

## QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MILHO COLHIDAS EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE “LINHA DE LEITE”

MARIA APARECIDA VILELA DE RESENDE FARIA<sup>1</sup>, RENZO GARCIA VON PINHO<sup>2</sup>, ÉDILA VILELA DE RESENDE VON PINHO<sup>2</sup>, RENATO MENDES GUIMARÃES<sup>2</sup>, FABRÍCIO ELIAS DE OLIVEIRA FREITAS<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Eng. Agrônoma, doutoranda em Fitotecnia da Universidade Federal de Lavras –UFLA, Caixa Postal 37, CEP.37200-000 Lavras-MG. E-mail: tida@ufla.br (autor para correspondência).

<sup>2</sup>Eng. Agrônomo, DSc., Professor do Departamento de Agricultura da UFLA.

<sup>3</sup>Estudante de graduação da UFLA, bolsista do PIBIC- CNPq

*Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.1, n.1, p.93-104, 2002*

**RESUMO-** Para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de híbridos de milho colhidas em diferentes estádios de “linha de leite”, após a secagem e armazenamento, foi realizado um trabalho, no laboratório de sementes da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em parceria com a Monsanto do Brasil SA. Foram utilizadas sementes dos híbridos AG-9090, AG-9010, DKB-350 e C-747, produzidas no inverno de 2000, nos municípios de Iraí de Minas, MG, Campo Florido, MG, Miguelópolis, SP e Guaira, SP. Em cada campo, foram demarcadas quatro faixas, onde foram colhidas 100 espigas por estádio de linha de leite (LL), que são: LL2, LL3, LL4 e LL5, contemplando, respectivamente, 25%, 50%, 75% e 100% de endosperma endurecido. As espigas foram transportadas até o laboratório de sementes da UFLA, onde foram amostradas, para determinação do teor de água das sementes e, em seguida, despalhadas e levadas aos secadores experimentais, onde foram secadas em temperatura inicial de 35°C, até atingir 20% de teor de água, seguida de temperatura de 42°C até 12% de teor de água. Foram realizados testes de germinação, condutividade elétrica, teste de frio sem solo e envelhecimento acelerado, após secagem e após oito meses de armazenamento. Após secagem, foram observados valores acima de 95% nos testes de germinação e acima de 85% nos testes de vigor. Após oito meses de armazenamento, foram constatados menores valores de germinação e vigor para as sementes colhidas na LL-2, para todos os híbridos avaliados. Concluiu-se que é seguro colher sementes de milho a partir do estádio três de linha de leite (LL-3), quando as mesmas se encontram com 50% do endosperma sólido e com alta qualidade fisiológica.

**Palavras-chave:** *Zea mays*, sementes, maturidade fisiológica, linha de leite

### PHYSIOLOGICAL QUALITY OF MAIZE SEEDS HARVESTED AT DIFFERENT MILK LINE STAGES

**ABSTRACT-** Aiming at evaluating the physiological quality of hybrid seeds of corn harvested at different milk line stages after drying and storage, the present work was performed at the Universidade Federal de Lavras (UFLA) seed laboratory together with Monsanto do Brasil S/A. Seeds of the hybrids Ag-9090, AG-9010, DKB-350 and C-747 produced in the winter of 2000 in the towns of Iraí de Minas - MG, Campo Florido - MG, Miguelópolis -SP and Guaira - SP were utilized. In each field were drawn four rows, where 100 ears were harvested per

milk line stage (ML), which are ML2, ML 3, ML 4 and ML 5, displaying, respectively, 25%, 50%, 75% and 100% of hardened endosperm were harvested. The ears were transported to the UFLA seed laboratory where they were sampled for determination of water content of seeds and next, they had their straws removed and were taken to the experimental dryers where they were dried at the initial temperature of 35°C to reach 20% of water content followed by temperature of 42°C to 12% of water content. Tests of germination, electric conductivity, cold test without soil and accelerated aging after drying and after 8 month storage were accomplished. After drying, values above 95% in the germination tests and above 85% in the vigor tests were found. After 8 months storage lower values of germination and vigor for the seeds harvested at ML-2 for all the hybrids evaluated were observed. The results enabled us to conclude that it is safe to harvest corn seeds from the milk line 3 stage (ML-3) when they have 50% of their endosperm solid and a high physiological quality.

**Key words:** *Zea mays*, seeds, physiological maturity, milk line

A colheita é uma etapa importante no processo de produção de sementes, devendo ser realizada o mais rápido possível, a partir do momento em que as mesmas atinjam altos níveis de qualidade. A colheita antecipada de sementes de milho traz uma série de vantagens para as empresas produtoras de sementes, pois, além de propiciar maior qualidade, devido à menor exposição a condições ambientais adversas, permite melhor aproveitamento das áreas de plantio, pela possibilidade de desocupá-la mais cedo, e possibilita o planejamento dos processos de secagem, propiciando melhor aproveitamento da infra-estrutura de produção e de processamento.

Para a maioria das espécies, a colheita deve ser realizada quando as sementes atingem o máximo peso seco, no chamado ponto de maturidade fisiológica, que pode coincidir ou não com o máximo vigor e germinação. As mudanças nas características morfológicas e fisiológicas durante a maturação das sementes têm sido usadas no desenvolvimento de métodos para identificar a maturidade, visando determinar o ponto de colheita de sementes, sem prejuízo para sua qualidade fisiológica. Para o milho, os métodos mais freqüentemente utilizados são os que têm como base o teor de água das sementes e a ocorrência da camada negra. No entanto, esses métodos apresentam algumas limitações, como

indicadores ideais do momento de colheita (Afuakwa & Crookston, 1984).

