



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SEMENTES**

TESE

**HERANÇA GENÉTICA E POTENCIAL DE ARMAZENAMENTO
DE SEMENTES DE HÍBRIDOS DE MILHO**

ADEMIR LUIZ CAPELARO

PELOTAS - 2014



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SEMENTES**

HERANÇA GENÉTICA E POTENCIAL DE ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE HÍBRIDOS DE MILHO

ADEMIR LUIZ CAPELARO

Tese apresentada à Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, da Universidade Federal de Pelotas, como exigência parcial do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, para obtenção do título de Doutor em Ciências.

ORIENTADOR: Prof. SILMAR TEICHERT PESKE, Ph.D.

PELOTAS - 2014

Dados de catalogação na fonte:

(Gabriela Machado Lopes – CRB: 10/1842)

C238e Capelaro, Ademir Luiz

Efeito da herança genética na longevidade de sementes de híbridos de milho / Ademir Luiz Capelaro; orientador Silmar Teichert Peske. - Pelotas, 2014.

70f. :il

Tese (Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de sementes). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2014.

1. *Zea mays*; 2. Qualidade fisiológica; 3. Longevidade das sementes; 4. Heterose. I. Peske, Silmar Teichert (orientador); II. Título

CDD 633.15

HERANÇA GENÉTICA E POTENCIAL DE ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE HÍBRIDOS DE MILHO

AUTOR: Ademir Luiz Capelaro, M.Sc.

ORIENTADOR: Prof. Silmar Teichert Peske, Ph.D.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Silmar Teichert Peske, Ph.D.

(Orientador)

Prof. Francisco Amaral Vilela, Ph.D.

Prof. Géri Eduardo Meneghello, Ph.D.

Caroline Jácome Costa, Ph.D.

Luís Eduardo Panozzo, Ph.D.

À minha família, em especial à minha esposa Ana
Luisa e meus filhos Lucas e Julia, que
sempre me incentivaram e estiveram ao
meu lado em todos os momentos desta
caminhada,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, pela oportunidade de realizar o curso de Pós-Graduação.

Ao Professor Silmar Teichert Peske, pelo incentivo na realização do curso, orientação e confiança durante todo o processo de execução do trabalho.

À Syngenta, pela oportunidade de poder realizar o curso e desenvolver o presente trabalho.

Ao colega Elias Abrão Jacob Jr., pelo incentivo, apoio e confiança, que foram muito importantes para que este trabalho fosse realizado.

Aos funcionários do Laboratório de Análise de Sementes da Unidade da Syngenta de Ituiutaba, onde foram feitas todas as análises que fazem parte deste trabalho.

Aos colegas da área de Produção de Sementes Pré-Básicas de Milho, especialmente na pessoa do Lindomar Bernardes, pela produção das sementes dos híbridos aqui avaliados e pelas informações fornecidas.

Ao Professor Géri Eduardo Meneghello, pelo auxílio na realização das análises estatísticas do presente trabalho e pelas sugestões dadas.

Ao colega Filipe Sávio, pelas análises estatísticas iniciais.

Ao meu irmão Luiz Augusto e família, que mesmo à distância nunca deixaram de me apoiar.

E a todos os que, de uma forma ou de outra, sempre apoiaram e deram significativas contribuições para a realização deste trabalho.

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1. Resultado do teste de germinação (%) no início (zero meses) e final do período de armazenamento (dezoito meses), para os híbridos HSX01, HSX02, HSX03, HSY01, HSY02, HSY03 e seus resepctivos parentais, masculino e feminino	50
Tabela 2. Resultados do teste de envelhecimento acelerado (%) no início (zero meses) e final do período de armazenamento (dezoito meses), para os híbridos HSX01, HSX02, HSX03, HSY01, HSY02, HSY03 e seus resepctivos parentais, masculino e feminino.....	51
Tabela 3. Resultados do teste de frio (%) no início (zero meses) e final do período de armazenamento (dezoito meses), para os híbridos HSX01, HSX02, HSX03, HSY01, HSY02, HSY03 e seus resepctivos parentais, masculino e feminino	52
Tabela 4. Heterose (%) dos seis híbridos de milho para os parâmetros germinação, teste de frio e envelhecimento acelerado	53

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 01. Envelhecimento Acelerado (EVA) do híbrido HSX01 e seus parentais na condição de armazém convencional durante o período de 18 meses de armazenamento.....	54
Figura 02. Envelhecimento Acelerado (EVA) do híbrido HSX01 e seus parentais na condição de armazém climatizado durante o período de 18 meses de armazenamento.....	54
Figura 03. Envelhecimento Acelerado (EVA) do híbrido HSX02 e seus parentais na condição de armazém convencional durante o período de 18 meses de armazenamento.....	55
Figura 04. Envelhecimento Acelerado (EVA) do híbrido HSX02 e seus parentais na condição de armazém climatizado durante o período de 18 meses de armazenamento.....	55
Figura 05. Envelhecimento Acelerado (EVA) do híbrido HSX03 e seus parentais na condição de armazém convencional durante o período de 18 meses de armazenamento.....	56
Figura 06. Envelhecimento Acelerado (EVA) do híbrido HSX03 e seus parentais na condição de armazém climatizado durante o período de 18 meses de armazenamento.....	56
Figura 07. Envelhecimento Acelerado (EVA) do híbrido HSY01 e seus parentais na condição de armazém convencional durante o período de 18 meses de armazenamento.....	57
Figura 08. Envelhecimento Acelerado (EVA) do híbrido HSY01 e seus parentais na condição de armazém climatizado durante o período de 18 meses de armazenamento.....	57
Figura 09. Envelhecimento Acelerado (EVA) do híbrido HSY02 e seus parentais na condição de armazém convencional durante o período de 18 meses de armazenamento.....	58
Figura 10. Envelhecimento Acelerado (EVA) do híbrido HSY02 e seus parentais na condição de armazém climatizado durante o período de 18 meses de armazenamento.....	58
Figura 11. Envelhecimento Acelerado (EVA) do híbrido HSY03 e seus parentais na condição de armazém convencional durante o período de 18 meses de armazenamento.....	59
Figura 12. Envelhecimento Acelerado (EVA) do híbrido HSY03 e seus parentais na condição de armazém climatizado durante o período de 18 meses de armazenamento.....	59

Figura 13.	Teste de Frio do híbrido HSX01 e seus parentais na condição de armazém convencional durante o período de 18 meses de armazenamento	60
Figura 14.	Teste de Frio do híbrido HSX01 e seus parentais na condição de armazém climatizado durante o período de 18 meses de armazenamento	60
Figura 15.	Teste de Frio do híbrido HSX02 e seus parentais na condição de armazém convencional durante o período de 18 meses de armazenamento	61
Figura 16.	Teste de Frio do híbrido HSX02 e seus parentais na condição de armazém climatizado durante o período de 18 meses de armazenamento	61
Figura 17.	Teste de Frio do híbrido HSX03 e seus parentais na condição de armazém convencional durante o período de 18 meses de armazenamento	62
Figura 18.	Teste de Frio do híbrido HSX03 e seus parentais na condição de armazém climatizado durante o período de 18 meses de armazenamento	62
Figura 19.	Teste de Frio do híbrido HSY01 e seus parentais na condição de armazém convencional durante o período de 18 meses de armazenamento	63
Figura 20.	Teste de Frio do híbrido HSY01 e seus parentais na condição de armazém climatizado durante o período de 18 meses de armazenamento	63
Figura 21.	Teste de Frio do híbrido HSY02 e seus parentais na condição de armazém convencional durante o período de 18 meses de armazenamento	64
Figura 22.	Teste de Frio do híbrido HSY02 e seus parentais na condição de armazém climatizado durante o período de 18 meses de armazenamento	64
Figura 23.	Teste de Frio do híbrido HSY01 e seus parentais na condição de armazém convencional durante o período de 18 meses de armazenamento	65
Figura 24.	Teste de Frio do híbrido HSY01 e seus parentais na condição de armazém climatizado durante o período de 18 meses de armazenamento	65

RESUMO

CAPELARO, Ademir Luiz. **Herança genética e potencial de armazenamento de sementes de híbridos de milho**. 2014. 70f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito da herança genética na qualidade e no potencial de armazenamento de sementes de híbridos de milho, produzidas em condições de campo e armazenadas em dois ambientes diferentes: armazém climatizado e armazém convencional. Para tanto, foram produzidas sementes de seis híbridos simples de milho, através do cruzamento de um grupo de três linhagens parentais masculinas com duas linhagens parentais femininas. As sementes dos referidos híbridos foram produzidas no campo de Pesquisa de Produção da Syngenta Seeds, localizada no município de Tupaciguara/MG, em condições de alta tecnologia e com todos os isolamentos necessários para evitar qualquer tipo de contaminação entre os parentais. A colheita foi realizada em espigas que após a sua secagem e beneficiamento, originaram dez kg de sementes de cada um dos genótipos utilizados, híbridos e linhagens parentais, separadas em peneira 20R. Em seguida esta amostra foi dividida em duas sub-amostras de cinco kg, sendo cada uma delas armazenadas em dois diferentes ambientes: armazém climatizado com 10 °C e 60 % UR; armazém convencional em condições de ambiente natural (25 a 35° C e 30 a 90% UR). A qualidade das sementes, para as duas condições de armazenamento, foi avaliada pelo teste de germinação, teste de envelhecimento acelerado e teste de frio. O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x5, para cada híbrido e parental masculino e feminino, em cinco épocas de avaliação, realizadas separadamente para cada condição de armazenamento, com quatro repetições para cada tratamento no caso do teste de germinação e três repetições para cada tratamento nos testes de vigor envelhecimento acelerado e teste de frio. Quanto a significância, realizou-se análise de regressão polinomial. Concluiu-se que a qualidade e o potencial de armazenamento das sementes foram semelhantes para todos os híbridos, independentemente da combinação entre os respectivos parentais masculinos e femininos. O comportamento de cada híbrido foi independente do parental masculino utilizado no cruzamento com cada um dos parentais femininos. Em todas as situações avaliadas observou-se que os híbridos apresentaram uma qualidade fisiológica bastante superior em relação aos seus respectivos parentais, masculinos e femininos, indicando que houve um efeito da heterose na qualidade fisiológica das sementes.

Palavras-chaves: *Zea mays*, qualidade fisiológica, potencial de armazenamento, conservação de sementes, sementes de milho híbrido, heterose.

ABSTRACT

CAPELARO, Ademir Luiz. **Genetic inheritance and storage potential of corn hybrids seeds**. 2014. 69f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

The present study aimed to evaluate the effects of genetic inheritance in the physiological quality and the storage potential of some corn hybrids seeds produced in the field and stored in two different environments: cold room and common warehouse, for a period of eighteen months. To this study were produced seeds from six corn hybrids by crossing a group of three male parental lines with two female parental lines. Seeds from these hybrids were produced in the Syngenta Production Research field area, located at Tupaciguara-MG, under a high technology environment/condition with a necessary isolation in order to prevent any kind of contamination between their parents. Harvest was done in spikes and after drying and processing, 10 kg of seeds samples each hybrid and parent lines corresponding to 20R size were separated. Then these samples were divided in two sub-samples of 5 kg each one and storage in two different environments: cold room at 10 ° C and 60 % RH and common warehouse in natural environment (25 - 35° C and 30 - 90% RH). Seeds quality for the two environment conditions was evaluated by using the germination test, accelerated aging test (EVA) and cold test, for a period of eighteen months. The statistical design was completely randomized factorial 3x5 for each hybrid and male and female parent, in five evaluation periods, performed separately for each storage condition, with four replications in case of germination and three replications for each treatment in case of accelerated aging test and cold test. According the results was possible to conclude that the physiological quality of the seeds and their longevity (shelf life) was similar for all hybrids, independent of the different combination of their respective male and female. Also the hybrids have ever presented better performance of their respective parental lines. In all situations evaluated was observed that the hybrids presented higher performance to physiological quality than their respective parent lines, indicating that the effects of the heterosis was very important.

Key words: *zea mays*, vigor, corn hybrid seeds, physiology potential, seeds conservation, heterosis.

SUMÁRIO

	Página
BANCA EXAMINADORA	02
DEDICATÓRIA	03
AGRADECIMENTOS	04
LISTA DE TABELAS	05
LISTA DE FIGURAS	06
RESUMO.....	08
ABSTRACT.....	09
1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1. QUALIDADE DE SEMENTES	16
2.1.1. Qualidade genética.....	17
2.1.2. Qualidade física.....	18
2.1.3. Qualidade sanitária	18
2.1.4. Qualidade fisiológica	19
2.1.5. GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES	21
2.1.5.1 Germinação.....	22
2.1.5.2 Vigor	24
2.2. DETERIORAÇÃO E LONGEVIDADE DE SEMENTES.....	25
2.3. HERANÇA GENÉTICA RELACIONADA À QUALIDADE DE SEMENTES	28
2.4. HETEROSE EM SEMENTES.....	31
3. MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1. LOCAL DE CONDUÇÃO DO ENSAIO	34
3.2. GENÓTIPOS UTILIZADOS	34
3.3. PRODUÇÃO DAS SEMENTES DOS HÍBRIDOS USADOS NO ESTUDO.....	35
3.3.1. Local de produção das sementes	35
3.2. SEMEADURA.....	35
3.3. ADUBAÇÃO	35
3.4. TRATAMENTO DAS SEMENTES E CONTROLE DE PRAGAS, DOENÇAS, PLANTAS DANINHAS	36
3.5. COLHEITA, SECAGEM E BENEFICIAMENTO DAS SEMENTES	36
3.5.1. Colheita	36
3.5.2. Secagem e beneficiamento das sementes.....	36
3.6. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES.....	37

3.6.1. Teste de germinação.....	37
3.6.2. Teste de envelhecimento acelerado (EVA)	37
3.6.3. Teste de frio	38
3.7. ARMAZENAMENTO DAS SEMENTES.....	38
3.7.1. Tipo de armazenamento	38
3.7.2. Tempo de armazenamento	39
3.8. ANÁLISE ESTATÍSTICA	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5. CONCLUSÕES	49
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

1. INTRODUÇÃO

A cultura do milho ocupa lugar de destaque no mundo e especialmente no Brasil, em função do seu grande valor econômico e elevado potencial que o mesmo representa. O milho provavelmente é um dos cultivos mais antigos do mundo e sua importância econômica se pode ser constatada, pelas diferentes formas de utilização, para uso animal ou para uso na indústria. A maior parte do milho produzido no mundo é utilizada para consumo animal, alcançando no Brasil, cerca de 80%.

A utilização do milho na alimentação humana, nas suas diferentes formas, é mais convencional nas regiões de baixa renda, onde os agricultores cultivam esta planta basicamente com a finalidade de consumo próprio e/ou alimentação direta dos animais que possuem nas propriedades.

O crescimento da produção de milho no Brasil está diretamente relacionada com o incremento da produção animal, especialmente em relação à cadeia de produção de suínos e aves.

De acordo com Melo-Filho e Richetti (1997), no âmbito nacional o milho é a cultura de maior importância social, por duas razões principais: por ser um dos componentes básicos da dieta alimentar de populações mais pobres e por ser um produto que tem sido cultivado também por pequenos produtores rurais. Ainda segundo os mesmos autores, uma outra característica importante da cultura do milho diz respeito a sua importância agrônômica para o sistema de produção de grãos, por ser um dos cultivos mais importantes para a rotação de culturas, principalmente em sistemas onde a soja tem sido o principal cultivo durante vários anos seguidos. Na realidade, o milho tem uma importância muito maior do que apenas ser uma cultura de característica anual, mas sim por ser um componente fundamental na cadeia do agronegócio brasileiro, tanto do ponto de vista econômico como social.

De modo geral, o milho é cultivado em praticamente todas as regiões do país, nas mais diferentes áreas, climas, tipos de solos e condições tecnológicas. A área cultivada alcançou 15,9 milhões de ha na safra 2012/2013, com uma produção estimada ao redor de 81,3 milhões de toneladas. A região Centro Oeste é a maior

produtora de milho, com uma área plantada de 6,1 milhões de ha e uma produção de 35,3 milhões de toneladas. Em seguida vem a região Sul cuja área alcançou 4,6 milhões de ha e produção estimada de 26,5 milhões de toneladas (CONAB, 12º Levantamento de safra. Setembro, 2013).

De acordo com Jacob-Júnior (2010), a demanda por sementes de milho de alta qualidade têm aumentado de forma significativa e as empresas produtoras tem optado por adotar critérios de qualidade fisiológica mais rígidos do que os estabelecidos na legislação, visando garantir que os agricultores efetivamente recebam sementes de alta qualidade, permitindo, com isso, o adequado estabelecimento das lavouras. Contribue também para a adoção destes padrões mais rígidos o crescimento da oferta, por parte das empresas, de novas cultivares com maior valor agregado e com novas características que visam a atender cada vez mais às necessidades do agricultor e aumentar a competitividade do mercado. Para que os agricultores possam usufruir destas novas características é mandatório garantir que as sementes comercializadas sejam de alta qualidade fisiológica, sob pena de não poderem expressar todo o seu potencial e, em razão disso, comprometer o desempenho da lavoura.

A semente é um dos principais insumos na agricultura moderna, pois além de permitir que as diferentes culturas se propaguem, é o elemento que carrega consigo a constituição genética da planta e os melhoramentos que foram incorporados na respectiva cultivar. Desta forma, é fácil de se concluir que o uso de sementes de alta qualidade é determinante para aumentar as possibilidades de sucesso e produtividade das lavouras. Sem o uso de sementes comprovadamente de alta qualidade, a chance de sucesso diminui significativamente.

O estabelecimento de uma lavoura é um dos fatores fundamentais para garantir o sucesso da mesma. A adoção de práticas culturais adequadas, tais como: época de semeadura, densidade de plantas, escolha da cultivar adequado para o respectivo tipo de solo, etc, contribui de forma realmente significativa para garantir a produtividade da lavoura e aumentar sobremaneira a chance de sucesso do cultivo. Por outro lado, o alto desempenho das sementes é mandatório para o estabelecimento e desenvolvimento uniforme de uma lavoura de milho e para que isso ocorra, as mesmas devem, necessariamente, ter elevada qualidade fisiológica.

De acordo com Grisi e Santos (2007), o armazenamento adequado das sementes é uma etapa fundamental no processo de produção de sementes de milho. Caso isto não ocorra, todos os esforços empreendidos na fase de produção poderão ser perdidos caso as sementes não sejam adequadamente armazenadas. Por sua vez, Razera et al. (1986), afirmam que as condições de armazenamento tem uma grande influência na qualidade fisiológica das sementes, muito embora a manutenção destas condições possam, muitas vezes, se tornar inviável do ponto de vista econômico.

Do ponto de vista das empresas produtoras e comercializadoras de sementes de milho, é fundamental o desenvolvimento de novas cultivares que mantenham a qualidade fisiológica das sementes por períodos mais longos, ou seja, que apresentem maior longevidade. Esta é uma característica fundamental que deve orientar os programas de melhoramento de plantas, pois de nada adiantam híbridos com produtividades muito altas, mas que não tenham a capacidade de manter a qualidade fisiológica das suas sementes por um período prolongado. Híbridos que não apresentam esta característica certamente têm potencial de vendas e crescimento no mercado bastante limitados, pois representam um risco para o estabelecimento e desenvolvimento uniforme e adequado de uma lavoura, além de limitar a expressão de todo o seu potencial genético.

