efeito do gene principal nestas classes.

A hipótese proposta neste trabalho explicaria a não adequação a razão 1:2:1 por fatores fisiológico e do ambiente que promovem a formação de grãos com casca em plantas pertencentes à classe nuda, aumentando assim o número de plantas na classe intermediária e diminuindo o número de plantas pertencentes à classe nuda.

#### 4.4. Hipótese de dois genes

Observou-se que a distribuição das plantas nas diferentes classes de panículas na geração  $F_2$  e a segregação das famílias na geração  $F_3$  poderiam ser explicadas admitindo-se a hipótese de dois genes governando o caráter nuda.

Neste modelo, a expressão do caráter nuda só seria completa quando presentes alelos dominantes homocigotos no primeiro gene, e pelo menos um alelo dominante no segundo. A presença de dois alelos recessivos no segundo gene resultaria em um fenótipo mosaico.

Quando presente apenas um alelo dominante no primeiro gene, o fenótipo resultante seria mosaico, sendo que os alelos presentes no segundo gene determinariam diferentes proporções de grãos com e sem casca nas panículas neste fenótipo.

Quando presentes dois alelos recessivos no primeiro gene, o fenótipo resultante seria mosaico, independente dos alelos presentes no segundo gene.

Observando-se os dados da tabela 3, e admitindo-se que os genótipos  $N_1N_1N_2N_2$  e  $N_1N_1N_2n_2$  pertençam a classe 1, os genótipos  $N_1N_1n_2n_2$ ,  $N_1n_1N_2N_2$ ,  $N_1n_1N_2n_2$  e  $N_1n_1n_2n_2$  às classes 2, 3, 4 e 5, e os genótipos  $n_1n_1N_2N_2$ ,  $n_1n_1N_2n_2$ ,  $n_1n_1n_2n_2$  à classe 6, encontra-se as frequências observadas e esperadas apresentadas na Tabela 10.

Observa-se a adequação ao modelo, indicado pelo baixo valor de  $\chi^2$  e pelo alto valor de probabilidade encontrado (Tabela 10).

Os alelos dominantes no primeiro gene garantiriam a formação de grãos sem casca no terço superior da panícula, porém a expressão completa do caráter nuda nestas, dependeria dos alelos presentes no segundo gene. Assim, as panículas que mudaram de classificação de nuda para mosaico na análise de panícula inteira (Tabela 5), poderiam possuir o genótipo  $N_1N_1n_2n_2$ , o que explicaria a adequação à razão 1:2:1 quando analisadas apenas o terço superior das panículas, visto que apenas a expressão do primeiro gene seria perceptível nesta análise (Tabela 5).

**Tabela 10.** Frequências observadas e esperadas para o caráter nuda, nas diferentes classes de panícula na geração F<sub>2</sub>. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2005.

Fenótipo geração F <sub>2</sub>	Genótipo geração F <sub>2</sub>	Classe de panícula	Freq. Obs.	Freq. Esp.	$\chi^2$	P
Nuda	N <sub>1</sub> N <sub>1</sub> N <sub>2</sub> N <sub>2</sub> N <sub>1</sub> N <sub>1</sub> N <sub>2</sub> n <sub>2</sub>	Classe 1	56	56,44	0,11	0,94
Mosaico	N <sub>1</sub> N <sub>1</sub> n <sub>2</sub> n <sub>2</sub> N <sub>1</sub> n <sub>1</sub> N <sub>2</sub> N <sub>2</sub> N <sub>1</sub> n <sub>1</sub> N <sub>2</sub> n <sub>2</sub> N <sub>1</sub> n <sub>1</sub> n <sub>2</sub> n <sub>2</sub>	Classes 2, 3, 4 e 5	172	169,31		
Com casca	n <sub>1</sub> n <sub>1</sub> N <sub>2</sub> N <sub>2</sub> n <sub>1</sub> n <sub>1</sub> N <sub>2</sub> n <sub>2</sub> n <sub>1</sub> n <sub>1</sub> n <sub>2</sub> n <sub>2</sub>	Classe 6	73	75,25		
Total			301	301		

Deste modo, os possíveis fatores fisiológicos e ambientais que, na hipótese de um gene, provocariam uma redução no número de plantas pertencentes ao fenótipo nuda e explicariam as diferentes proporções de grãos com e sem casca no fenótipo mosaico, são substituídos, na hipótese de dois genes, por fatores fisiológico e genéticos.

Na análise das famílias na geração F<sub>3</sub>, observa-se a razão de uma família uniforme para duas segregantes, quando analisadas as famílias originadas de plantas da geração F<sub>2</sub> com fenótipo nuda, tanto para as plantas provenientes de grãos com casca e sem casca (Tabela 6). No modelo proposto de dois genes, é esperado que apenas um terço das famílias seja uniforme para a característica, uma vez que estas seriam originadas de plantas com o genótipo N<sub>1</sub>N<sub>1</sub>N<sub>2</sub>N<sub>2</sub>. As famílias segregantes para o caráter nuda seriam aquelas originadas de plantas da geração F<sub>2</sub> com o genótipo N<sub>1</sub>N<sub>1</sub>N<sub>2</sub>n<sub>2</sub>.

Na análise das plantas da geração F<sub>3</sub> oriundas de plantas de fenótipo mosaico na geração F<sub>2</sub>, observou-se a adequação ao modelo de dois genes, assumindo-se diferenças não significativas a 5% de probabilidade (Tabela 11).

**Tabela 11.** Freqüências observadas e esperadas para o caráter nuda, em plantas da geração F<sub>3</sub> provenientes de plantas com fenótipo mosaico na geração F<sub>2</sub>. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006.

Fenótipo geração F <sub>2</sub>	Genótipo geração F <sub>2</sub>	Classe de panícula	Freq. Obs.	Freq. Esp.	$\chi^2$	P
Nuda	N <sub>1</sub> N <sub>1</sub> N <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	Classe 1	71	67,64	6,06	0,048
	N <sub>1</sub> N <sub>1</sub> N <sub>2</sub> n <sub>2</sub>					
Mosaico	N <sub>1</sub> N <sub>1</sub> n <sub>2</sub> n <sub>2</sub>	Classes 2, 3, 4 e 5	305	284,09		
	N <sub>1</sub> n <sub>1</sub> N <sub>2</sub> N <sub>2</sub>					
	N <sub>1</sub> n <sub>1</sub> N <sub>2</sub> n <sub>2</sub>					
Com casca	N <sub>1</sub> n <sub>1</sub> n <sub>2</sub> n <sub>2</sub>	Classe 6	111	135,27		
	n <sub>1</sub> n <sub>1</sub> N <sub>2</sub> N <sub>2</sub>					
	n <sub>1</sub> n <sub>1</sub> N <sub>2</sub> n <sub>2</sub>					
Total			487	487		

Quando considerados separadamente o tipo de grão utilizado na semeadura da geração F<sub>2</sub>, observa-se uma diminuição nos valores de  $\chi^2$ , e um conseqüente aumento na probabilidade desta hipótese (Tabelas 12 e 13). O aumento nas probabilidades possivelmente ocorreu devido ao desigual número de plantas presentes nas classes 1 e 5. O que promoveu essa desigualdade não pode ser compreendido a partir desta análise, visto que foi considerado o tipo de grão utilizado apenas na semeadura da geração F<sub>2</sub>, e não da geração F<sub>3</sub>, o que impossibilita a verificação da hipótese de perdas de indivíduos devido a menor germinação das sementes sem casca.

Estes resultados mostram que a hipótese de dois genes governando o caráter nuda em aveia é admissível. No entanto esta hipótese não deixa margem, principalmente na análise da geração F<sub>3</sub>, para possíveis efeitos ambientais que estimulariam a formação de grãos com casca nos genótipos N<sub>1</sub>N<sub>1</sub>N<sub>2</sub>N<sub>2</sub> e N<sub>1</sub>N<sub>1</sub>N<sub>2</sub>n<sub>2</sub>.

Efeitos ambientais influenciando a expressão do caráter nuda merecem consideração, visto que foi verificado na literatura, e observado neste trabalho, que a expressão pode não ser

**Tabela 12.** Frequências observadas e esperadas para o caráter nuda, em plantas da geração F<sub>3</sub>, provenientes de plantas com fenótipo mosaico em F<sub>2</sub> originadas de grãos com casca. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006.

Fenótipo geração F <sub>2</sub>	Genótipo geração F <sub>2</sub>	Classe de panícula	Freq. Obs.	Freq. Esp.	$\chi^2$	P
Nuda	N <sub>1</sub> N <sub>1</sub> N <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	Classe 1	43	35,42	4,58	0,10
	N <sub>1</sub> N <sub>1</sub> N <sub>2</sub> n <sub>2</sub>					
Mosaico	N <sub>1</sub> N <sub>1</sub> n <sub>2</sub> n <sub>2</sub>	Classes 2, 3, 4 e 5	155	148,76		
	N <sub>1</sub> n <sub>1</sub> N <sub>2</sub> N <sub>2</sub>					
	N <sub>1</sub> n <sub>1</sub> N <sub>2</sub> n <sub>2</sub>					
Com casca	n <sub>1</sub> n <sub>1</sub> N <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	Classe 6	57	70,82		
	n <sub>1</sub> n <sub>1</sub> N <sub>2</sub> n <sub>2</sub>					
	n <sub>1</sub> n <sub>1</sub> n <sub>2</sub> n <sub>2</sub>					
Total			255	255		

**Tabela 13.** Frequências observadas e esperadas para o caráter nuda, em plantas da geração F<sub>3</sub>, provenientes de plantas com fenótipo mosaico em F<sub>2</sub> originadas de grãos sem casca. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006.

Fenótipo geração F <sub>2</sub>	Genótipo geração F <sub>2</sub>	Classe de panícula	Freq. Obs.	Freq. Esp.	$\chi^2$	P
Nuda	N <sub>1</sub> N <sub>1</sub> N <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	Classe 1	28	35,42	3,83	0,14
	N <sub>1</sub> N <sub>1</sub> N <sub>2</sub> n <sub>2</sub>					
Mosaico	N <sub>1</sub> N <sub>1</sub> n <sub>2</sub> n <sub>2</sub>	Classes 2, 3, 4 e 5	150	148,76		
	N <sub>1</sub> n <sub>1</sub> N <sub>2</sub> N <sub>2</sub>					
	N <sub>1</sub> n <sub>1</sub> N <sub>2</sub> n <sub>2</sub>					
Com casca	n <sub>1</sub> n <sub>1</sub> N <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	Classe 6	54	70,82		
	n <sub>1</sub> n <sub>1</sub> N <sub>2</sub> n <sub>2</sub>					
	n <sub>1</sub> n <sub>1</sub> n <sub>2</sub> n <sub>2</sub>					
Total			232	232		

completa mesmo em genótipos estáveis para a característica. Assumindo-se este modelo de dois genes, esperar-se-ia a existência de cultivares nuda completamente estáveis para a

característica no mercado mundial, visto que a seleção destes genótipos  $N_1N_1N_2N_2$  nos programas de melhoramento não seria complicada.

Desta forma, apesar da necessidade de se assumir uma série de considerações para que esta seja aceita, acreditamos que a hipótese de herança monogênica seja a mais provável.