O teor de água das sementes não pode ser facilmente determinado no campo, requerendo o uso de equipamentos que não são confiáveis a teores acima de 25%. Além disso, embora seja amplamente utilizado, o teor de água das sementes não é um bom indicador de maturidade fisiológica, por sofrer influências ambientais e genéticas. Vários autores têm demonstrado que a maturidade de sementes de milho pode ocorrer em teores de água de 28 a 42%, variando entre genótipos, épocas e anos de semeadura (Hallauer & Russel, 1962; Daynard & Duncan, 1969; Rench & Shaw, 1971; Daynard, 1972; Carter & Poneleit, 1973; Hunter et al., 1991).

A formação da camada negra é um indicador aceitável de maturidade fisiológica; entretanto, tem sido relatada a ocorrência de problemas associados ao seu uso, para assegurar a maturidade fisiológica, tais como a variabilidade na aparência e imprecisão quanto ao momento de ocorrência, sendo reportada em teores de água de 15,4 a 75% (Afuakwa & Crookston, 1984; Afuakwa et al., 1984; Carter & Poneleit, 1973).

O processo de maturação pode ser influenciado por estresses ambientais, tais como seca, dano por frio e doença. Muitos desses estresses reduzem a capacidade da planta de produzir assimilados para

as sementes, ocorrendo redução no período de enchimento e peso seco das mesmas e precocidade no desenvolvimento da camada negra (Hunter et al., 1991). Daynard (1972) reportou desenvolvimento diferenciado da camada negra para os mesmos híbridos de milho cultivados em épocas diferentes.

A maturação de sementes de milho pode ser acompanhada também pela linha de leite. Durante o processo de maturação, ocorre a progressiva solidificação do endosperma leitoso, devido à conversão da sacarose em amido, começando no ápice e terminando na base da semente. Nesse período, a linha de leite é uma camada externamente visível na face oposta ao embrião, que limita as matrizes sólida e líquida do endosperma.

Hunter et al. (1991) propuseram um sistema de estádios variando de 1 a 5 para a formação da linha de leite, contemplando endosperma inteiramente líquido (estádio 1), 25%, 50%, 75% e 100% de endosperma endurecido, estádios 2, 3, 4 e 5, respectivamente.

Com base no acompanhamento da linha de leite, vários pesquisadores têm identificado o ponto de maturidade fisiológica e época ideal de colheita de sementes de milho (Afuakwa & Crookston, 1984; Hunter et al. 1991; Vieira et al., 1995 e Tekrony & Hunter, 1995). É considerado um método eficiente para monitorar a maturidade da semente, por ser facilmente detectável no campo, sem necessidade de instrumentos e, ao contrário da camada negra, cujo desenvolvimento é o ponto final, o movimento da linha de leite pode ser acompanhado por um período de tempo maior.

Em seu trabalho, Hunter et al. (1991) compararam o uso dos estádios de linha de leite com os cinco estádios de camada negra propostos por Rench & Shaw (1971), encontrando que os três primeiros estádios de camada negra foram mais subjetivos e difíceis de se determinar e que os estádios quatro e cinco de ambos os indicadores foram coincidentes para todos os genótipos avaliados.

Afuakwa & Crookston (1984) relataram que aproximadamente 95% do máximo peso seco foi acumulado quando a linha de leite alcançou o meio da semente. Hunter et al. (1991), após estudarem diferentes indicadores de maturidade fisiológica de sementes de milho, utilizando carbono-14 como marcador, verificaram que a maturidade fisiológica ocorreu quando 75% do comprimento das sementes continha endosperma solidificado e a linha de leite estava presente no quarto inferior da semente.

O monitoramento da linha de leite mostra-se um método eficiente e prático para a identificação, no campo, da época de colheita de sementes de milho. Com a tendência atual das empresas produtoras de sementes de milho de realizarem a colheita em espigas e, portanto, com maior teor de água, torna-se interessante o estudo de quão mais cedo as sementes podem ser retiradas do campo sem prejuízos de suas qualidades fisiológicas.

Por meio de investigações que relacionam a qualidade de sementes de milho com a maturidade, tem sido mostrado que o máximo vigor e germinação das sementes ocorrem com altos teores de água, antes que a semente tenha alcançado a maturidade fisiológica, com base no acúmulo de matéria seca. (Knittle & Burris, 1976; Borba et al., 1994; Tekrony & Hunter, 1995). Pelos resultados obtidos por Knittle & Burris (1976), sementes de milho colhidas antes da maturidade fisiológica poderiam ser tão vigorosas quanto as colhidas na maturidade ou após esta. Fagioli et al. (1999) também constataram que, a partir do estágio três da linha de leite, as sementes de milho apresentaram-se com alta qualidade fisiológica em diferentes genótipos estudados. Resultados semelhantes foram encontrados em trabalhos realizados por Ajayi & Fakorede (2000), nos quais sementes colhidas antes da maturidade completa, independente do peso seco, germinam mais rápido que aquelas colhidas na maturidade completa.

Borba *et al.* (1994), trabalhando com sementes de milho híbrido simples BR 201 fêmea, cultivado em época normal, observaram que a maturidade fisiológica das sementes, com base no acúmulo de matéria seca, ocorreu aos 65 dias após a floração. Para a obtenção de sementes de alta qualidade, a colheita poderia ser iniciada a partir do 55º dia após a floração, quando as sementes apresentavam cerca de 87% de germinação, com 95% das sementes apresentando camada negra. O mesmo experimento, porém realizado no inverno (Borba *et al.*, 1995), mostrou que a maturidade fisiológica ocorreu aos 58 dias após a floração.