Além disso, para as empresas produtoras de sementes, garantir um alto Potencial de armazenamento das sementes é fundamental para evitar problemas de germinação e estabelecimento das lavouras, visando com isso preservar a sua imagem e os efeitos econômicos negativos decorrentes deste tipo de situação. Em função disso, as empresas buscam adotar as mais modernas tecnologias no sentido de preservar ao máximo a qualidade e o Potencial de armazenamento das suas sementes.

O potencial de armazenamento das sementes é influenciado por uma série de fatores, que vão desde os processos de produção no campo, passando pela colheita, beneficiamento, armazenamento, transporte e manuseio das sementes. Além destes fatores existem ainda a herança genética, pois cultivares de uma mesma espécie, mas com genótipos diferentes, podem apresentar resultados bastante diversos em termos de potencial de armazenamento e longevidade das suas sementes. No caso do milho, garantir um alto Potencial de armazenamento

torna-se um fator ainda mais importante, por sua pouca capacidade de compensação em situações de falhas de germinação e emergência.

Com relação ao milho, existem poucas informações a respeito dos mecanismos de controle genético relacionados aos caracteres envolvidos na qualidade fisiológica das sementes, uma vez que o foco maior dos programas de melhoramento tem sido para as características que influenciam os aspectos relativos ao desempenho produtivo das cultivares. Porém, o conhecimento destes mecanismos é fundamental para o desenvolvimento de métodos de seleção adequados que levem em conta a qualidade fisiológica das sementes durante todas as fases do desenvolvimento de uma nova cultivar.

Observações práticas realizadas em campos de produção comercial e experimental de híbridos sugerem que existe influência dos parentais no Potencial de armazenamento e longevidade das sementes dos respectivos híbridos em que fazem parte. Em função disso, se faz necessário investigar se efetivamente existe um efeito importante da herança genética no potencial de armazenamento das sementes, uma vez que isto poderá auxiliar na forma de condução dos campos de produção de sementes e no direcionamento dos programas de melhoramento genético.

Com base nisso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da herança genética no Potencial de armazenamento e no potencial de armazenamento de sementes de híbridos de milho, produzidas em condições de campo e armazenadas em dois ambientes

2. REVISÃO DA LITERATURA

As sementes são a base para o estabelecimento adequado de uma lavoura que possa expressar todo o seu potencial produtivo. Muitos têm sido os avanços feitos, em termos de novas tecnologias e novas práticas culturais, porém a escolha de sementes de alta qualidade é um fator fundamental para uma alta produtividade final.

A semente é, sem dúvida, um dos fatores que mais influenciam o potencial produtivo das plantas, uma vez que contém todos os atributos genéticos que influenciam diretamente na adaptação de uma cultivar às condições ambientais em que vai ser produzida. Para Brick (2013), a decisão por uma determinada variedade e a respectiva fonte de sementes a serem utilizadas significa uma das mais importantes decisões do agricultor, pois uma escolha inadequada neste momento poderá comprometer a produtividade da lavoura e, potencialmente, o próprio negócio como um todo. Não obstante a isso, a semente é um dos insumos que menos impactam no custo final de produção, ficando, de modo geral, ao redor de 5 a 10%. Ainda, segundo Brick (2013), a qualidade das sementes é determinada por uma série de fatores, sendo os mais importantes a sua capacidade de germinação e pureza genética.

De acordo com Fritsch e Bonetti (2011), na atividade de produção agrícola a semente pode ser considerada uma tecnologia completa, uma vez que nela estão inseridas as principais características que serão transmitidas às plantas, entre as quais o potencial genético de produtividade, a resistência e / ou tolerância a estresses bióticos e abióticos, etc. Em razão disto a manutenção de suas características de qualidade física e fisiológica é de fundamental importância.

2.1. QUALIDADE DE SEMENTES

De acordo com Popinigis (1985), a qualidade de sementes pode ser definida como o somatório de todos os atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários que determinam a capacidade da semente de originar plantas de alta produtividade. Ainda segundo Popinigis (1985), a qualidade fisiológica é a capacidade que as

sementes têm de desempenhar funções vitais relacionadas à sua germinação, vigor e longevidade, sendo que a alta qualidade de sementes tem reflexo direto na geração seguinte para uma série de situações relativas ao vigor, uniformidade das plantas e presença de doenças transmitidas pelas sementes, influenciando diretamente na produtividade.

Para Carvalho et al. (2003), o termo qualidade de sementes diz respeito a todos os aspectos físicos, fisiológicos, genéticos e sanitários, que, se avaliados de forma correta e integrada, permitem o conhecimento do valor real e do potencial de utilização de um lote de sementes.

Hampton (2001) afirma que, na verdade, a qualidade de sementes é um conceito múltiplo, que compreende vários componentes, dentre os quais aqueles que dizem respeito à descrição em si das sementes em termos de pureza genética, pureza varietal, uniformidade e peso; aqueles que tratam da qualidade higiênica e sanitária (contaminação com invasoras, insetos e pragas e sanidade das sementes) e os que tratam do potencial de desempenho (germinação, vigor, emergência e uniformidade de campo).

De forma resumida, pode-se dizer que a qualidade de sementes representa o somatório de todos os atributos, genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários, envolvidos em seu processo de produção, bem como do manejo adotado durante o seu beneficiamento e armazenamento, que garantem alta germinação e vigor, influenciando o estabelecimento adequado das plantas e a alta produtividade de uma lavoura. Sementes classificadas como de alta qualidade darão origem a uma lavoura com alta germinação e plantas vigorosas, contribuindo potencialmente para uma alta produtividade.

2.1.1. Qualidade genética

A qualidade genética das sementes está relacionada a todos os atributos que dizem respeito à sua pureza varietal, o que, em última análise, vai determinar o potencial produtivo de uma cultivar. Sempre que ocorrer uma mistura varietal, a produtividade final será afetada negativamente em função da competição com as plantas de outra variedade ou plantas mais suscetíveis a fatores de campo como desuniformidade da lavoura, ciclos diferentes, maior suscetibilidade a pragas e/ou

doenças. Uma lavoura semeada com uma cultivar com baixa pureza varietal terá a sua produtividade final afetada, podendo comprometer a viabilidade econômica do empreendimento.

De modo geral, pode-se afirmar que a qualidade genética significa a identidade de uma cultivar, evidenciada pelas suas características genéticas e fenotípicas que identificam e distinguem a mesma de outras cultivares e garantem a sua estabilidade, sendo que estas características devem ser mantidas de geração para geração no processo de multiplicação das suas sementes.

2.1.2. Qualidade física

A qualidade física de um lote de sementes está basicamente relacionada com a pureza e o estado físico do mesmo. A pureza física se caracteriza pela proporção dos diferentes componentes físicos presentes em um lote de sementes, tais como sementes puras, sementes silvestres, sementes de outras cultivares e material inerte. A utilização de um lote de sementes com baixa pureza física vai resultar em uma lavoura com a presença de plantas fora do padrão desejado, competindo por espaço, água, luz e nutrientes, ocasionando uma redução no potencial produtivo da lavoura (Popinigis, F., 1985). Além disso, a qualidade física das sementes envolve outras características além da sua integridade e aparência, sendo igualmente importantes o grau de contaminação com outras espécies e a quantidade de material inerte existente.

Segundo Peske, Villela e Meneguello (2012), os principais atributos relativos a qualidade física das sementes relacionam-se com o seu grau de pureza física, teor de umidade, nível de danificações mecânicas, peso volumétrico, peso da massa de 1000 sementes e aparência das sementes. Além disso a qualidade física das sementes é um dos componentes utilizados no cálculo do valor cultural de sementes, que tem como base a pureza física e a germinação das sementes.

2.1.3. Qualidade sanitária

A situação em que se encontra um lote de sementes quanto à presença de pragas e doenças é o que define a sua qualidade sanitária. Sementes contaminadas

por doenças ou infestadas por pragas têm alta probabilidade de apresentarem reduzida capacidade de germinação, desenvolvimento das plantas e estabelecimento do estande final da lavoura, causando reduções significativas na produtividade final da lavoura. Além disso, sementes contaminadas ou infestadas além de poderem reduzir a população de plantas e a produtividade, ainda podem servir como veículo para disseminação de pragas e doenças para as lavouras seguintes. De acordo com Machado (1988), a qualidade sanitária é resultante da ação dos diversos fatores ocorridos durante todo o processo de produção das sementes, devendo ser adequadamente avaliada para evitar que a associação de patógenos às sementes comprometa a qualidade das mesmas, o que acabará causando redução na produtividade.

A baixa qualidade sanitária tem influência na qualidade da semente, com reflexos negativos no estabelecimento da cultura no campo, podendo ter efeito na germinação, no vigor e na produtividade, por causar morte da semente, redução do estande e doença das plantas (Silva et al, 2008).

As sementes são importantes veículos para a disseminação de patógenos, que por sua vez podem causar diversas doenças nas várias culturas (Fanan, 2009, citado por Carneiro, 2011). De acordo com Lucca-Filho (1985), a transmissão de patógenos via sementes podem causar danos variáveis, sendo que alguns causam perdas de campo que se restringem diretamente a produtividade das lavouras, sem efeito na viabilidade das sementes. Por outro lado, outros tipos de patógenos provocam perdas de produtividade e também causam efeitos negativos sobre a qualidade das sementes. Para Machado (1988), sementes contaminadas são meios muito eficientes para introdução e desenvolvimento de várias doenças nas áreas de cultivo.

2.1.4. Qualidade fisiológica

A qualidade fisiológica da semente está relacionada com a sua capacidade de germinação, vigor e longevidade, determinando a sua capacidade de desempenhar funções vitais (Popinigis, 1985). Sementes com baixa qualidade fisiológica certamente terão prejuízo na sua capacidade de gerar uma planta vigorosa, afetando negativamente a sua longevidade. O decréscimo na germinação,

aumento da incidência de plantas anormais e redução no vigor das plantas tem relação direta com a qualidade fisiológica das sementes. Por sua vez a Aosa (1983) afirma que a qualidade fisiológica das sementes tem relação com a sua capacidade de germinação, vigor e longevidade.

Para Brooker et al. (1992), a qualidade das sementes é um parâmetro muito importante que influencia significativamente o beneficiamento e posterior comercialização das sementes, afetando o valor final do produto. Apesar de toda a tecnologia disponível, ainda não é possível um controle total das perdas qualitativas e quantitativas durante o processo de beneficiamento e armazenamento das sementes, devido à ação de vários fatores externos, como temperatura e umidade relativa do ar, tratamento das sementes com produtos químicos e ação de bactérias, fungos, leveduras, insetos e roedores.

De acordo com Bennet (2001), o uso de sementes com elevada qualidade fisiológica vai determinar uma germinação mais rápida e uniforme, gerando plântulas com maior tolerância às adversidades ambientais e com maturidade mais uniforme, resultando no aumento da produtividade da lavoura.

Para Basra (1995), o vigor é diretamente responsável pela germinação rápida e uniforme das sementes, pelo período em que as mesmas permanecem viáveis e pela boa emergência e desenvolvimento das plantas nas diferentes condições de campo.

Os objetivos básicos do teste de vigor são avaliar ou detectar diferenças significativas na qualidade de lotes com germinação semelhante, complementando o teste de germinação; distinguir ou classificar com segurança os lotes em diferentes níveis de vigor, de maneira proporcional à emergência de plântulas em campo, resistência ao transporte e potencial de armazenamento (Marcos-Filho, 1999).

Embora os testes de vigor não sejam reconhecidos pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), por não apresentarem metodologia padronizada, estes são utilizados pelas empresas produtoras de sementes com inúmeras finalidades, sendo a principal delas a determinação do Potencial de armazenamento das sementes (Marcos-Filho, 2005). Todo programa de controle de qualidade na produção de sementes de uma determinada espécie deve incluir o vigor como característica a ser avaliada, sob condições de laboratório.

De um modo geral, para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes utiliza-se o teste de germinação, porém nem sempre o mesmo tem-se mostrado eficiente, uma vez que as condições em que é conduzido no laboratório geralmente não são as mesmas que a semente vai encontrar no campo. Desta forma, em muitos casos, os resultados são diferentes e, dependendo do rigor das condições de campo, poderá haver comprometimento do estande da lavoura, levando à uma redução na produtividade final. De acordo com McDonald-Junior (1975), a constatação de que o teste de germinação não era adequado e seguro para estimar efetivamente o percentual de germinação nas condições de campo foi responsável pelo desenvolvimento do conceito de vigor e, conseqüentemente, de novos testes que pudessem avaliar melhor e de forma mais precisa a qualidade fisiológica das sementes.

2.1.5. Germinação e vigor de sementes

O mercado brasileiro de sementes de milho é composto por um grupo de grandes empresas que, além de seus programas, de pesquisa, produzem e comercializam sementes das suas cultivares. Pelas características deste mercado e pela intensa competição que existe entre as empresas, é mandatório que as cultivares tenham alta qualidade fisiológica de sementes.

A produtividade das lavouras de milho brasileiras tem crescido de forma contínua nos últimos 30 anos, alcançando níveis superiores a 10 t.ha^{-1} em diversas regiões cujas lavouras são conduzidas com o que se convencionou chamar de “alta tecnologia”. Sem dúvida nenhuma, para que estas produtividades sejam atingidas, é fundamental que o estabelecimento da lavoura ocorra de forma rápida e uniforme e para isso é necessário o uso de sementes com alta qualidade fisiológica. Cultivares que apresentem algum problema em relação a isso ou que tenham suas sementes produzidas em condições não adequadas certamente vão apresentar comprometimento no estabelecimento das lavouras, o que contribui acentuadamente para que as produtividades esperadas não sejam alcançadas. Para o caso do milho, os elevados custos de uma lavoura conduzida em condições de alta tecnologia não permitem que ocorram problemas dessa natureza, pois, é uma cultura com baixa capacidade de compensação e a falta de estande adequado certamente

comprometerá a produtividade final. Portanto, para que uma empresa possa garantir o seu sucesso comercial e econômico, é imprescindível o desenvolvimento, produção e comercialização de sementes de alta qualidade genética e fisiológica.

O Potencial de armazenamento de uma semente, representado pelo seu vigor e germinação, é o principal parâmetro para determinar a sua capacidade de dar origem a uma planta, que, em condições normais, possa expressar todo o seu potencial produtivo. Por outro lado, o conhecimento do potencial de armazenamento das sementes produzidas, é de fundamental importância para as empresas produtoras definirem o destino dos diferentes lotes e estabelecerem as estratégias de armazenamento e comercialização das sementes produzidas.

2.1.5.1. Germinação

A germinação representa, na prática, a capacidade que uma semente tem para produzir uma plântula, em condições normais de campo, que possua todas as estruturas de uma planta normal (Popinigis, 1985). Uma semente germina quando as condições do meio em que ela se encontra são favoráveis para que este fenômeno ocorra.

Para Peske et al. (2012), a germinação é uma sequência de eventos de caráter fisiológico, influenciada por fatores internos da própria semente (como dormência, inibidores e promotores da germinação) e fatores ambientais (luz, água, temperatura), podendo agir de forma isolada ou combinados. De acordo com Duarte (2007), citado por Alfaya (2010), a germinação é afetada por fatores internos como a viabilidade e a longevidade das sementes e também por fatores externos, tais como a disponibilidade de água, oxigênio, temperatura adequada e luz.

De acordo com Nassif et al. (1998), a germinação é um fenômeno biológico caracterizado pelos botânicos como a retomada do crescimento do embrião e o rompimento da cobertura protetora com a emissão da raiz primária. Já para os tecnólogos de sementes, a germinação é definida como a emergência e o desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, manifestando a sua capacidade para dar origem a uma plântula normal, sob condições ambientais favoráveis.

De forma resumida, pode-se dizer que a germinação é influenciada pelo meio, sendo necessária a ocorrência de condições favoráveis de umidade e temperatura para que tenha início o crescimento do embrião. Ela se inicia com a absorção de água pelos tecidos das sementes que vai promover transformações metabólicas, havendo o crescimento da radícula e dando início ao desenvolvimento de uma nova planta (Zimmer, 2012).

Para Labouriau (1983), citado por Alfaya (2010), a germinação é o processo que normalmente inicia-se pela absorção de água, seguida pelo aumento da atividade metabólica da semente, promovendo o crescimento intra-seminal do embrião, culminando com a emissão da raiz primária ou plúmula. Segundo Marcos-Filho et al. (1987), a germinação das sementes é composta por uma série de eventos morfológicos que resultam na transformação do embrião em uma plântula, sendo avaliada pelo teste de germinação, conduzido em laboratório sob condições controladas e de acordo com métodos padronizados. O objetivo do teste é comparar a qualidade dos diferentes lotes e servir de parâmetro para a comercialização das sementes.

Para Popinigis (1985) a avaliação da germinação é realizada em laboratório, sendo as sementes submetidas a condições ambientais favoráveis para que expressem a máxima germinação possível.

O conhecimento das condições necessárias para que ocorra a germinação de sementes é um fator fundamental, uma vez que cada espécie tem suas características próprias e responde de maneira diferente aos diversos fatores intrínsecos e do ambiente. Porém, de modo geral, o fator que exerce a maior influência é a disponibilidade de umidade suficiente para que ocorra a embebição da semente. A absorção de água vai desencadear a retomada de uma série de atividades enzimáticas que resultarão na retomada do crescimento do embrião. Logo após o início do processo de germinação ocorre a emissão da raiz primária, que é a base inicial para o desenvolvimento de todo o sistema radicular futuro que servirá para a absorção de água, nutrientes e fixação da planta (Zimmer, 2012).

2.1.5.2. Vigor

O vigor é um parâmetro mais sensível do que a germinação para avaliar a qualidade fisiológica de um lote de sementes. De acordo com a Association of Official Seed Analysts (AOSA, 1983), o vigor de sementes é representado pelas propriedades que determinam o potencial de germinação e emergência das plantas de forma rápida e uniforme, garantindo o desenvolvimento de plântulas normais sob uma ampla diversidade de condições ambientais.

Por sua vez, a International Seeds Testing Association (ISTA, 1995), considera que o vigor de sementes é o somatório de todas as propriedades das sementes que de alguma maneira estão associadas ao desempenho das sementes ou lotes de sementes durante o processo de germinação e emergência da plântula.

Em última análise, o vigor de uma semente é uma medida da extensão dos danos que a mesma sofre durante todo o processo de declínio da sua qualidade fisiológica. Uma semente ao ser armazenada, em maior ou menor grau ocorrem danos no interior das células ocasionados principalmente pelo teor de água de umidade e pela temperatura de armazenamento. Estes danos vão se acumulando e fazem com que as sementes percam sua viabilidade e, por consequência, sua capacidade de germinar. Nenhuma semente é totalmente imune aos efeitos do tempo e a manutenção da sua viabilidade e vigor está diretamente relacionada com as condições em que elas são produzidas, manuseadas e armazenadas.

O vigor das sementes é influenciado pelas características genéticas da própria semente e pela combinação das condições ambientais e de manuseio das sementes durante os processos de colheita, secagem, beneficiamento e armazenamento. A presença e desenvolvimento de microorganismos patogênicos, bem como a forma e tipo de tratamento das sementes também irá contribuir para a manutenção ou não do vigor das sementes.

