

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE MEIO-IRMÃOS DE NABO-
FORRAGEIRO PARA GERMINAÇÃO SOB ALTA TEMPERATURA**

SILVIA SANIELLE COSTA DE OLIVEIRA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU-SP
Março - 2013

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU**

**SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE MEIO-IRMÃOS DE NABO-
FORRAGEIRO PARA GERMINAÇÃO SOB ALTA TEMPERATURA**

SILVIA SANIELLE COSTA DE OLIVEIRA

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cibeles Chalita Martins

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Agricultura).

**BOTUCATU - SP
Março – 2013**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA
- LAGEADO - BOTUCATU (SP)

O48s Oliveira, Silvia Sanielle Costa de, 1985-
 Seleção de progênies de meio-irmãos de nabo-forrageiro
 para germinação sob alta temperatura / Silvia Sanielle Costa
 de Oliveira. - Botucatu : [s.n.], 2013
 iii, 42 f. : gráfs., tabs., fots. color.

 Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista,
 Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2013
 Orientador: Cibeles Chalita Martins
 Inclui bibliografia

 1. Altas temperaturas. 2. Germinação. 3. Melhoramento
 genético. 4. Nabo forrageiro. I. Martins, Cibeles Chalita.
 II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita
 Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências
 Agrônômicas. III. Título.

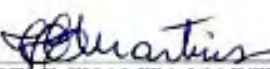
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

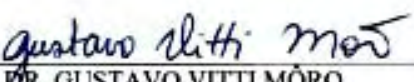
**TÍTULO: SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE MEIO-IRMÃOS DE NABO-
FORRAGEIRO PARA GERMINAÇÃO SOB ALTA TEMPERATURA**

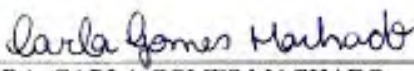
ALUNA: SILVIA SANIELLE COSTA DE OLIVEIRA

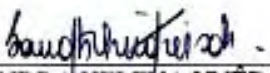
ORIENTADORA: PROFA. DRA. CIBELE CHALITA MARTINS

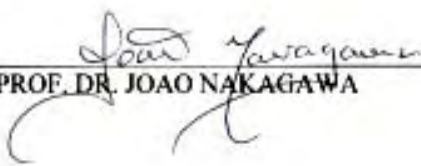
Aprovado pela Comissão Examinadora


PROFA. DRA. CIBELE CHALITA MARTINS


PROF. DR. GUSTAVO VITTI MÕRO


PROFA. DRA. CARLA GOMES MACHADO


PROFA. DRA. SANDRA HELENA UNÊDA TREVISOLI


PROF. DR. JOAO NAKAGAWA

Data da Realização: 22 de março 2013.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Humberto e Adecilda;

Ao meu marido Sihélio,

DEDICO.

À Prof^a. Dr^a. Cibeles Chalita Martins;

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

À Deus.

À Prof^a. Dr^a. Cibele Chalita Martins, minha querida orientadora, pela orientação, incentivo, dedicação e principalmente amizade.

À FCA - UNESP - Campus de Botucatu, por me receber como aluna.

À Coordenação e colegiado do curso de Pós-Graduação em Agronomia (Agricultura).

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores Dagoberto Martins, Sílvio Bicudo, Norberto da Silva e Maurício Zanotto, pela atenção, ensinamentos e simpatia e em especial ao Prof. Dr. João Nakagawa.

Aos Professores Cláudio Cavariani e Edvaldo Aparecido Amaral da Silva, responsáveis pelo Laboratório de Análise de Sementes, pelo apoio e colaboração.

Aos funcionários do Depto. de Produção Vegetal e funcionários de apoio ao campo e em especial a Vera e Valéria, pela amizade e atenção.

A seção de Pós-Graduação e aos funcionários da biblioteca “Paulo Carvalho de Matos”.

A todos os colegas do curso de pós-graduação, estagiários e colegas do Laboratório de análise de sementes.

Aos meus cunhados queridos, Simério e Carla pelo grande apoio.

Ao Sihélio, meu grande companheiro.

Aos meus pais, meu grande exemplo de vida.

A todos àqueles que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

	Página
1 RESUMO.....	01
2 SUMMARY.....	02
3 INTRODUÇÃO.....	03
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	05
4.1 Generalidades sobre a cultura do nabo forrageiro.....	05
4.2 Adaptação climática e cultivo.....	08
4.3 Estimativa de parâmetros genéticos.....	09
4.4 Vigor de sementes.....	10
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	14
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
7 CONCLUSÃO.....	36
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

1 RESUMO

Devido à expansão da cultura do nabo-forrageiro para regiões com temperaturas mais elevadas é de importância o desenvolvimento de genótipos adaptadas a estes ambientes. Neste trabalho objetivou-se selecionar testes de avaliação da qualidade fisiológica de sementes nabo-forrageiro que estimam parâmetros genéticos visando a definição de estratégias de seleção de progênies adaptadas à germinação sob condições de temperaturas elevadas. Com progênies de meio-irmãos de nabo-forrageiro foram submetidas ao teste de germinação (20 °C), primeira contagem, classificação do vigor de plântulas, teste de envelhecimento acelerado (41 °C 96 h⁻¹), germinação e teste da primeira contagem a altas temperaturas (20-35 °C e 25-40 °C) e emergência de plântulas em condições de altas temperaturas de campo (22 a 37 °C). O teste de primeira contagem, germinação, envelhecimento acelerado, primeira contagem e germinação sob alta temperatura de 20-35 °C podem ser utilizados para delinear estratégias de seleção de populações de nabo-forrageiro adaptados à germinação e emergência de plântulas em campo sob altas temperaturas.

Palavras-chave: *Raphanus sativus* L, vigor, herdabilidade, ganho genético.

2 SUMMARY

SELECTION OF PROGENIES OF HALF-BROTHERS WILD RADISH GERMINATION UNDER HIGH TEMPERATURE Botucatu, 2013. 49 p.
(Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: SILVIA SANIELLE COSTA DE OLIVEIRA

Adviser: CIBELE CHALITA MARTINS

Due to the expansion of the culture of the turnip to regions with higher temperatures is important to develop cultivars adapted to heat. What this study was to estimate genetic parameters for the traits of seed physiological quality of turnip to outline strategies for selecting cultivars adapted to germination under high temperature conditions. Hundred of half-brothers of turnip were subjected to germination test (20 °C), first count, classification of seedling vigor, accelerated aging test (41 °C 96 h⁻¹), germination and testing of the first count at high temperature (20-35 °C and 25-40 °C) and seedling emergence in field in summer (22-37 °C). The germination, first count, accelerated aging and germination and testing of the first count at high temperature 20-35 °C can be used for the selection of populations of wild radish seeking greater vigor and germination under high temperatures.

Key words: *Raphanus sativus* L, vigor, heritability, genetic gain.

3 INTRODUÇÃO

O nabo-forrageiro é uma brassica de inverno utilizado na adubação verde e recuperação dos solos e por possuir grãos com alto teor de óleo, variando de 30 a 43% (CULTURA, 2003) vem sendo utilizado e melhorado geneticamente para a produção de biodiesel.

No Brasil, esta planta tem sido cultivada nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste (CRUSCIOL et al., 2005) e vem se expandindo para regiões que apresentam altas temperaturas. Em várias regiões do país, durante quase todo ano ocorre temperaturas superiores a 30°C, mesmo no período de inverno e, caso as genótipos não sejam adaptadas, haverá redução do estande de plantas e, conseqüentemente da produção. Assim, a necessidade de desenvolvimento de genótipos com maior capacidade de germinação e produção em condições de temperaturas elevadas, é primordial como alternativa para garantir a expansão e competitividade da produção de nabo-forrageiro em regiões como o Nordeste e o Centro-Oeste.

O alto vigor e elevada germinação são dois pré-requisitos para se alcançar um bom estabelecimento de plântulas em campo (NASCIMENTO; CANTLIFFE, 2002). Alto vigor das sementes é uma condição necessária para tolerar estresses ambientais, incluindo temperaturas elevadas. Na pesquisa em Tecnologia de Sementes tem-se estudado métodos que permitam a avaliação mais consistente do potencial fisiológico ou vigor das sementes, conhecidos como testes de vigor.

Os testes de vigor vêm sendo utilizados em conjunto com o teste de germinação para a tomada de decisões das empresas produtoras de sementes, em especial na comparação de lotes, para estabelecer políticas de armazenamento, comercialização e controle de qualidade. Estes testes também podem ser usados pelas empresas e instituições de pesquisa em programas de melhoramento genético, para a comparação e seleção de genótipos com sementes de qualidade superior.

O uso de sementes com potencial fisiológico elevado é fundamental na obtenção de resultados satisfatórios em culturas de expressão econômica. Assim, pesquisas referentes à produção de sementes de nabo-forrageiro são essenciais para que esta cultura se estabeleça como uma boa alternativa agrícola para a produção de óleo, cobertura morta no plantio direto, adubação verde ou forragem frente a outras espécies que possuem tecnologia de produção mais aprimorada; pois as sementes são os veículos das características genéticas de uma espécie, razão pela qual para a implantação de qualquer cultura, esse insumo deve ser a primeira preocupação e a mais importante para se garantir a uniformidade e a produtividade da lavoura.

Plantas produtivas e com boas características agronômicas podem ser eliminadas durante a seleção de um programa de melhoramento genético devido à qualidade insatisfatória de suas sementes, caso contrário os genótipos lançados seriam rejeitados pelo mercado. Assim, torna-se imperativo a obtenção de métodos de análise eficientes, rápidos, práticos e econômicos que auxiliem os melhoristas na seleção de populações com sementes de qualidade fisiológica superior de nabo-forrageiro, pois as áreas plantadas com essa cultura vêm se expandindo consideravelmente no Brasil.

Dessa forma, objetivou-se selecionar testes de avaliação da qualidade fisiológica de sementes nabo-forrageiro que estimam parâmetros genéticos visando a definição de estratégias de seleção de progênies adaptadas à germinação sob condições de temperaturas elevadas.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Generalidades sobre a cultura do nabo-forrageiro

O nabo-forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.) pertence à família Brassicaceae, ordem Caparales e possui ciclo anual de inverno. É originário do Sul da Europa e cultivado principalmente na Ásia Oriental e Europa; está entre as mais antigas espécies utilizadas para a produção de óleo (DERPSCH; CALEGARI, 1992).

A espécie *Raphanus sativus* L. com número de cromossomos $2n=18$ derivou de um ancestral domesticado de *Raphanus raphanistrum* L. (PRAKASH et al., 1999), sendo que o gênero *Raphanus* provavelmente originou-se de um ancestral em comum com a *Brassica oleracea* L. e a *Brassica rapa* L. (CHEN; WU, 2008). Por ser uma planta alógama com fácil cruzamento com outras espécies do gênero *Raphanus*, para a produção de sementes é necessário o isolamento de no mínimo 300 m entre campos de produção, com cuidado na eliminação da nabiça, planta invasora de inverno; assim como a eliminação de uma faixa de 5 metros de bordadura do campo antes do início da colheita (PEREIRA, 1998).