Sementes de milho colhidas em espigas com altos teores de água precisam ser secadas adequadamente para preservar a qualidade fisiológica. Chen & Burris (1990) demonstraram que sementes de milho com altos teores de água, colhidas próximo ao ponto de maturidade fisiológica, podem tolerar a secagem a temperaturas moderadas. A secagem inicial de sementes de milho à temperatura de 35°C (pré-condicionamento) induz tolerância a temperaturas mais altas, pois acelera o processo de maturação, que normalmente ocorre no campo com a desidratação natural, permitindo que os mecanismos de tolerância à dessecação se tornem ativos (Rosa, 2000).

O uso da linha de leite como parâmetro físico para a detecção do ponto ideal de colheita poderá ser mais precisamente utilizado após determinada sua correlação com parâmetros fisiológicos que indicam o vigor das sementes, fornecendo subsídios adicionais à tomada de decisões para o planejamento dos processos de colheita e secagem de sementes de milho em espigas.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de híbridos de milho colhidas em diferentes estádios de “linha de leite”, após a secagem e o armazenamento.

## Material e Métodos

Os trabalhos foram realizados no laboratório de análise de sementes da UFLA e as sementes foram amostradas nos campos de produção de sementes de cooperados da empresa Monsanto do Brasil S.A. Foram utilizados os híbridos simples AG-9090 e AG-9010, o híbrido triplo DKB-350 e o híbrido duplo C-747, produzidos no inverno de 2000, respectivamente, nos municípios de Irai de Minas, MG (semeadura em 15/02), Campo Florido, MG (semeadura em 07/04), Miguelópolis, SP (semeadura em 03/04) e Guaira, SP (semeadura em 05/04).

Todos os campos foram cultivados sob irrigação por pivot central e a adubação aplicada na semeadura foi de 350 kg/ha do formulado 08-20-20, com cobertura parcelada, sendo a primeira aplicação de 200 kg/ha de 20-00-20 e a segunda, de 140 kg/ha de uréia. Os demais tratamentos culturais foram realizados segundo as recomendações para a cultura.

Em cada campo de produção, foram demarcadas quatro faixas nas linhas do parental feminino, com aproximadamente 3.000 plantas, que constituíram quatro repetições de campo, onde foram colhidas 100 espigas por estádio de linha de leite (LL). Os estádios de linha de leite foram identificados por meio da inspeção visual, com base na amostragem de seis sementes da parte mediana de cinco espigas de plantas em competição completa e sadias. Cada semente foi cortada longitudinalmente e de uma das metades foi retirada toda a parte leitosa e o embrião. Pela comparação com a metade intacta, estimou-se a porcentagem de endosperma solidificado.

As amostragens de sementes foram iniciadas no estádio dois de linha de leite (LL-2), de acordo com a metodologia proposta por Hunter *et al.* (1991):

LL-2 - 25% do comprimento da semente preenchido com endosperma solidificado; linha de

leite localizada no quarto superior do comprimento da semente.

LL-3 - 50% do endosperma sólido; linha de leite localizada no meio da semente.

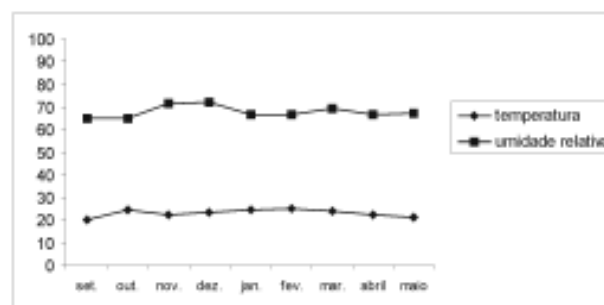
LL-4 - 75% do comprimento da semente com endosperma solidificado; linha de leite localizada no quarto inferior da semente.

LL-5 - Endosperma completamente sólido; linha de leite ausente.

As espigas colhidas nos campos de produção de sementes foram transportadas até o laboratório, embaladas em lona isolante térmica, onde foram imediatamente amostradas para a determinação de teor de água e matéria seca. Em seguida, foram despalhadas e levadas aos secadores experimentais de pequena escala, construídos com base no modelo descrito por Navratil & Burris (1982). Cada secador constitui-se de uma base, quatro gavetas empilháveis dotadas de encaixes especiais e um tampo. Cada base, de 61 x 61 x 61 cm, abriga um conjunto de resistências elétricas (fonte de calor), com capacidade de 3.400 kW, cuja temperatura é controlada por um termostato industrial microprocessado, marca Digimec, modelo BTC-9090. Do lado externo da base, existe um ventilador centrífugo, ligado a um motor de 0,25 kW, 115V, capaz de elevar 196 litros/segundo a 7,6 cm de pressão estática. Cada gaveta possui dimensão de 61 x 61 x 15,2 cm e a sua base é constituída de uma malha de ferro que permite a livre passagem do ar de secagem. O fluxo de ar, de 23,00 m<sup>3</sup>.min<sup>-1</sup>.t<sup>-1</sup>, foi ajustado por meio de uma porta graduada, deslizável e fixada na entrada.

As sementes foram secadas em temperatura inicial de 35°C, até atingir 20% de teor de água, seguida de temperatura de 42°C até 12% de teor de água. Em seguida, foram debulhadas manualmente, acondicionadas em sacos de papel e estocadas em câmara fria e seca (10°C e 40% UR) até a realização dos testes para avaliação da qualidade fisiológica

(germinação, teste de frio, envelhecimento acelerado, emergência em bandejas e condutividade elétrica). Parte das sementes secas foram tratadas e armazenadas por oito meses, em condições ambientes, onde o controle da temperatura e umidade relativa foi realizado por meio de um termohigrógrafo (Figura 1). Após o armazenamento, as sementes foram submetidas aos mesmos testes de germinação e vigor.



**FIGURA 1.** Médias mensais de temperatura (°C) e de umidade relativa (%) do ar ambiente, correspondentes ao período de armazenamento das sementes (setembro de 2000 a maio de 2001) Lavras, MG.