Para Krzyzanowski (1992), a qualidade fisiológica potencial de uma semente tem relação direta com a sua herança genética, porém a sua qualidade efetiva/real é determinada pelas condições em que a mesma foi produzida e manuseada durante todas as operações, desde a colheita até o armazenamento.

Para Rosseto et al. (1997), os problemas relacionados a falhas ou redução da velocidade de emergência da mesma são frequentemente atribuídos ao baixo vigor associado ao processo de deterioração das sementes.

De acordo com Basra (1995), o vigor é diretamente responsável pela germinação rápida e uniforme das sementes, pelo período em que as mesmas permanecem viáveis e pela adequada emergência e desenvolvimento das plantas nas diferentes condições de campo.

Os testes de vigor são complementares ao teste de germinação e têm sido utilizados como uma ferramenta importante na identificação de diferenças de desempenho entre os lotes de sementes durante o armazenamento ou após a semeadura, procurando selecionar com maior eficiência aqueles que possam ter bom desempenho nas mais diferentes condições ambientais (Marcos-Filho, 1999).

Os objetivos básicos de um teste de vigor são avaliar ou detectar diferenças significativas na qualidade de lotes com germinação semelhante, complementando o teste de germinação; distinguir ou classificar com segurança os lotes em diferentes níveis de vigor, de maneira proporcional à emergência de plântulas em campo, resistência ao transporte e potencial de armazenamento (Marcos Filho, 1999).

Embora os testes de vigor não sejam reconhecidos pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), por não apresentarem metodologia padronizada, estes são utilizados pelas empresas produtoras de sementes com inúmeras finalidades, sendo a principal delas a determinação do Potencial de armazenamento das sementes (Marcos-Filho, 2005). Todo programa de controle de qualidade na produção de sementes de uma determinada espécie deve incluir o vigor como característica a ser avaliada, sob condições de laboratório.

2.2. DETERIORAÇÃO DE SEMENTES

A deterioração de sementes é um tema bastante amplo e complexo e muito difícil de definir em termos exatos. Para Delouche (2002) a deterioração é um complexo de mudanças que as sementes sofrem com o passar do tempo, afetando os sistemas e funções vitais da mesma e causando uma redução na sua capacidade de desempenho. Ainda segundo Delouche (2002), a deterioração tem início logo após a semente alcançar a sua maturidade fisiológica e continua até ela perder a

sua capacidade de germinar, sendo influenciada pela interação da sua herança genética, grau de hidratação e temperatura do ambiente.

Do ponto de vista prático pode-se considerar que a deterioração das sementes envolve todas as mudanças degenerativas de caráter irreversível, que ocorrem após as mesmas atingirem a sua máxima qualidade fisiológica.

As transformações degenerativas podem ser de origem bioquímica, física e fisiológica, sendo que a perda da capacidade de germinação representa uma das manifestações finais. Além disso, a velocidade do processo de deterioração das sementes varia entre as espécies e lotes dentro da mesma espécie, determinando a capacidade de armazenamento e o Potencial de armazenamento das sementes.

Para Marcos-Filho (2005), a deterioração de sementes ocasiona uma série de alterações fisiológicas, bioquímicas e citológicas, que ocasionam redução no nível de vigor e provocam a morte das sementes. Durante o processo de deterioração ocorre um decréscimo das atividades enzimáticas, afetando os mecanismos energéticos e de síntese, o que reduz o consumo de oxigênio e aumenta a liberação de dióxido de carbono.

A perda da integridade dos sistemas de membrana é um dos primeiros sinais da deterioração das sementes, permitindo a lixiviação mais ou menos acentuada de várias substâncias como eletrólitos, açúcares, entre outras (Delouche & Baskin, 1973; Delouche, 2002).

Deterioração é frequentemente definida como todas as mudanças deletérias que as sementes sofrem ao longo do tempo, ocasionando a perda do seu vigor e a sua morte. As reações que levam à deterioração ocorrem em sementes não germinadas e os seus efeitos são observados no momento em que as mesmas são semeadas ou colocadas para germinar. Uma vez embebidas, sementes deterioradas podem perder seu conteúdo celular, provocando um crescimento mais lento das plântulas, que podem exibir estruturas anormais e, eventualmente, ausência de raiz primária. Em casos mais severos, sementes deterioradas têm pouca ou nenhuma viabilidade, uma vez que os seus componentes celulares críticos estão seriamente afetados (Smith e Berjak, 1995).

As transformações que ocorrem durante o processo de deterioração das sementes são progressivas e sofrem influências de fatores genéticos e ambientais e de todo o manejo adotado na colheita, beneficiamento, secagem, manuseio e

armazenamento das sementes. Ela é inevitável, irreversível, progressiva e varia entre espécies, variedades e sementes individuais dentro de um mesmo lote. São muitas as alterações em nível celular que ocorrem durante a deterioração, contudo, ainda é difícil determinar quais são as mais importantes e quais são as causas e os efeitos da deterioração, já que seu mecanismo permanece desconhecido até hoje (Peske et al., 2012). As causas da deterioração das sementes são ainda pouco claras e, na verdade, se confundem com os seus efeitos. De qualquer modo, várias causas são apontadas como responsáveis por este processo, dentre elas a degradação das estruturas funcionais como as membranas celulares, esgotamento das reservas alimentares, inativação e degradação de enzimas, degradação genética, acúmulo de compostos tóxicos e outras. O que se pode afirmar é que a deterioração é uma combinação que envolve a constituição genética da semente, sua composição química e as condições de manejo empregadas para sua produção, secagem, beneficiamento e armazenamento. A longevidade também pode ser afetada de forma bastante significativa se a colheita é realizada muito cedo, muito tarde ou em condições não adequadas.

De acordo com Popinigis (1985), a deterioração é inevitável e irreversível e é mínima no momento da maturidade fisiológica das sementes, podendo no máximo permanecer a mesma até o momento da semeadura. A maior ou menor velocidade de deterioração e a manutenção da germinação e vigor vão depender das condições ambientais e do manuseio nas diferentes etapas que ocorrem após este ponto.

Os efeitos relacionados à temperatura de armazenamento e umidade relativa, combinados com o teor de água das sementes, têm sido considerados como os principais causadores da deterioração das sementes durante o armazenamento. Se estas duas situações ocorrem de maneira conjunta, o efeito geralmente é bastante pronunciado, podendo reduzir substancialmente a qualidade das sementes (Smith e Berjack, 1995). Em última análise, a umidade relativa determina o teor de água das sementes, sendo, em geral, o principal fator ambiental que afeta a deterioração e a longevidade das mesmas. Esta situação, se combinada com altas temperaturas, certamente vai afetar negativamente a longevidade das sementes armazenadas (Bewley, Black e Holmes, 2006).

Além das condições de armazenamento, diversos fatores intrínsecos às sementes influenciam a sua longevidade. Diferentes espécies de sementes têm

diferentes taxas de deterioração, mas o nível em que a deterioração ocorre entre e dentro das mesmas pode variar largamente em razão de fatores genéticos e das condições ambientais em que as sementes foram produzidas, secadas, beneficiadas e armazenadas. Um dos fatores que determina a longevidade das sementes é o grau em que elas sobrevivem a perda de umidade (secagem). A composição das reservas acumuladas pelas sementes durante a sua formação também pode afetar a longevidade, porém não existem informações efetivamente consistentes que possam comprovar esta situação (Bewlwy, Black e Holmes, 2006).

A longevidade/deterioração das sementes tem uma grande importância econômica, pois exerce papel fundamental na orientação dos programas de melhoramento de plantas para a seleção de cultivares superiores em relação a esta característica. Também são importantes para direcionar as estratégias de produção e comercialização de sementes, evitando que haja a necessidade de descartar volumes expressivos de sementes e/ou evitar reclamações por parte dos agricultores, ambas situações que podem causar significativos prejuízos econômicos.

A condição mais importante para que uma semente germine e de origem a uma planta normal é que ela permaneça viável. O tempo em que as sementes mantêm sua viabilidade é determinado pela sua longevidade, que por sua vez representa a expressão da sua constituição genética. Para esta característica, porém, o período em que efetivamente uma semente permanece viável não depende apenas da sua característica genética, mas sim da interação desta com as condições ambientais em que a semente é submetida durante todas as operações após a sua colheita.

2.3. HERANÇA GENÉTICA RELACIONADA A QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES

Herança genética pode ser definida como o processo em que um organismo recebe características semelhantes ao organismo que lhe deu origem, através do seu código genético, que serão transmitidas para as gerações seguintes. Para o caso das espécies agrícolas, as características passíveis de melhoramento são de dois tipos: qualitativas e quantitativas. De modo geral, pode-se dizer que os caracteres qualitativos são governados por poucos genes, sendo menos influenciados pelo

ambiente onde as plantas estão sendo cultivadas. Além disso, permitem que as plantas apresentem características fenotípicas que são facilmente separáveis.

Já os caracteres quantitativos são governados por vários gens, sendo mais influenciados pelo ambiente, e apresentam variações bastante significativas na sua expressão, fazendo com que haja muita dificuldade na separação das plantas por classe fenotípica.

O conhecimento dos caracteres e do seu respectivo mecanismo de transmissão, bem como a sua herança genética, é fundamental para direcionar o trabalho de um programa de melhoramento no sentido de alcançar os objectivos propostos e desenvolver cultivares cada vez mais produtivas e adaptadas às diversas condições ambientais.

De acordo com Oliveira-Junior et al. (1999), Betrán et al. (2003), Miranda et al. (2008), Souza et al. (2008), alguns parâmetros genéticos como a capacidade geral de combinação, capacidade específica de combinação e herdabilidade são fundamentais para entender como ocorre o controle genético do caráter que é objeto das ações de melhoramento.

Ramalho et al. (1993) afirmam que a herdabilidade é um parâmetro que permite medir o grau de confiabilidade do valor fenotípico como um indicador do valor reprodutivo. A herdabilidade permite antever as chances de sucesso do trabalho de seleção, na medida em que reflete a proporção fenotípica que pode ser herdada.

Diversos autores afirmam que a qualidade de sementes é influenciada pela herança genética/genótipo e que o estudo dos genes que tem influência sobre esta característica é muito importante para direcionar os programas de melhoramento genético (Gomes et al., 2000; José et al., 2004; Hoecher et al., 2006). A avaliação da qualidade fisiológica de sementes fornece importantes informações em programas de melhoramento genético (Gondim et al., 2006). A avaliação da germinação e nível de vigor das sementes são fatores importantes que permitem avaliar a expressão dos genes que estão associados à qualidade fisiológica das sementes (Coimbra et al., 2009, Catão et al., 2010).

Não obstante, de modo geral, pouco tem sido feito pelos programas de melhoramento em termos de seleção de novas cultivares, levando em conta o aspecto relacionado a qualidade fisiológica das sementes. Os programas de

melhoramento geralmente são focados no desenvolvimento de cultivares superiores para características relacionadas ao rendimento, porém ainda deixam muito a desejar quando se trata da qualidade fisiológica de sementes.

Especificamente em relação ao milho, existem poucas informações a respeito dos mecanismos de controle genético relacionados aos caracteres da qualidade fisiológica de sementes. A tendência dos programas de melhoramento é a mesma dos outros cultivos, ou seja, o foco maior tem sido para as características que influenciam os aspectos relativos ao desempenho produtivo de uma cultivar, como rendimento, acamamento, tolerância a doenças foliares, etc. Só mais recentemente a qualidade fisiológica das sementes passou a ganhar maior importância e os programas de melhoramento passaram a considerar esta característica como um fator de seleção durante as etapas de desenvolvimento de um novo híbrido e de decisão quanto ao lançamento de uma nova cultivar no mercado.

A forte competitividade comercial tem feito com que, cada vez mais, as empresas produtoras de sementes disponibilizem ao agricultor sementes com alta germinação e vigor, fazendo com que estas características passem a fazer parte dos programas de melhoramento. Além disso, a abertura de novas áreas de produção, especialmente no Brasil Central, tem feito com que as empresas produtoras diversifiquem a localização e o período em que seus campos de produção são cultivados, fazendo com que, muitas vezes, as sementes permaneçam armazenadas por um período maior, sendo fundamental que mantenham a sua qualidade fisiológica/longevidade.

Para garantir que a qualidade fisiológica seja mantida e atenda as exigências dos agricultores, várias ações têm sido implementadas quanto à tecnologia de produção, beneficiamento e armazenamento das sementes. Porém é necessário que os aspectos relacionados a qualidade fisiológica das sementes também sejam considerados, sob pena de haver comprometimento de todo o trabalho e investimento realizado.

O conhecimento dos mecanismos relacionados a herança genética para a qualidade fisiológica das sementes é fundamental para o desenvolvimento de métodos de seleção adequados que levem em conta esta característica durante todas as fases do desenvolvimento de uma nova cultivar. Isto, com certeza, vai

evitar que cultivares de alto padrão produtivo tenham dificuldades de comercialização em função de dificuldades em manter a qualidade fisiológica das suas sementes (longevidade) durante o armazenamento. Porém, de modo geral, muito ainda precisa ser feito para que efetivamente seja dada a importância devida para a qualidade fisiológica das sementes dentro dos programas de melhoramento.

Os estudos disponíveis hoje na área de Biologia Molecular permitem a detecção de variabilidade genética em nível de DNA. As informações e tecnologias permitem que se determine pontos de referência nos cromossomos, denominados de marcadores moleculares. Estes marcadores cobrem todo o genoma e podem ser utilizados nos estudos de genética básica, bem como nos programas de melhoramento de milho (Ferreira e Grattapaglia, 1998).

De acordo com Silva (2006), estudos recentes relacionados com sequenciamento do genoma têm trazido algumas informações importantes nesta área, através de trabalhos conduzidos em plantas-modelos, como a *arabidopsis*.

Uma revisão feita por Nonogaki (2006) relacionou algumas dezenas de genes que tem relação com a produção de determinados tipos de hormônios e que estão de alguma maneira envolvidos no processo de germinação.

Bothona (2007) comenta que a disponibilidade de ferramentas moleculares permite identificar regiões genômicas do milho associadas a qualidade fisiológica de sementes, permitindo selecionar linhagens superiores para esta característica. Estas informações podem ser um importante auxílio para que se possa compreender quais são os genes efetivamente envolvidos na qualidade fisiológica das sementes.

Do ponto de vista dos programas de melhoramento é fundamental que os estudos nesta área avancem de forma rápida, para que se possa efetivamente identificar marcadores moleculares que estejam relacionados com a qualidade fisiológica das sementes.

2.4. HETEROSE EM SEMENTES

O fenômeno conhecido como heterose ou vigor híbrido tem sido utilizado pelos melhoristas ao longo do tempo para o desenvolvimento de novas cultivares de milho com produtividade cada vez maior, colaborando com isso, de forma significativa, para aumentar a produção mundial de grãos. No entanto, as mudanças

que são efetivamente importantes para entender os mecanismos responsáveis pela heterose permanecem ainda indefinidos ou pouco conhecidos. Diversas características relacionadas ao aumento no rendimento de grãos e/ou biomassa do milho sugerem que exista alteração nos processos bioenergéticos que podem contribuir para a heterose. Plantas de híbridos de milho produzidas em diferentes ambientes no campo e com diferentes níveis de heterose, foram estudadas quanto a alterações nas proteínas que podem estar associadas ao aumento no vigor das plantas e rendimento produtivo (Butcher et al., 2013).

De acordo com Hoecker et al. (2006), em plantas híbridas adultas a heterose se manifesta como aumento do rendimento ou vigor em relação as plantas das linhagens parentais. Porém, de modo geral, ainda pouco se sabe sobre a manifestação de heterose durante o desenvolvimento pós-embriônico precoce.

Na literatura não existem muitos relatos a respeito do efeito da heterose na qualidade fisiológica de sementes. Allard (1971), comenta que o sucesso que um híbrido de milho apresenta em termos de desempenho é o resultado do efeito heterótico ocasionado pelo cruzamento de linhagens que possuem boa capacidade combinatória. De modo geral, o principal efeito está relacionado com a produtividade, porém, segundo ele, apesar da heterose permitir o melhoramento de vários caracteres, as bases do vigor híbrido (heterose) para características relacionadas com a qualidade fisiológica de sementes não são ainda devidamente conhecidas e elucidadas.

Vários autores citados por Gomes, 2000, conduziram trabalhos que também mostraram maiores percentagens e maiores velocidades de germinação em sementes de híbridos de milho em comparação com as suas respectivas linhagens parentais evidenciando o efeito da heterose na qualidade fisiológica das sementes. Outros autores demonstraram ainda, que a maior atividade fisiológica e bioquímica das plantas híbridas pode estar associada com a taxa de crescimento e o potencial de produção de híbridos de milho (Srivastava, 1983 e McDaniel, 1986).

Trabalhando com seis linhagens e trinta híbridos derivados das mesmas, Gomes, et al. (2000), analisou o efeito da heterose na qualidade fisiológica das sementes, através dos testes de germinação, vigor (entre eles o envelhecimento acelerado e teste de frio) e bioquímicos. Os resultados indicaram que as sementes dos híbridos apresentaram qualidade fisiológica superior em comparação com as

suas respectivas linhagens parentais, evidenciando a expressão da heterose na qualidade fisiológica das sementes.

Relatos feitos por outros pesquisadores evidenciam o envolvimento de hormônios como auxinas (Tafari, 1966) e giberelinas (Rood et al., 1988). De acordo com Paleg (1965), resultados de pesquisa indicaram que o processo de controle da síntese da alfa amilase e hidrólise das reservas das sementes, apresentam uma ligação entre as giberelinas e o efeito da heterose em milho.

Gomes et al. (2000), estudando o efeito da heterose na qualidade fisiológica de sementes e concluíram que sementes de híbridos de milho apresentaram qualidade fisiológica superior em relação as suas linhagens correspondentes, o que evidencia o efeito da heterose.

Estudando o efeito da heterose durante o desenvolvimento precoce de raízes de milho em 4 linhagens e nos 12 híbridos recíprocos gerados a partir das mesmas, Hoecker, et al. (2006), verificaram que a heterose se manifestou ainda durante os primeiros estágios de desenvolvimento do sistema radicular.

Rood e Larsen (1988) avaliando em condições controladas a relação entre as giberelinas (AG) e a heterose em um dialélico de quatro linhagens de milho, constataram que a heterose para o crescimento das plantas foi significativa, uma vez que as plantas dos híbridos germinaram mais rapidamente, tinham maior altura e maior desenvolvimento do que as linhagens parentais.

Rood e Larsen (1998) investigaram o efeito da amilase na heterose em plântulas de duas linhagens de milho e o seu híbrido correspondente. Após 48 horas de embebição a atividade da amilase nas plantas originadas do híbrido foi maior do que nas suas linhagens correspondentes.

De qualquer modo, verifica-se que esta é uma área importante para aprofundar mais os estudos, pois o conhecimento da influência da heterose na qualidade fisiológica das sementes pode ser uma ferramenta de grande valor para orientar os programas de seleção e desenvolvimento de novos híbridos de milho.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCAL DE CONDUÇÃO DO ENSAIO

O presente trabalho foi conduzido na área de Pesquisa de Produção de Milho localizado em Tupaciguara/MG e no laboratório de análise de sementes da Syngenta Seeds Ltda localizado em Ituiutaba/MG, nos anos de 2011 e 2012.