É uma planta herbácea, ereta e com muitas ramificações, dotada de pêlos ásperos e raiz pivotante, às vezes tuberosa o que lhe confere características de

planta descompactadora do solo (MUZILLI, 2002). Atinge de 1,0 a 1,8 m de altura, com inflorescências terminais, em ráculos longos, formando flores com predominância na cor branca, às vezes roxas. Seu fruto é uma siliqua indeiscente, de 3 a 5 cm de comprimento, contendo de 2 a 10 sementes, que possuem coloração variando de marrom clara até avermelhada (Figura 1) e massa de 100 grãos variando de 0,6 a 0,14 g (DERPSCH; CALEGARI, 1992).

A planta de nabo-forrageiro possui inflorescência do tipo panícula com flores hermafroditas, dialipétalas e actinomórficas não fugindo do padrão das Brassicaceae, há pétalas e sépalas como os dois verticilos florais estéreis diferenciados (heteroclamídeas) e androceu tetradínamo (TEIXEIRA; ZAMPIEROM; 2007). São ainda gamossépalas com o ovário súpero contendo vários óvulos que originarão síliquas indeiscentes (DERPSCH; CALEGARI, 1992). A ilustração da inflorescência, fruto do tipo siliqua e conjunto de síliquas na planta próximo ao ponto de colheita estão apresentados na Figura 2.

As flores desta família costumam ser polinizadas por uma diversidade de insetos, principalmente a ordem Hymenoptera, atraídos pelo pólen e o néctar. A polinização de nabo-forrageiro também pode ocorrer pelo vento (MUÑOZ RODRÍGUEZ; AYUSO YUSTE; LABRADOR MORENO, 2005).

Dentre os métodos de melhoramento intrapopulacional em espécies alógamas, como o nabo-forrageiro, a seleção entre famílias de meio-irmãos é o método mais utilizado devido à facilidade de condução, tendo sido adotado tanto para a obtenção de genótipos mais produtivos, como também visando o melhoramento de populações para extração de genótipos nos programas de produção de híbridos (PALOMINO, 1998). Progenies de meio-irmãos correspondem à descendência de polinização livre de uma planta. Todos os descendentes têm um genitor em comum, a planta feminina, e vários genitores masculinos (PARTENIANI; VIÉGAS, 1987). Em um programa de melhoramento genético de nabo-forrageiro, Sá (2008) verificou grande variabilidade no teor de óleo, massa, produção dos grãos e ciclo das plantas entre meio-irmãos da cultivar CATI AL 1000; comprovando que este genótipo apresenta potencial de utilização como base de seleção, no desenvolvimento de futuras populações.

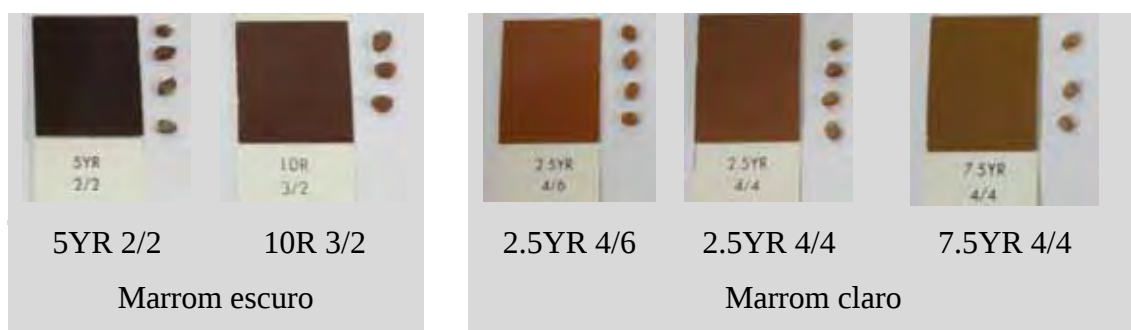


Figura 1. Sementes de nabo-forrageiro em comparação com a carta de cores de Munsell para a classificação por coloração marrom escuro e marrom claro. A sequência de número, letra e fração representam os resultados expressos em Hue (tonalidade ou matiz), valor (brilho ou intensidade luminosa) e chroma (saturação da cor).

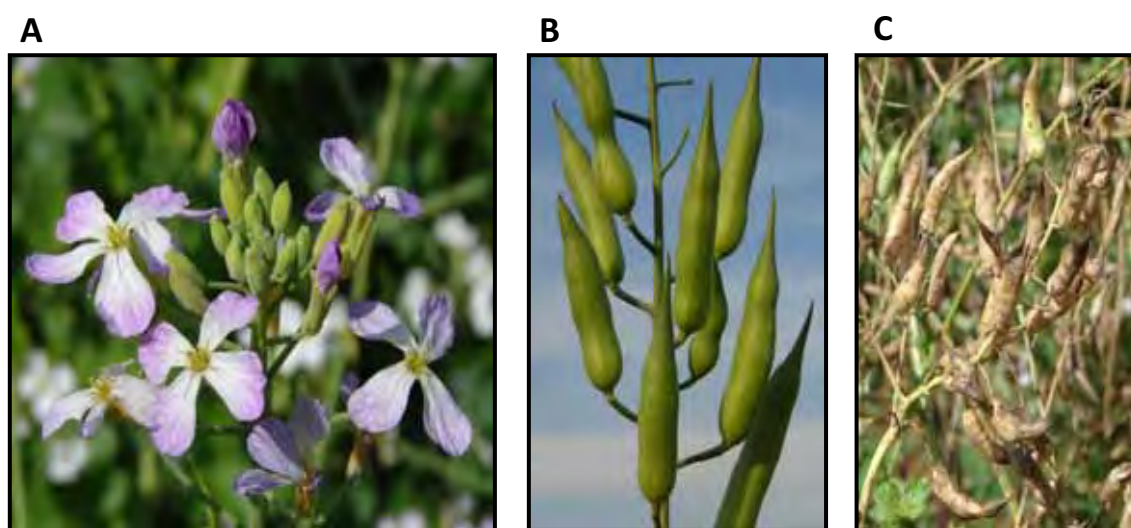


Figura 2. Imagem da inflorescência (A), síliqua (B) e síliqua em processo de maturação (C) da planta de nabo-forrageiro. Fonte: Rural Sementes.

4.2 Adaptação climática e cultivo

O nabo-forrageiro, quando comparado a algumas espécies da família Brassicaceae como a colza (*Brassica napus* L.) e a mostarda (*Brassica alba* L.), possui maior adaptabilidade podendo ser cultivado em regiões com ampla faixa de temperatura, do tropical ao temperado, com bom desenvolvimento vegetativo, favorecendo a floração, em temperaturas relativamente baixas (DERPSCH; CALEGARI, 1992). A cultura do nabo-forrageiro apresenta boa adaptação em solos arenosos e de média fertilidade, corrigidos com calcário e fósforo e apresenta elevada capacidade de reciclagem de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, qualificando-a como uma importante espécie em sistemas de rotação de culturas (CALEGARI, 1990; CALEGARI et al., 1993).

No Brasil, esta planta tem sido cultivada nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste como adubo verde e como planta de cobertura em sistemas de cultivo conservacionistas como o plantio direto (CRUSCIOL et al., 2005) e vem se expandindo para regiões que apresentam altas temperaturas. No município de Jataí em Goiás, a cultura do nabo-forrageiro mostrou-se promissora na produção de biomassa para cobertura de solo (SOUZA et al., 2008). Em Montes Claros no norte de Minas Gerais, o cultivo dessa espécie como adubo verde proporcionou incrementos na produtividade da cultura sucessora (VALADARES et al., 2012).

Em ambas as regiões citadas, durante o inverno podem ocorrer temperaturas acima de 30 °C, assim, a garantia de sucesso da produção de massa seca (plantio direto) ou verde (adubação verde), dependerá, dentre outros aspectos, do estabelecimento das plântulas no campo; que segundo Carvalho; Nakagawa (2012) está diretamente relacionado com a germinação e vigor das sementes. Na escolha de espécies para o sistema de plantio direto é importante definir uma cultura para a formação da cobertura adaptada às condições climáticas da região (SOUZA et al., 2008).

A temperatura ideal para a germinação de sementes de nabo-forrageiro é de 20 °C constante (BRASIL, 2009) ou 20-35 °C alternada (NERY; CARVALHO; FRAGA, 2009); esta última verificada para as principais genótipos disponíveis no mercado: CATI AL-1000 e IPR 116. Portanto, existe a necessidade de seleção de genótipos com maior capacidade de germinação em condições de temperaturas mais elevadas que estas como alternativa para garantir a expansão da cultura para as regiões Nordeste e Centro Oeste.

4.3 Estimativa de parâmetros genéticos

Estimativas dos parâmetros genéticos permitem predizer o efeito da seleção e planejar os procedimentos do melhoramento, já que estes têm suas origens nos quadrados médios da análise de variância de dados experimentais (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

O sucesso do melhoramento genético de qualquer caráter requer, que ele seja herdável, e que ocorra variação na população em que se pratica a seleção. Os caracteres qualitativos como coloração do tegumento, apresentam padrão simples de herança, que se baseiam nas proporções das classes fenotípicas, avaliadas nas descendências de cruzamentos. Já os caracteres quantitativos, como por exemplo a porcentagem de germinação, apresentam herança complexa, uma vez que, em comparação como os caracteres qualitativos, são, em grande parte, condicionados por diversos genes com efeitos individuais pequenos e muito influenciados pelas condições ambientais (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2003).

A proporção genética da variabilidade total é designada herdabilidade. No sentido restrito, herdabilidade é a proporção da variabilidade observada em razão dos efeitos aditivos dos genes, que é a parte herdável da variância genética. Para o desenvolvimento de novos genótipos, o conhecimento a respeito da magnitude dos valores de herdabilidade para qualquer característica sob seleção é primordial, permitindo o estabelecimento de um conjunto de estratégias de seleção e métodos de melhoramento genético mais eficazes na busca de progresso genético (ALVES et al., 2004).

A possibilidade da predição dos ganhos obtidos por uma estratégia de seleção constitui-se em uma das contribuições fundamentais da genética quantitativa no melhoramento de plantas. Por meio destas informações é possível orientar de maneira mais efetiva o programa de melhoramento, predizer o sucesso do esquema seletivo adotado e decidir, com base científica, por técnicas eficazes de melhoramento (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2003).