A determinação do teor de água foi efetuada em estufa a 105°C, por 24 horas, utilizando-se duas amostras para cada análise, segundo prescrições das Regras Internacionais para Análise de Sementes (ISTA, 1996).

Para o teste de germinação, foram utilizadas 400 sementes (quatro subamostras de 25 por repetição do campo), semeadas em papel-toalha tipo Germitest, umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco e colocadas para germinar à temperatura de 25°C. Foram realizadas duas contagens, sendo a primeira no quarto dia e a última no sétimo dia após a semeadura, segundo prescrições das Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 1992). Os resultados foram expressos em porcentagem, com base no número inteiro aproximado, de plântulas normais.

O teste de frio sem solo foi realizado conforme metodologia proposta por Loeffler et al. (1985),

com quatro repetições de 25 sementes distribuídas em papel-toalha, umedecidas com quantidade de água equivalente a três vezes o peso do papel-toalha. Após a semeadura, os rolos foram colocados no interior de sacos de plástico vedados com fita adesiva e mantidos em câmara regulada a 10°C, durante sete dias. Ao final desse prazo, os rolos foram retirados dos sacos de plástico e transferidos para germinador a 25°C, onde permaneceram por cinco dias, quando se efetuou a contagem das plântulas normais, e os resultados foram expressos em porcentagem.

No teste de envelhecimento acelerado, as sementes foram acondicionadas em gerbox, com uma lâmina de água de 40 ml no fundo, suspensas 2 cm por uma fina malha metálica. Em seguida, foram colocadas em câmara tipo "BOD", a 42°C, e mantidas durante 96 horas. Após esse período, quatro subamostras de 25 sementes por repetição de campo foram colocadas para germinar, conforme o teste de germinação. A contagem de plântulas normais foi realizada no sétimo dia após a semeadura.

O teste de condutividade elétrica de massa foi realizado com quatro subamostras de 25 sementes, em copos de plástico contendo 75 ml de água deionizada, cuja condutividade não excedia 3mmhos/cm/g; as leituras de condutividade foram realizadas após 24 horas de embebição a 25°C, com o condutímetro Digimed, modelo CD-21, e os resultados expressos em mmhos/cm/g de semente.

O delineamento experimental para todas as avaliações foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Utilizando o programa Sisvar, foram realizadas análises de variância para os testes de vigor e testes físicos para cada híbrido. Realizou-se também análises de regressão entre os teores de água das sementes colhidas nos quatro estádios de linha de leite (variável independente) e os resultados observados nos testes de vigor e germinação avaliados (variável dependente).

## Resultados e Discussão

As sementes colhidas nos quatro estádios de linha de leite, para os quatro híbridos, apresentaram teores de água que variaram de 48,5% a 55,1% na LL-2 (linha de leite 2), 41,0 a 50,0% na LL-3 (linha de leite 3); 35,5 a 41,7% na LL-4 (linha de leite 4) e 27,4 a 32,0% na LL-5 (linha de leite 5), (Tabela 1).

**TABELA 1.** Teores de água de sementes colhidas nos quatro estádios de linha de leite, para os quatro híbridos avaliados.

	Teor de água (%)			
	AG-9090	DKB-350	AG-9010	C-747
LL-2	55,1	52,3	52,1	48,5
LL-3	50,1	48,5	41,3	41,1
LL-4	42	35,5	37,3	36,2
LL-5	28,3	27,3	32	30,3

Utilizando o teor de água das sementes em cada linha de leite como variável independente, foram realizados estudos de regressão para os testes de germinação e de vigor realizados após a secagem (tempo 0) e após oito meses de armazenamento (tempo 8).

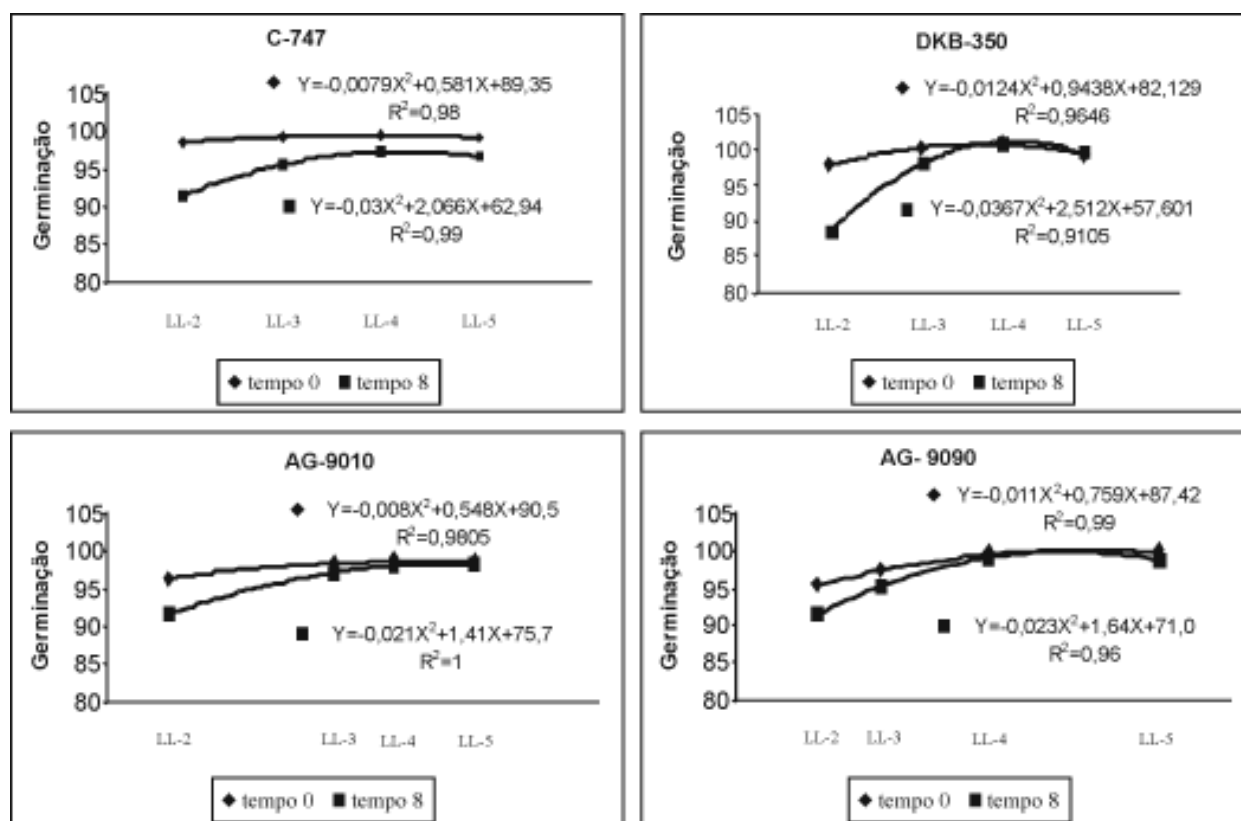
Foram encontradas relações quadráticas altamente significativas entre os teores de água nos quatro estádios de linha de leite e as porcentagens de germinação de sementes dos quatro híbridos, antes e após armazenamento, sendo que os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) encontrados foram superiores a 0,91, indicando que os dados apresentam excelente ajuste às equações encontradas, (Figura 2).