#### 4.5. Segregação das famílias para o caráter multiflora na geração $F_3$

As plantas que apresentaram o fenótipo nuda em  $F_2$ , em  $F_3$  formaram, na maior parte das vezes, famílias com espiguetas multifloras. Para as plantas pertencentes ao grupo da geração  $F_1$  com casca, 13 famílias apresentaram apenas plantas com espiguetas multifloras, e 2 famílias segregaram para a característica, enquanto que para as plantas pertencentes ao grupo da geração  $F_1$  sem casca, 18 famílias apresentaram apenas plantas com espiguetas multifloras, e 5 famílias segregaram para a característica (Tabela 14).

**Tabela 14.** Número de famílias na geração  $F_3$  classificadas como multiflora, misto e não multiflora. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2006.

Grão semeado em $F_2$	Geração $F_2$	Família geração $F_3$	Freq. Obs.	Freq. Esp.	$\chi^2$ (1:2:1)	P
Com Casca	Nuda	Multiflora	13			
		Misto	2			
		Não Multiflora	0			
	Com Casca	Multiflora	0			
		Misto	4			
		Não Multiflora	25			
	Mosaico	Multiflora	6			
		Misto	40			
		Não Multiflora	0			
	Total	Multiflora	19	23	0,96 <sup>ns</sup>	0,62
		Misto	46	44		
		Não Multiflora	25	23		
Sem Casca	Nuda	Multiflora	18			
		Misto	5			
		Não Multiflora	0			
	Com Casca	Multiflora	0			
		Misto	0			
		Não Multiflora	19			

Mosaico	Multiflora	1			
	Misto	45			
	Não Multiflora	0			
Total	Multiflora	19	22	1,63 <sup>ns</sup>	0,44
	Misto	50	44		
	Não Multiflora	19	22		
Total Geral	Multiflora	38	45	1,83 <sup>ns</sup>	0,39
	Misto	96	88		
	Não Multiflora	44	45		

<sup>ns</sup> Não significativo a 5% de probabilidade

Para as plantas que apresentaram o fenótipo com casca em F<sub>2</sub>, observou-se que grande parte das famílias exibiu, em F<sub>3</sub>, apenas plantas com espiguetas não multifloras. Para as plantas pertencentes ao grupo da geração F<sub>1</sub> com casca, 25 famílias se mantiveram constantes para a característica, enquanto que 4 famílias segregaram, formando espiguetas multifloras e não multifloras. Já para as plantas pertencentes ao grupo da geração F<sub>1</sub> sem casca, 19 famílias apresentaram apenas plantas com espiguetas não multifloras, e não foram observadas famílias com segregação para a característica (Tabela 14).

Para o fenótipo mosaico, na grande maioria das linhas, foram observadas panículas com a formação de espiguetas multifloras e não multifloras, porém algumas linhas exibiram panículas de apenas um tipo. Para as plantas pertencentes ao grupo da geração F<sub>1</sub> com casca, 40 famílias foram classificadas como mistas e seis como multiflora. Já para as plantas pertencentes ao grupo da geração F<sub>1</sub> sem casca, foram observadas 45 famílias classificadas como mistas, e apenas uma como multiflora (Tabela 14).

Tanto para as famílias pertencentes ao grupo da geração F<sub>1</sub> com casca, como para as famílias pertencentes ao grupo desta geração sem casca observou-se adequação à proporção de 1:2:1, indicando que não existe diferenças nas proporções de famílias com os fenótipos

multiflora, mistas e não multiflora quando utilizadas sementes com ou sem casca na semeadura da geração  $F_2$ .

A segregação da característica, encontrada nas famílias originadas de plantas com fenótipo nuda e com casca na geração  $F_2$ , ocorreu possivelmente devido à classificação incorreta de fenótipo nesta geração, onde foram selecionados genótipos heterozigotos ao invés de homozigotos para a característica nuda. Visto que alguns genitores neste ano formaram grãos com casca, o efeito ambiental também deve ser considerado como um possível responsável pela segregação observada no caráter multiflora.

A soma dos totais dos dois fenótipos de grão  $F_2$  manteve a segregação da característica multiflora sem diferenças significativas da proporção 1:2:1, indicando que o caráter multiflora é governado por apenas um gene, conforme já relatado por Jenkins & Hanson (1976) e Cabral et al. (2000).

A observação que a segregação do caráter multiflora da espiguetta no campo foi similar à segregação do caráter nuda do grão da geração  $F_2$ , indica a ligação entre os dois caracteres, e que a presença deste tipo de espiguetta pode auxiliar na seleção de plantas com o caráter nuda, conforme já observado por Jenkins & Hanson (1976) e Cabral et al. (2000).

#### **4.6. Análises de estatura e florescimento**

A partir da avaliação dos dados de estatura e florescimento das plantas individuais das gerações  $F_2$  e  $F_3$  foram estudadas as distribuições de frequências, as dispersões em relação à média das famílias  $F_3$  e herdabilidade destes caracteres. Também foram verificadas possíveis ligações entre estes caracteres e o caráter nuda.



#### 4.6.1 Variabilidade Genética

Diferenças foram observadas entre as médias dos genitores nas duas gerações avaliadas (Tabela 15), indicando existir variabilidade entre os pais para as características estatura e florescimento.

O genitor nuda UFRGS 995080-1 apresentou maior estatura e maior precocidade quando comparado ao genitor com casca UFRGS 970486-3. Houve diferenças entre os anos, sendo que o ano de 2006 favoreceu o desenvolvimento das plantas em estatura e aumentou o número de dias para o florescimento em ambos os genótipos.

**Tabela 15.** Média dos caracteres estatura e florescimento para os genótipos de aveia utilizados como genitores da população analisada. EEA/UFRGS, 2005/2006.

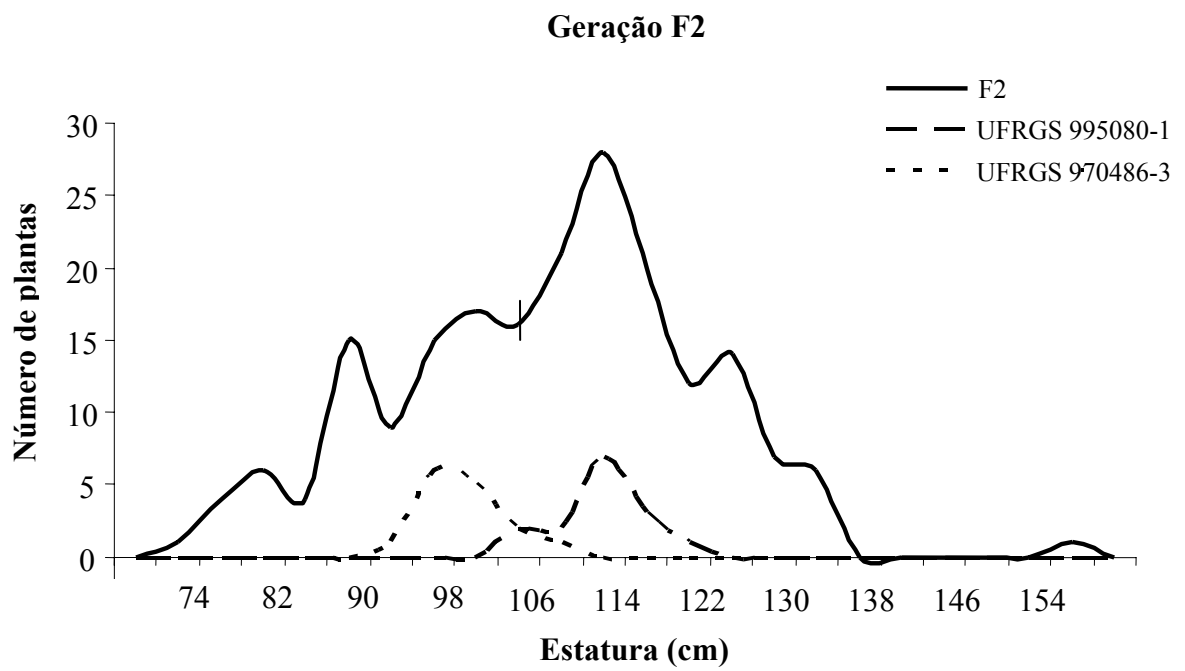
Ano	Genitores	Estatura (cm)	Florescimento(dias)
2005	UFRGS 995080-1	106 *	92 *
	UFRGS 970486-3	96	106
2006	UFRGS 995080-1	114 *	96 *
	UFRGS 970486-3	108	111

\* diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste t

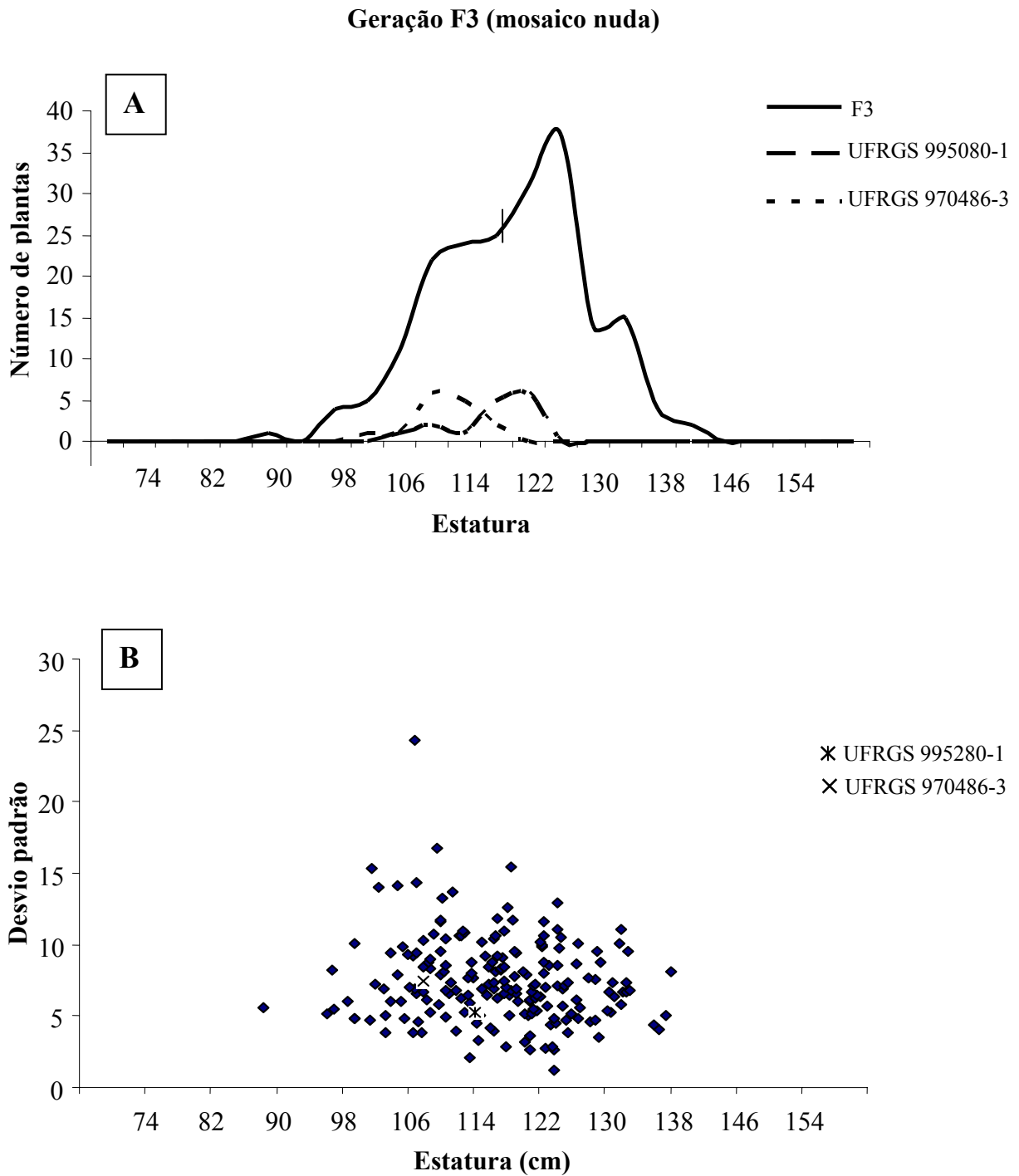
#### 4.6.2. Distribuições de freqüências e dispersão das plantas para os caracteres estatura e florescimento em relação à média das famílias da geração F<sub>3</sub>

Foram determinadas as distribuições de freqüências para estatura e florescimento nas duas gerações avaliadas, assim como a dispersão dos valores destes caracteres em relação à média das famílias na geração F<sub>3</sub>.