Geralmente, os programas de melhoramento têm por finalidade obter genótipos aprimoradas para um conjunto de características. Por isso, o conhecimento da natureza e magnitude das correlações entre as características de interesse é de fundamental importância (FERREIRA et al., 2003).

A correlação que pode ser diretamente mensurada a partir de medidas de dois caracteres, em certo número de indivíduos da população, é a fenotípica.

Esta correlação tem causas genéticas e ambientais, no entanto, só as genéticas abrangem uma associação de natureza herdável, podendo, ser utilizada na orientação de programas de melhoramento. Assim, em estudos genéticos é imperativo distinguir e quantificar o grau de associações genéticas e ambientais entre os caracteres (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2003).

A causa da correlação genética é, sobretudo, a pleiotropia, onde um gene tem ação sobre mais de uma característica. Ligações gênicas são causas transitórias, principalmente em populações derivadas de cruzamentos entre linhagens divergentes (FALCONER, 1987). Se dois caracteres apresentam correlação genética favorável, é possível obter ganho para um deles por meio da seleção indireta no outro associado. Em alguns casos, a seleção indireta, baseada na resposta correlacionada, pode levar a avanços mais rápidos do que a seleção direta do caráter desejado. Porém, se um caráter correlaciona-se negativamente com alguns e positivamente com outros, deve-se tomar o cuidado de, ao selecionar esse, não causar alterações indesejáveis em outros (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2003).

Correlações genéticas positivas de alta magnitude foram encontradas entre os caracteres porcentagem de germinação e vigor das sementes de diferentes progênies de meio-irmãos de populações de cenoura tipo Brasília, indicando que ao se selecionar um caráter haverá ganhos simultâneos no outro devido à resposta correlacionada. Entretanto, as correlações genéticas negativas entre peso de cem sementes e porcentagem de germinação, ou vigor das sementes, indicaram que a seleção sob o caráter porcentagem de germinação e vigor de sementes, provocará uma redução indesejável em peso de cem sementes (VIEIRA; BOITEUX; ARAGÃO, 2001; VIEIRA et al., 2005).

4.4 Vigor de sementes

A variabilidade genética é uma característica importante para o trabalho de melhoramento de plantas, pois facilita a obtenção de genótipos adaptados às diversas condições edafoclimáticas e mais produtivos. Existem testes de avaliação da qualidade das sementes realizados em laboratório, como o da primeira contagem, germinação e envelhecimento acelerado, que podem ser utilizados em programas que visam à comparação e seleção de genótipos com sementes de qualidade superior (VIEIRA et al, 2005; MARTINS; SILVA; MACHADO, 2012).

Estudos realizados com progênies meio-irmãos de cenoura avaliaram a germinação, o teste da primeira contagem e o tamanho de sementes e verificaram que a aplicação de métodos de melhoramento combinados com métodos de seleção, tendo por base a teoria de índices, poderiam ser utilizados visando a melhoria da qualidade das sementes, e apresentaram altos valores de herdabilidade e variabilidade genética entre progênies (VIEIRA et al., 2005). Assim, os testes de vigor podem ser utilizados como métodos de seleção combinados com métodos de melhoramento; visando a melhoria da qualidade das sementes quanto à porcentagem de germinação, vigor e longevidade.

O vigor é um dos principais atributos da qualidade fisiológica das sementes a ser considerado na implantação de uma lavoura. Para Tekrony; Egli (1991), a utilização de sementes de alto vigor é justificada em todas as culturas, para assegurar adequada população de plantas em ampla variação de condições ambientais de campo encontradas durante a emergência, e possibilitar aumento na produção.

Sementes com baixo vigor podem provocar reduções na velocidade de emergência de plântulas em campo, na uniformidade, emergência total, no tamanho inicial da planta e no estabelecimento de estandes adequados e assim, afetar o rendimento (KOLCHINSKI; SCHUCH; PESKE, 2005).

A primeira contagem de germinação, realizada para facilitar a condução do teste de germinação, pode ser considerada um teste de vigor, pois sabe-se que no processo de deterioração a velocidade da germinação é um dos primeiros parâmetros a ser afetado (CARVALHO, 1994).

Inicialmente desenvolvido com a finalidade de estimar a longevidade de sementes armazenadas (DELOUCHE; BASKIN, 1973), o teste do envelhecimento acelerado tornou-se um dos testes mais utilizados para a avaliação do vigor de sementes e baseia-se no aumento da deterioração das sementes expostas a condições adversas de alta temperatura e umidade relativa (VIEIRA; CARVALHO, 1994; MARCOS FILHO, 2005), para espécies como soja (HAMPTON; TEKRONY, 1995), sorgo (MIRANDA; NOVEMBRE; CHAMMA, 2001), tomate (PANOBIANCO; MARCOS FILHO, 2001) e trigo (MODARRESI; VAN DAMME, 2003). Sob condições de alta temperatura e umidade relativa as sementes de baixa qualidade deterioram-se mais rapidamente do que sementes mais vigorosas, estabelecendo diferenças no potencial fisiológico das amostras avaliadas.

Ensaio de aprimoramento da metodologia do envelhecimento acelerado para sementes de plantas dos gêneros *Raphanus* e *Brassica* tem sido implementados testando-se diferentes temperaturas e tempos de exposição das sementes e comparando-se os resultados à emergência em campo e outros testes de vigor, obtendo-se as seguintes prescrições: recomenda-se 41 °C/72 h para canola (HAMPTON; TEKRONY, 1995) e repolho (KOMBA; BRUNTON; HAMPTON, 2006); 45 °C/48 h para brócolos (TEBALDI et al., 1999); 41 °C/48 h para couve-flor (KIKUTI; MARCOS FILHO, 2008) e repolho (KOMBA; BRUNTON; HAMPTON, 2006); 42 °C/48 h para rabanete (MARCOS FILHO, 1999). Grande parte dos pesquisadores que se dedicam a estudos sobre o teste indicam a padronização do uso de 41 °C (MARCOS FILHO, 1999). Para nabo-forrageiro foi verificado que o envelhecimento acelerado deve ser realizado à temperatura de 41 °C por período de 96 h para permitir a diferenciação dos lotes de sementes (NERY; CARVALHO; GUIMARÃES, 2009).

Nas sementes de rabanete (*Raphanus sativus*) o efeito do envelhecimento acelerado sobre a desorganização das membranas e declínio da viabilidade depende das características das sementes e atributos genéticos dos genótipos (JAIN; KOOPAR; SAXENA, 2006).

A estratégia de melhoramento genético utilizada para a seleção de linhagens de soja visando qualidade da semente e adaptação a ambientes tropicais, com altas temperaturas foi baseado principalmente no teste de envelhecimento acelerado (KRZYZANOWSKI, 1998). No entanto, outra estratégia de seleção de populações adaptadas para a germinação em campo sob altas temperaturas também pode ser simulada em laboratório mediante a condução do teste de germinação em regimes de temperatura superiores aos prescritos pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), conforme foi realizado por Silva; Vieira; Nascimento (2011) em populações de cenoura cujas sementes foram colocadas para germinar a 20 e 37 °C, avaliando-se a primeira contagem e a porcentagem de germinação.

Na fase de germinação da semente, os compostos armazenados no endosperma constituem a principal fonte de energia para o processo germinativo e crescimento inicial das plântulas (BUCKERIDGE et al., 2004). Quando essas plântulas são submetidas a altas temperaturas, a eficiência do uso destes compostos armazenados é função da tolerância ao calor de cada genótipo, eficiência traduzida pelo menor consumo de reservas no processo respiratório, proporcionando maior acúmulo de massa

seca na plântula (BLUM; SINMENA, 1994). O desenvolvimento da plântula é totalmente dependente do carbono armazenado no tecido de reserva. A utilização das reservas armazenadas no tecido de reserva para o crescimento da plântula traduz a eficiência que pode ser obtida com a taxa de ganho em massa na plântula e uma perda em massa seca deste tecido (BLUM; SINMENA, 1994).

Em trigo, a existência de variabilidade genética quanto à tolerância ao calor no estágio de plântulas tem sido constatada em alguns trabalhos (BLUM; SINMENA, 1994; ALKA; KHANNA-CHOPRA, 1995). Cargnin et al. (2006) em estudo com sementes de trigo observaram que existem tolerância ao estresse térmico em genótipos de trigo na fase de germinação tanto entre as populações e como entre os genitores na fase de germinação.

5 MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliadas 100 progênes de meio-irmãos oriundas de uma população de nabo-forrageiro, cultivar CATI AL1000, pertencentes ao programa de melhoramento realizado pela área de melhoramento genético do Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP-Campus de Botucatu, SP juntamente com a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI).

As progênes foram obtidas em outubro de 2010 a partir da coleta manual e mistura das sementes de todas as síliquas de plantas individuais após secagem natural. As sementes de cada progênie foram submetidas à limpeza em peneiras de malha metálica. Após o beneficiamento as sementes foram secadas até atingir teores de água entre 4 e 7% e armazenadas a 1 °C, em embalagens herméticas multifoliadas durante o período de determinação da qualidade inicial, para que esta se mantivesse inalterada (TOKUMASSU, 1971; DOIJODE, 2001; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Em seguida foram submetidas às seguintes determinações e testes:

Teste de germinação (G) - foi realizado com quatro subamostras de 50 sementes, semeadas sobre duas folhas de papel filtro umedecido com água na quantidade de 2,5 vezes o peso do papel, em caixas de plástico transparentes (11,0 x 11,0 x 3,5 cm) sob temperatura de 20 °C (BRASIL, 2009). As contagens de plântulas normais foram efetuadas no quarto dia e no 10º dia após a instalação

(BRASIL, 2009). Durante os testes, as caixas de plástico transparentes permaneceram acondicionados dentro de sacos de plástico de 0,033 mm de espessura fechados, para evitar a desidratação (BRASIL, 2009; GASPAR-OLIVEIRA et al., 2007) e os resultados foram expressos em porcentagem.

Primeira contagem de germinação (PC) - foi realizada conjuntamente com o teste de germinação, contabilizando-se as plântulas normais presentes no quarto dia após a semeadura (BRASIL, 2009) e os resultados foram expressos em porcentagem.

Classificação do vigor de plântulas (CVP) - na data correspondente à primeira contagem do teste de germinação, as plântulas normais bem desenvolvidas foram retiradas, computadas e classificadas como “fortes” (vigorosas). Na data correspondente à contagem final, as plântulas remanescentes foram avaliadas como normais ou anormais (Figura 3 e 4). As normais foram classificadas como “fortes” ou “fracas”. Foram consideradas como plântulas normais “fracas” aquelas que apresentaram algum problema em sua estrutura ou lesão, mas insuficientes para caracterizá-las como anormais (NAKAGAWA, 1999) e os resultados foram expressos em porcentagem. Foram utilizados para a avaliação do teste somente as plântulas normais fortes.