3.2. GENÓTIPOS UTILIZADOS

Para a condução do trabalho, foi utilizado um grupo de linhagens parentais masculinas e femininas dos programas de melhoramento genético de milho da Syngenta, cujo comportamento em relação à longevidade das suas sementes já era previamente conhecido. Foram produzidas sementes de seis híbridos simples de milho, a partir do cruzamento de um grupo de três parentais masculinos com dois parentais femininos. Os híbridos produzidos e as respectivas linhagens parentais utilizadas foram codificadas conforme segue:

Linhagens parentais masculinas:

M001 (alto potencial de armazenamento das sementes);

M002 (médio potencial de armazenamento das sementes);

M003 (baixo potencial de armazenamento).

Linhagens parentais femininas:

F001 (alto potencial de armazenamento das sementes);

F002 (médio potencial de armazenamento das sementes).

Híbridos produzidos:

a) Híbrido HSY01: cruzamento das linhagens parentais F001 x M002

b) Híbrido HSY02: cruzamento das linhagens parentais F001 x M003

c) Híbrido HSY03: cruzamento das linhagens parentais F001 x M001

d) Híbrido HSX01: cruzamento das linhagens parentais F002 x M002

e) Híbrido HSX02: cruzamento das linhagens parentais F002 x M003

f) Híbrido HSX03: cruzamento das linhagens parentais F002 x M001

3.3. PRODUÇÃO DAS SEMENTES DOS HÍBRIDOS USADOS NO ESTUDO

3.3.1. Local de produção das sementes

A produção das sementes dos respectivos híbridos foi conduzida na área de Pesquisa de Produção da Syngenta Seeds Ltda, localizada no município de Tupaciguara, MG, numa altitude média de 780 m e em condições de irrigação via *pivot* central.

3.3.2. Semeadura

A primeira parte do trabalho consistiu na semeadura de um campo de produção de sementes de todos os híbridos, que ocorreu nas mesmas condições de manejo de campo, composto por 4 linhas de 100 m da linhagem parental feminina e 2 linhas de 100 m da linhagem parental masculina, numa relação de 4:2. Foram tomados os cuidados necessários de isolamento por distância (acima de 400 m) e tempo (30 dias), para garantir a pureza genética das sementes e evitar qualquer tipo de contaminação. A semeadura das linhagens parentais ocorreu em datas diferentes, de modo a haver a sincronia do florescimento, uma vez que a curva de florescimento já era conhecida, garantindo com isso a produção das sementes. Todas as plantas das linhagens parentais femininas foram despendoadas manualmente, imediatamente antes da emissão do seu pendão (despendoamento no cartucho).

3.3.3. Adubação

O campo de produção de sementes foi conduzido com um nível de tecnologia considerado alto. Realizou-se uma adubação de semeadura com 570 kg.ha⁻¹ da fórmula NPK 8-28-16, duas adubações de cobertura (nos estádios V4 e V7) com 250 kg.ha⁻¹ da fórmula NPK 20-5-20 e uma terceira adubação nitrogenada com 150 kg.ha⁻¹ de uréia (no estádio V9), resultando em um total de 219 kg.ha⁻¹ de N, 184 kg.ha⁻¹ de P e 191 kg.ha⁻¹ de K.

3.4. TRATAMENTO DAS SEMENTES E CONTROLE DE PRAGAS, DOENÇAS E PLANTAS DANINHAS

As sementes foram tratadas com o inseticida Cruiser 350 FS (Thiametoxan 350) aplicando-se 6 ml.ha⁻¹ de sementes.

O controle de plantas daninhas foi realizado com a aplicação do herbicida Primestra Gold (Atrazina + S-Metalacloro) em pré-emergência, na dosagem de 3,5 l.ha⁻¹ e Atrazina (Atrazina) em pós-emergência na dosagem de 3,5 l.ha⁻¹ + Soberan (Tembotriona) 240 ml.ha⁻¹.

O controle de insetos foi realizado através de seis aplicações dos inseticidas Engeo Pleno (Thiametoxam + Lambda-Cialotrina) 250 ml.ha⁻¹; Match (Lufenuron) 300 ml.ha⁻¹; Nomolt 150 (Teflubenzuron) 300 ml.ha⁻¹; Ampligo (Lambda-Cialotrina + Clorantiraniliprole) 150 ml.ha⁻¹; Danimen 300 EC (Fenpropatrina) 150 ml.ha⁻¹ e Karate Zeon 250 (Lambda-Cialotrina) 100 ml.ha⁻¹.

Foram realizadas feitas três aplicações para controle de doenças, nos estágios fenológicos de V8, PréVT e R2, através da combinação dos fungicidas Priorixtra (azoxystrobin + cyproconazole) e Tilt (Propiconazol), nas dosagens respectivamente de 300 ml.ha⁻¹ e 500 ml.ha⁻¹, com a adição do óleo mineral Nimbus 300 ml.ha⁻¹. Também foram realizadas duas aplicações do fungicida Bravonil 500 (Clorotalonil), na dosagem de 2 l.ha⁻¹, nos estágios de PréVT e R2.

3.5. COLHEITA, SECAGEM E BENEFICIAMENTO DAS SEMENTES

3.5.1. Colheita

A colheita das sementes foi realizada em espigas, de forma manual, logo após a maturação fisiológica, com a umidade das sementes entre 32-34%, medida através de determinador de umidade por destilação.

3.5.2. Secagem e beneficiamento das sementes

A secagem das espigas colhidas foi realizada em secador próprio de espigas, empregando uma temperatura constante de + ou - 36°C, até as sementes

atingirem 12% de umidade, medida através de determinador de umidade por destilação. Em seguida, as sementes foram debulhadas manualmente, beneficiadas e classificadas por tipo de peneira, separando-se amostras de cada um dos genótipos de 10 kg, do tamanho correspondente a peneira 20R. Estas amostras foram divididas em 2 sub-amostras de 5 kg cada, sendo, então, armazenadas em armazém climatizado (10 °C e 60 % UR) e armazém convencional não climatizado (25 a 35° C e 30 a 90% UR).

3.6. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES

A qualidade fisiológica das sementes ao longo do tempo foi avaliada no início do armazenamento e repetida aos três, seis, nove e dezoito meses. Foram realizados os seguintes testes: germinação, envelhecimento acelerado (EVA) e teste de frio, conforme descritos a seguir:

3.6.1. Teste padrão de germinação

Foi conduzido conforme as Regras Para Análise de Sementes (Brasil, 2009), com a utilização de 4 repetições de 100 sementes retiradas ao acaso das amostras dos respectivos tratamentos. As sementes foram colocadas para germinar em rolo de papel umedecido na razão de 2,5:1 (volume de água x massa do papel), a uma temperatura constante de 25° C. As avaliações foram feitas no sétimo dia e os resultados foram expressos em percentagem de plântulas normais.

3.6.2. Teste de envelhecimento acelerado (EVA)

Para este teste foram utilizadas 200 sementes de cada tratamento, divididas em 2 repetições, retiradas ao acaso das amostras dos respectivos tratamentos. O teste foi conduzido conforme metodologia específica (Barros, A.S.R et all, 1999), sendo as sementes distribuídas uniformemente sobre telas dispostas no interior de caixas tipo *gerbox*, sem sobreposição, a uma condição de 100% de UR e levadas para uma câmara, por 96 horas, a uma temperatura de 42 °C. Em seguida, as

sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme metodologia específica detalhada no item 3.6.1.

3.6.3. Teste de frio

O teste de frio foi conduzido conforme metodologia específica de acordo com Marcos-Filho (1999). Foram utilizadas duas amostras de 100 sementes de cada uma das repetições dos respectivos tratamentos. Para o teste foi preparado um substrato através da mistura de $\frac{3}{4}$ partes de areia seca peneirada e $\frac{1}{4}$ de solo, também seco e peneirado, proveniente de uma área de campo cultivada com milho. Em seguida, uma camada de cerca de 5cm deste substrato foi colocada em caixas plásticas e efetuada a semeadura, cobrindo-se as sementes com uma nova camada de 1 a 2cm do substrato. A umidade foi ajustada para 70% da capacidade de campo do substrato. As sementes foram deixadas por cerca de 1 hora em área sombreada para que ocorresse o escoamento do excesso de água e, em seguida, as caixas foram colocadas umas sobre as outras, por 7 dias, em uma câmara fria regulada a uma temperatura de 10°C (+ ou - 2°C), sendo a última caixa coberta com plástico visando reduzir as perdas de umidade por evaporação. Após este período as caixas foram levadas para uma câmara de incubação, à uma temperatura de 25°C (+ ou - 2°C) e com luz por 24 horas, permanecendo aí por mais 7 dias. Posteriormente foram realizadas as contagens das plântulas emergidas.

3.7. ARMAZENAMENTO DAS SEMENTES

3.7.1. Tipo de armazenamento

As respectivas amostras de 10kg de sementes de cada um dos genótipos foram divididas em duas subamostras de 5kg cada, sendo armazenadas em duas condições específicas: armazém climatizado (10°C e 60% UR) e armazém convencional não climatizado, sob condições de ambiente normal (25 a 35°C e 30 a 90% UR).

3.7.2. Tempo de armazenamento

Com o objetivo de avaliar o desempenho e a evolução da qualidade fisiológica das sementes ao longo do tempo, as sementes dos respectivos genótipos, armazenadas nos dois ambientes diferentes, foram analisadas no início do armazenamento e após três, seis, nove e dezoito meses, através dos testes de laboratório anteriormente descritos.

3.8. ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x5, para cada híbrido e seus parentais masculinos e femininos, em cinco épocas de avaliação realizadas separadamente para cada condição de armazenamento, com quatro repetições para cada tratamento no caso do teste de germinação e três repetições para cada tratamento nos testes de vigor, envelhecimento acelerado e teste de frio. Quanto a significância, realizou-se análise de regressão polinomial.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados relativos aos atributos fisiológicos das sementes, mostrou que houve interação entre os genótipos, o período e as condições de armazenamento das sementes. Assim, a apresentação e discussão dos resultados foram realizadas por grupo de genótipos, em cada condição de armazenamento.

Os resultados do teste de germinação para os diversos genótipos avaliados (Tabela 1), mostraram que no início do armazenamento (0 meses), em ambas as condições, em armazém climatizado e armazém convencional, as sementes de todos os híbridos analisados apresentavam uma alta percentagem de germinação. Por sua vez, no início do armazenamento, as linhagens parentais também mostraram alta germinação, embora com uma tendência de valores menores quando comparadas com os seus respectivos híbridos, com exceção da linhagem parental masculina M003, que apresentou a menor percentagem, porém, mesmo assim, acima dos 90%.

Por outro lado os resultados do teste de germinação aos dezoito meses de armazenamento, mostraram que os híbridos continuavam com uma alta germinação, nas duas condições de armazenamento avaliadas. Já as linhagens parentais mostraram sempre uma tendência de menores valores de germinação em comparação com os seus respectivos híbridos, com maior diferença na condição de armazenamento em armazém convencional, mostrando serem mais sensíveis as condições em que são armazenadas. Chama a atenção o desempenho da linhagem parental masculina M003, que apresentou os menores valores para o teste de germinação, com percentagem de sementes viáveis abaixo dos 20% na condição de armazém convencional.

De modo geral, os resultados para o teste de germinação indicaram que o desempenho dos híbridos, para esta característica, foi sempre superior em relação as linhagens parentais e independente da combinação entre as mesmas.

A análise dos dados relativos aos testes de vigor, envelhecimento acelerado e teste de frio, dos híbridos e seus respectivos parentais masculinos e femininos utilizados neste estudo (Tabelas 2 e 3), indica que houve comportamentos diferentes em relação a qualidade fisiológica das sementes no início e aos dezoito meses de

armazenamento, nas duas condições de armazenamento estudadas .

Os resultados do teste de vigor, envelhecimento acelerado (Tabela 2), mostraram que no início do armazenamento (0 meses), em ambas as condições, armazém climatizado e armazém convencional, as sementes de todos os híbridos analisados apresentavam uma alta percentagem de germinação, sempre acima dos 96 %. Em relação as linhagens parentais os resultados mostraram um comportamento diferente. Para o caso das linhagens parentais femininas, a F001 apresentava, no momento do início do armazenamento, uma germinação de 95 %, sendo superior a F002, que apresentava uma germinação de 83%. Por sua vez as linhagens parentais masculinas M001 e M003 mostraram uma germinação acima de 90 %, sendo significativamente superiores quando comparadas com a linhagem M003, cuja germinação era de 56%.

A análise dos resultados obtidos aos dezoito meses de armazenamento (Tabela 2), mostraram que, na condição de armazém climatizado, a percentagem de germinação dos híbridos avaliados permaneceu alta, com valores superiores a 90%. Já na condição de armazém convencional, os resultados mostram que os híbridos apresentaram um desempenho variável, sendo que os híbridos HSX03 e HSY03 apresentaram o pior desempenho, com percentagens de germinação de 47% e 54%, respectivamente.

Por sua vez, as linhagens parentais apresentaram uma redução significativa na percentagem de germinação aos dezoito meses de armazenamento. Mesmo assim a linhagem parental feminina F001 apresentou um desempenho superior a F002, confirmando o que já havia ocorrido no início do armazenamento. Em relação as linhagens parentais masculinas, os resultados mostraram que elas também apresentaram uma forte redução na percentagem de germinação, com maior intensidade na condição de armazém convencional. A linhagem parental F003 foi a que apresentou o pior desempenho, em ambas condições de armazenamento.

Os resultados do teste de vigor teste de frio (Tabela 3), mostraram que no início do armazenamento (0 meses), em ambas as condições, armazém climatizado e armazém convencional, as sementes de todos os híbridos analisados apresentavam uma alta percentagem de germinação, acima dos 92 %. Em relação as linhagens parentais femininas os resultados mostraram que ambas, F001 e F002, apresentavam uma germinação acima de 90%. Já para as linhagens parentais masculinas

os resultados mostraram que houve um comportamento diferente. As linhagens parentais M001 e M003, mostraram uma germinação ao redor de 90%, tendo sido sempre sendo superior a M003, que apresentou germinação de 70%.

Os resultados obtidos aos aos dezoito meses de armazenamento, mostraram que a qualidade fisiológica das sementes dos híbridos permaneceu alta, com percentagens de germinação sempre acima dos 90%, em ambas condições de armazenamento. As linhagens parentais femininas, F001 e F002, mostraram uma redução na percentagem de germinação, com maior intensidade na condição e armazém convencional. Os resultados mostraram, também, que o desempenho da F001 foi superior a F002, em ambas as condições de armazenamento. Por outro lado as linhagens parentais masculinas mostraram uma redução na percentagem de germinação, especialmente na condição de armazém convencional. Novamente o desempenho da linhagem M003 foi inferior as linhagens M001 e M002.

Os resultados relativos a evolução da qualidade fisiológica das sementes ao longo do tempo de armazenamento, avaliada em cinco épocas de armazenamento, através dos testes de vigor, envelhecimento acelerado e teste de frio, para as sementes dos híbridos e suas respectivas linhagens parentais masculinas e femininas, encontram-se nas Figuras 1 a 24. Para esta avaliação realizou-se a análise de regressão polinomial.

Em relação as linhagens parentais femininas F001 e F002, os resultados mostram que as sementes da F001 mostraram uma tendência de manter a sua qualidade fisiológica em níveis mais elevados durante o período de armazenamento analisado (Figuras 1 a 24). No caso da linhagem parental F002 observou-se uma redução mais acentuada da qualidade fisiológica das sementes já aos três meses de armazenamento para ambas as condições, enquanto que para a linhagem parental F001 observou-se que o decréscimo na qualidade fisiológica das sementes foi mais intenso a partir do sexto mês de armazenamento (Figuras 1 a 24). De modo geral as sementes da linhagem parental F001 mostraram uma tendência de um potencial de armazenamento superior as sementes da linhagem parental F002 e o maior efeito na qualidade fisiológica das sementes dos dois parentais foi observado pelo teste de envelhecimento acelerado, que pode ser associado a capacidade de armazenamento das sementes (Figuras 1 a 24 e Tabelas 3 e 4).

No caso das sementes da linhagem parental feminina F002, armazenadas em condições de armazém convencional, o teste de envelhecimento acelerado indicou que ocorreu um decréscimo médio de 4,7 p.p. por mês de armazenamento, com um coeficiente de determinação de 0,97, indicando estreita relação dos dados estimados com os observados (Figura 1). Por outro lado, sob condições de armazém climatizado a redução foi de 2,4 p.p por mês (Figura 2).

Por sua vez, a análise da evolução do vigor das sementes das linhagens parentais masculinas (Figuras 1 a 24) mostrou que as sementes das linhagens parentais M001 e M002 apresentaram um maior potencial de armazenamento, com comportamentos mais próximos e semelhantes entre si, porém com diferença acentuada em função do ambiente em que as sementes foram armazenadas.

Já as sementes da linhagem parental masculina M003 mostraram uma qualidade fisiológica inferior, especialmente quando submetidas ao teste de envelhecimento acelerado. O desempenho das sementes desta linhagem parental foi realmente baixo, apresentando 65% de germinação no teste de envelhecimento acelerado no início do armazenamento (Figura 3), decrescendo para menos de 10% aos nove meses de armazenamento sob condições de armazém convencional. Mesmo sob condições de armazém climatizado a redução foi bastante acentuada, chegando a valores abaixo de 30% aos nove meses de armazenamento. Independentemente da condição de armazenamento, as sementes desta linhagem parental foram as que mostraram desempenho inferior, indicando uma tendência de baixa longevidade das sementes.

As sementes da linhagem parental M002 mostraram desempenho superior até três meses de armazenamento, para depois decrescer acentuadamente atingindo menos de 5% aos dezoito meses de armazenamento. Esta tendência foi explicada pela curva de segundo grau, cujo coeficiente de determinação foi de 0,99 (Figura 1). Em condições de armazém climatizado o decréscimo foi de 12 p.p. após dezoito meses de armazenamento (Figura 2), para as sementes submetidas ao teste de envelhecimento acelerado.

Para as sementes de todas as linhagens parentais masculinas avaliadas, os resultados mostraram diferença acentuada na qualidade fisiológica das mesmas em função do ambiente de armazenamento (Figuras 1 a 24). Na condição de armazém convencional observou-se que a tendência de redução na qualidade fisiológica,

estimada pelo teste de envelhecimento acelerado e pelo teste de frio, foi mais acentuada, enquanto que as sementes armazenadas sob condições climatizadas apresentaram maior potencial de armazenamento. Embora, para ambos os testes utilizados, tenham sido observadas diferenças no comportamento da qualidade fisiológica das sementes, as maiores reduções foram observadas no teste de envelhecimento acelerado, que apresenta associação com a capacidade de armazenamento das sementes (Figuras 1 a 12).

Os dados obtidos mostraram que, de modo geral, as linhagens parentais que fizeram parte dos híbridos produzidos para este trabalho, em suas diferentes combinações, confirmaram as diferenças de qualidade fisiológica entre si, dentro do mesmo grupo masculino e feminino, e entre os diferentes grupos. Em algumas situações as diferenças foram pequenas e menos acentuadas quando as sementes foram armazenadas sob condições de armazém climatizado. Também ficou evidenciado que os maiores efeitos foram mostrados pelos dados do teste de envelhecimento acelerado.