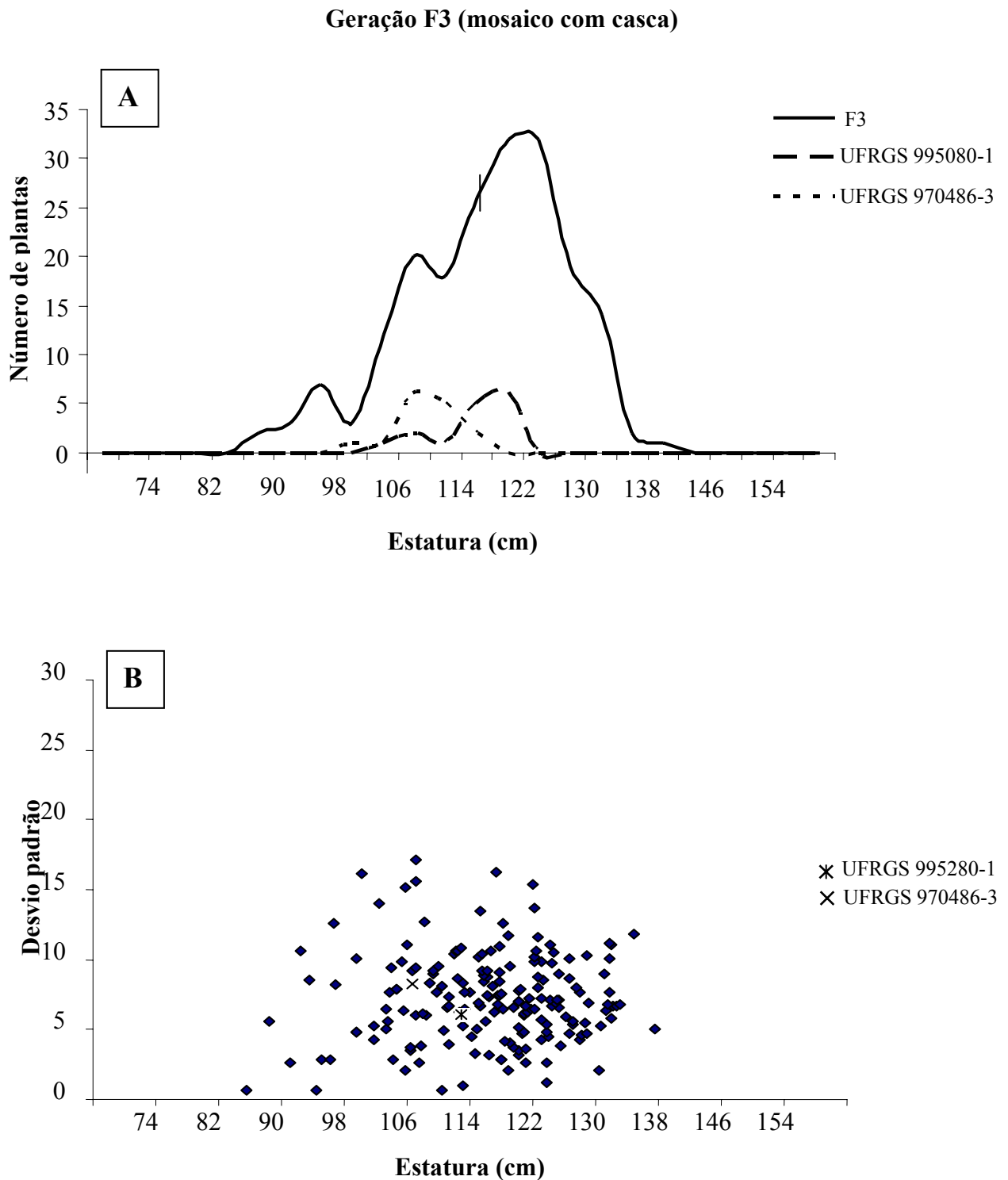
Na análise de estatura, foi detectada uma distribuição contínua nas gerações F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub>, indicando que as diferenças entre os pais não são devido a genes maiores, mas a genes de menor efeito, que podem estar distribuídos de forma complementar entre os genitores (Figuras 10, 11 e 12).



**Figura 10.** Distribuição de frequência para estatura nos genitores e na população da geração F<sub>2</sub>. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul - RS, 2005.



**Figura 11.** A. Distribuição de frequência para estatura nos genitores e na população da geração F<sub>3</sub> (mosaico nuda) B. Dispersões em relação à estatura média das famílias na geração F<sub>3</sub> (mosaico nuda). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul - RS, 2006.



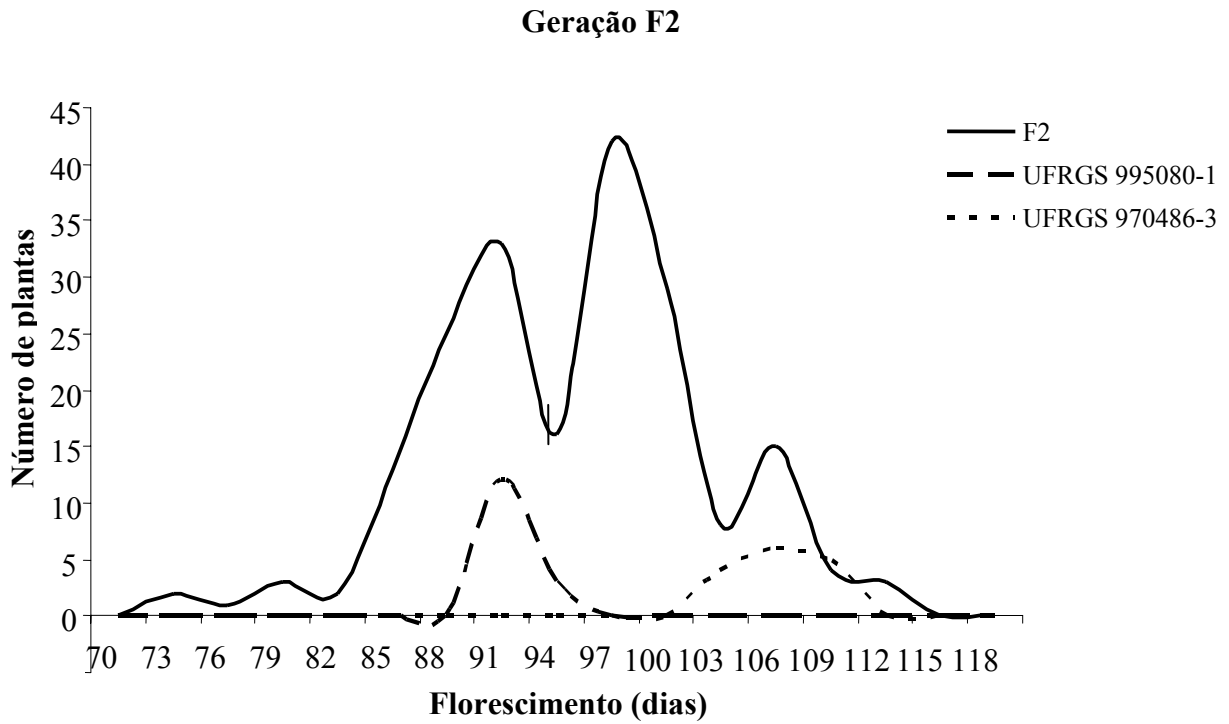
**Figura 12.** A. Distribuição de frequência para estatura nos genitores e na população da geração F<sub>3</sub> (mosaico com casca) B. Dispersões em relação à estatura média das famílias na geração F<sub>3</sub> (mosaico com casca). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul - RS, 2006.

Não foram observadas diferenças expressivas na distribuição de freqüências quando comparadas as duas análises da geração  $F_3$ , mostrando que o tipo de semente utilizado (nuda ou com casca) na semeadura do grupo mosaico não interferiu na distribuição de freqüências do caráter estatura (Figuras 11 e 12).

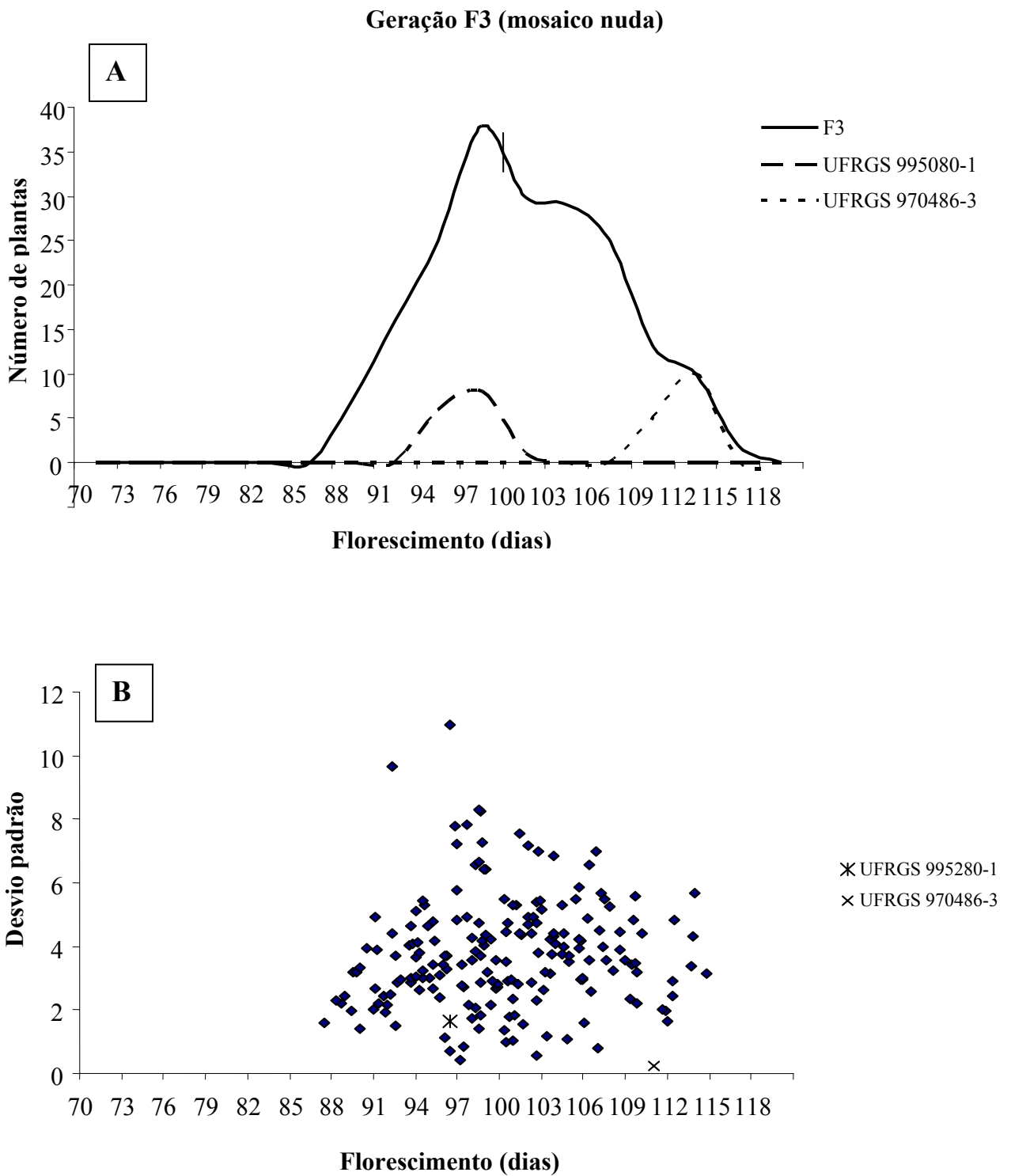
Na análise do florescimento, foi observada uma distribuição contínua nas gerações  $F_2$  e  $F_3$ , indicando que possivelmente o caráter seja controlado por um elevado número de genes de pequenos efeitos, ou ainda que existe uma grande influência de fatores ambientais atuando sobre o caráter (Figuras 13, 14 e 15).