Figura 3. Plântula normal de nabo-forrageiro forte (A), fraca (B) e anormal (C).



Figura 4. Plântulas anormais em detalhe.

Teste de envelhecimento acelerado com água (EA) - foi conduzido com quatro gramas de sementes sobre tela em caixa plástica contendo 40 mL de água destilada (100% UR), mantida a 41 °C por 96 horas (NERY; CARVALHO; GUIMARÃES et al., 2009), seguido do procedimento do teste de germinação, mas com avaliação da porcentagem de plântulas normais no quarto dia após a semeadura e os resultados foram expressos em porcentagem.

Determinação do grau de umidade - foi determinado antes e após o envelhecimento acelerado com água com duas subamostras de sementes pelo

método da estufa a 105 ± 3 °C, por 24 horas (BRASIL, 2009) e os resultados foram expressos em porcentagem.

Germinação sob altas temperaturas - foi utilizada a mesma metodologia descrita para o teste de germinação, mas conduzido nas condições de temperaturas alternadas de 20-35 °C e 25-40 °C e com fotoperíodo de 8 horas de luz na temperatura mais elevada.

Primeira contagem de germinação sob altas temperaturas - foi realizada conjuntamente com o teste de germinação sob altas temperaturas, contabilizando-se as plântulas normais presentes no quarto dia após a semeadura.

Teste de emergência de plântulas em condições de altas temperaturas em campo (EC) - conduzido em canteiros no campo, sendo a semeadura realizada em Jaboticabal, SP, na segunda quinzena de outubro de 2012. As parcelas foram constituídas por duas repetições (sulcos de 1,5 m), espaçados de 0,2 m, semeando-se 50 sementes por sulco a profundidade de 2 a 3 cm (Figura 5). As contagens foram realizadas diariamente até os 12 dias após a semeadura e as temperaturas mínimas e máximas médias diárias do ar vigentes no período do teste foram registradas, conforme apresentadas na Figura 6. A irrigação foi realizada quando necessária.



Figura 5. Emergência de plântulas de nabo-forrageiro em condições de altas temperaturas de campo em Jaboticabal – SP.

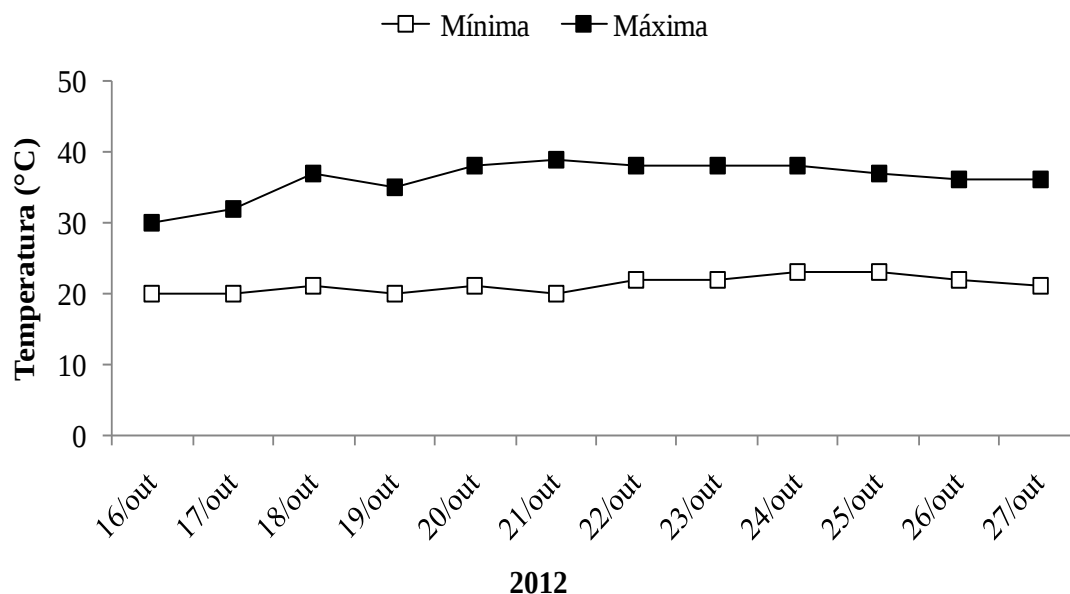


Figura 6. Temperaturas mínimas e máximas vigente no período de condução do teste de emergência de plântulas em campo sob condições de altas temperaturas de campo em Jaboticabal - SP.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições e os dados obtidos foram submetidos a análise de variância no aplicativo Genes-UFV (CRUZ, 2001) e estimados os seguintes parâmetros:

Herdabilidade no sentido amplo baseada na média das parcelas $h^2 = \hat{\sigma}_g^2 / \hat{\sigma}_f^2$;

Coeficiente de variação genética $CV_g = (100\sqrt{\hat{\sigma}_g^2})/\hat{m}$, onde $\hat{m}$ corresponde à média geral do caráter.

Correlações ambientais $r_a = PMR_{xy} / \sqrt{QMRx \cdot QMRy}$; onde PMR corresponde ao produto médio associado ao resíduo;

Correlações genéticas $r_g = COV_{gy} / \sqrt{\hat{\sigma}_{gx}^2 \cdot \hat{\sigma}_{gy}^2}$;

Ganho por seleção $GS = Ds \cdot h^2$, onde $Ds = Y_s - Y_o$; em que Ds : corresponde ao diferencial de seleção entre famílias; Y_s : média das famílias selecionadas e Y_o : média da população base. O calculo do ganho por seleção foi realizado com base na população selecionada e a pressão de seleção da população a ser utilizada no próximo ciclo de seleção foi de 20%.

Também foram calculadas as médias iniciais (μ_i), selecionadas (μ_s) e melhoradas (μ_m) da população. A média inicial da população foi obtida através do cálculo da média das 100 progênies, a média da população selecionada foi obtida através da média de 20% da população selecionada, ou seja, as 20 progênies superiores da população, e a média da população melhorada foi obtida através do somatório da média inicial da população e o ganho genético (GS).

Os testes identificados como promissores na seleção de progênies de meio-irmãos de nabo-forrageiro tolerantes a germinação sob alta temperatura, foram submetidos ao teste de Scott-Knott para comparação entre médias ao nível de significância de 5%.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O grau de umidade inicial das sementes das progênies de nabo-forrageiro foi de $4,5 \pm 1,5\%$ (Tabela 1). A uniformidade do grau de umidade inicial das sementes é um fator primordial para a padronização das avaliações da qualidade fisiológica das sementes a serem realizadas posteriormente (MARCOS FILHO, 1999).

Após o envelhecimento acelerado, o grau de umidade das sementes situou-se entre 28 e 47%; portanto, apresentou-se relativamente desuniforme entre as progênies e com variações de até 19% (Tabela 1). As variações entre os graus de umidade determinados foram superiores a 3-4%, que são considerados valores toleráveis entre lotes após o envelhecimento (MARCOS FILHO, 1999).

No entanto, deve-se considerar que, nesta pesquisa, as comparações foram feitas entre sementes de progênies (geneticamente diferentes) e não entre lotes (geneticamente iguais). Sendo assim, parte das diferenças genéticas entre as progênies pode estar relacionadas ao teor de óleo das sementes, visto tratar-se de espécie oleaginosa, e o grau de umidade de equilíbrio está diretamente relacionado com o teor de lipídeos das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). As altas diferenças de grau de umidade entre sementes de diferentes progênies após o envelhecimento acelerado também foram relatadas em estudos com cenoura (MARTINS; SILVA; MACHADO, 2012).

Tabela 1. Grau de umidade (%) inicial e após o envelhecimento acelerado (EA) das sementes de 100 progêneses de meio-irmãos de nabo-forrageiro.

Progêneses	Inicial	Após EA	Progêneses	Inicial	Após EA
1	5,4	32,2	51	5,1	34,7
2	5,1	36,1	52	5,1	32,7
3	4,7	36,9	53	6,0	28,4
4	4,4	38,6	54	5,8	33,9
5	5,2	35,2	55	5,7	36,5
6	5,5	34,8	56	5,1	35,9
7	4,5	34,7	57	5,2	37,2
8	4,7	29,5	58	4,7	33,1
9	5,6	36,6	59	5,3	33,8
10	5,2	38,6	60	4,1	30,4
11	4,2	31,5	61	5,9	32,2
12	4,5	33,5	62	4,9	31,8
13	4,9	35,0	63	5,5	32,9
14	4,3	36,0	64	4,9	36,1
15	4,9	35,5	65	4,7	35,9
16	4,3	35,5	66	5,4	38,2
17	4,5	34,5	67	5,3	34,2
18	4,2	35,5	68	5,6	34,7
19	4,4	37,0	69	5,0	32,1
20	4,7	39,0	70	5,6	36,4
21	4,5	33,9	71	5,5	35,4
22	4,6	33,3	72	4,9	32,7
23	4,9	38,5	73	5,1	34,5
24	4,2	39,9	74	4,6	33,3
25	5,2	37,7	75	4,1	29,8
26	4,5	35,7	76	5,4	34,4
27	4,4	38,1	77	4,5	33,8
28	4,5	37,8	78	4,9	35,9
29	4,8	36,7	79	6,2	34,0
30	4,0	35,8	80	4,5	31,9
31	4,9	38,3	81	5,0	36,8
32	4,6	36,5	82	4,9	35,5
33	3,7	35,7	83	4,8	40,9
34	4,7	37,1	84	4,6	37,4
35	4,8	35,6	85	5,1	35,5
36	5,2	35,5	86	4,3	41,1
37	4,6	34,4	87	4,7	36,3
38	4,8	34,7	88	4,8	37,7
39	5,2	35,9	89	5,1	43,6
40	4,5	34,5	90	5,3	39,3
41	4,6	33,5	91	5,1	34,5
42	5,1	36,2	92	5,1	33,8
43	4,0	33,3	93	4,5	32,1
44	3,6	34,8	94	4,6	33,7
45	3,0	47,0	95	4,8	34,1
46	4,9	34,0	96	4,9	33,8
47	4,0	37,9	97	5,2	37,8
48	5,3	35,2	98	5,1	36,6
49	3,9	34,4	99	5,5	33,4
50	4,6	34,2	100	4,9	32,4

Além da composição química das sementes, outras características podem influenciar na absorção de água, como por exemplo, o tamanho da semente e a permeabilidade do tegumento. As sementes de maior tamanho geralmente foram mais bem nutridas durante o seu desenvolvimento, possuindo embriões bem formados e com maior quantidade de substâncias de reserva, sendo, conseqüentemente, as mais vigorosas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Em trabalhos relacionados com embebição, considerando-se diferentes tamanhos de sementes, tem sido constatado que as sementes de menor tamanho atingem teores de água superiores aos observados para sementes de maior tamanho; esse fato está relacionado à maior área de contato por unidade de massa, nas sementes menores (CALERO; WEST; HINSON, 1981; HSU; KIM; WILSON, 1983; SOUZA, 1996).