Após secagem (tempo 0), foram observadas, para os quatro híbridos, taxas de germinação acima de 95%, para as sementes colhidas em todos os estádios de linha de leite. Após oito meses de armazenamento, observou-se um pequeno decréscimo na viabilidade das sementes colhidas na LL-2, entretanto, com taxas acima de 85%, que é o mínimo preconizado para comercialização. Esses resultados

evidenciam que, mesmo as sementes colhidas com altos teores de água, após a secagem, apresentaram percentuais de germinação iguais aos das sementes colhidas com menores teores de água (Figura 2). A secagem inicial a 35°C até que as sementes atingissem 20% de teor de água foi importante para a obtenção desses resultados. Rosa (2000) observou que a secagem inicial a 35°C (pré-condicionamento) tornou as sementes colhidas com altos teores de água tolerantes à subsequente secagem a 50°C, proporcionando melhoria na sua qualidade, em relação à secagem contínua.

Os percentuais observados nos testes de vigor, para os quatro híbridos, no início do armazenamento (tempo 0) e aos oito meses (tempo 8), e analisados em relação aos teores de água em cada linha de leite, também se ajustaram às equações

quadráticas altamente significativas, com coeficientes de determinação sempre superiores a 0,88 (Figuras 3, 4 e 5). Nos testes de envelhecimento acelerado e de frio realizados após secagem (tempo 0), foram observadas taxas de vigor acima de 80%, mas foi evidenciada a superioridade das sementes colhidas nos estádios LL-3, LL-4, e LL-5 em relação às colhidas no estágio LL-2. Por meio das equações de regressão, pôde-se estimar os teores de água em que se obteve o máximo percentual nos testes de vigor para cada híbrido. No teste de frio, esses percentuais foram de 41,6% para o C-747 e 41,28% para o AG-9010, valores que coincidiram com aqueles observados no estágio três da linha de leite (LL-3). Para os híbridos DKB-350 e AG-9090, os percentuais foram de 31,8% e 32,6%, os quais foram observados a partir do estágio quatro (LL-4).