Não foram observadas diferenças expressivas quando comparadas as duas análises da geração  $F_3$ , mostrando que, assim como a estatura, o tipo de semente utilizado na semeadura do grupo mosaico não interferiu na distribuição de freqüências do florescimento (Figuras 14 e 15).

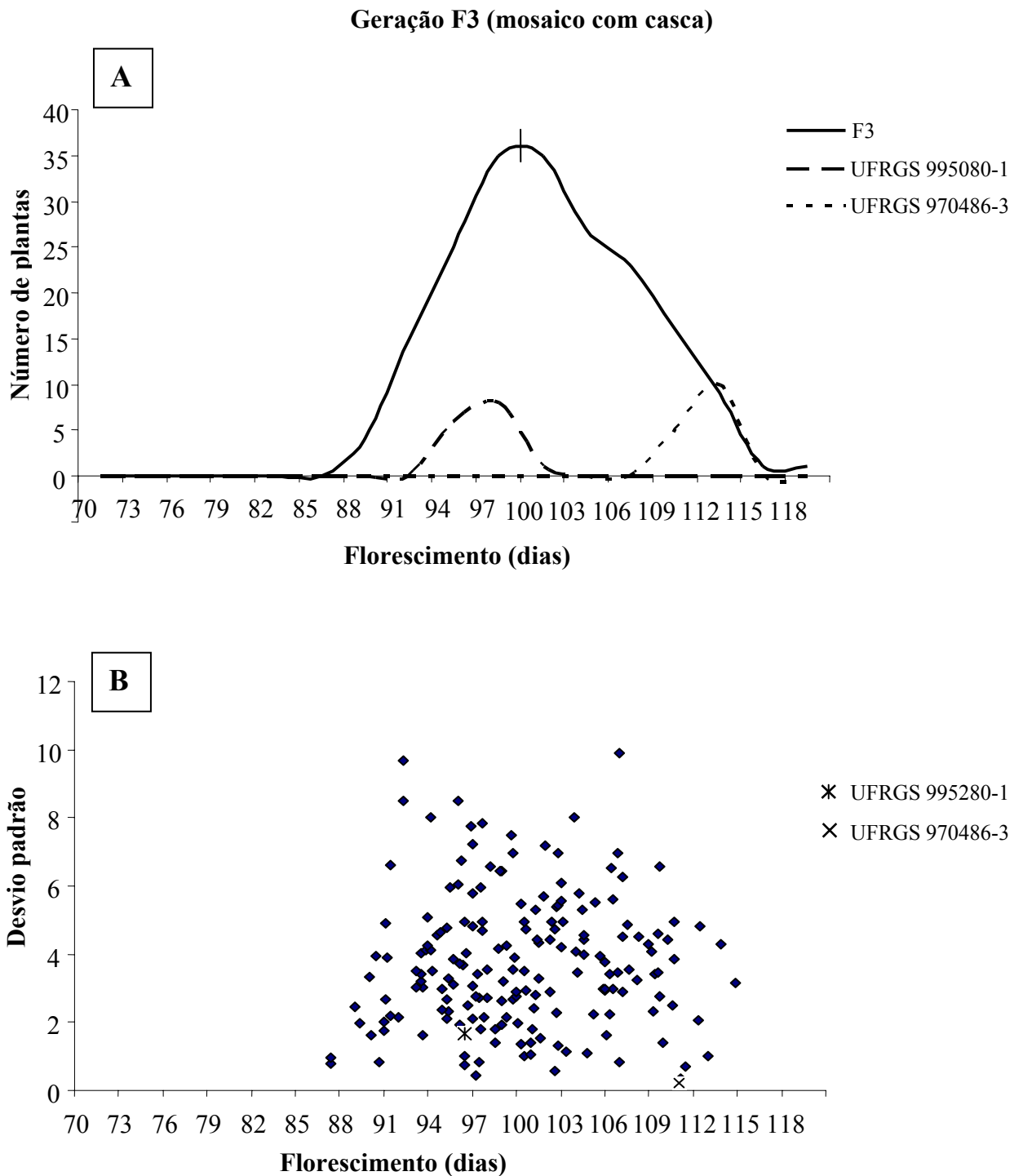
As análises de desvio padrão em relação à média das famílias não foram informativas, não sendo possível a distinção das famílias homozigotas e heterozigotas para os caracteres. Possivelmente as diferenças entre os pais para estes caracteres não sejam suficientemente grandes para esta análise, que ainda pode ter sido prejudicada pela grande influência de fatores ambientais, que provocaram uma maior variabilidade das características nos genitores e na população analisada (Figuras 11, 12, 14, e 15).



**Figura 13.** Distribuição de freqüência para florescimento nos genitores e na população da geração F<sub>2</sub>. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul - RS, 2005.



**Figura 14.** A. Distribuição de frequência para florescimento nos genitores e na população da geração F<sub>3</sub> (mosaico nuda) B. Dispersões em relação ao florescimento médio das famílias na geração F<sub>3</sub> (mosaico nuda). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul - RS, 2006.



**Figura 15.** A. Distribuição de frequência para florescimento nos genitores e na população da geração F<sub>3</sub> (mosaico com casca) B. Dispersões em relação ao florescimento médio das famílias na geração F<sub>3</sub> (mosaico com casca). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul - RS, 2006.



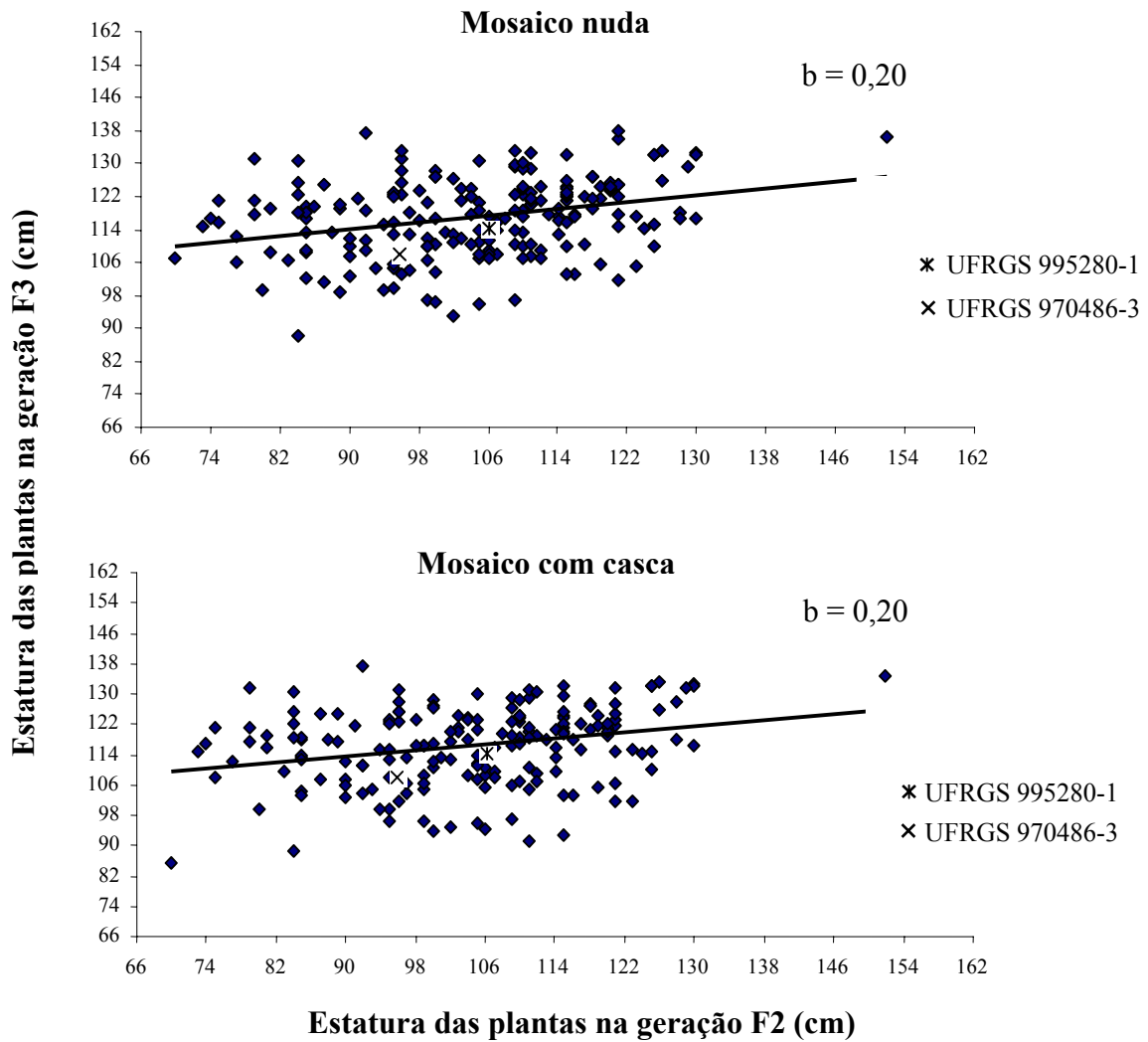
#### **4.6.3. Estimativas de herdabilidade para estatura e florescimento**

A estimativa de herdabilidade pela regressão pai-progênie para estatura foi 0,20 tanto para a análise que considera somente as linhas do grupo mosaico originadas de sementes sem casca como para a análise que considera apenas as linhas originadas de sementes com casca (Figura 16).