O tegumento das sementes também exerce papel importante no processo de germinação, pois é um fator regulador do processo de absorção de água (CALERO; WEST; HINSON, 1981). Algumas características morfológicas do tegumento podem influenciar o tempo de penetração da água pela interferência exercida no mecanismo de controle de troca de umidade (COSTA et al., 1994).

A diversidade de características do tegumento de sementes existente nos diferentes genótipos sugere influência deste fator nos resultados de testes qualitativos relacionados à composição e permeabilidade das membranas (VIEIRA et al., 1996). Costa et al. (2002) constataram diferença na velocidade de absorção de água entre diferentes cultivares de soja.

As progênes de nabo-forrageiro apresentaram diferenças significativas pelo teste F a 5% de significância para todos os testes avaliados (Tabela 2). Os altos valores de coeficiente de variação genética entre progênes para os testes em estudo sugerem que há possibilidade de ganhos expressivos durante a seleção para todos os parâmetros avaliados e que estão relacionados com a qualidade das sementes, como germinação e vigor, principalmente sob condições de altas temperaturas no teste de germinação e emergência de plântulas em condições de altas temperaturas de campo.

Tabela 2. Análises de variâncias, média (%) e estimativa dos parâmetros genéticos para os testes avaliados pela primeira contagem (PC), germinação (G), classificação do vigor de plântulas (CVP), envelhecimento acelerado (EA), germinação e teste da primeira contagem sob altas temperaturas de 20-35 °C e 25-40 °C e emergência de plântulas em condições de altas temperaturas em campo (22 a 37 °C) (EC) avaliados em 100 progênie de meio-irmãos de nabo-forrageiro.

Quadrados		PC		G		CVP		EA		PC		G		PC		G		EC	
Médios		GL		20 °C						(20-35 °C)				(25-40 °C)					
Progênie	99	124,34**	457,91**	306,30**	1813,45**	561,27**	494,23**	390,31**	430,41**	549,79**									
Resíduo	300	40,26	44,99	89,07	162,08	176,50	148,32	57,31	70,30	47,38									
Média		94,06	81,09	48,03	35,62	46,11	52,87	19,11	20,74	55,13									
Parâmetros																			
Genéticos																			
H ²		67,62	90,17	70,91	91,06	68,55	69,98	85,31	83,66	91,38									
CVg		4,87	12,52	15,34	57,03	21,27	17,58	47,74	45,74	20,32									
CVg/CVe		0,72	1,51	0,78	1,59	0,74	0,76	1,21	1,13	1,63									

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F; H² herdabilidade (%), CVe - coeficiente de variação experimental, CVg - coeficiente de variação genética.

As estimativas dos parâmetros genéticos de herdabilidade e da relação entre os coeficientes de variação genética e experimental refletem uma situação favorável à seleção, pois variaram entre 67 a 91%, para a herdabilidade e 0,72 a 1,63 para a relação entre os coeficientes de variação genética e experimental (Tabela 2). Quando a relação entre os coeficientes de variação genética e experimental próximos a 1,0 ou são maiores que 1,0 a variação genética supera a variação ambiental (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

A grande disponibilidade de variabilidade genética para as características relacionadas às sementes é um reflexo da pequena importância que tem sido dada as mesmas, principalmente devido aos programas de melhoramento com esta espécie serem recentes. Até o momento, o nabo-forrageiro vem sendo melhorado via seleção massal com base na performance de famílias de meio-irmãos apenas para caracteres de ciclo das plantas, altura das plantas e produtividade de grãos (SÁ, 2005).

Coeficientes de herdabilidade acima de 70% foram observados para os testes germinação e classificação do vigor de plântulas a 20 °C, teste de envelhecimento acelerado, germinação e primeira contagem a 25-40 °C e emergência de plântulas em condições de altas temperaturas de campo (Tabela 2). Isto permite prever que o acréscimo na média dos caracteres selecionados serão próximos ao diferencial de seleção imposto sobre aquele caráter. Resultados igualmente promissores foram observados por Vieira et al., (2005) para peso e germinação de sementes de meio-irmãos de cenoura tipo Brasília.

Verificou-se na Tabela 2, que a germinação das sementes foi prejudicada sob condições de temperaturas elevadas; pois o teste de germinação conduzido sob 20°C, recomendado pela Regra de Análise de Sementes (BRASIL, 2009), proporcionou valores médios de germinação de 81%, enquanto sob temperatura elevada de 20-35 e 25-40°C a germinação foi de 53 e 21%, respectivamente. A emergência de plântulas em condições de altas temperaturas de campo também foi relativamente baixa com valor de 55%, similar a germinação sob 20-35 °C. Este desempenho das sementes do nabo-forrageiro confirma a necessidade de seleção genética das populações para a germinação sob altas temperaturas para permitir o estabelecimento em campo desta espécie em áreas tropicais.

Com relação às correlações, para a primeira contagem e germinação na temperatura de 20-35°C houve correlações genéticas positivas e significativas com os testes de germinação, primeira contagem, envelhecimento

acelerado e emergência de plântulas em condições de altas temperaturas de campo (Tabela 3). No entanto, os caracteres de primeira contagem e germinação e em temperatura de 25-40 °C não apresentaram correlações genéticas positivas e significativas com nenhum dos testes de vigor avaliados (Tabela 3).

Correlações genéticas indicam que ao selecionar um caráter, poderão ocorrer ganhos genéticos simultâneos nos outros correlacionados (BUENO; MENDES; CARVALHO, 2006). Assim, populações de nabo-forrageiro que apresentaram sementes com melhor desempenho na primeira contagem, germinação, envelhecimento acelerado, germinação e primeira contagem (vigor) sob as temperaturas de 20-35 °C podem ser selecionadas visando melhor desempenho sob altas temperaturas, pois estes testes apresentaram correlação genética com a emergência de plântulas em condições de altas temperaturas em campo (Tabela 3).

A seleção de genótipos superiores com relação a um conjunto de características favoráveis de desempenho das sementes é importante para novos genótipos a serem lançadas, pois disso depende o desempenho do lote no campo e no armazenamento e, por conseguinte, a aceitação da cultivar pelo mercado agrícola (MARTINS; SILVA; MACHADO, 2012).

Tabela 3. Correlação genética (diagonal superior) e ambiental (diagonal inferior) para os testes avaliados pela germinação (G), primeira contagem (PC), classificação do vigor de plântulas (CVP) sob temperatura constante de 20 °C, envelhecimento acelerado (EA), germinação e teste da primeira contagem sob altas temperaturas de 20-35 °C e 25-40 °C e emergência de plântulas em condições de altas temperaturas em campo (22 a 37 °C) (EC) avaliados em 100 progênies de meio-irmãos de nabo-forrageiro.

Temperatura 20-35°C							
Testes	G	PC	CVP	EA	G (20-35)	PC (20-35)	EC
G	---	0,95**	0,14	0,34**	0,42**	0,46**	0,66**
PC	0,90**	---	0,12	0,31**	0,34**	0,38**	0,62**
CVP	0,13	0,08	---	-0,15	0,06	-0,07	-0,15
EA	0,14	0,11	0,16	---	0,37**	0,45**	0,75**
G (20-35)	0,16	0,14	0,08	0,01	---	0,94**	0,46**
PC (20-35)	0,11	0,11	0,08	0,01	0,95**	---	0,46**
EC	0,34**	0,31**	0,15	0,01	0,09	0,10	---
Temperatura 25-40°C							
	G	PC	CVP	EA	G (25-40)	PC (25-40)	EC
G	---	0,95**	0,14	0,34**	-0,05	-0,06	0,66**
PC	0,90**	---	0,12	0,31**	-0,03	-0,04	0,62**
CVP	0,13	0,08	---	-0,15	0,04	-0,04	-0,15
EA	0,14	0,12	0,16	---	0,01	-0,03	0,75**
G (25-40)	0,12	0,09	-0,06	0,05	---	0,88**	0,01
PC (25-40)	0,14	0,11	0,02	0,04	0,98**	---	-0,05
EC	0,34**	0,31**	0,15	0,01	0,02	0,04	---

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

As estimativas de ganho genético e a média inicial da população, da população selecionada e melhorada estão apresentadas na Tabela 4. Adotando este procedimento foi possível obter ganhos de seleção para todos os caracteres avaliados, embora menos expressivos para os testes de primeira contagem e classificação do vigor de plântulas. Menores ganhos genéticos estão associados a características com maior complexidade do controle gênico. Adicionalmente, o teste de classificação do vigor de plântulas baseia-se no aspecto visual das plântulas, ou seja, um

carater qualitativo e de menor complexidade, esses, de modo geral, apresentam maiores ganhos genéticos que os quantitativos (BUENO; MENDES; CARVALHO, 2006).

O ganho genético obtido para a emergência de plântulas em condições de altas temperaturas de campo e desempenho germinativo sob altas temperaturas de 20-35 e 25-40°C (primeira contagem e germinação) foi elevado. A emergência em condições de altas temperaturas de campo apresentou média inicial da população de 55%, mas após a seleção a estimativa da média da população melhorada elevou-se para 67%, devido ao melhoramento genético e escolha de população mais adaptada a estas condições ambientais.

O ganho genético em porcentagem para a seleção sob temperatura de 20-35 °C foi menor que o obtido a 25-40°C, pois para a primeira condição de temperatura, a primeira contagem e germinação apresentaram ganhos por seleção de 25 e 27%, respectivamente, enquanto o segundo regime apresentou valores de 69 e 65%. No entanto, para o regime de temperaturas de 25-40 °C, estes ganhos genéticos não foram revertidos em maiores médias na seleção das 20 melhores progênes (μ_s), nem médias melhoradas (μ_m), pois estes ganhos na germinação incidiram sobre as médias iniciais da população e as condições de temperaturas extremas de 25-40 °C foram mais prejudiciais ao processo germinativo que as demais, resultando nas menores médias iniciais da população quanto à primeira contagem e germinação, com valores de 19 e 21%, respectivamente (Tabela 4).

Tabela 4. Estimativas de ganhos genéticos por seleção em pontos percentuais na média (GS) e em porcentagem (%) e, média inicial da população (μ_i), média de 20% da população selecionada (μ_s) e média melhorada (μ_m) para testes avaliados pela primeira contagem (PC), germinação (G), classificação do vigor de plântulas (CVP) sob temperatura constante de 20 °C, envelhecimento acelerado (EA), teste da primeira contagem e germinação sob altas temperaturas de 20-35 e 25-40°C, emergência de plântulas em condições de altas temperaturas de campo (22 a 37 °C) (EC) avaliados em 100 progênies de meio-irmãos de nabo-forrageiro.