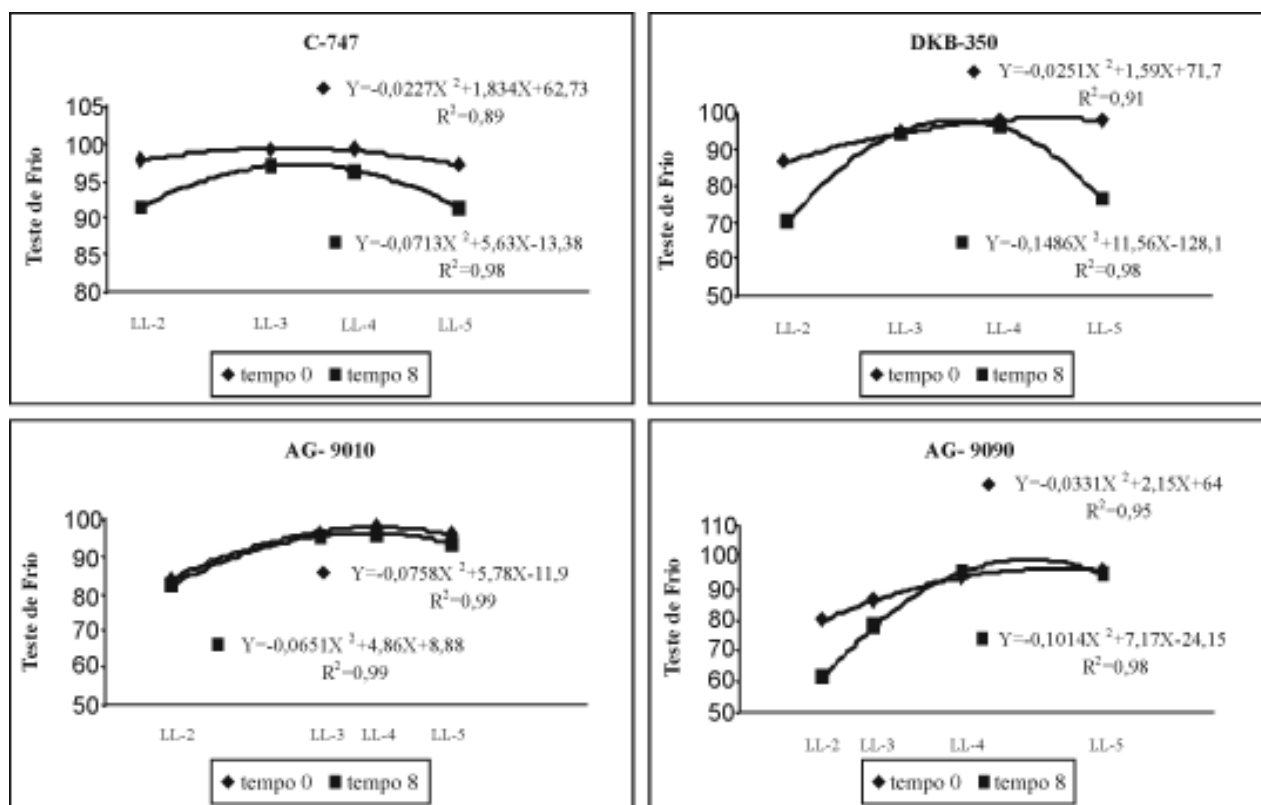


**FIGURA 2.** Representação gráfica das equações de regressão para os resultados de germinação (%), em função dos teores de água em cada estágio de linha de leite (LL), para os quatro híbridos avaliados, após secagem (tempo 0) e após oito meses de armazenamento (tempo 8).

Nas avaliações realizadas após oito meses de armazenamento, foram observadas, para todos os testes e híbridos, taxas menores de vigor, em alguns casos, intensificando a inferioridade das sementes colhidas na LL-2. Isso foi mais evidente para os híbridos DKB-350 e AG-9090, tanto no teste de frio como no teste de envelhecimento acelerado (Figuras 3 e 4). Quando armazenadas, sementes mais imaturas, colhidas no estágio dois de linha de leite, mostraram-se mais sensíveis ao processo de deterioração. As sementes colhidas a partir da LL-3 não sofreram perda significativa de vigor após oito meses de armazenamento, em condições ambientais.

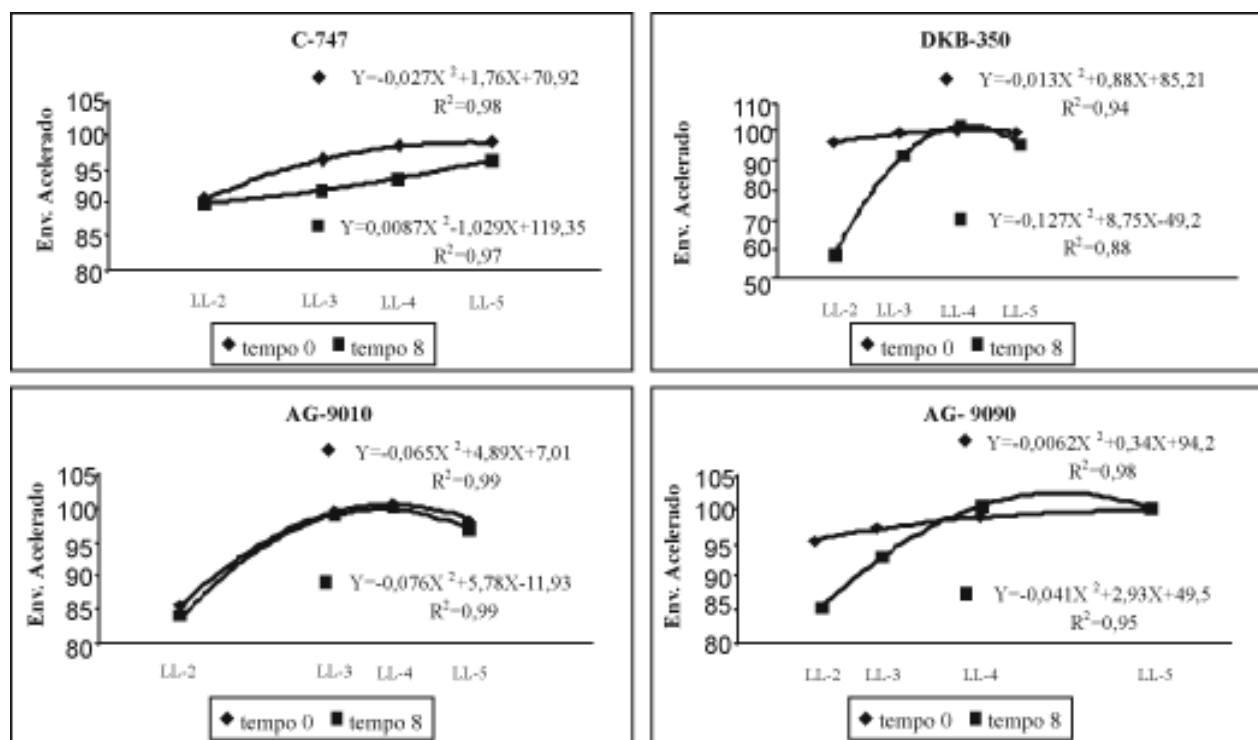
Para os testes de condutividade elétrica (Figura 5) realizados nos dois períodos de armazenamento,

foram observados valores que variaram de 4,31 mmhos/cm/g, para sementes colhidas na LL-5, a 24,15 mmhos/cm/g, para as colhidas na LL-2. À medida que os estádios de linha de leite avançaram, houve redução nos valores de condutividade. Após oito meses, observou-se aumento na condutividade das sementes colhidas em todas as linhas de leite, variando de 7,55 mmhos/cm/g, na LL-2, a 58,99 mmhos/cm/g na LL-5. Esse padrão de variação nos valores de condutividade elétrica foi encontrado por Powell (1986) e Fagioli & Vieira (2000). Com o avanço dos estádios de maturação, vai ocorrendo o desenvolvimento e organização estrutural das membranas celulares, o que explica a redução nos valores de condutividade elétrica.