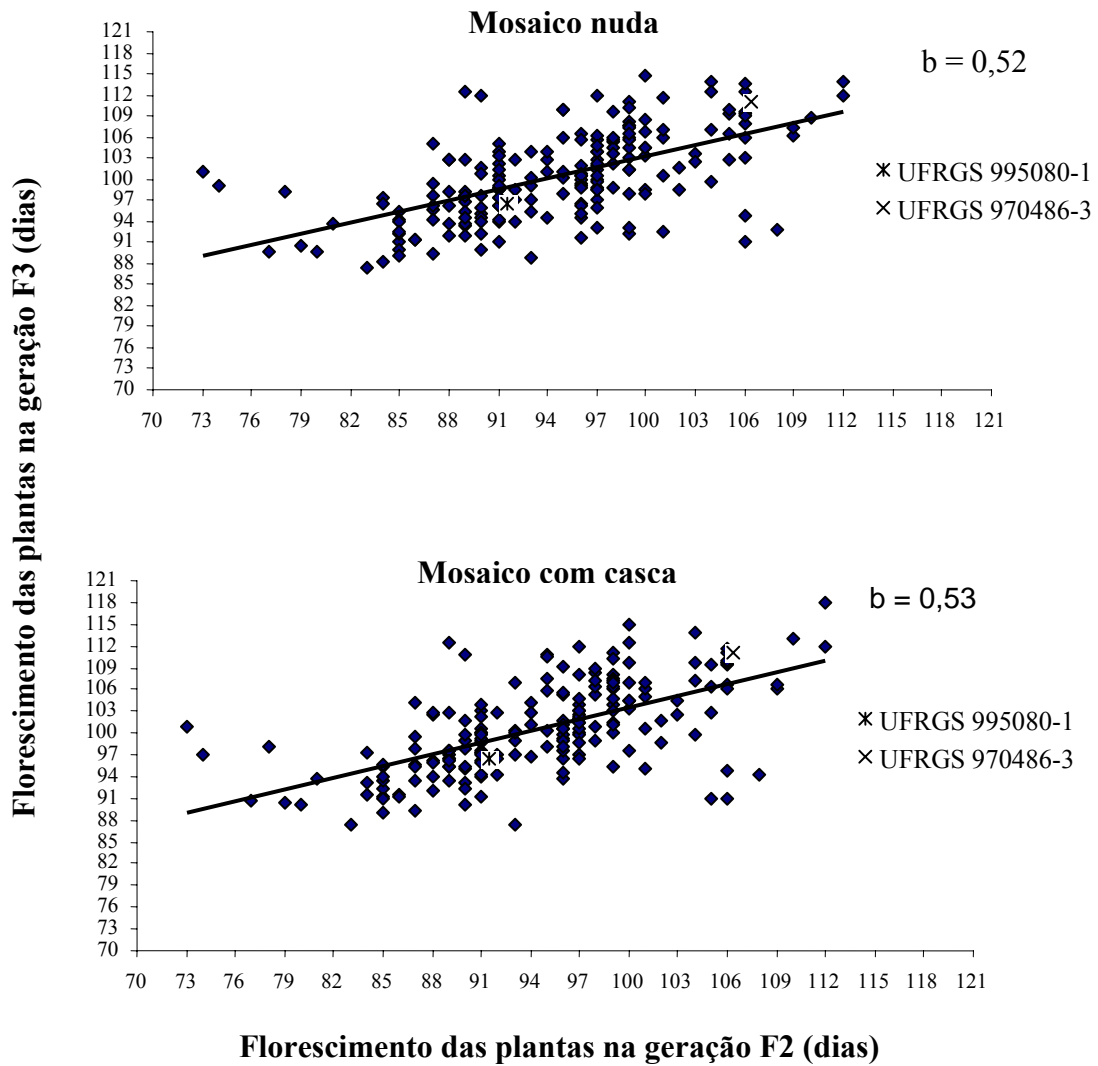
Para o florescimento as estimativas de herdabilidade foram maiores, 0,52 quando avaliadas as linhas do grupo mosaico originadas de sementes sem casca, e 0,53 quando avaliadas as linhas originadas de sementes com casca (Figura 17).

Os valores de herdabilidade pai-progênie para estes caracteres foram baixos quando comparados aos encontrados na literatura, possivelmente por refletirem a similaridade genética entre os genitores e as fortes influências ambientais. Amaral et al (1996) encontraram as estimativas de 0,43 a 0,92 para estatura, e de 0,19 a 0,59 para o florescimento. Outros autores encontraram 0,61 a 0,87 para estatura (Petr & Frey, 1966) e 0,56 a 0,60 para florescimento (Jones & Frey, 1960).

Não foram observadas diferenças significativas nas estimativas de herdabilidade nos dois caracteres quando consideradas as diferentes avaliações do grupo mosaico, indicando que o tipo de semente utilizada na semeadura deste grupo não interferiu nos valores de herdabilidade pai-progênie.



**Figura 16.** Estimativa de herdabilidade pai-progênie para estatura. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul - RS, 2006.



**Figura 17.** Estimativa de herdabilidade pai-progênie para florescimento. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul - RS, 2006.

#### **4.6.4. Associação dos caracteres florescimento e estatura ao caráter nuda**

A estatura e o florescimento das plantas nas gerações  $F_2$  e  $F_3$  foram avaliados em duas análises: a primeira considerando o tipo de semente (com ou sem casca) utilizada no plantio, com a finalidade de verificar se a ausência da casca na semente influi a estatura e o florescimento das plantas originadas, e a segunda análise comparando estes caracteres nas plantas pertencentes às diferentes classes de panícula, com a finalidade de verificar se a estatura e o florescimento estão associados às diferentes expressões do caráter nuda.

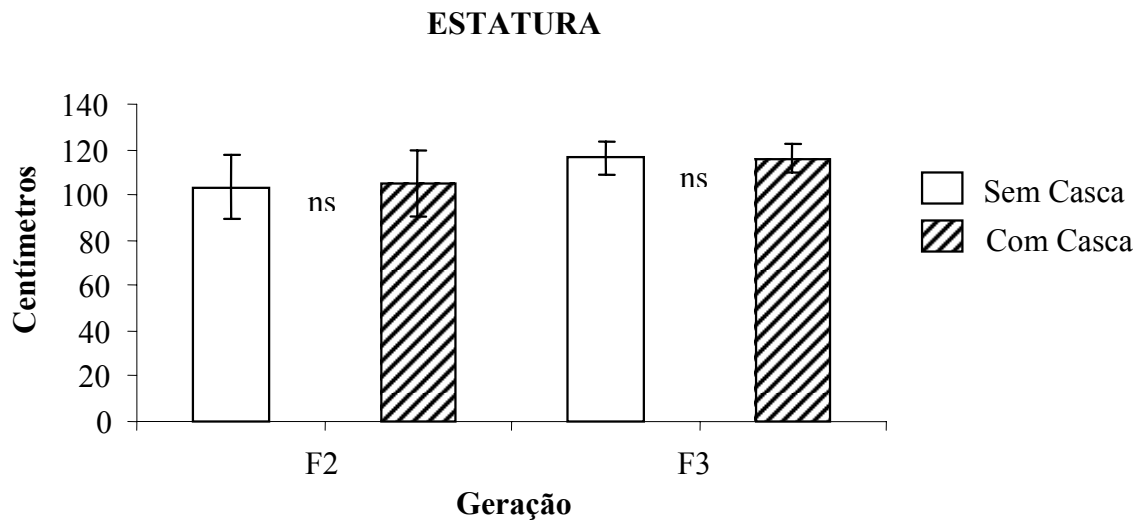
Em relação ao tipo de semente utilizada na semeadura da geração  $F_2$ , não foram observadas diferenças significativas na estatura e no florescimento das plantas em ambas gerações avaliadas (Figura 18).

Na análise das linhas vizinhas do grupo mosaico na geração  $F_3$  também não foram observadas diferenças expressivas na estatura e no florescimento das plantas devido ao tipo de semente utilizada no plantio da geração  $F_3$  (Figura 19).

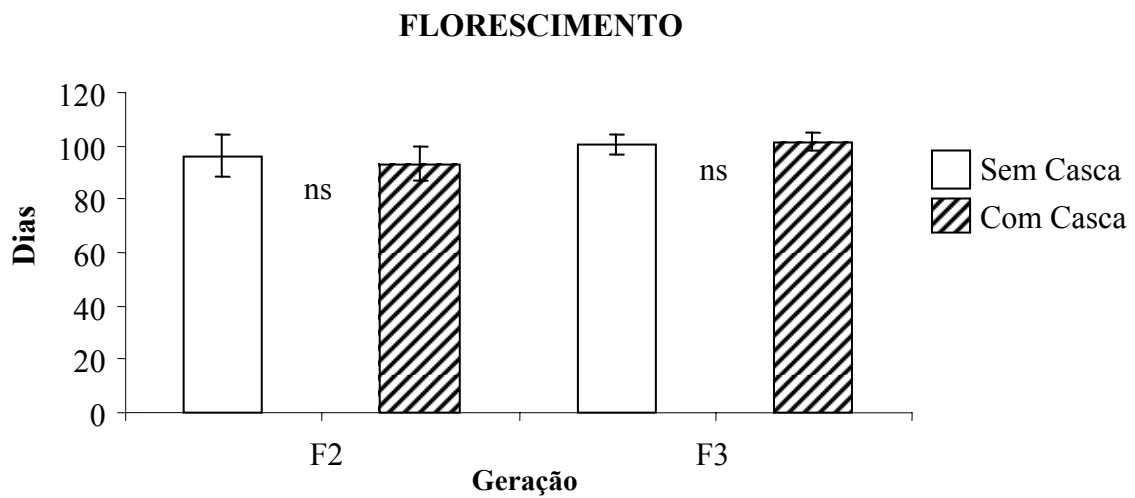
Estes resultados mostram que não existe relação entre o tipo de semente (nuda ou com casca) semeada e os caracteres estatura e florescimento das plantas originadas. Também não existem diferenças para estes caracteres nas plantas de uma geração, considerando-se o tipo de semente utilizado na semeadura da geração anterior.

Na segunda análise, não foram observadas diferenças expressivas nos caracteres estatura e florescimento das plantas pertencentes as diferentes classes de panículas, para ambas gerações  $F_2$  e  $F_3$  (Figuras 20 e 21).

Estes resultados mostram a possibilidade dos programas melhoramento trabalharem as características estatura e florescimento sem implicações no nível de expressão do caráter nuda, o que permite uma maior facilidade no desenvolvimento de variedades estáveis para o caráter nuda, de baixa estatura e precoces.

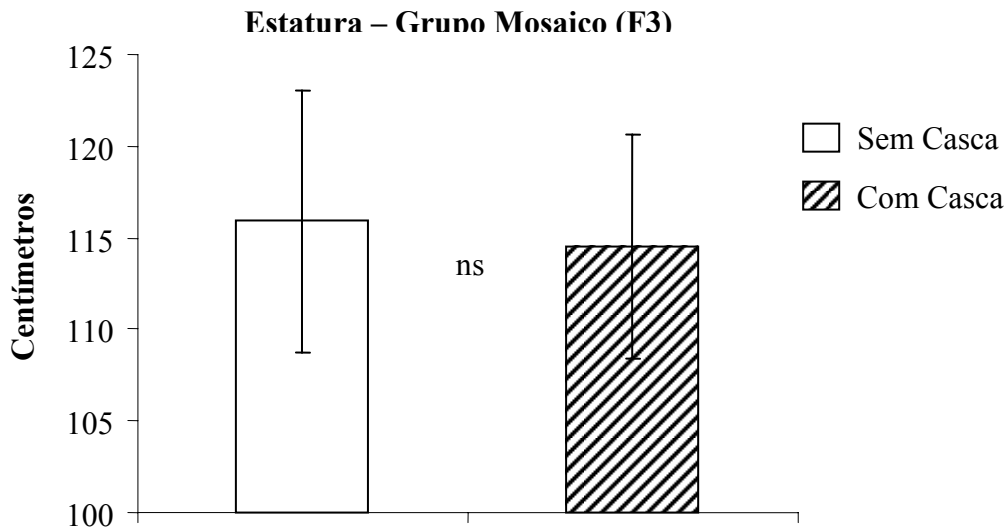


ns = diferença não significativa a 1% de probabilidade pelo teste t dentro de cada geração segregante.