A análise do primeiro grupo de híbridos, formados pelo cruzamento da linhagem parental feminina F001 com as linhagens parentais masculinas M001, M002 e M003, mostrou uma tendência de desempenho bastante semelhante ao observado com os híbridos originados a partir da linhagem parental feminina F002 em relação aos testes de vigor utilizados neste estudo. A qualidade fisiológica das sementes, medida pelo teste de frio e pelo teste de envelhecimento acelerado, se manteve em níveis altos durante todo o período de armazenamento (Figuras 1 a 6 e 13 a 18). De maneira geral os híbridos que fazem parte deste grupo mantiveram tendência de alto potencial de armazenamento das sementes, independentemente da linhagem parental masculina usada no cruzamento, sugerindo que a influência não foi acentuada no desempenho dos referidos híbridos, em função da linhagem parental masculina usada no cruzamento. A única diferença ocorreu com o híbrido HSY03, formado pelas linhagens parentais F001 x M001, que mostrou tendência de redução na qualidade fisiológica das sementes, medida pelo teste de envelhecimento acelerado, conforme aumentou o período de armazenamento (Figura 11). Até os seis meses de armazenamento o percentual de germinação do teste de envelhecimento acelerado, permaneceu praticamente inalterado, acima dos 90%, entretanto aos nove meses apresentou uma tendência de decréscimo,

chegando a percentuais inferiores a 60% aos dezoito meses de armazenamento. Esta tendência pode ser explicada por uma equação de segundo grau, com coeficiente de determinação de 0,99.

Por outro lado, sob condições de armazém climatizado as sementes deste híbrido apresentaram um alto desempenho após o teste de envelhecimento acelerado, durante todo o período de armazenamento (Figura 12).

Em relação ao segundo grupo de híbridos, originados pelo cruzamento da linhagem parental feminina F002 com as linhagens parentais masculinas M001, M002 e M003, observou-se que a qualidade fisiológica das sementes analisada pelo teste de frio e teste de envelhecimento acelerado se manteve em níveis altos durante todo o período de armazenamento (Figuras 7 a 12 e 19 a 24. Independentemente da linhagem parental masculina utilizada nos cruzamentos, todos os híbridos originados mantiveram tendência de alto potencial de armazenamento das sementes, indicando que não houve influência significativa das mesmas que tenha causado decréscimo na qualidade fisiológica das sementes ao longo do tempo.

Para o caso do híbrido HSX03, formado pelas linhagens parentais F002 x M001, em algumas situações observou-se redução na qualidade fisiológica das sementes a partir do nono mês de armazenamento, porém, isto aparentemente se deveu mais a condição de armazenamento do que a influência do seu parental masculino. Por outro lado, as sementes dos híbridos HSX01 (F002 x M002) e HSX02 (F002 x M003) apresentaram um desempenho muito bom, que se manteve praticamente estável durante todo o período de armazenamento (Figuras 1, 2, 3 e 4).

Como se observou, o desempenho da qualidade fisiológica e do potencial de armazenamento das sementes dos híbridos foi semelhante, independentemente da combinação entre as linhagens parentais femininas e masculinas. A expectativa inicial era de que pudesse haver um comportamento diferenciado entre as sementes dos híbridos, em função da combinação entre as suas respectivas linhagens parentais masculinas e femininas. Partindo do princípio de que a linhagem parental masculina M001 já era previamente conhecida como de alta longevidade das suas sementes, o que foi confirmado pelos dados médios de germinação dos testes de envelhecimento acelerado e teste de frio (Tabela 1), a expectativa inicial era de que os híbridos por ela originados pudessem apresentar sementes com qualidade

fisiológica superior, ao longo do período de armazenamento, indicando maior potencial de armazenamento das suas sementes.

Dentro deste mesmo princípio, a expectativa era que as sementes do híbrido gerado pela linhagem parental masculina M003, já conhecida como de baixa longevidade das suas sementes e confirmado pelos dados de germinação do teste de envelhecimento acelerado e teste de frio (Tabela 1), apresentassem redução mais acentuada da qualidade fisiológica a medida que aumentasse o período de armazenamento. Porém, o comportamento mostrado pelas sementes dos diferentes híbridos não confirmou essas expectativas.

Os dados mostraram que o comportamento dos híbridos, para os parâmetros analisados, foi independente da linhagem parental masculina utilizada nos cruzamentos com cada uma das linhagens parentais femininas, para as duas condições de armazenamento. Todos os híbridos mostraram tendência de manutenção da qualidade das suas sementes ao longo do período de armazenamento, ficando aos dezoito meses com um valor de germinação acima dos 90% após o teste de envelhecimento acelerado na condição de armazém convencional e 95% de germinação na condição de armazém climatizado. A única exceção foi o híbrido HSY03, que aos dezoito meses, na condição de armazém convencional, apresentou germinação inferior a 60% após o teste de envelhecimento acelerado.

Da mesma forma, foi considerada a possibilidade de que o grupo de híbridos formados pela linhagem parental feminina F002, em função da sua melhor qualidade fisiológica inicial (Tabela 1), poderia apresentar comportamento superior, em termos de potencial de armazenamento, em comparação com o grupo de híbridos formados pela linhagem parental feminina F001. Na verdade, isto também não ocorreu, pois, de modo geral, a tendência de comportamento da qualidade fisiológica das sementes dos híbridos, de acordo com os parâmetros analisados, também foi independente da linhagem parental feminina.

Muito embora as sementes dos híbridos não tenham mostrado qualidade fisiológica e potencial de armazenamento que demonstre um efeito direto dos respectivos parentais, uma análise comparativa dos dados indica uma superioridade dos híbridos em relação às suas respectivas linhagens parentais, para os fatores estudados. A análise dos dados de todos os genótipos utilizados demonstra que os

híbridos formados pelas diferentes combinações entre as linhagens parentais femininas e masculinas, apresentaram sempre superioridade para a qualidade fisiológica das sementes, indicando um efeito significativo do vigor híbrido para os parâmetros analisados.

De acordo com Allard, R. W. 197, o sucesso do desempenho dos híbridos de milho é resultado do efeito heterótico alcançado pelo cruzamento das suas linhagens com alta capacidade de combinação. De modo geral, o principal efeito está relacionado com a produtividade, entretanto há outros caracteres agrônômicos que podem ser melhorados e explorados através da heterose. Porém, para o caso da qualidade fisiológica das sementes, as bases e a influência do vigor híbrido (heterose) não estão estabelecidas.

Vários trabalhos conduzidos por outros pesquisadores e citados por Gomes, M. de S., 2000, também mostraram maiores percentagens e maiores velocidades de germinação de plântulas de milho híbrido comparativamente às suas respectivas linhagens parentais, evidenciando o efeito da heterose na qualidade fisiológica das sementes.

Outros autores demonstraram ainda que a maior atividade fisiológica e bioquímica das plantas híbridas pode estar associada com a taxa de crescimento e o potencial de produção de híbridos de milho (Srivastava, 1983 e McDaniel, 1986). Por sua vez, Gomes, M. de S. (2000), trabalhando com 6 linhagens e 30 híbridos derivados das mesmas, analisou o efeito da heterose na qualidade fisiológica das sementes, através dos testes de germinação, vigor (entre eles o envelhecimento acelerado e teste de frio) e bioquímicos. Os resultados indicaram que as sementes dos híbridos apresentaram qualidade fisiológica mais elevada em comparação com as suas respectivas linhagens parentais, evidenciando a expressão da heterose na qualidade fisiológica das sementes.

Com base nisso, decidiu-se calcular os valores de heterose para os diferentes genótipos, linhagens parentais masculinas, femininas e híbridos, através da utilização das médias gerais dos respectivos genótipos, seguindo o modelo proposto por Geraldi e Miranda (1988), a partir dos dados obtidos no presente trabalho.

Os dados apresentados na tabela 4 mostram que as capacidades gerais de combinação diferiram entre os diferentes grupos de genótipos utilizados. No caso das linhagens parentais femininas, os dados mostraram um efeito da heterose superior da linhagem F002 em comparação com a linhagem F001, para os parâmetros analisados, indicando uma tendência de maior efeito de dominância e complementariedade gênica. Independentemente da linhagem parental masculina utilizada nos respectivos cruzamentos, os maiores valores de heterose estão relacionados ao comportamento da linhagem parental feminina.

Já para as linhagens parentais masculinas, observou-se que a linhagem M003 apresentou, em todas as combinações da qual participa, um maior valor de heterose. O interessante é que esta linhagem já era previamente conhecida como a de menor qualidade fisiológica e menor longevidade das sementes entre aquelas que foram utilizadas neste estudo (Tabela 4). Por sua vez, as combinações em que estavam presentes as linhagens parentais masculinas M001 e M002 apresentaram valores de heterose bastante similares.

O efeito da heterose, para os diferentes parâmetros analisados, foi mais evidente para os resultados do teste de envelhecimento acelerado, cujos valores são significativamente maiores do que para os outros dois parâmetros, teste de frio e germinação.

5. CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo nos permitem concluir o seguinte:

- O potencial de armazenamento das sementes dos híbridos simples de milho foi superior em relação aos seus respectivos parentais;
- O potencial de armazenamento das sementes dos híbridos avaliados é mais influenciado pelo vigor híbrido (heterose) do que pelo efeito das suas linhagens parentais;
- A heterose em milho é benéfica para o potencial de armazenamento das sementes, embora sua grandeza varie conforme o parental utilizado.

Tabela 1. Resultado do teste de germinação (%) no início (zero meses) e final do período de armazenamento (18 meses), para os híbridos HSX01, HSX02, HSX03 e seus respectivos parentais, masculino e feminino.

Genótipo	Germinação (%)			
	Arm. Climatizado		Arm. Comum	
	0 Meses	18 Meses	0 Meses	18 Meses
HSX01	98 a	95 a	98 a	92 a
F002	95 a	91 b	95 a	70 b
M002	95 a	91 b	95 a	72 b
CV %	1,95		2,55	
HSX02	99 a	98 a	99 a	97 a
F002	95 b	91 b	95 b	70 b
M003	91 c	83 c	90 c	19 c
CV %	1,81		4,01	
HSX03	99 a	98 a	99 a	98 a
F002	95 a	91 b	95 a	70 c
M001	98 a	91 b	98 a	89 b
CV %	1,44		2,31	
HSY01	97 a	96 a	97 a	96 a
F001	96 a	93 ab	96 a	88 b
M002	96 a	91 b	95 a	72 c
CV %	2,26		2,46	
HSY02	96 a	96 a	96 a	96 a
F001	96 a	93 a	96 a	88 b
M003	90 b	83 b	90 b	19 c
CV %	2,01		3,67	
HSY03	99 a	96 a	99 a	98 a
F001	96 a	93 b	96 a	88 b
M001	98 a	91 b	98 a	89 b
CV %	1,76		1,84	

Médias na coluna com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 2. Resultado do teste de envelhecimento acelerado (%) no início (zero meses) e final o período de armazenamento (18 meses), para os híbridos HSX01, HSX02, HSX03 e seus respectivos parentais, masculino e feminino.

Genótipo	Envelhecimento Acelerado (%)			
	Arm. Climatizado		Arm. Convencional	
	0 Meses	18 Meses	0 Meses	18 Meses
HSX01	96 a	93 a	96 a	95 a
F002	83 b	45 c	83 b	4 c
M002	91 a	79 b	91 a	9 b
CV %	3,79		4,26	
HSX02	99 a	95 a	99 a	83 a
F002	83 b	45 b	83 b	4 b
M003	56 c	5 c	56 c	0 b
CV %	5,99		6,38	
HSX03	97 a	95 a	97 a	47 a
F002	83 b	45 c	83 b	4 c
M001	94 a	72 b	94 a	16 b
CV %	3,76		5,05	
HSY01	96 a	92 a	96 a	89 a
F001	95 b	79 b	95 a	40 b
M002	91 b	79 b	91 a	9 c
CV %	1,74		2,10	
HSY02	99 a	95 a	99 a	97 a
F001	95 a	79 b	95 a	40 b
M003	56 b	5 c	56 b	0 b
CV %	3,91		3,68	
HSY03	98 a	94 a	98 a	54 a
F001	95 ab	79 b	95 ab	40 b
M001	94 b	72 c	94 a	16 c
CV %	1,68		5,05	

Médias na coluna com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 3. Resultado do teste de frio (%) no início (zero meses) e final do período de armazenamento (18 meses), para os híbridos HSX01, HSX02, HSX03 e seus respectivos parentais, masculino e feminino.

Genótipo	Teste de Frio (%)			
	Arm. Climatizado		Arm. Convencional	
	0 Meses	18 Meses	0 Meses	18 Meses
HSX01	97 a	93 a	97 a	92 a
F002	92 b	87 b	92 b	54 c
M002	92 b	90 ab	92 b	74 b
CV %	2,69		2,92	
HSX02	96 a	94 a	96 a	94 a
F002	92 a	87 b	92 a	54 b
M003	70 b	80 c	70 b	28 c
CV %	2,71		7,45	
HSX03	98 a	95 a	98 a	93 a
F002	92 b	87 b	92 b	54 c
M001	94 a	89 b	94 a	72 b
CV %	2,21		2,94	
HSY01	93 a	93 a	93 a	94 a
F001	92 a	90 a	92 a	74 b
M002	92 a	90 a	92 a	74 b
CV %	1,96		2,99	
HSY02	92 a	97 a	92 a	92 a
F001	92 a	82 b	92 a	74 b
M003	70 b	80 b	70 b	28 c
CV %	2,35		7,12	
HSY03	98 a	90 a	98 a	95 a
F001	92 a	82 b	92 a	74 b
M001	94 a	89 a	94 a	72 b
CV %	1,75		3,02	

Médias na coluna com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 4. Heterose (%) dos seis híbridos de milho para os parâmetros germinação, teste de frio e envelhecimento acelerado.

Genótipo	Germinação Heterose (%)	Teste de Frio Heterose (%)	Env. Acelerado Heterose (%)
HSX01 (F002 x M002)	7.374	8.188	28.333
HSY01 (F001 x M002)	5.843	6.976	15.729
HSX03 (F002 x M001)	6.542	8.396	22.146
HSY03 (F001 x M001)	5.948	8.271	11.667
HSX02 (F002 x M003)	14.833	20.375	53.417
HSY02 (F001 x M003)	13.720	17.709	41.646

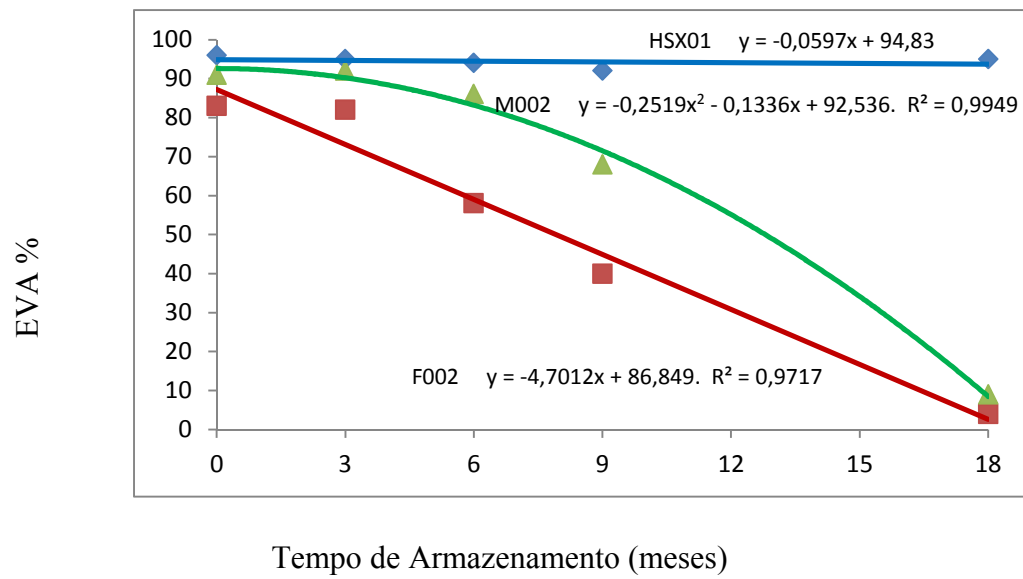


Figura 1. Envelhecimento Acelerado (EVA) do híbrido HSX01 e seus parentais na condição de armazém convencional durante o período de 18 meses de armazenamento.

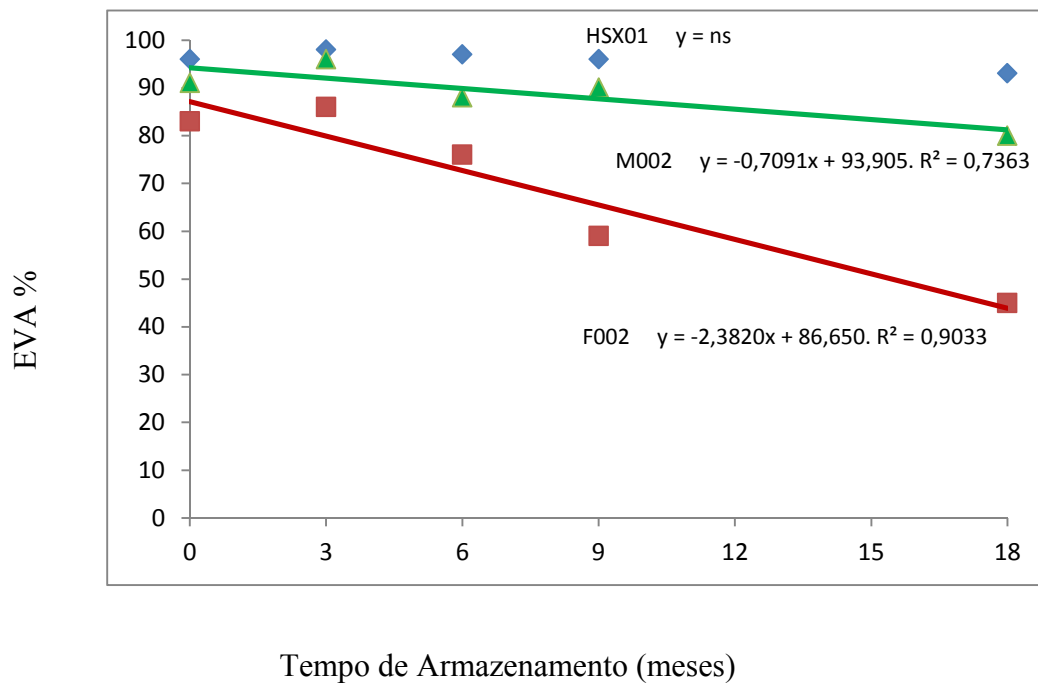


Figura 2. Envelhecimento Acelerado (EVA) do híbrido HSX01 e seus parentais na condição de armazém climatizado durante o período de 18 meses de armazenamento.