**FIGURA 3.** Representação gráfica das equações de regressão para os resultados do teste de frio (%), em função dos teores de água em cada estágio de linha de leite (LL), para os quatro híbridos avaliados, após secagem (tempo 0) e após oito meses de armazenamento (tempo 8).



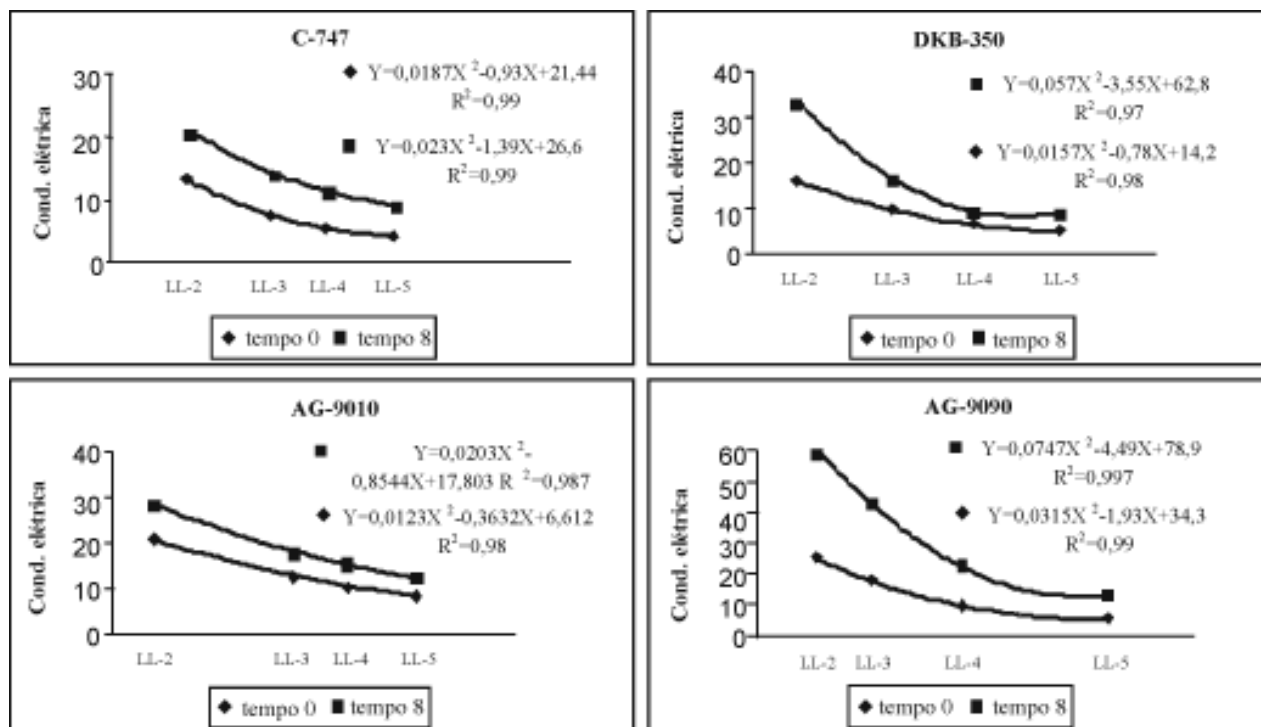


**FIGURA 4.** Representação gráfica das equações de regressão para os resultados do teste de envelhecimento acelerado (%), em função dos teores de água em cada estágio de linha de leite (LL), para os quatro híbridos avaliados, após secagem (tempo 0) e após oito meses de armazenamento (tempo 8).

De maneira geral, maiores porcentagens de germinação e vigor foram observadas em sementes colhidas a partir do estágio três de linha de leite. Esses resultados foram semelhantes aos obtidos por outros autores, que encontraram alta qualidade fisiológica em colheitas antecipadas, em relação ao máximo acúmulo de matéria seca (Vieira et al., 1995; Borba et al., 1995; Hunter et al., 1991; Tekrony & Hunter, 1995; Ajayi & Fakorede, 2000). Vieira et al. (1995) concluíram que a colheita de sementes de milho poderia ser realizada entre os estádios três e quatro de linha de leite, sem perda de qualidade fisiológica. Borba et al. (1995) também sugeriram antecipar a colheita em 14 dias antes da maturidade fisiológica, uma vez que foram observadas altas taxas de vigor nesse estágio, mesmo antes das sementes atingirem o máximo peso seco.

Em seus estudos com linhagens, híbridos simples e duplos, Tekrony & Hunter (1995) encontraram

o máximo nível de vigor no estágio quatro de linha de leite, antes do completo enchimento das sementes, para todos os materiais estudados. Também nos trabalhos de Ajayi & Fakorede (2000), embora o peso seco das sementes não tenha sido o mais alto no estágio três de linha de leite, as sementes colhidas nesse estágio apresentaram a melhor performance, levando os autores a considerarem que esse foi o momento em que a maturidade fisiológica ocorreu, ou seja, aos 41 dias após o florescimento. Esses autores encontraram maior velocidade de germinação das sementes colhidas nos estádios iniciais de maturação do que as colhidas na maturação completa. Supõe-se que a composição bioquímica antes da maturidade fisiológica é mais simples e, dessa forma, as sementes seriam capazes de embeber água mais rapidamente, para iniciar a cadeia de reações enzimáticas necessárias para converter materiais de reserva em formas capazes de iniciar a germinação.