Testes	Ganho genético		Médias		
	GS	%	μ_i	μ_s	μ_m
PC	3,14	3,34	94,06	98,70	97,20
G	16,49	20,34	81,09	99,38	97,58
CVP	7,78	16,20	48,03	59,00	55,81
EA	27,57	77,41	35,62	65,90	63,19
PC (20-35 °C)	11,51	24,97	46,11	62,90	57,62
G (20-35 °C)	14,51	27,43	52,88	67,38	67,39
PC (25-40 °C)	13,23	69,23	19,11	34,63	32,34
G (25-40 °C)	13,45	64,85	20,74	36,83	34,19
EC	12,40	22,49	55,13	68,70	67,53

De modo similar ao verificado para soja a partir da década de 1980 (KRZYŻANOWSKI, 1998), para nabo-forrageiro a seleção de populações com melhor germinação e desempenho em campo sob altas temperaturas resultariam na economia de sementes para a formação do campo e áreas sem falhas de emergência para propriedades localizadas em regiões de clima quente na época da semeadura e possibilitariam a expansão da cultura para novas fronteiras agrícolas da região centro oeste, norte e nordeste do país.

Para identificar quais progênies seriam utilizadas no próximo ciclo de seleção do programa de melhoramento genético, visando seleção de progênies com sementes de desempenho superior em condições de alta temperatura no campo, o critério adotado foi selecionar aquelas com melhor desempenho em pelo menos quatro testes dos mais eficientes, que são: primeira contagem, germinação, envelhecimento

acelerado, primeira contagem e germinação sob alta temperatura de 20-35 °C. Estes testes foram escolhidos por apresentarem alta herdabilidade (Tabela 2) e por se correlacionarem positivamente com o teste de emergência de plântulas em condições de altas temperaturas em campo (Tabela 3). Maiores coeficientes de herdabilidade proporcionam maiores progressos genéticos com a seleção (EBERHART, 1970). Por sua vez, os valores de correlação genética têm sido aplicados para orientar programas de melhoramento genético, uma vez que eles refletem a fração da expressão fenotípica que é de natureza herdável (ALVES, et al., 2006).

Com relação às análises das médias obtidas, para o teste de primeira contagem, germinação e germinação sob alta temperatura de 20-35 °C considerou-se o máximo desempenho no teste, ou seja, alto vigor (Tabelas 5, 6 e 9). No entanto, para o teste de envelhecimento acelerado e primeira contagem sob alta temperatura de 20-35 °C considerou-se alto e alto médio vigor (Tabelas 7 e 8).

Assim, seriam utilizadas para o próximo ciclo de seleção as progênies: 3, 4, 7, 8, 9, 10, 15, 18, 19, 21, 27, 31, 32, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 45, 47, 48, 52, 53, 55, 56, 58, 62, 68, 70, 71, 76, 87, 90, 91, 92, 95, 98; totalizando 38 progênies, quantidade suficiente para dar prosseguimento ao melhoramento genético considerando-se uma quantidade mínima de 20% das populações disponíveis como adequado para garantir a diversidade da base genética do programa de melhoramento de plantas.

Quando um caráter é controlado por vários genes, o que é muito comum para a maioria das características de valor econômico, a probabilidade de se associar a um indivíduo todos os alelos favoráveis é muito pequena. Nessa condição a chance de sucesso aumenta com o número de famílias avaliadas. Conhecedores desse fato, os melhoristas frequentemente avaliam um grande número de famílias (RAMALHO; FERREIRA; OLIVEIRA, 2012).

O conhecimento sobre os parâmetros genéticos associados a estas características em populações de nabo-forrageiro pode permitir o estabelecimento de estratégias de melhoramento mais efetivas visando desenvolver genótipos superiores para macro-regiões cujas condições ambientais sejam relativamente uniformes e com temperaturas elevadas, tais como o Planalto Central do Brasil.

Desta forma, a estratégia para prosseguir com a seleção de progênies de nabo-forrageiro mais adaptadas às condições de alta temperatura em campo seria iniciar um novo ciclo de cruzamento (recombinação), utilizando as 38

progênies escolhidas com o auxílio dos testes de germinação e vigor de sementes, com posterior avaliação e seleção destas em campo.

Tabela 5. Comparação de médias para o teste de primeira contagem (PC) em 100 progênie de meio-irmãos de nabo-forrageiro.

Progênie	PC	Classes de vigor	Progênie	PC	Classes de vigor
53	100,0 a	Alto	21	93,5 a	Alto
32	100,0 a	Alto	67	93,0 a	Alto
71	99,5 a	Alto	98	92,5 a	Alto
36	99,5 a	Alto	80	92,5 a	Alto
85	99,0 a	Alto	73	92,5 a	Alto
68	99,0 a	Alto	55	92,5 a	Alto
64	99,0 a	Alto	13	92,5 a	Alto
39	99,0 a	Alto	38	92,0 b	Alto médio
22	99,0 a	Alto	33	92,0 b	Alto médio
87	98,5 a	Alto	84	91,5 b	Alto médio
48	98,5 a	Alto	82	91,5 b	Alto médio
19	98,5 a	Alto	25	91,5 b	Alto médio
7	98,5 a	Alto	69	91,0 b	Alto médio
91	98,0 a	Alto	59	91,0 b	Alto médio
90	98,0 a	Alto	63	90,5 b	Alto médio
88	98,0 a	Alto	6	90,5 b	Alto médio
52	98,0 a	Alto	79	90,0 b	Alto médio
47	98,0 a	Alto	34	90,0 b	Alto médio
27	98,0 a	Alto	28	90,0 b	Alto médio
10	98,0 a	Alto	20	90,0 b	Alto médio
4	98,0 a	Alto	97	89,5 b	Alto médio
92	97,5 a	Alto	72	89,5 b	Alto médio
26	97,5 a	Alto	57	89,5 b	Alto médio
18	97,5 a	Alto	86	89,0 b	Alto médio
1	97,5 a	Alto	29	89,0 b	Alto médio
99	97,0 a	Alto	89	88,5 b	Alto médio
76	97,0 a	Alto	100	88,0 b	Alto médio
58	97,0 a	Alto	96	87,5 b	Alto médio
46	97,0 a	Alto	30	87,5 b	Alto médio
11	97,0 a	Alto	93	87,3 b	Alto médio
95	96,5 a	Alto	78	87,0 b	Alto médio
81	96,5 a	Alto	75	87,0 b	Alto médio
31	96,5 a	Alto	23	87,0 b	Alto médio
37	96,0 a	Alto	17	87,0 b	Alto médio
66	95,5 a	Alto	49	86,0 b	Alto médio
60	95,5 a	Alto	43	86,0 b	Alto médio
42	95,5 a	Alto	62	85,5 b	Alto médio
9	95,5 a	Alto	50	85,5 b	Alto médio
41	95,0 a	Alto	54	84,5 b	Alto médio
40	95,0 a	Alto	74	84,0 b	Alto médio
15	95,0 a	Alto	65	84,0 b	Alto médio
83	94,5 a	Alto	51	84,0 b	Alto médio
56	94,5 a	Alto	77	83,5 b	Alto médio
14	94,5 a	Alto	12	83,5 b	Alto médio
8	94,5 a	Alto	5	83,5 b	Alto médio
3	94,5 a	Alto	2	77,5 c	Médio
70	94,0 a	Alto	94	74,8 c	Médio
35	94,0 a	Alto	44	72,5 c	Médio
45	93,5 a	Alto	16	54,5 d	Baixo médio
24	93,5 a	Alto	61	44,5 e	Baixo

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Tabela 6. Comparação de médias para a porcentagem de germinação (G) em 100 progênies de meio-irmãos de nabo-forrageiro.

Progênie	G	Classes de vigor	Progênie	G	Classes de vigor
68	100,0 a	Alto	20	95,5 a	Alto
64	100,0 a	Alto	3	95,5 a	Alto
53	100,0 a	Alto	41	95,0 a	Alto
39	100,0 a	Alto	28	95,0 a	Alto
32	100,0 a	Alto	86	94,5 a	Alto
88	99,5 a	Alto	73	94,5 a	Alto
71	99,5 a	Alto	70	94,5 a	Alto
36	99,5 a	Alto	43	94,5 a	Alto
27	99,5 a	Alto	35	94,5 a	Alto
19	99,5 a	Alto	25	94,5 a	Alto
18	99,5 a	Alto	21	94,5 a	Alto
7	99,5 a	Alto	13	94,5 a	Alto
91	99,0 a	Alto	96	94,0 a	Alto
85	99,0 a	Alto	67	94,0 a	Alto
48	99,0 a	Alto	62	94,0 a	Alto
22	99,0 a	Alto	45	94,0 a	Alto
11	99,0 a	Alto	6	94,0 a	Alto
4	99,0 a	Alto	97	93,5 a	Alto
99	98,5 a	Alto	63	93,0 a	Alto
90	98,5 a	Alto	59	93,0 a	Alto
87	98,5 a	Alto	33	93,0 a	Alto
81	98,5 a	Alto	100	92,5 a	Alto
10	98,5 a	Alto	89	92,0 a	Alto
1	98,5 a	Alto	38	92,0 a	Alto
92	98,0 a	Alto	30	92,0 a	Alto
60	98,0 a	Alto	84	91,5 a	Alto
58	98,0 a	Alto	72	91,5 a	Alto
52	98,0 a	Alto	34	91,5 a	Alto
47	98,0 a	Alto	69	91,0 b	Médio
8	98,0 a	Alto	23	90,5 b	Médio
76	97,5 a	Alto	79	90,0 b	Médio
66	97,5 a	Alto	78	90,0 b	Médio
37	97,5 a	Alto	57	90,0 b	Médio
26	97,5 a	Alto	54	89,5 b	Médio
46	97,0 a	Alto	17	89,5 b	Médio
42	97,0 a	Alto	93	89,3 b	Médio
31	97,0 a	Alto	2	89,0 b	Médio
95	96,5 a	Alto	75	88,0 b	Médio
56	96,5 a	Alto	49	88,0 b	Médio
14	96,5 a	Alto	12	87,5 b	Médio
9	96,5 a	Alto	77	86,0 b	Médio
98	96,0 a	Alto	51	86,0 b	Médio
82	96,0 a	Alto	5	86,0 b	Médio
40	96,0 a	Alto	65	85,5 b	Médio
15	96,0 a	Alto	50	85,5 b	Médio
83	95,5 a	Alto	74	85,0 b	Médio
80	95,5 a	Alto	94	78,0 c	Baixo
55	95,5 a	Alto	44	75,5 c	Baixo
29	95,5 a	Alto	16	74,5 c	Baixo
24	95,5 a	Alto	61	73,5 c	Baixo

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Tabela 7. Comparação de médias para o teste de envelhecimento acelerado (EA) em 100 progênie de meio-irmãos de nabo-forrageiro.