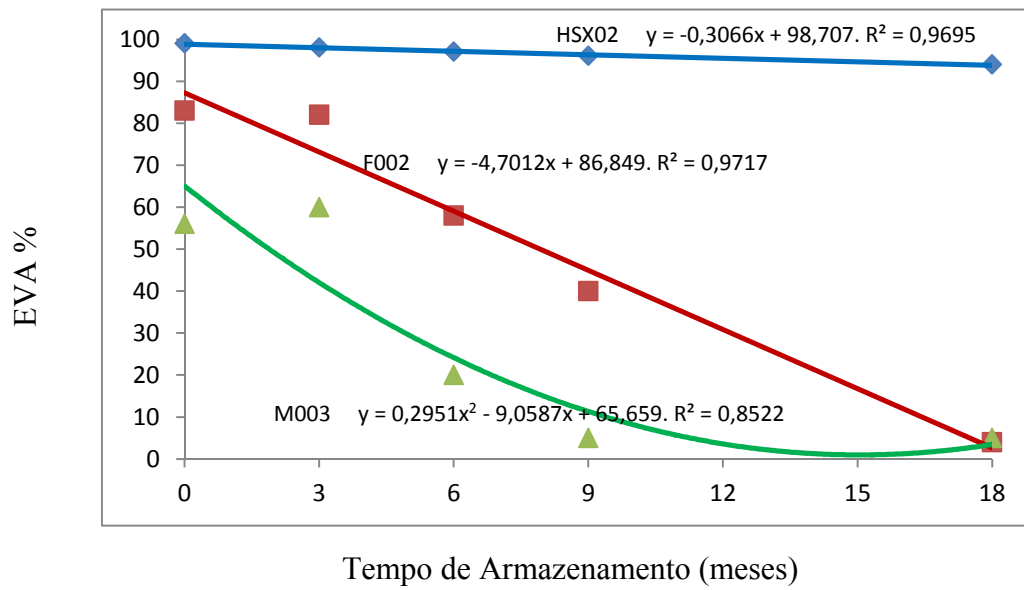


Figura 3. Envelhecimento Acelerado (EVA) do híbrido HSX02 e seus parentais na condição de armazém convencional durante o período de 18 meses de armazenamento.

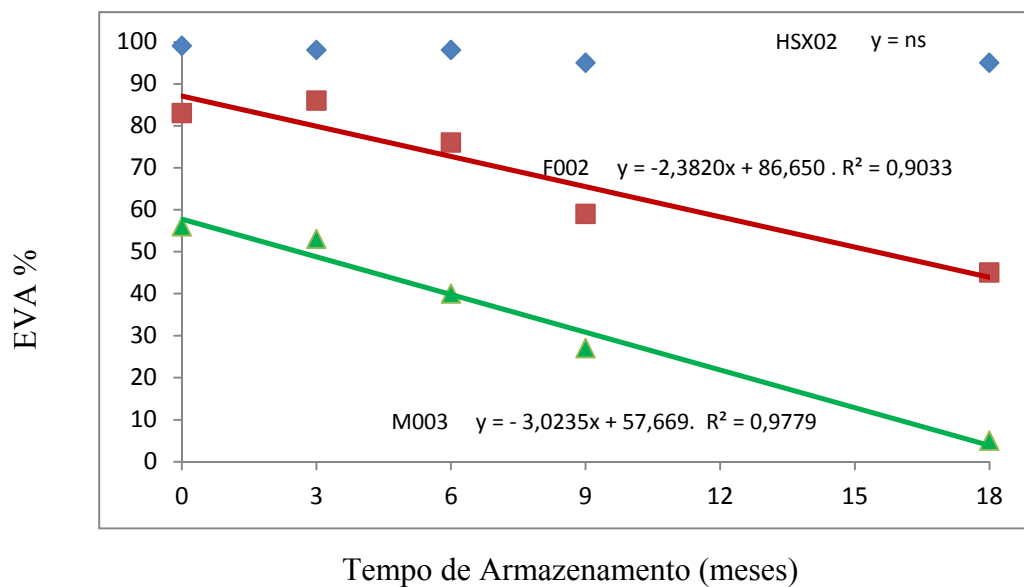


Figura 4. Envelhecimento Acelerado (EVA) do híbrido HSX02 e seus parentais na condição de armazém climatizado durante o período de 18 meses de armazenamento.

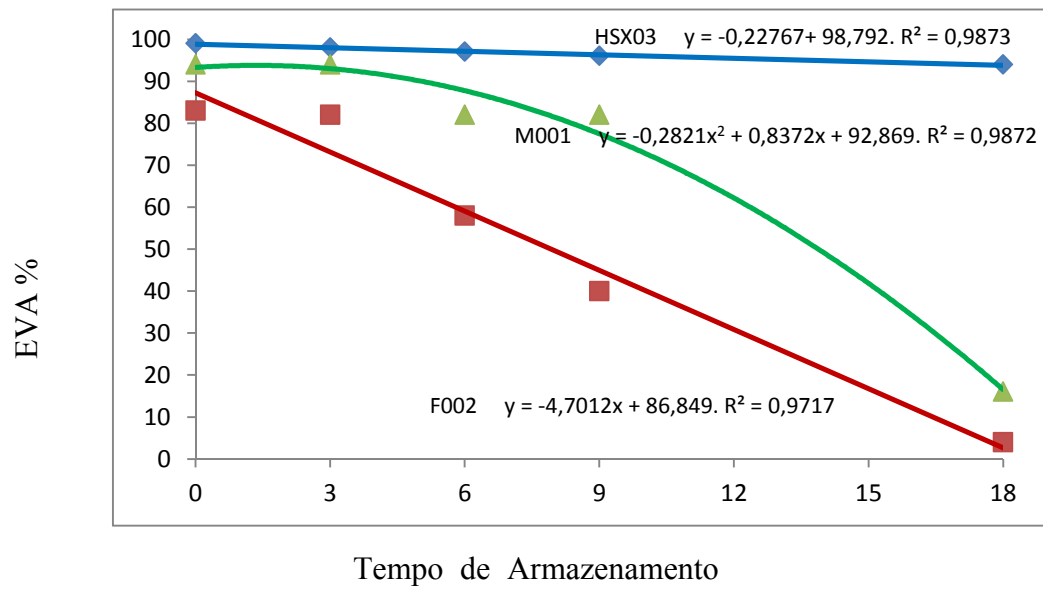


Figura 5. Envelhecimento Acelerado (EVA) do híbrido HSX03 e seus parentais na condição de armazém convencional durante o período de 18 meses de armazenamento.

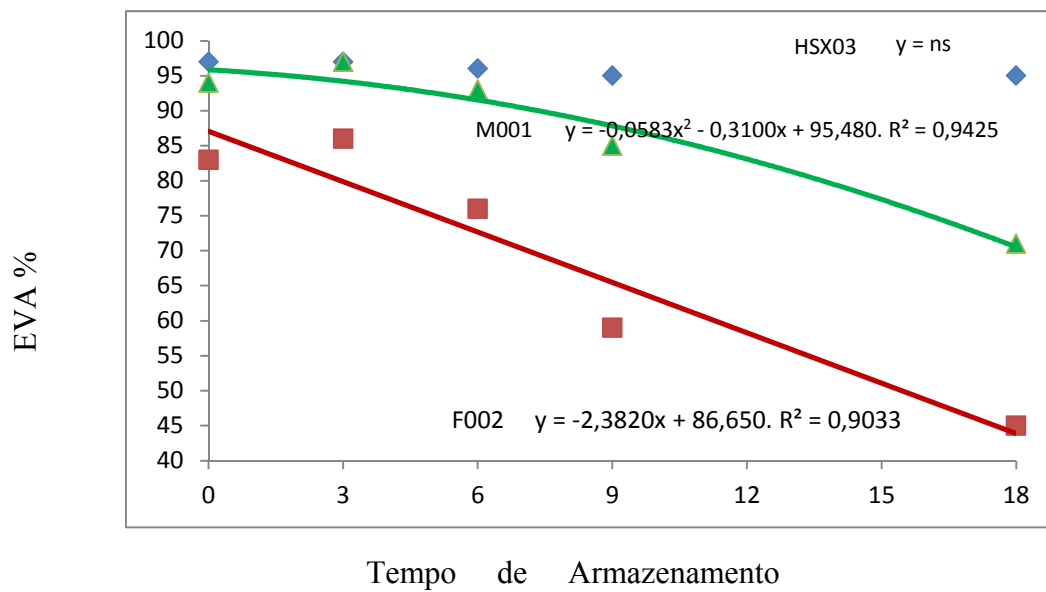


Figura 6. Envelhecimento Acelerado (EVA) do híbrido HSX03 e seus parentais na condição de armazém climatizado durante o período de 18 meses de armazenamento.

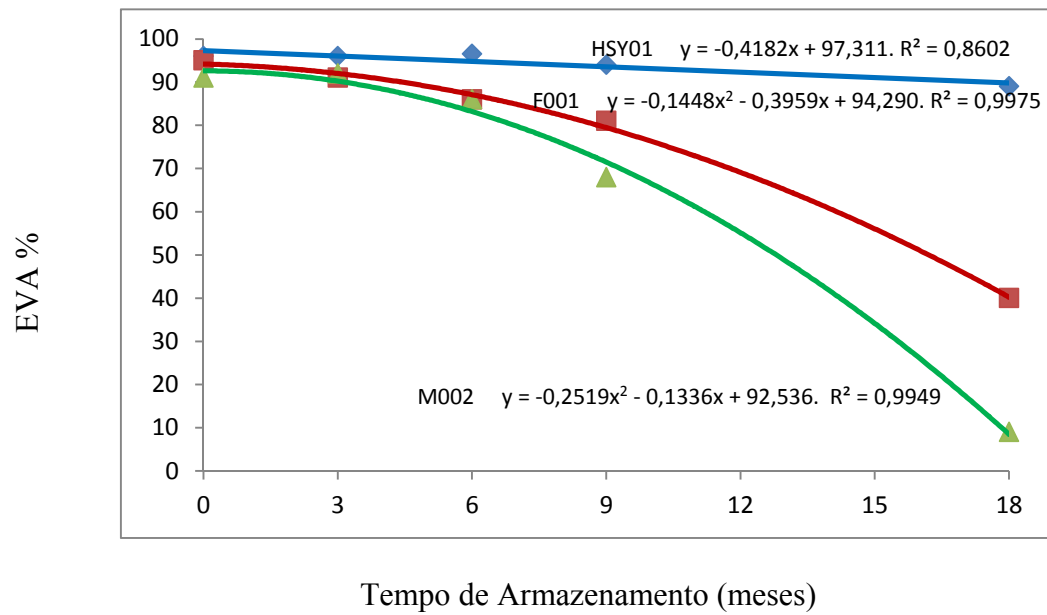


Figura 7. Envelhecimento Acelerado (EVA) do híbrido HSY01 e seus parentais na condição de armazém convencional durante o período de 18 meses de armazenamento.

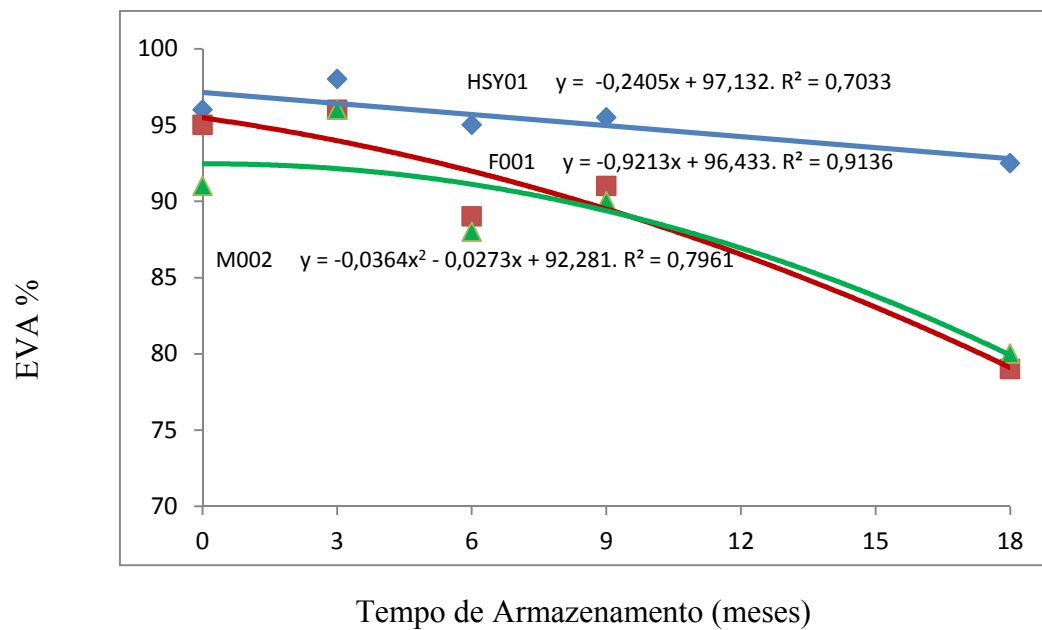


Figura 8. Envelhecimento Acelerado (EVA) do híbrido HSY01 e seus parentais na condição de armazém climatizado durante o período de 18 meses de armazenamento.

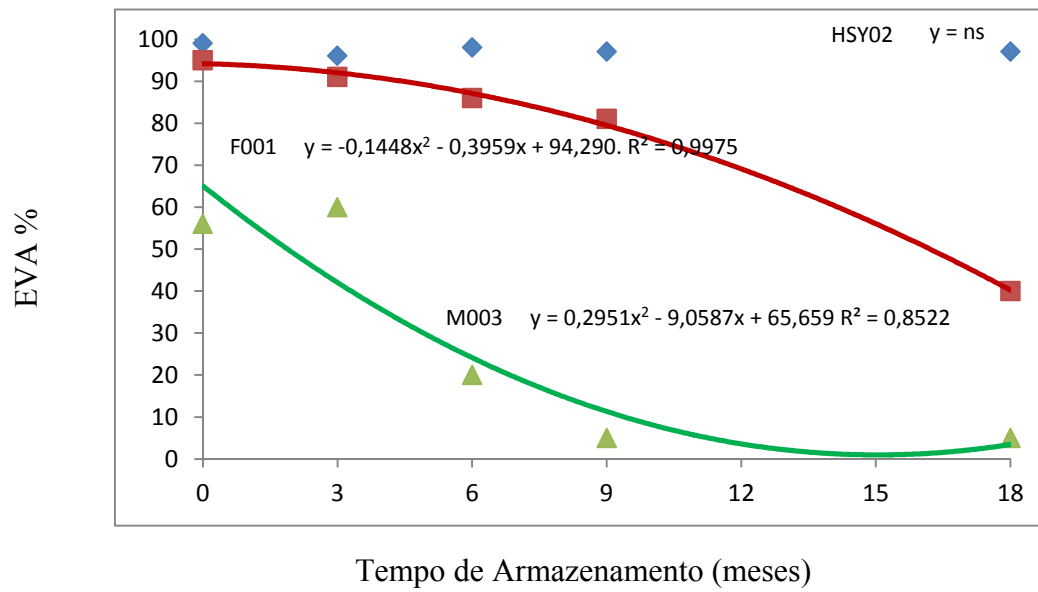


Figura 9. Envelhecimento Acelerado (EVA) do híbrido HSY02 e seus parentais na condição de armazém convencional durante o período de 18 meses de armazenamento.

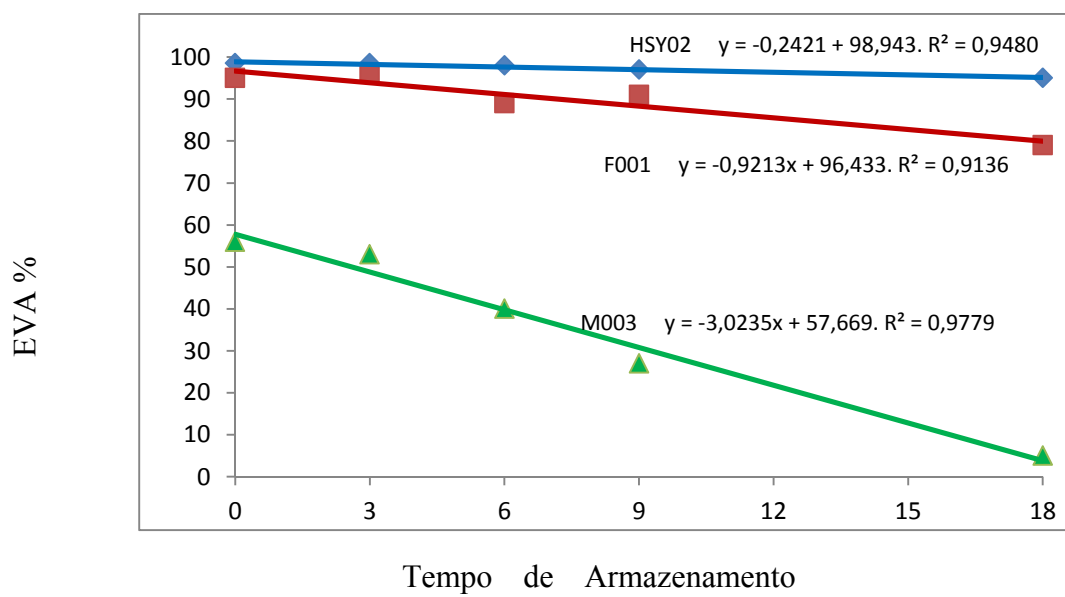


Figura 10. Envelhecimento Acelerado (EVA) do híbrido HSY02 e seus parentais na condição de armazém climatizado durante o período de 18 meses de armazenamento.

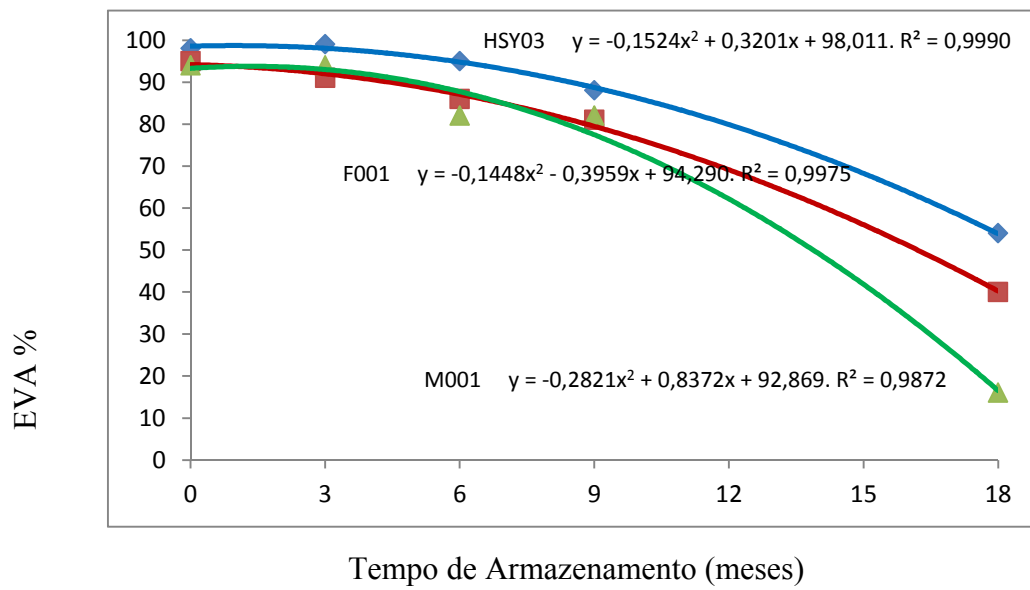


Figura 11. Envelhecimento Acelerado (EVA) do híbrido HSY03 e seus parentais na condição de armazém convencional durante o período de 18 meses de armazenamento.