**FIGURA 5.** Representação gráfica das equações de regressão para os resultados do teste condutividade elétrica (mmhols/cm/g), em função dos teores de água em cada estágio de linha de leite (LL), para os quatro híbridos avaliados, após secagem (tempo 0) e após 8 meses de armazenamento (tempo 8).

Os resultados confirmam que o vigor não está necessariamente associado com a quantidade ou com o total de matéria seca na semente, mas com a composição ou forma dos nutrientes acumulados no momento da colheita. As plantas podem ter acumulado reservas nutritivas vitais nas sementes, por volta do estágio três de linha de leite. Isso explica porque, após oito meses de armazenamento, o vigor foi pouco alterado nas sementes colhidas a partir desse estágio. Isto corrobora com Basu (1995), que conclui ser a disponibilidade de fatores nutritivos específicos mais decisiva para a viabilidade das sementes do que o conteúdo total desses fatores.

### Conclusões

As sementes colhidas a partir do estágio três de linha de leite (LL-3), quando as mesmas se encontram com 50% do endosperma sólido, apresentaram

alta qualidade fisiológica, evidenciando a viabilidade da colheita ser realizada a partir desse estágio.

### Literatura Citada

- AFUAKWA, J. J.; CROOKSTON, R.K. Using the kernel milk line to visually monitor grain maturity in maize. **Crop Science**, Madison, v.24, n.4, p.687-91, 1984.
- AFUAKWA, J. J.; CROOKSTON, R.K; JONES, R.J. Effect of temperature and sucrose availability on black layer formation in maize. **Crop Science**, Madison, v.24, p.285-288, 1984.
- AJAYI, S.A.; FAKOREDE, M.A.B. Physiological maturity effects on seed quality, seedling vigour and mature plant characteristics of maize in a tropical environment. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.28, p.301-319, 2000.

- BASU, R.W. Seed viability. In: BASRA, A. A. (Ed.). **Seed Quality: Basic mechanisms and agricultural implications**. New York: Food Products, 1995. p. 1-44.
- BORBA, C.B.; ANDRADE, R. V. de; AZEVEDO, J.T. de. Maturidade fisiológica de sementes do híbrido simples fêmea do milho BR201 (*Zea mays* L) produzidas no inverno. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.17, n.1, p.129-132, 1995.
- BORBA, C.B.; ANDRADE, R. V. de; AZEVEDO, J.T.; OLIVEIRA, A.C. de. Maturidade fisiológica de sementes do híbrido simples fêmea do milho BR201 (*Zea mays* L). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.16, n.1, p.63-67, 1994.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365p.
- CARTER, M.W.; PONELEIT, C.G. Black layer maturity and filling period among inbred lines of corn (*Zea mays* L.). **Crop Science**, Madison, v.13, p.436-476, 1973.
- CHEN, Y.; BURRIS, J.S. Role of carbohydrates in desiccation tolerance and membrane behavior in maturing maize seed. **Crop Science**, Madison, v.30, p.971-975, 1990.
- DAYNARD, T.B. Relationships among black layer formation, grain moisture percentage, and heat unit accumulation in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.64, p.716-9, 1972.
- DAYNARD, T.B.; DUNCAN, W.G. The black layer and grain maturity in corn. **Crop Science**, Madison, v.9, n.4, p.473-76, 1969.
- FAGIOLI, M.; VIEIRA, R.D. Avaliação do desenvolvimento de sementes de milho (milk line) pelo teste de condutividade elétrica e lixiviação de nutrientes da solução de embebição. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23, 2000 Uberlândia, **Resumos...** Sete Lagoas: ABMS/ Emprapa Milho e Sorgo/Universidade Federal de Uberlândia, 2000. p.284.
- FAGIOLI, M.; VIEIRA, R.D.; FORNASIERI FILHO, D.; CASAGRANDE, J.R.R. Efeito de genótipos e dos estádios de maturação na qualidade de sementes de milho. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.9, n.1/2, p.32, 1999.
- HALLAUER, A.R.; RUSSEL, W.A. Estimates of maturity and its inheritance in maize. **Crop Science**, Madison, v.2, p.289-94, 1962.
- HUNTER, J.L.; TEKRONY, D.M.; MILES, D.F.; EGLI, D.B. Corn seed maturity indicators and their relationship to uptake of carbon-14 assimilate. **Crop Science**, Madison, v.31, n.5, p.1309-1313, 1991.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **Rules for seed testing**. Zurich, 1996. 323p.
- KNITTLE, K.H.; BURRIS, J.S. Effect of kernel maturation on subsequent seedling vigor in maize. **Crop Science**, Madison v.16, n. 6, p.851-854, 1976.
- LOEFFLER, N.L.; MEIER, J.L.; BURRIS, J.S. Comparison of two cold test procedures for use in maize drying studies. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.13, p.653-658, 1985.
- NAVRATIL, R.J.; BURRIS, J.S. Small-scale dryer designer. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, p.159-161, 1982.
- POWELL, A.A. Cell membranes and seed leachate conductivity in relation to the quality of seed for sowing. **Journal of Seed Technology**, Springfield, v.10, n.2, p.81-100, 1986.

ROSA, S.D.F.da. **Indução de tolerância à alta temperatura de secagem em sementes de milho por meio de pré-condicionamento a baixa temperatura.** 2000. 12f. Tese (Doutorado em Fiotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

RENCH, W.F.; SHAW, R.H. Black layer development in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.63, p.303-305, 1971.

TEKRONY, D.M.; HUNTER, J.L Effect of seed maturation and genotype on seed vigor in maize. **Crop Science**, Madison, v.35, p.857-862, 1995.

VIEIRA, R.D.; MINOHARA, L.; CARVALHO, N.M.; BERGAMASCHI, M.C.M. Relationship of black layer and milk line development on maize seed maturity. **Scientia agricola**, Piracicaba, v.52, n.1, p.142-147, 1995.