Progênie	EA	Classes de vigor	Progênie	EA	Classes de vigor
8	84,0 a	Alto	59	35,5 d	Baixo médio
4	83,5 a	Alto	32	35,0 d	Baixo médio
10	82,0 a	Alto	98	34,5 d	Baixo médio
3	78,0 a	Alto	74	34,5 d	Baixo médio
36	74,5 a	Alto	44	34,5 d	Baixo médio
85	69,0 b	Alto médio	41	34,5 d	Baixo médio
68	66,5 b	Alto médio	51	34,0 d	Baixo médio
9	66,5 b	Alto médio	83	32,0 d	Baixo médio
62	65,5 b	Alto médio	93	30,7 d	Baixo médio
39	65,0 b	Alto médio	67	30,0 d	Baixo médio
91	64,0 b	Alto médio	90	29,5 d	Baixo médio
58	60,5 b	Alto médio	76	29,5 d	Baixo médio
45	60,5 b	Alto médio	54	29,5 d	Baixo médio
63	59,5 b	Alto médio	50	29,0 d	Baixo médio
37	59,0 b	Alto médio	69	28,5 d	Baixo médio
6	58,0 c	Médio	84	27,5 d	Baixo médio
40	56,0 c	Médio	38	26,0 d	Baixo médio
1	55,5 c	Médio	72	25,5 d	Baixo médio
52	55,0 c	Médio	7	25,5 d	Baixo médio
64	54,5 c	Médio	60	25,0 d	Baixo médio
55	54,0 c	Médio	65	23,5 d	Baixo médio
31	54,0 c	Médio	77	23,0 d	Baixo médio
5	52,5 c	Médio	14	22,5 d	Baixo médio
56	52,0 c	Médio	33	18,0 e	Baixo
47	51,0 c	Médio	30	17,0 e	Baixo
35	50,5 c	Médio	21	17,0 e	Baixo
82	49,5 c	Médio	15	16,0 e	Baixo
42	49,5 c	Médio	25	15,5 e	Baixo
43	48,5 c	Médio	19	14,5 e	Baixo
48	48,0 c	Médio	75	14,0 e	Baixo
99	45,5 c	Médio	18	14,0 e	Baixo
96	45,5 c	Médio	61	12,0 e	Baixo
86	45,5 c	Médio	23	11,0 e	Baixo
70	45,0 c	Médio	100	10,5 e	Baixo
73	44,5 c	Médio	28	10,5 e	Baixo
92	44,0 c	Médio	71	10,0 e	Baixo
89	44,0 c	Médio	12	9,0 e	Baixo
81	43,5 c	Médio	13	8,5 e	Baixo
46	43,5 c	Médio	24	7,5 e	Baixo
57	42,0 c	Médio	22	7,0 e	Baixo
49	42,0 c	Médio	17	6,5 e	Baixo
2	39,5 c	Médio	29	5,0 e	Baixo
87	39,0 c	Médio	26	5,0 e	Baixo
66	39,0 c	Médio	20	5,0 e	Baixo
94	36,8 d	Baixo médio	16	2,0 e	Baixo
53	36,0 d	Baixo médio	27	1,0 e	Baixo
34	36,0 d	Baixo médio	11	0,5 e	Baixo
97	35,5 d	Baixo médio	80	0,0 e	Baixo
95	35,5 d	Baixo médio	79	0,0 e	Baixo
88	35,5 d	Baixo médio	78	0,0 e	Baixo

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Tabela 8. Comparação de médias para o teste de primeira contagem (PC) sob alta temperatura de 20-35 °C em 100 progênie de meio-irmãos de nabo-forrageiro.

Progênie	PC (20-35 °C)	Classes de vigor	Progênie	PC (20-35 °C)	Classes de vigor
40	74,0 a	Alto	97	46,0 b	Alto médio
98	73,5 a	Alto	59	46,0 b	Alto médio
48	72,5 a	Alto	37	46,0 b	Alto médio
56	71,5 a	Alto	88	45,5 b	Alto médio
15	70,0 a	Alto	69	45,5 b	Alto médio
55	67,5 a	Alto	78	45,0 c	Baixo médio
31	66,5 a	Alto	36	45,0 c	Baixo médio
62	63,0 a	Alto	60	44,5 c	Baixo médio
86	61,5 a	Alto	82	44,0 c	Baixo médio
9	61,5 a	Alto	22	44,0 c	Baixo médio
4	61,5 a	Alto	10	44,0 c	Baixo médio
84	60,5 a	Alto	85	43,5 c	Baixo médio
91	58,5 a	Alto	1	43,5 c	Baixo médio
3	58,5 a	Alto	43	42,5 c	Baixo médio
30	58,0 a	Alto	35	42,5 c	Baixo médio
5	57,0 b	Alto médio	44	42,0 c	Baixo médio
47	56,5 b	Alto médio	2	42,0 c	Baixo médio
28	55,5 b	Alto médio	80	41,5 c	Baixo médio
6	55,5 b	Alto médio	65	41,5 c	Baixo médio
68	55,0 b	Alto médio	64	40,5 c	Baixo médio
96	53,5 b	Alto médio	79	40,0 c	Baixo médio
76	53,5 b	Alto médio	33	40,0 c	Baixo médio
58	53,0 b	Alto médio	14	40,0 c	Baixo médio
52	53,0 b	Alto médio	100	39,5 c	Baixo médio
90	52,5 b	Alto médio	99	39,8 c	Baixo médio
32	52,0 b	Alto médio	61	38,5 c	Baixo médio
87	51,5 b	Alto médio	24	38,5 c	Baixo médio
21	51,5 b	Alto médio	13	38,5 c	Baixo médio
70	51,0 b	Alto médio	81	38,0 c	Baixo médio
57	51,0 b	Alto médio	46	38,0 c	Baixo médio
19	50,0 b	Alto médio	66	37,5 c	Baixo médio
95	49,5 b	Alto médio	50	37,5 c	Baixo médio
51	49,5 b	Alto médio	94	37,2 c	Baixo médio
45	49,5 b	Alto médio	49	36,5 c	Baixo médio
25	49,5 b	Alto médio	17	36,5 c	Baixo médio
18	49,0 b	Alto médio	83	36,0 c	Baixo médio
8	49,0 b	Alto médio	73	35,5 c	Baixo médio
53	48,5 b	Alto médio	75	35,0 c	Baixo médio
23	48,5 b	Alto médio	38	34,5 c	Baixo médio
92	48,0 b	Alto médio	20	32,5 c	Baixo médio
74	48,0 b	Alto médio	72	32,0 c	Baixo médio
27	48,0 b	Alto médio	67	32,0 c	Baixo médio
89	47,0 b	Alto médio	11	30,5 c	Baixo médio
42	47,0 b	Alto médio	54	26,0 d	Baixo
41	47,0 b	Alto médio	26	25,5 d	Baixo
29	47,0 b	Alto médio	63	24,0 d	Baixo
12	47,0 b	Alto médio	34	23,0 d	Baixo
7	47,0 b	Alto médio	93	20,0 d	Baixo
71	46,5 b	Alto médio	16	19,0 d	Baixo
39	46,5 b	Alto médio	77	8,0 d	Baixo

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Tabela 9. Comparação de médias para a porcentagem de germinação (G) sob alta temperatura de 20-35 °C em 100 progênies de meio-irmãos de nabo-forrageiro.

Progênie	G (20-35 °C)	Classes de vigor	Progênie	G (20-35 °C)	Classes de vigor
40	77,5 a	Alto	78	54,0 a	Alto
48	77,0 a	Alto	37	54,0 a	Alto
98	76,0 a	Alto	27	54,0 a	Alto
15	74,5 a	Alto	51	53,5 a	Alto
56	73,0 a	Alto	41	53,5 a	Alto
4	70,0 a	Alto	10	53,5 a	Alto
31	69,0 a	Alto	89	53,0 a	Alto
55	68,0 a	Alto	7	53,0 a	Alto
30	66,5 a	Alto	97	52,5 a	Alto
62	65,5 a	Alto	65	52,5 a	Alto
3	65,0 a	Alto	59	52,5 a	Alto
9	64,0 a	Alto	42	52,5 a	Alto
84	63,5 a	Alto	60	52,0 a	Alto
5	63,5 a	Alto	71	51,5 a	Alto
58	63,0 a	Alto	92	51,0 a	Alto
91	62,5 a	Alto	39	50,5 a	Alto
86	62,5 a	Alto	69	49,0 b	Médio
76	62,5 a	Alto	88	48,5 b	Médio
52	62,0 a	Alto	13	48,5 b	Médio
28	62,0 a	Alto	85	48,0 b	Médio
6	62,0 a	Alto	80	48,0 b	Médio
57	61,5 a	Alto	43	46,5 b	Médio
68	61,0 a	Alto	82	46,0 b	Médio
47	61,0 a	Alto	83	45,5 b	Médio
14	60,5 a	Alto	81	45,5 b	Médio
2	60,5 a	Alto	61	45,0 b	Médio
95	58,0 a	Alto	46	45,0 b	Médio
21	58,0 a	Alto	24	44,5 b	Médio
18	58,0 a	Alto	99	44,0 b	Médio
96	57,5 a	Alto	79	44,0 b	Médio
90	57,5 a	Alto	38	43,5 b	Médio
32	57,5 a	Alto	75	43,0 b	Médio
25	57,5 a	Alto	66	43,0 b	Médio
45	56,6 a	Alto	73	42,5 b	Médio
36	56,0 a	Alto	100	42,0 b	Médio
33	56,0 a	Alto	64	42,0 b	Médio
20	56,0 a	Alto	26	41,5 b	Médio
8	56,0 a	Alto	49	41,0 b	Médio
44	55,5 a	Alto	50	40,5 b	Médio
22	55,5 a	Alto	17	40,5 b	Médio
12	55,5 a	Alto	94	40,4 b	Médio
74	55,0 a	Alto	67	40,0 b	Médio
70	55,0 a	Alto	11	39,5 b	Médio
53	54,5 a	Alto	72	35,0 c	Baixo
35	54,5 a	Alto	54	31,5 c	Baixo
29	54,5 a	Alto	34	31,0 c	Baixo
23	54,5 a	Alto	63	30,5 c	Baixo
19	54,5 a	Alto	16	30,0 c	Baixo
1	54,5 a	Alto	93	24,7 c	Baixo
87	54,0 a	Alto	77	14,0 c	Baixo

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade de erro.

7 CONCLUSÃO

O teste de primeira contagem, germinação, envelhecimento acelerado, primeira contagem e germinação sob alta temperatura de 20-35 °C podem ser utilizados para delinear estratégias de seleção de populações de nabo-forrageiro adaptados à germinação e emergência de plântulas em campo sob altas temperaturas.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALKA, S.; KHANNA-CHOPRA, R. Influence of temperature on germination and seedling growth and its relationship with amylase activity and respiration in wheat varieties differing in temperature tolerance. **Indian Journal of Experimental Biology**, New Delhi, v.33, p.775-779, 1995.