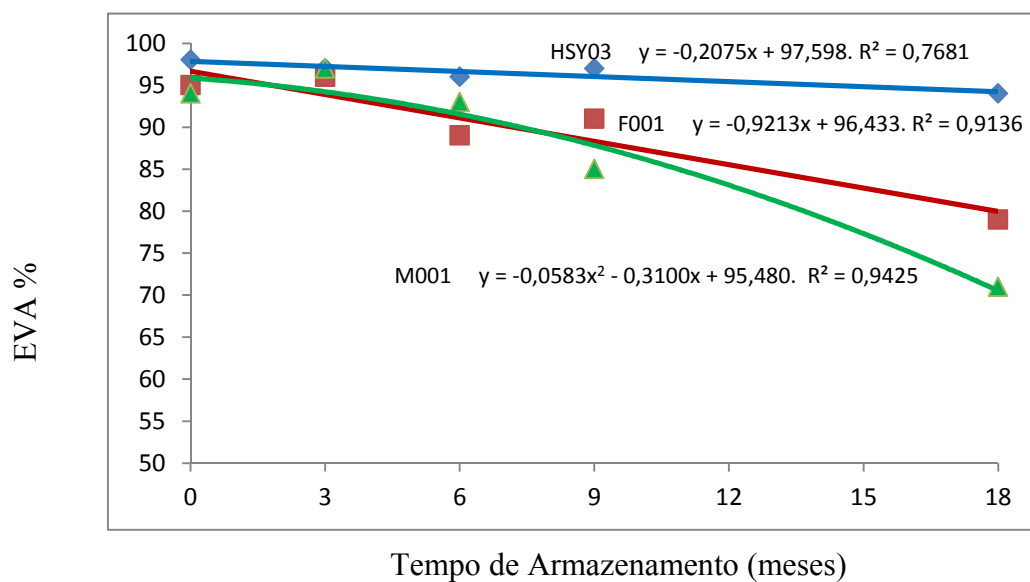


Figura 12. Envelhecimento Acelerado (EVA) do híbrido HSY03 e seus parentais na condição de armazém climatizado durante o período de 18 meses de armazenamento.

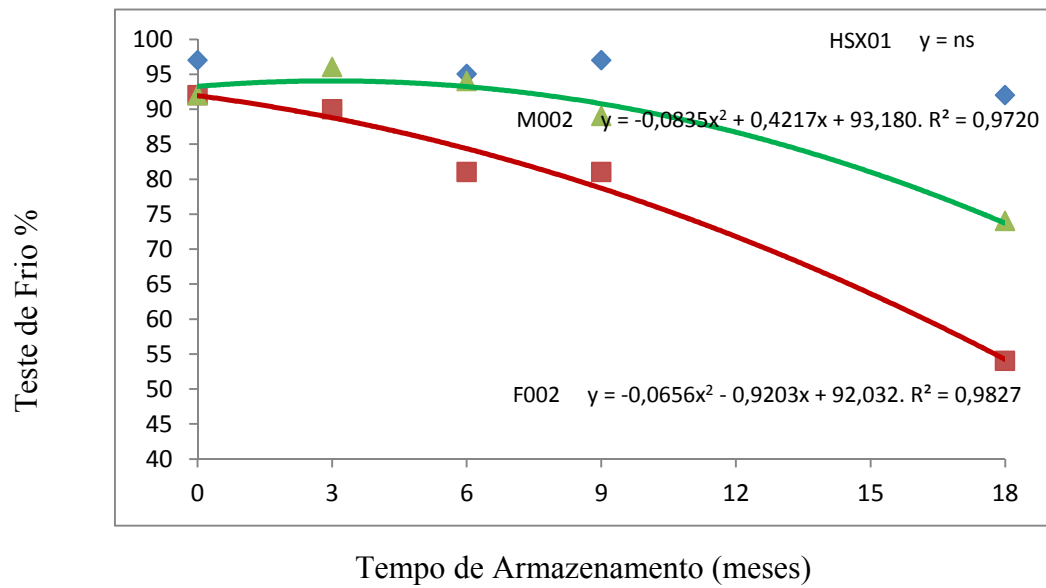


Figura 13. Teste de Frio do híbrido HSX01 e seus parentais na condição de armazém convencional durante o período de 18 meses de armazenamento.

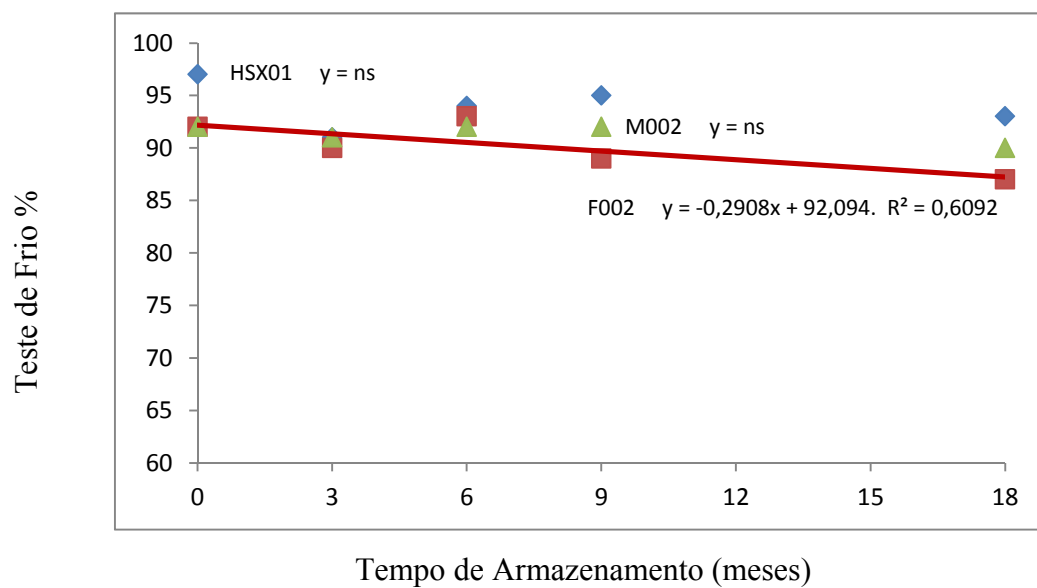


Figura 14. Teste de Frio do híbrido HSX01 e seus parentais na condição de armazém climatizado durante o período de 18 meses de armazenamento.

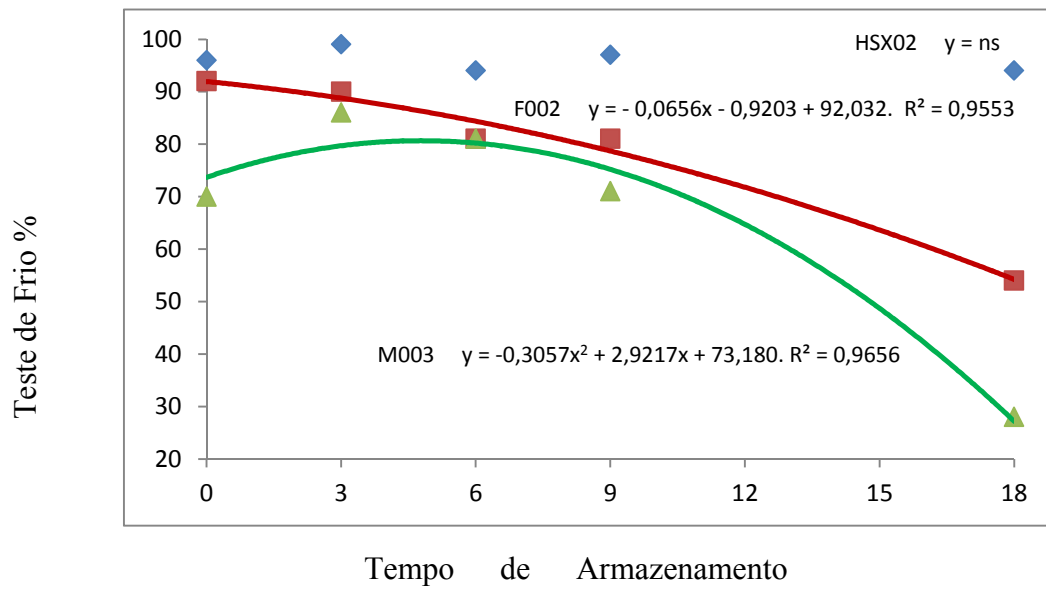


Figura 15. Teste de Frio do híbrido HSX02 e seus parentais na condição de armazém convencional durante o período de 18 meses de armazenamento.

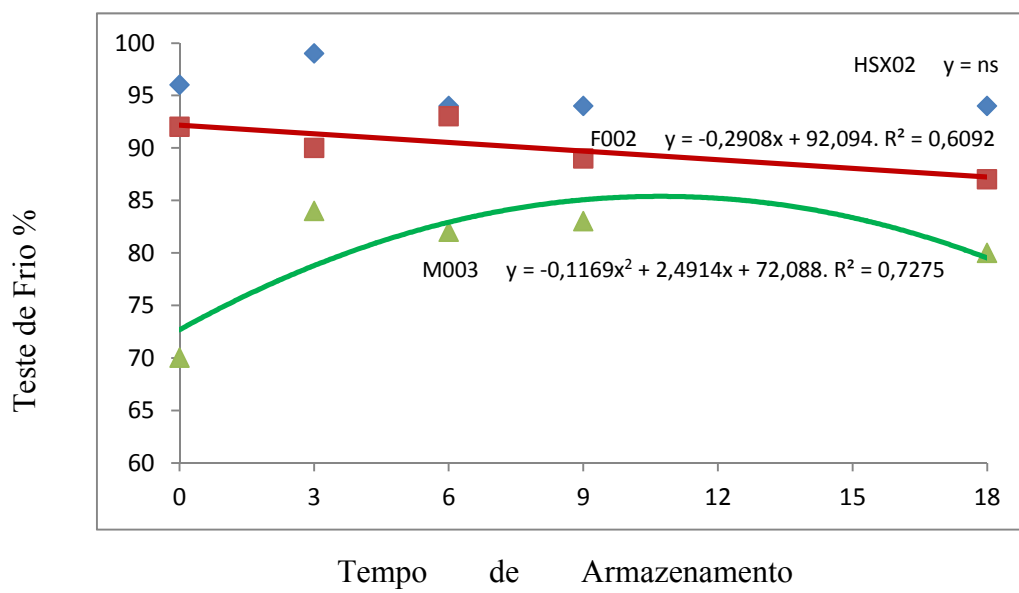


Figura 16. Teste de Frio do híbrido HSX02 e seus parentais na condição de armazém climatizado durante o período de 18 meses de armazenamento.

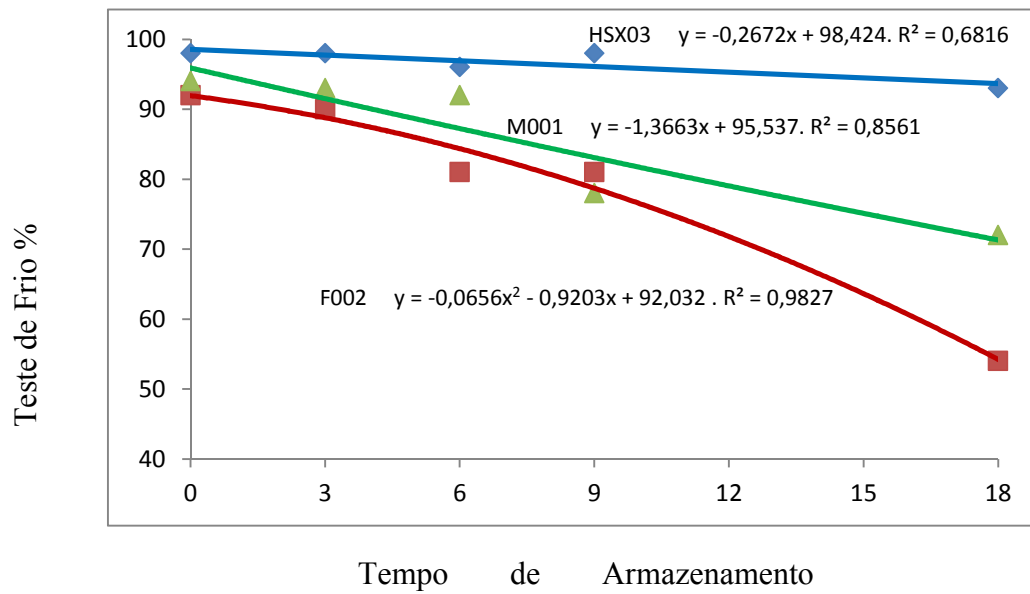


Figura 17. Teste de Frio do híbrido HSX03 e seus parentais na condição de armazém convencional durante o período de 18 meses de armazenamento.

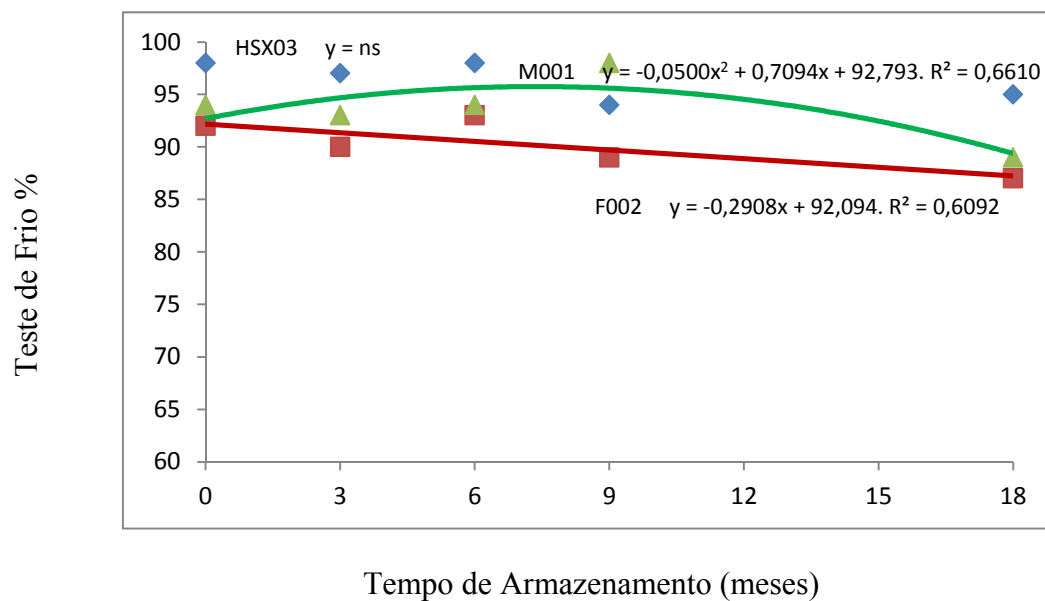


Figura 18. Teste de Frio do híbrido HSX03 e seus parentais na condição de armazém climatizado durante o período de 18 meses de armazenamento.

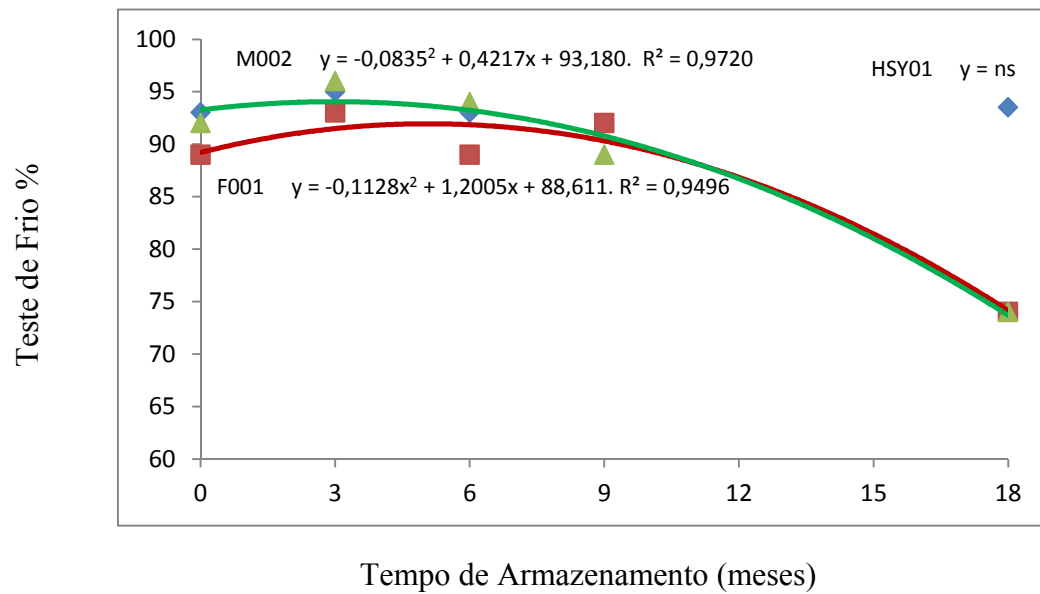


Figura 19. Teste de Frio do híbrido HSY01 e seus parentais na condição de armazém convencional durante o período de 18 meses de armazenamento.

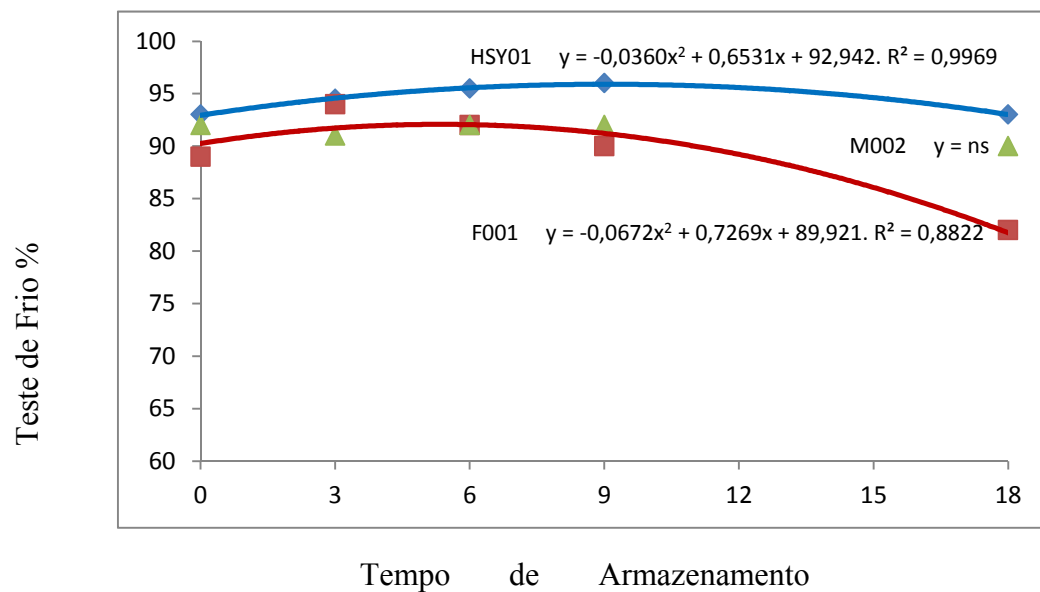


Figura 20. Teste de Frio do híbrido HSY01 e seus parentais na condição de armazém climatizado durante o período de 18 meses de armazenamento.