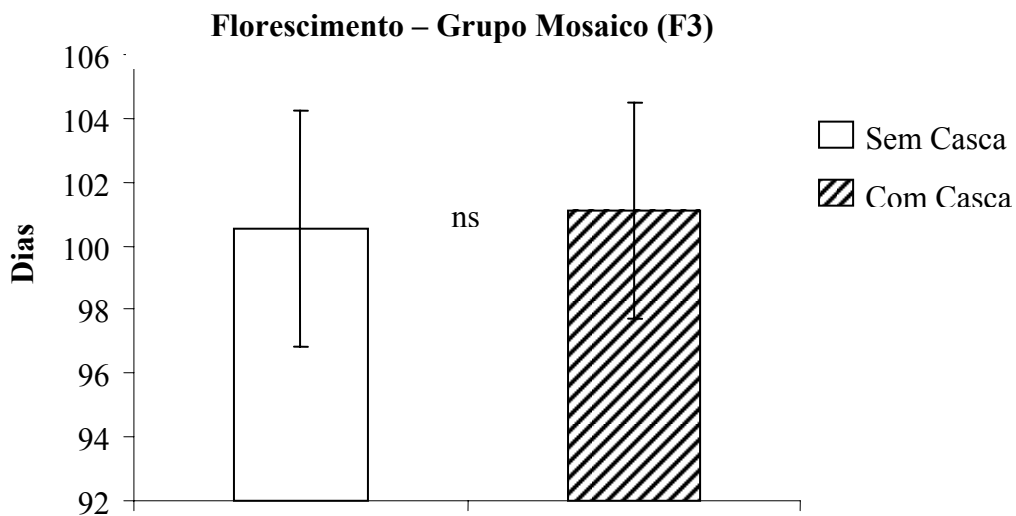


ns = diferença não significativa a 1% de probabilidade pelo teste t, dentro de cada geração segregante.

**Figura 18.** Estatura e florescimento das plantas nas gerações F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub> quanto ao tipo de semente (com ou sem casca) utilizada na semeadura da geração F<sub>2</sub>. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul - RS, 2005/2006.

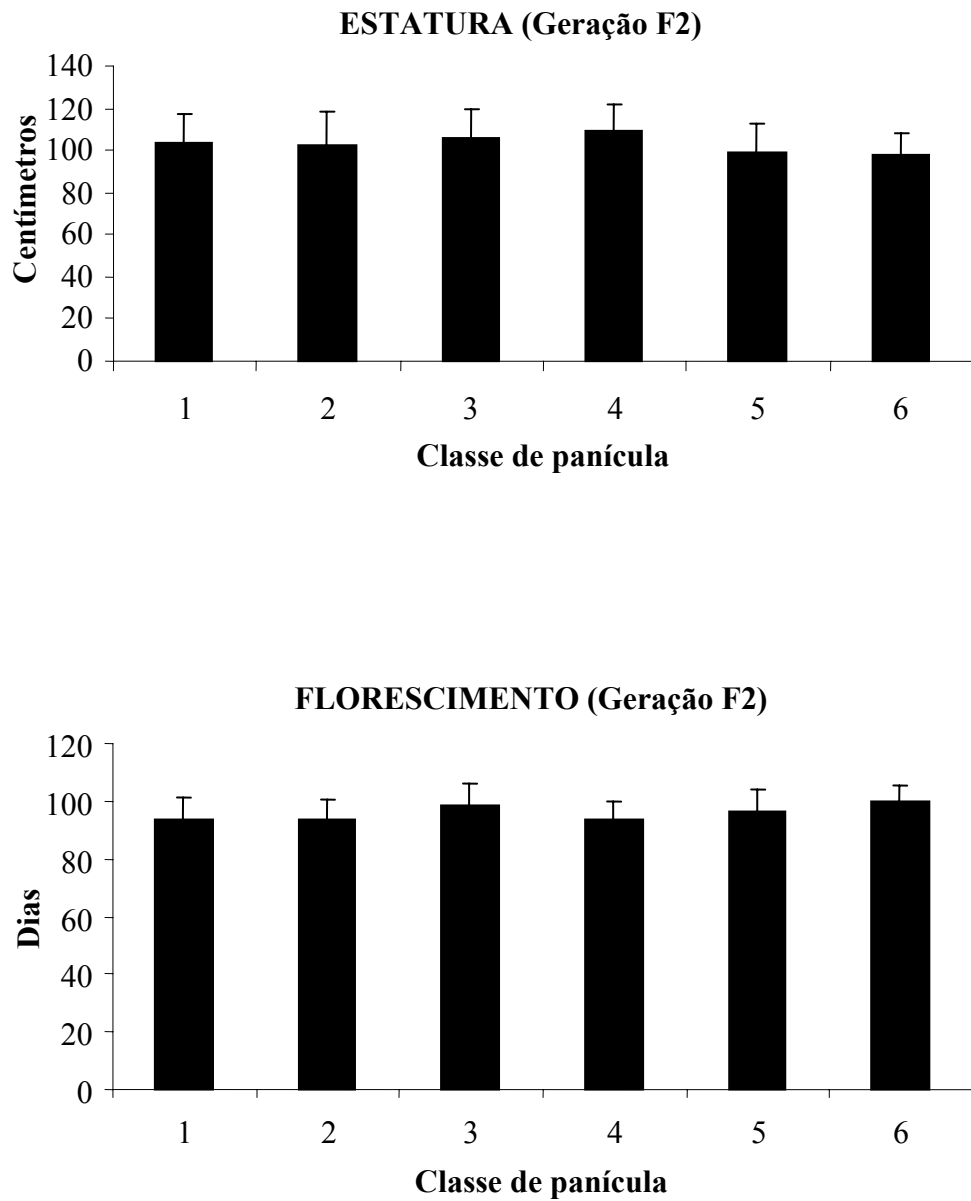


ns = diferença não significativa a 1% de probabilidade pelo teste t.

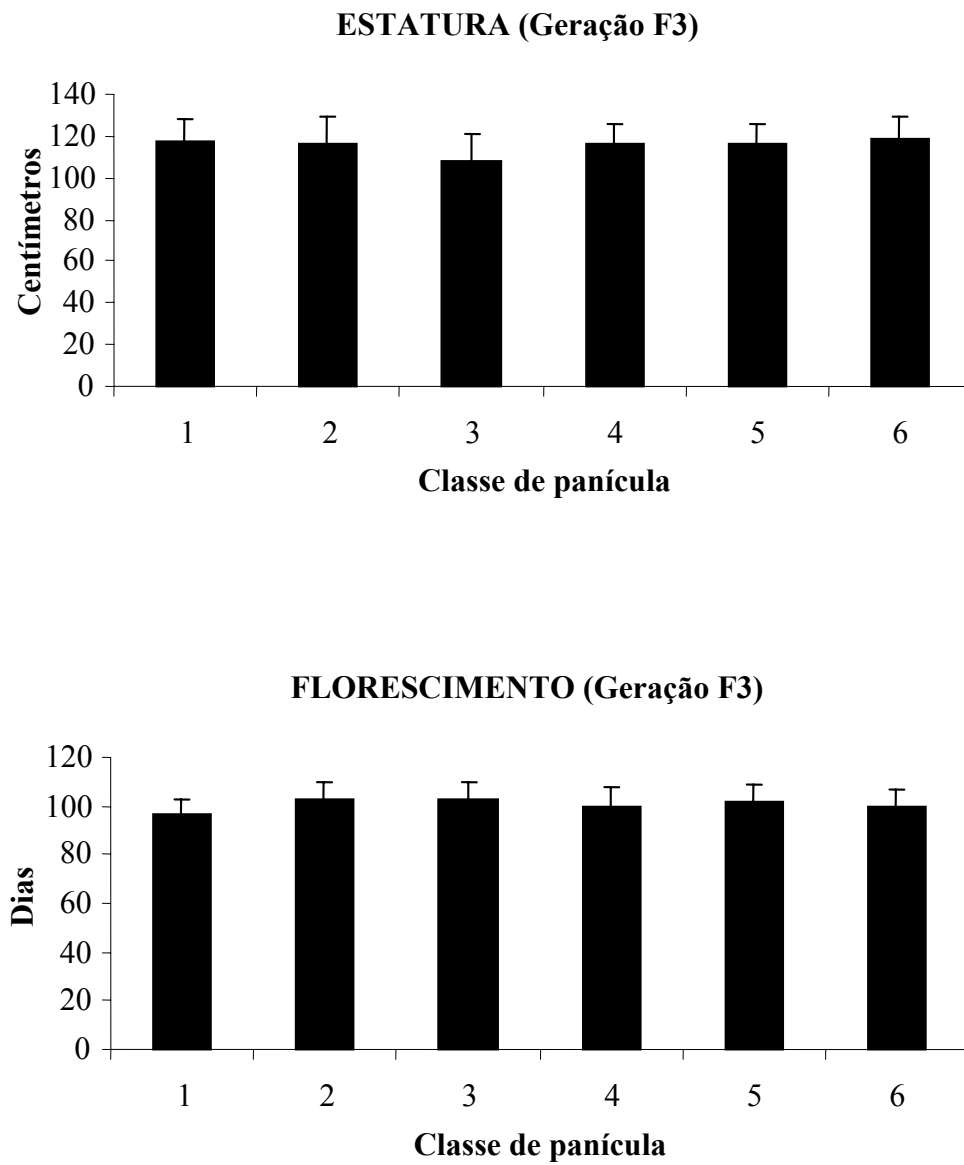


ns = diferença não significativa a 1% de probabilidade pelo teste t.

**Figura 19.** Estatura e florescimento das plantas pertencentes ao grupo mosaico na geração F<sub>3</sub> quanto ao tipo de semente (com ou sem casca) utilizada na semeadura. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul - RS, 2006.



**Figura 20.** Estatura e florescimento das plantas na geração F<sub>2</sub> quanto à classe de panícula. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul - RS, 2005.



**Figura 21.** Estatura e florescimento das plantas na geração F<sub>3</sub> quanto à classe de panícula. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul - RS, 2006.



## 5. CONCLUSÕES

O caráter nuda em aveia é governado por um gene de grande efeito, cuja expressão é influenciada pelo ambiente.

A expressão do caráter nuda nem sempre é completa nas panículas, mesmo em genótipos homozigotos para a característica, sendo que a menor expressão do caráter nas panículas ocorre predominantemente em ramificações de segunda e terceira ordem localizadas na base destas. Desta maneira, a análise do terço superior das panículas permitiu um melhor ajuste da hipótese de um gene.

Não existem diferenças nas proporções de plantas com o caráter nuda quando utilizadas sementes com ou sem casca na semeadura.

Assim como o caráter nuda, a característica multiflora das espiguetas possui herança monogênica, sendo que os dois caracteres são fortemente ligados.