ALVES, J. C. S. et al., Estimativas de parâmetros genéticos para um conjunto de caracteres de raiz e folhagem em populações de cenoura derivadas da cultivar Brasília. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 22., 2004, Brasília. **Anais...** Brasília, DF: SOB, 2004, 122 p.

ALVES, J. C. S. et al., Herdabilidade e correlações genéticas entre caracteres de folhagem e sistema radicular em famílias de cenoura, cultivar Brasília. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 3, p. 363-367. 2006.

BLUM, A.; SINMENA, B. Wheat seed endosperm utilization under heat stress and its relation to thermotolerance in the autotrophic plant. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.37, n.3, p.185 191, 1994.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 365p.

BUENO, L. C. S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento genético de plantas**: princípios e procedimentos. 2.ed. Lavras: UFLA, 2006. 319p.

- BRUCKERIDGE, M. S. et al. Mobilização de reservas. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Ed.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artimed, 2004. p.163-185
- CALEGARI, A. et al., Nabo-forrageiro. In: ADUBAÇÃO VERDE NO SUL DO BRASIL, 1993. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Assessoria e serviços a projetos em agricultura alternativa, 1993. p. 203-204.
- CALEGARI, A. Plantas para adubação verde de inverno no sudoeste do Paraná. **Boletim Técnico Instituto Agrônômico do Paraná**, Londrina, n.35, p. 1-36, 1990.
- CALERO, E.; WEST, S.H.; HINSON, K. Water absorption of soybean associated causal factors. **Crop Science**, Madison, v.21, p.926-933, 1981.
- CARGNIN, A. et al. Tolerância ao estresse de calor em genótipos de trigo na fase de germinação. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.2, p.245-251, 2006.
- CARVALHO N. M. **O conceito de vigor em sementes**. In: VIEIRA R. D.; CARVALHO N. M. Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP. p. 1-30, 1994.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012, 590p.
- CHEN, H. G.; WU, J. S. Characterization of fertile amphidiploids between *Raphanus sativus* and *Brassica aldoagabra* and crossability with *Brassica* species. **Genetic Resources Crop Evolution**, v. 55, p. 143-150, 2008.
- COSTA, J. A. et al. Variedades de soja diferem na velocidade e capacidade de absorver água. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 3, n. 1-2, p. 91-96, 2002.
- COSTA, N. P. et al. Zoneamento ecológico do estado do Paraná para produção de sementes de cultivares precoces de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 16, n. 1, p. 12-19, 1994.
- CRUSCIOL, C. A. C. et al., Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo-forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 2, p. 161-168, 2005.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes** (versão Windows): aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001. 648p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. Relação entre caracteres. In: **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**, Viçosa: Editora UFV, 2003. v. 1, cap. 1, p. 13-41.
- CULTURA DO NABO FORRAGEIRO. **Circular Técnico Cati**; 1, 2003. Disponível em: < www.cati.gov.sp.br >. Acesso em: 15 jan. 2013.
- DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.1, n. 2, p.427-452, 1973.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. 2.ed. Londrina: IAPAR, 1992. p. 1-78 (Circular, 73).

DOJODE, S.D. **Seed storage of horticultural crops**. Food Products Press, New York. 2001, 329p.

EBERHART, S. A. Factors affecting efficiencies of breeding methods. **African Soils**, Paris, v. 15, n. 1/3, p. 669-680, 1970.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**, Trad. SILVA, M. A.; SILVA, J. C. Viçosa, UFV. Imprensa Universitária, 1987. 279p.

FERREIRA M. A. J. F. et al., Correlações genéticas, fenotípicas e de ambiente entre dez caracteres de melancia e suas implicações para o melhoramento genético. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 3, p. 438-441, 2003.

GASPAR-OLIVEIRA, C. M, et al., Manutenção da umidade do substrato durante o teste de germinação de *Brachiaria brizantha*. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.29, n.3, p.52 - 60, 2007.

HAMPTON, J. G. TEKRONY, D. M. **Handbook of vigor test methods**. Zurich, International Seed Testing Association. 3 ed, 1995, 117p.

HSU, K.H.; KIM, C.J.; WILSON, L.A. Factors affecting water uptake of soybean during soaking. **Cereal Chemistry**, v.60, p.208-211, 1983.

JAIN, N.; KOOPAR, R.; SAXENA, S. Effect of accelerated ageing on seeds radish (*Raphanus sativus* L.). **Asian Journal of Plant Sciences**, New Delhi, v. 5, n. 3, 461-464, 2006.

KIKUTI, A. L. P.; MARCOS FILHO, J. Physiological potential of cauliflower seeds. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 4, p. 374-380, 2008.

KOLCHINSKI; E. M.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p.1248-1256, 2005.

KOMBA, C. G.; BRUNTON, B. G.; HAMPTON, J. G. Accelerated ageing vigour testing of kale (*Brassica oleracea* var. acephala DC.) seed. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 34, n.1, p. 205-208, 2006.

KRZYZANOWSKI, F.C. Relationship between seed technology and federal plant breeding programs. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.55, p.83-87, 1998.

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, 1999. cap. 3, p.1-24.

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

MARTINS, C. C. ; SILVA, N. ; MACHADO, C. G. Tests for the selection of carrot populations with greater vigor and longevity of seeds. Brasília. In: 6TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SEED, TRANSPLANT AND STAND ESTABLISHMENT OF VEGETABLE CROPS: SOWING THE FUTURE OF TROPICAL HORTICULTURE, 1, 2012, Brasília. **Anais...** Brasília: Embrapa hortaliças, 2012, p. 48-48.

MIRANDA, D. M.; NOVENBRE, A. D. L. C.; CHAMMA, H. M. C. P. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de sorgo pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 226-231, 2001.

MODARRESI, R.; VAN DAMME, P. Application of the controlled deterioration test to evaluate wheat seed vigour. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 31, n. 3, p. 771-775, 2003.

MUÑOZ RODRÍGUEZ, A. F.; AYUSO YUSTE, M. C.; LABRADOR MORENO, J. **Polinización de cultivos**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2005. 232 p.

MUZILLI, O. Manejo da matéria orgânica no sistema plantio direto: a experiência no Estado do Paraná. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 100, p. 6-10, dez. 2002.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1-2.24.

NASCIMENTO, W. M.; CANTLIFFE, D. J. Germinação de sementes de alface sob altas temperaturas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 103-106, 2002.

NERY, M. C. CARVALHO, M. L. M.; FRAGA, A. C. Adequação do teste de germinação para sementes de nabo-forrageiro. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, vol. 31, n. 2, p. 177-187, 2009.

NERY, M. C.; CARVLHO, M. L. M.; GUIMARÃES, R. M. Teste de vigor para avaliação da qualidade de sementes de nabo-forrageiro. **Informativo Abrates**, Londrina, vol. 19, n. 1, p. 9-20, 2009.

PALOMINO, E. C. **Tamanho da amostra para avaliação de famílias de meio-irmãos de milho**. 1998. 89 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Genética e melhoramento de plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Evaluation of the physiological potencial os tomato seeds. **Seed Technology**, v. 23, n. 2, p. 151-161, 2001.

PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G. P. Herança Quantitativa. In: __ **Melhoramento e produção do milho**, Campinas: Fundação Cargil, 1987. cap. 5, p. 137-209.

PEREIRA, J. O. F. Nabo-forrageiro – CATI AL 1000: Adubação verde para inverno. Manduri: CECOR/DCT/CATI/SAA, 1998. (CATI Responde, n. 25).

- PRAKASH, S. et al., Cytogenetics. In: GÓMEZ-CAMPO, C. **Biology of Brassica coenospecies**. Amsterdam: Elsevier, 1999. P. 59-106.
- RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em Genética e Melhoramento de Plantas**. 3 ed. Lavras: UFLA, 2012. 305p.
- SÁ, R. O. **Seleção entre e dentro de progênes de meios irmãos de nabo-forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* metzg.) cultivar cati al 1000**. 2008. 84f. Tese (Doutorado em Agronomia – Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade estadual Paulista, Botucatu, 2008.
- SÁ, R.O. **Variabilidade genética entre progênes de meios irmãos de nabo-forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *Oleiferus*) cultivar CATI AL 1000**. 2005. 39 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.
- SILVA, G. O.; VIEIRA, J. D.; NASCIMENTO, W. M. Estratégias de seleção para germinação de sementes de cenoura em condições de temperaturas elevadas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 1, p. 121-125, 2011.
- SOUZA, E. D. et al., Fitomassa e acúmulo de nitrogênio, em espécies vegetais de cobertura do solo para um Latossolo Vermelho distroférico de Cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 4, p. 525-531, 2008.
- SOUZA, F.H.D. Características físicas das sementes de *Calopogonium mucunoides* Desv. associadas à qualidade fisiológica e ao padrão de absorção de água: I. Tamanho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.18, p.33-40, 1996.
- TEBALDI, N.D. et al., Determinação do tempo e da temperatura para o teste de envelhecimento acelerado de sementes de brócolos (*Brassica oleracea* L.) var. *italica* Plenck. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 11, 1999, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Foz do Iguaçu, PR: ABRATES, 1999, p. 120.
- TEIXEIRA, L. M. R.; ZAMPIEROM, S. L. M. Estudo da Biologia Floral entomofauna Associada ao Nabo-forrageiro (*Raphanus sativus*: Cruciferae): Resultados Prévios. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 135-137, 2007.
- TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. Relationship of seed vigor to crop yield. **Crop science**, Madison, v.31, n.3, p.816-882, 1991.
- TOKUMASU, S. Effect of dry and wet storage upon seed dormancy in cruciferous vegetables **Journal of the Japanese Society of Horticultural Science**, v.40, n.1, p.23-28, 1971.
- VALADARES, R. V. et al., Fertilidade do solo e produtividade de milho em sistemas de adubação verde no norte de Minas Gerais. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 505-516, 2012.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: SBG, 1992. 496 p.

VIEIRA J. V; BOITEUX . L. S; ARAGÃO F. A. S. 2001. Estimativas de parâmetros genéticos relativos ao comprimento de raízes de cenoura em populações derivadas da cultivar Alvorada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 41. Resumos... Brasília: SOB (CD-ROM).

VIEIRA, J. V. et al., Seleção de progênies de meio-irmãos de cenoura baseada em características de sementes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v, 23, p. 44-47, 2005.

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164p.

VIEIRA, R. D. et al. Efeito de genótipos de feijão e de soja sobre os resultados da condutividade elétrica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 18, n. 2, p. 220-224, 1996.