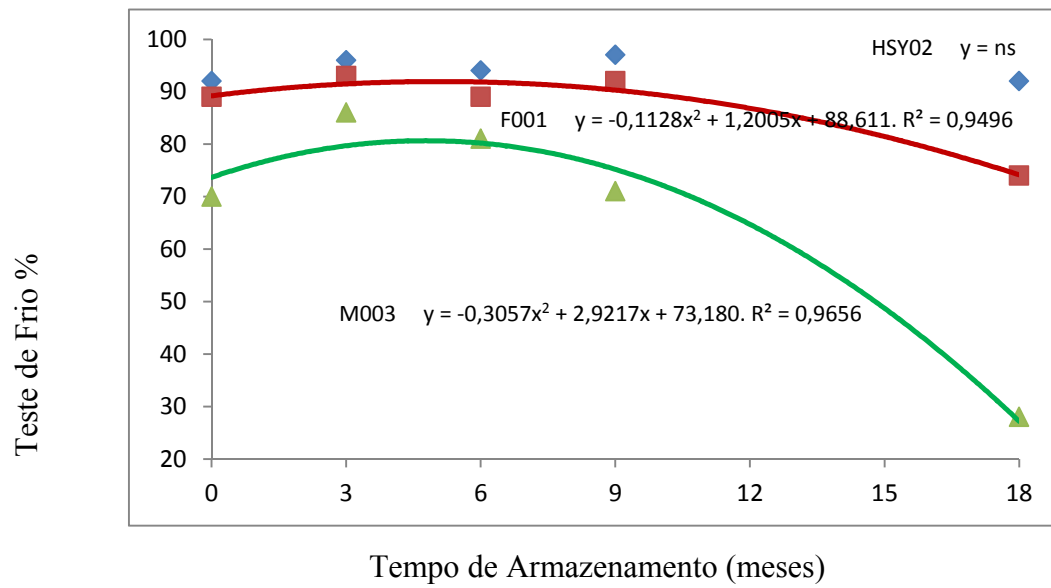


Figura 21. Teste de Frio do híbrido HSY02 e seus parentais na condição de armazém convencional durante o período de 18 meses de armazenamento.

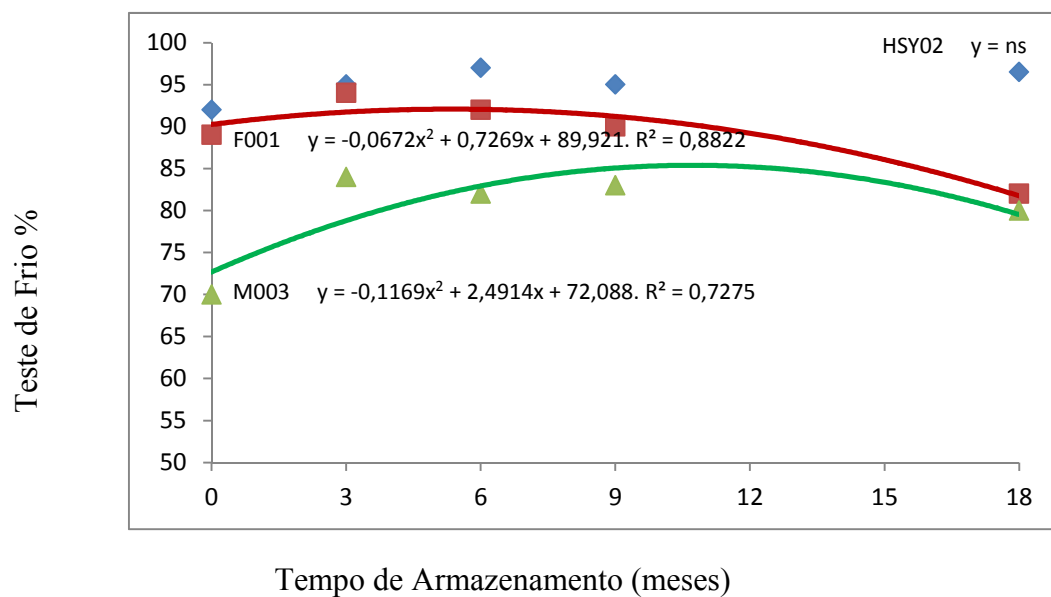


Figura 22. Teste de Frio do híbrido HSY02 e seus parentais na condição de armazém climatizado durante o período de 18 meses de armazenamento.

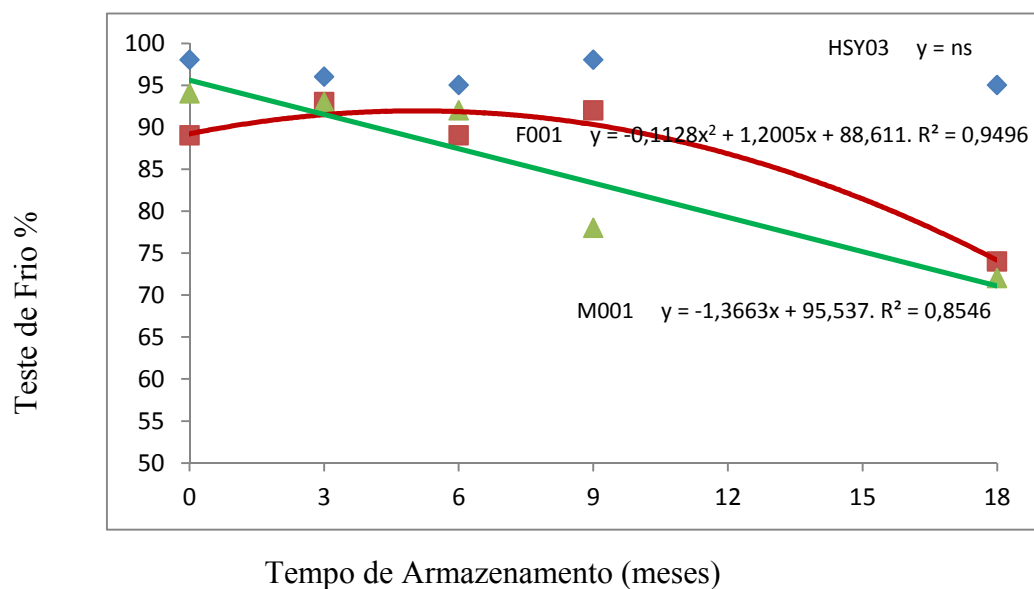


Figura 23. Teste de Frio do híbrido HSY03 e seus parentais na condição de armazém convencional durante o período de 18 meses de armazenamento.

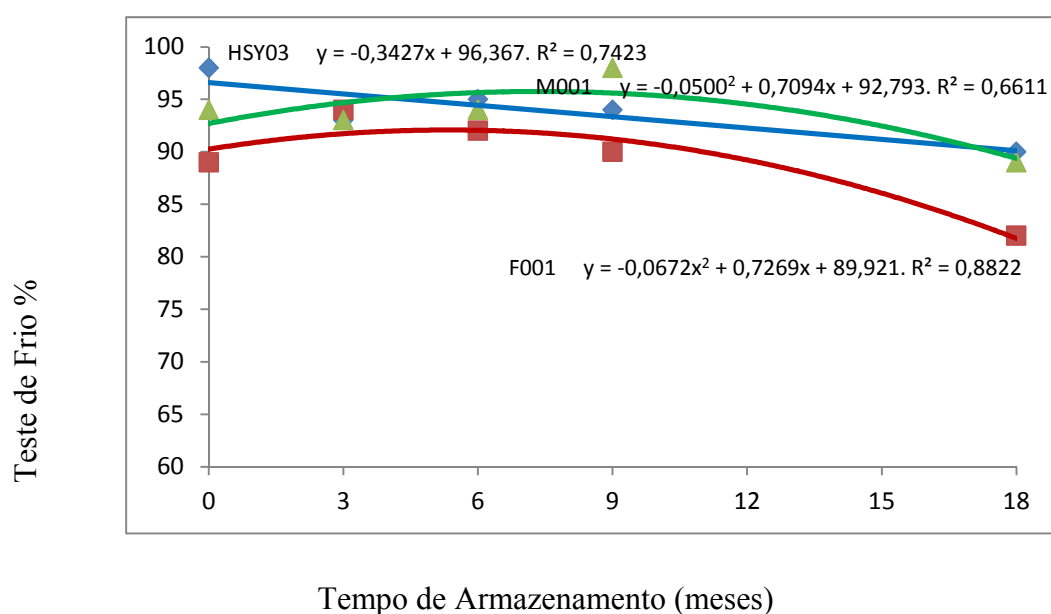


Figura 24. Teste de Frio do híbrido HSY03 e seus parentais na condição de armazém climatizado durante o período de 18 meses de armazenamento

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFAYA, M.C.F.; Morfologia e Germinação de sementes de *Alcantarea nahoumii* (Leme) J.R. GRANT. (BROMELIACEAE). Dissertação de Mestrado. UFRB, Cruz das Almas/BA. 2010.

ALLARD, R.W. **Princípios do melhoramento genético de plantas**. São Paulo: E. Blücher, 1971. 381p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALISTS (AOSA). Seed Vigor Test Committee. **Seed vigour testing handbook**. Lincoln, 1983. 88p. (Contribution, 32).

BARROS, A.S.R.; DIAS, M.C.L.L.; CICERO, S.M.; KRZYZANOWSKI, F.C. KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de frio. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. P.5.1-5.15

BASRA, A.S. **Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications**. New York: Elsevier, 1995. 389p.

BENNET M.A. Determination and estandeardization challenges of vigor tests of vegetable seeds. **Informativo ABRATES**, v.11, p.58-62, 2001.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M.; HOLMES, P. **The encyclopedia of seeds: science, technology and uses**. Technology and uses. CABI, Wallingford, Oxon, UK, p.138-142, 2006.

BETRÁN, F.J.; BECK, D.; BANZINGER, M.; EDMEADES, G.O. Genetic analysis of inbred and hybrid grain yield under stress and nonstress environments in tropical maize. **Crop Science**, v.43, p.807-817, 2003a.

BOTHONA, C.A. Identificação de QTLs em milho associados à qualidade de sementes no pós-processamento. 2007. Tese (Mestrado) - Instituto de Genética e Bioquímica, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009, 399p.

BRICK, M.A. **Improve yield with high quality seeds**. Colorado State University Extension. Bulletin n.303, p.1, 2013.

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. Drying and storage of grains and oilseeds. Westport: The AVI Publishing Company, 1992. 450p. (Seeds & Seeds quality. A Guide for Seed Producers, Farmers, and Home Gardeners. Cooperative Extension Service North Carolina State University Publication Number AG-448). 1992.

BUTCHER, J.D.C.; KEVEIN, M.; YOO, K.S.; PATIL, B.; JAIFON, J.L.; ROONEY, W.L. **Biosis Previews Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.159, p.72-79, 2013.

CARNEIRO, R. de C.S. Qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) procedentes de diferentes localidades. 2011. 74f. Tese de Mestrado, UESB. Vitória da Conquista /BA.

CARVALHO, M.L.M.; CAMARGO, R. Aspectos bioquímicos da deterioração de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina: ABRATES, v.13, n.1,2, p.66-88, 2003.

CATÃO, H.C.R.M. et al. Qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de milho crioulo no norte do estado de Minas Gerais. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.40, n.10, p.2060-2066. 2010.

COIMBRA, R.A, et al. Testes de vigor utilizados na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho doce Sh2. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.39, n.9, p.2402-2408, 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Décimo segundo levantamento, da safra 2012/2013**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 30p., Set/2013.

DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seeds lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.1, n.2, p.427-452, 1973.

DELOUCHE, J.C. Germinação, deterioração e vigor da semente. **Revista SEEDNews**, Pelotas, n.6, p.24-31, 2002.

DUARTE, E.F. **Caracterização, qualidade fisiológica de sementes e crescimento inicial de *Dyckia goerhingii* Gross & Rauh, bromélia nativa do cerrado**. 2007. 200f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Goiás. Goiânia, GO.

FANAN, S.; MEDINA, P.F.; CAMARGO, M.B.P de; RAMOS, N.P. Influência da colheita e do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.31, n.1, p.150-159, 2009.

FERREIRA, M.E.; GRATTAPAGLIA, D. Introdução ao uso de marcadores moleculares em análises genéticas. 220p., 1998.

FRITSCH, M.; BONETTI, L.P. **Qualidade física e fisiológica de sementes de soja produzidas na região de Colorado, RS**. In: SEMINÁRIO INSTITUCIONAL DE ENSINO PESQUISA E EXTENSÃO, 16. Centro de Ciências Agrárias, Exatas e da Terra. Unicruz. Cruz Alta. 2011.

GERALDI, I.O.; MIRANDA-FILHO, J.B. Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética**, v.11, p.419-430, 1988.

GOMES, M. de SOUZA; VON-PINHO, E. de R.; VON-PINHO, R.G.; CARVALHO-VIEIRA, M. das G.G. Efeito da heterose na qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v.22, n.1, p.7-17, 2000.

GONDIM, T.C. de O.; ROCHA, V.S.; SANTOS, M.M. dos; MIRANDA, G.V. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho-crioulo sob estresse causado por baixo nível de nitrogênio. **Revista Ceres**, v.53, n.307, p.4013-417, 2006.

GRISI, P.U.; SANTOS, C.M. Influência do armazenamento, na germinação das sementes de girassol. **Horizonte Científico**, Uberlândia, v.1, n.7, 14p, 2007.

HAMPTON, J.G. O que é qualidade de sementes. **Revista SEED News**, v.5, n.5, 2001.

HOECKER, N.; KELLER, B.; PIEPHO, H.P.; HOCHHOLDINGER, F. Manifestation of heterosis during early maize (*Zea mays* L.) root development. **Theor. Appl. Gen.**, v.112, p.421-429. 2006.

JACOB-JR., E.A. Parâmetros indicativos do ponto de colheita de sementes de milho. 2010. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes). Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

JOSÉ, S.C.B.R. et al. Controle genético da tolerância à alta temperatura de secagem em sementes e milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. Sete Lagoas, v.3, n.3, p.414-428, 2004.

KRZYZANOSWSKI, F. C. **Vigor de sementes**. Palestra proferida no curso de controle de qualidade de sementes de milho: Problemas e tecnologias disponíveis. IAPAR. Londrina.1992. 11p. (mimeografado).

LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes**. Washington: Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, 1983. 173p.

LUCCA-FILHO, O.A. Importância da sanidade na produção de sementes de alta qualidade. **Revista Brasileira de Sementes**, v.7, n.1, p.113-124, 1985.

MACHADO, J.C. **Patologia de sementes: fundamentos e aplicações**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1988. 107p.

MACHADO, J.C. **Tratamento de sementes no controle de doenças**. Lavras: LAPS/UFLA/FAEPE, 2000. 138p.

McDANIEL, R.G. Biochemical and physiological basis of heterosis. **Critical Reviews of Plant Science**, Boca Raton, v.30, n.1, p.227-246, 1986.

McDONALD-JUNIOR, M.B. A review and evaluation of seed vigor tests. **Proc. Assoc. Off. Seed Anal.**, Lansing, v.65, p.109-39, 1975.

MARCOS-FILHO, J.; CÍCERO, S.M.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: SALQ, 1987. 230p

MARCOS-FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOVSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, cap. 3, 1999.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MELO-FILHO, G.A.; RICHETTI, A. Aspectos socioeconômicos da cultura do milho. In: MILHO: informações técnicas. **Circ. Téc. Cent. Pesquisa. Agropecuária. Oeste/EMBRAPA**, n.5, p.13-38, 496p, 1997.

MIRANDA, G.V.; GODOY, C.L.; GALVÃO, J.C.C.; SANTOS, I.C. dos; ECKERT, F.R.; SOUZA, L.V. de. Selection of discrepant maize genotypes for nitrogen use efficiency by a chlorophyll meter. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.5, p.451-459, 2005.

NASSIF, S.M.L.; VIEIRA, I.G.; FERNANDES, G.D. Fatores externos (ambientais) que influenciam na germinação de sementes. **Informativo Sementes IPEF** - Abril 1998. Piracicaba, SP.

NONOGAKI, H. Seed germination – the biochemical and molecular mechanisms. **Beed Sci.**, v.56, v.93-105. 2006.

OLIVEIRA, G.E. **Qualidade fisiológica e expressão das enzimas amilases em sementes de linhagens de milho**. 2012. Dissertação (Mestrado em). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

OLIVEIRA-JUNIOR, A.; MIRANDA, G.V.; CRUZ, C.D. Prediction of F3 populations based on unbalanced diallel crossing systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.781-787, 1999.

PALEG, L.G. Physiological effects of gibberellins. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.16, p.291-322, 1965.

PESKE, S.T.; BARROS, A.C.S.A.; Produção de Sementes, Curso de Ciência e Tecnologia de Sementes, ABEAS, 1998. 76p.

PESKE, S.T.; VILLELA.F.A, MENEGUELLO, G.E. Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos. 3.ed., 2012, 573 pp.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2.ed., Brasília: ABRATES, 1985. 289p.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M.J.O. **Genética quantitativa em plantas autógamas**. Goiânia: Editora da UFV, 1993, 271p.

RAZERA, L.F.; LAGO, A.A. do; MAEDA, J.A.; ZINK, E.; GODOY-JÚNIOR, G.; TELLA, R. de. Armazenamento de sementes de arroz e milho em diferentes embalagens e localidades paulistas. **Bragantia**, Campinas, v.45, n.2, p.337-352, 1986.

ROOD, S.B.; LARSEN, K.M. Gibberellins. amylase and the on set of heterosis in maize seedlings. **Experimental Botany**, Oxford, v.39, n.1, p.223-233. 1998.

ROSSETO, C.Q.V.; NOVENBRE, A.D.C.; MARCOS-FILHO, J.; SILVA, W.R.; NAKAGAWA, J. Efeito da disponibilidade hídrica do substrato, na qualidade

fisiológica e doteor de água inicial das sementes de soja no processo de germinação. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.54, n.1/2, p.97-105, 1997.

SILVA, G.C.; GOMES, D.P.; KRONKA, A.Z.; MORAES, M.H. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) provenientes do estado de Goiás. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.29, n.1, p.29-34, jan./mar. 2008.

SILVA, N. Controle genético de características associadas à qualidade de sementes em milho. 2006. Dissertação, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SRIVASTAVA, H.K. **Heterosis and intergenomic complementation**: mitochondria, chloroplast and nucleus. In: Monographs on theoretical and applied genetics. Berlin: Springer-Verlag, v.6, p.260-286, 1983.

SMITH, M.T.; BERJAK, P. Deteriorative changes associated with the loss of viability of stored desiccations of seed associates mycoflora during storage. In: JAYME, K.; GALLI, G. (Ed.). **Seed development and germination**. New York: Basel- Hang Yong, 1995, p.701-746.

SOUZA, L.V. de; MIRANDA, G.V.; GALVÃO, J.C.C.; ECKERT, F.R., MANTOVANI, E.E.; LIMA, R.O.; GUIMARÃES, L.J.M. Genetic control of grain yield and nitrogen use efficiency in tropical maize. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1517-1523, 2008.

TAFURI, F. IAA determination in the kernels of four lines of corn and their hybrids. **Phytochemistry**, Oxford, v.5, n.4, p.999-1003, 1966.

ZIMMER, P.D. Fundamentos da qualidade das sementes. In: Sementes; fundamentos científicos e tecnológicos. 2012, 573 pp.