Não houve associação do caráter nuda com a estatura da planta e nem com o número de dias para o florescimento.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALI, R.; OWEN, G. M.; SCHANBAKER, L. M. Role of dietary fiber in geriatric nutrition: a review. In: VAHOUNY, G. V.; KRITCHEVSKY, D. (Ed.) **Dietary Fiber**. New York: Plenum Press, 1986. p.373-387.
- ALLARD, R. W. **Principles of plant breeding**. 3. ed. New York: J. Wiley, 1960. 485 p.
- ALVES, L. L. et al. Composição bromatológica de linhagens de *Avena nuda*. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 15., 2005, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: IAPAR, 2005a. p. 265-266.
- ALVES, L. L. et al. Composição mineral de linhagens de *Avena nuda*. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 15., 2005, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: IAPAR, 2005b. p. 267-268.
- ALVES, L. L. et al. Teores de fibra alimentar total, solúvel e insolúvel em linhagens de *Avena nuda*. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 15., 2005, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: IAPAR, 2005c. p. 288-289.
- AMARAL, A. et al. Estimativa da herdabilidade para os caracteres adaptativos ciclo e estatura em aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.26, n.1, p.33-37, 1996.
- BARR, A.R.; PELHAM, S.D.; ZWER, P.K. Hulless oat- building a commercial future. In: INTERNATIONAL OAT CONFERENCE & INTERNATIONAL BARLEY GENETICS SYMPOSIUM, 5., 1996, Saskatoon. **Proceedings...** Saskatoon: University Extension Press, 1996. p. 97-105.
- BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M. R. **Agroclima da Estação Experimental Agrônômica/UFRGS**. Porto Alegre: Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS, 1990. 60p.
- BERTAGNOLLI, P. F.; FEDERIZZI, L. C. Cruzamentos artificiais em aveia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 4, p. 601-606, 1994.
- BOLAND, P.; LAWES, D.A. The inheritance of the naked grain character in oats studied in a cross between the naked variety caesar and the husked variety bo 1/11. **Euphytica**, Dordrecht, v.22, n.3, p.582-591, 1973.
- BONNETT, O. T. The development of the oat panicle. **Journal of Agricultural Research**, Lahore, v.54, n.12, p. 927-931, 1937.

BURROWS, V.D. Tibor oat. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.66, n.2, p.403-405, 1986.

CABRAL, C. et al. Genetics of naked grain oats in crosses with brazilian genotypes. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v.23, n.4, p. 851-854, 2000.

CAMPBELL, G.L. Oat and Barley as livestock feed – the future. In: INTERNATIONAL OAT CONFERENCE & INTERNATIONAL BARLEY GENETICS SYMPOSIUM, 5., 1996, Saskatoon. **Proceedings**... Saskatoon: University Extension Press, 1996. p. 77-81.

CAPORN, A. S. The inheritance of tight and loose palea in *Avena nuda* crosses. **Journal of Genetics**, Bangalore, v.7, n.1, p.229-246, 1918.

CAVE, N. A.; BURROWS, V.D. Evaluation of naked oat (*Avena nuda*) in the broiler chicken diet. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.73, n.2, p.393-399, 1993.

CAVE, N. A.; HAMILTON, R. M. G.; BURROWS, V. D. Evaluation of naked oats (*Avena nuda*) as a feedingstuff for laying hens. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 69, n.3, p.789-799, 1989.

CHEN, W. J. L.; ANDERSON, J. W. Hypocholesterolemic effects of soluble fibers. In: VAHOUNY, G. V.; KRITCHEVSKY, D. (Ed.) **Dietary Fiber**. New York: Plenum Press, 1986. p. 275-286.

CHOO, T. M.; HO, K. M.; MARTIN, R. A. Genetic analysis of a hulless x covered cross of barley using doubled-haploid lines. **Crop Science**, Madison, v. 41, n.4, p.1021-1026, 2001.

De KOEYER, D. L. et al. A molecular linkage map with associated QTLs from a hulless x covered spring oat population. **Theoretical and Applied Genetics**, Heidelberg, v.108, n.7, p.1285-1298, 2004.

DOEHLERT, D. C. et al. Sources of variation in kernel size in oats. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.79, n.4, p.528-534, 2002.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412p.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to Quantitative Genetics**. 4. ed. Malaysia: Longman, 1996.

FEDERIZZI, L.C. et al. Variabilidade fenotípica de diferentes caracteres da panícula em aveia (*Avena sativa* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.2, p.223-229, 1995.

FLOSS, E.L. **Avaliação da toxicidade do alumínio em genótipos de aveia**. Piracicaba: ESALQ, 1992. 296 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992.

FOSBERG, R. A.; REVES, D. L. Breeding oat cultivars for improved grain quality. In: MARSHALL, H.G.; SORRELS, M. E. (Ed.) **Oat science and technology**. Madison: Crop Science Soc. America, 1992. p.756-775.

GUTKOSKI, L. C.; PEDO, I. **Aveia**: composição química, valor nutricional e processamento. São Paulo: Livraria Varela, 2000.

HOEKSTRA, G. J.; BURROWS, V.D.; MATHER, D. E. Inheritance and expression of the naked-grained and fatuoid characters in oat. **Crop Science**, Madison, v.43, n.1, p.57-62, 2003.

JENKINS, G.; HANSON, P.R. The genetics of naked oats (*Avena nuda* L.). **Euphytica**, Dordrecht, v.25, n.1, p. 167-174, 1976.

JENSEN, N. F. Genetics and inheritance in oats. In: COFFMAN, F.A. **Oats and oat improvement**. Wisconsin: ASOA, 1961. p. 125-206.

JONES, K.R.; FREY, K.J. Heritability percentages and degrees of dominance for quantitative characters in oats. **Science**, Washington, v.35, n.8, p.49-58, 1960.

KIBITE, S.; TAYLOR, J. S. Inheritance and linkage relationships of genes conditioning hulllessness, multiflorous spikelet, and giantism in oat (*Avena sativa* L.). **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 74, n.3, p.497-500, 1994.

KIKUCHI, S. et al. Efficient fine mapping of the naked caryopsis gene (nud) by HEGS (high efficiency genome scanning)/AFLP in barley. **Theoretical Applied Genetics**, Heidelberg, v.108, n.1, p.73-78, 2003.

KIRKKARI, A. M.; PELTONEN-SAINIO, P. Threshing naked oat in moist conditions. In: INTERNATIONAL OAT CONFERENCE, 7., 2004, Helsinki. **Proceedings...** Helsinki: MTT Agrifood Research Finland, 2004. p.228.

KIRKKARI, A. M.; PELTONEN-SAINIO, P.; LEHTINEN, P. Dehulling capacity and storability of naked oat. **Agricultural and Food Science**, Jokioinen, v.13, n.1-2, p. 198-211, 2004.

KOEYER, D. L. et al. A molecular linkage map with associated QTLs from hulless x covered spring oat population. **Theoretical Applied Genetics**, Heidelberg, v.108, n.7, p.1285-1298, 2004.

LAWES, D. A.; BOLAND, P. Effect of temperature on the expression of the naked grain character in oats. **Euphytica**, Dordrecht, v. 23, n.1, p.101-104, 1974.

LIU, K.; STAMLER, J.; TREVISAN, M. Dietary lipids, sugar, fiber and mortality from coronary heart disease. **Atherosclerosis**, Limerick, v.3, n.2, p.221-227, 1982.

MATHER, S. K.; JINKS, J. L. **Biometrical genetics**. 3. ed. Cambridge: University Press, 1982. 396 p.

MOULE, C. Contribution a l'étude de l'hérédité du caractère 'grain nu' chez l'avoine cultivée. **Annales d'Amélioration des Plantes**, [S.l.], v.22, n.4, p. 335-361, 1972.

MURPHY, J.P.; HOFFMAN, L.A. Origin, history and production of oat, In: MARSHALL, H.G.; SORREL, M.E (Co-ed.). **Oat Science and Technology**. Madison: Crop Science Society of American, 1992. p.1-28.

O'MARA, J.G. Cytogenetics. In: COFFMAN, F.A. **Oats and oat improvement**. Wisconsin: ASOA, 1961. p. 112-124.

OUGHAM, H. J.; LATIPOVA, G.; VALENTINE, J. Morphological and biochemical characterization of spikelet development in naked oats (*Avena sativa*). **New Phytologist**, New York, v.134, n.1, p.5-12, 1996.

PELTONEN-SAINIO, P.; KIRKKARI, A. M.; JAUHAINEN, L. Characterising strengths, weaknesses, opportunities and threats in producing naked oat as a novel crop for northern growing conditions. **Agricultural and Food Science**, Jokioinen, v.13, n.1-2, p. 212-228, 2004.

PETERSON, D. M. Oat – a multifunctional grain. In: INTERNATIONAL OAT CONFERENCE, 7., 2004, Helsinki. **Proceedings...** Helsinki: MTT Agrifood Research Finland, 2004. p. 21-26.

PETR, F.C., FREY, K.J. Genotypic correlations, dominance, and heritability of quantitative characters in oats. **Crop Science**, Madison, v.6, n.1, p.259-262, 1966.

RAJALA, A.; PELTONEN-SAINIO, P. Intra-plant variation for progress of cell division in developing oat grains: a preliminary study. **Agricultural and Food Science**, Jokioinen, v.13, n.1-2, p.163-169, 2004.

REDDY, B. S. Colon cancer: future directions. In: VAHOUNY, G. V.; KRITCHEVSKY, D. **Dietary Fiber**. New York: Plenum Press, 1986. p. 543-552.

SIMMONDS, N. W. **Evolution of crop plants**. New York: Logman Inc, 1976. 339p.

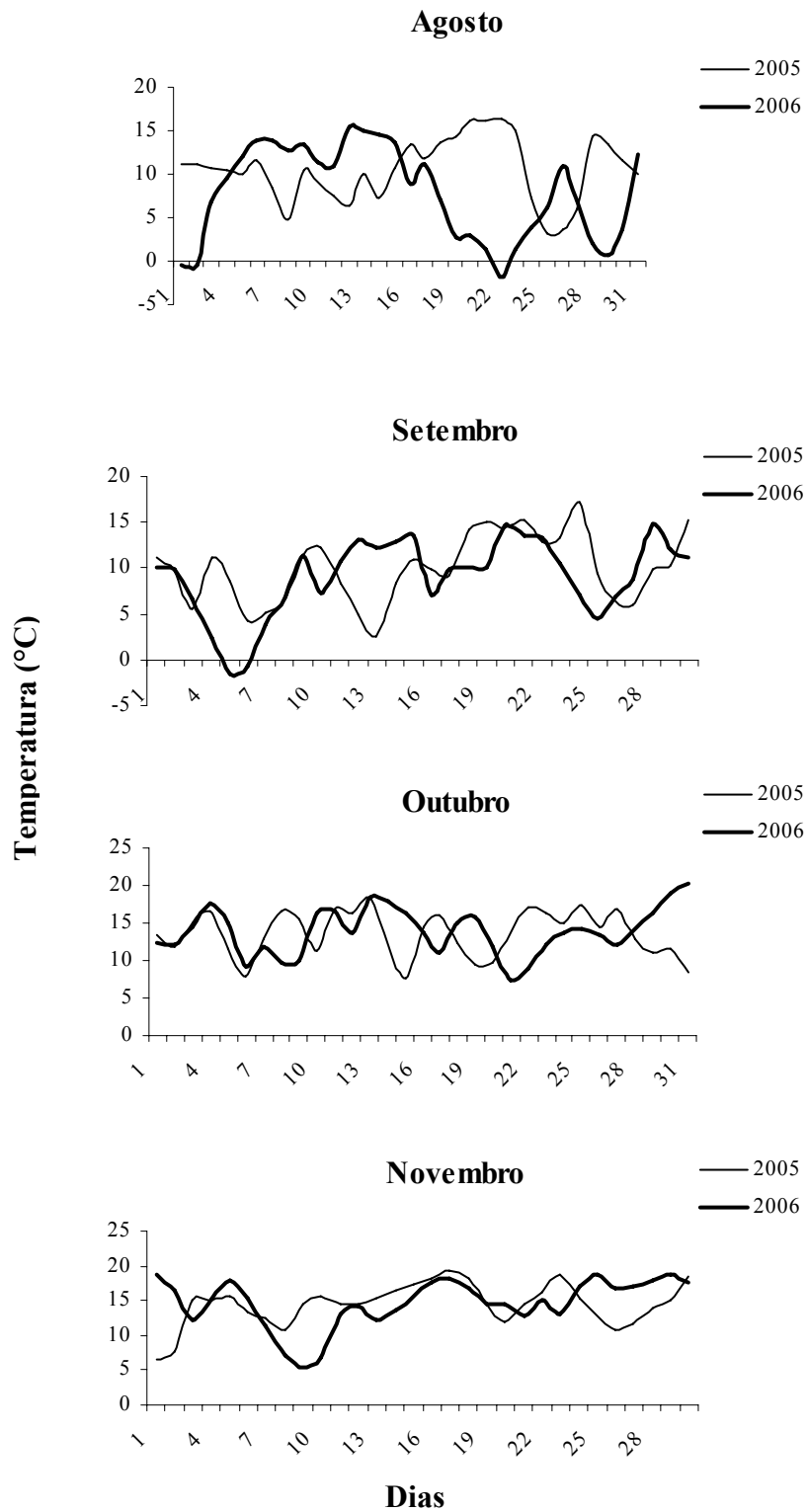
SIMONS, M. D.; MARTENS, J.W.; MCKENZIE, R. I. H. **Oats**: a standardized system of nomenclature for genes and chromosomes and catalog of genes governing characters. Agriculture Handbook. Washington, DC: USDA-SEA, 1978.

STEEL, R. D. G.; TORRIE, J. L. **Principles and procedures of statistics**. New York: MacGraw-Hill, 1980. 418p.

TAKETA, S. et al. High-resolution mapping of the nud locus controlling the naked caryopsis in barley. **Plant Breeding**, Berlin, v.125, n.4, p.337-342, 2006.

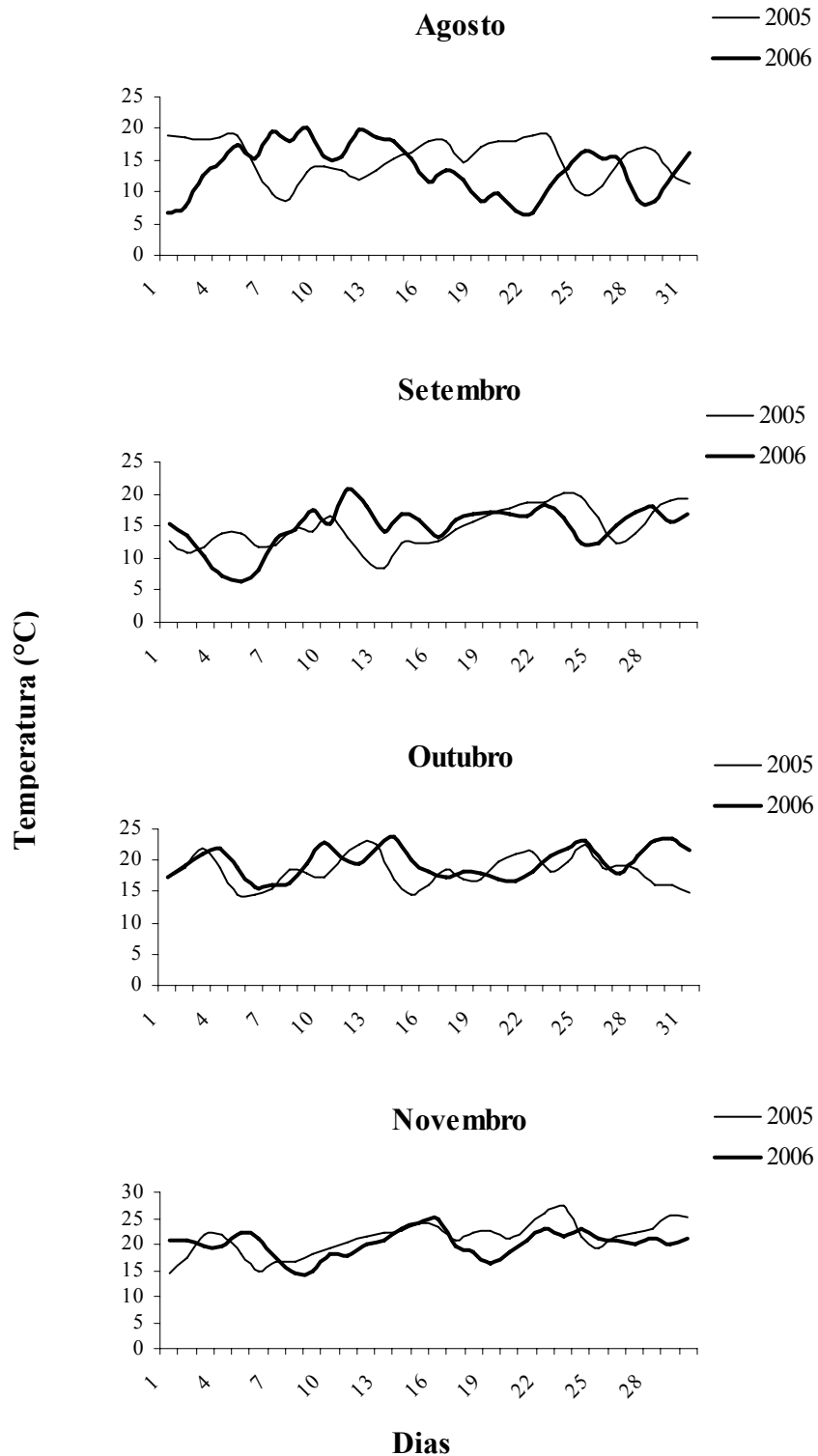
## **7. APÊNDICES**

## TEMPERATURAS MÍNIMAS



**Apêndice 1.** Temperaturas mínimas diárias nos meses de agosto, setembro, outubro e novembro. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2005/2006.

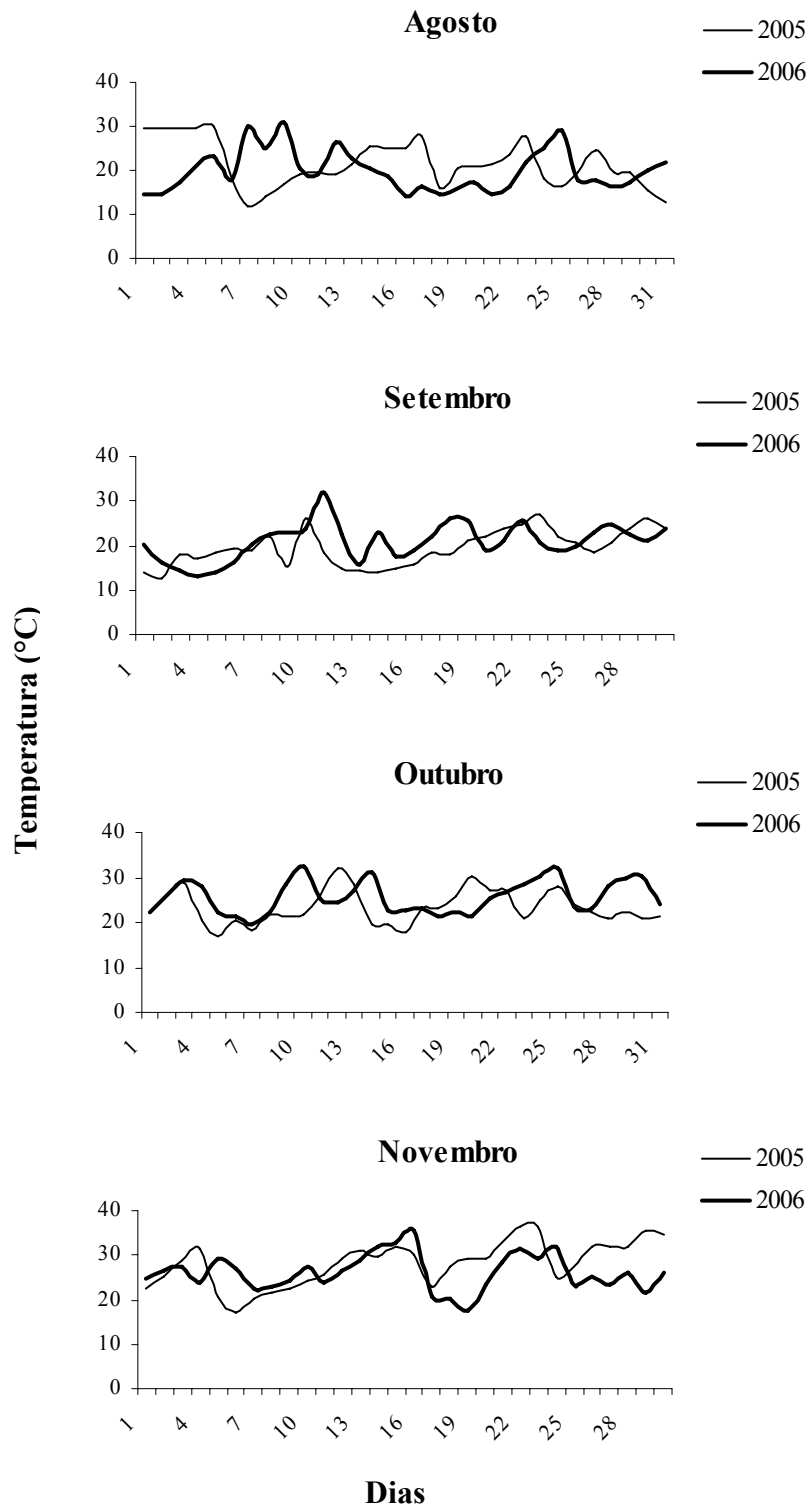
## TEMPERATURAS MÉDIAS



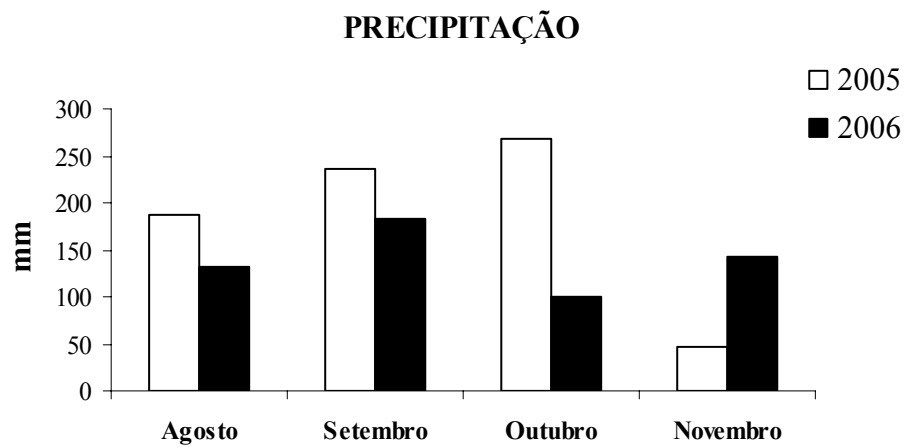
**Apêndice 2.** Temperatura média diária nos meses de agosto, setembro, outubro e novembro. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2005/2006.



## TEMPERATURAS MÁXIMAS



**Apêndice 3.** Temperatura máxima diária nos meses de agosto, setembro, outubro e novembro. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2005/2006.



**Apêndice 4.** Precipitação média nos meses de agosto, setembro, outubro e novembro. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2005/2006.