

LUIZA BARBOSA DA MATTA

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE GENÓTIPOS DE GIRASSOL
(HELIANTHUS ANNUUS)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

M435a
2016

Matta, Luiza Barbosa da, 1990-
Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de
girassol (*Helianthus annuus*) / Luiza Barbosa da Matta. -
Viçosa, MG, 2016.
x, 55f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador : Cosme Damião Cruz.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.
Referências bibliográficas: f.50-55.

1. Girassol - Melhoramento genético. 2. Interação
genótipo-ambiente. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Biologia Geral. Programa de
Pós-graduação em Genética e Melhoramento. II. Título.

CDD 22. ed. 583.99

LUIZA BARBOSA DA MATTA

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE GENÓTIPOS DE GIRASSOL
(HELIANTHUS ANNUUS)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 19 de julho de 2016.

Pedro Crescêncio Souza Carneiro
(Coorientador)


Cláudio Guilherme Portela de Carvalho

Cosme Damião Cruz
(Orientador)

“Em todas estas coisas, somos mais que vencedores por meio daquele que nos amou.”

Romanos 8:37

Dedico esta dissertação a Deus, autor da minha salvação. Aos meus pais, meu suporte emocional em toda essa jornada, que nunca mediram esforços para me fazer chegar até aqui. À minha irmã pelo companheirismo e alegria no dia a dia, deixando o peso do trabalho um pouco mais leve. Ao meu noivo pela companhia diária nesta caminhada, com amor e paciência, me trazendo paz.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a Deus, que, em todos os momentos de dúvida, angústia ou tribulação esteve ao meu lado como um Pai carinhoso.

Agradeço à minha mãe Cláudia e ao meu pai Sérgio pelo apoio incondicional nesta jornada. Sempre foram ombro amigo, suporte emocional, auxílio na resolução de problemas, enfim, sempre demonstraram muito amor e dedicação por mim.

Agradeço à Isabela, minha irmã, por sempre se preocupar, me entender e fazer o fardo do dia a dia algo mais leve e simples, me inundando de risadas, demonstrando assim o seu amor por mim.

Agradeço ao meu noivo Keevyn, companheiro, futuro marido. Sempre prestativo, pronto a ajudar, a me dar um abraço carinhoso, uma palavra de apoio e por sempre acreditar em mim.

Agradeço ao meu orientador, Cosme Damião Cruz, por ter sido paciente comigo, por ter me aconselhado e me transmitido conhecimento de forma didática e tranquila.

Agradeço aos meus coorientadores Pedro Crescêncio Souza Carneiro e Leonardo Lopes Bhering pelos ensinamentos e aconselhamentos dados desde a época da graduação.

Agradeço ao pesquisador Cláudio Portela por ter aceitado o convite para a banca e por ter cedido os dados para análises, sempre respondendo prontamente às minhas dúvidas.

Agradeço à Embrapa Soja pela possibilidade da parceria.

Agradeço aos meus colegas do Laboratório de Bioinformática, por fazerem do ambiente de trabalho um local agradável e onde há sempre um braço amigo pronto a ajudar.

Agradeço aos meus amigos e família pelos bons momentos, pelas orações, pela companhia, conselhos, abraços, enfim: por terem sido realmente amigos.

Agradeço à Universidade Federal de Viçosa pela oportunidade de trabalhar em um laboratório de qualidade, proporcionando a possibilidade de conhecer inúmeras pessoas com as quais pude fazer contatos pessoais e profissionais.

Agradeço, por fim, ao CNPq pela bolsa concedida durante este período.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. A cultura do girassol	3
2.2. Estabilidade e adaptabilidade de genótipos de girassol	5
3. MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1. Material Experimental	8
3.2. Procedimentos biométricos para estudo do desempenho dos genótipos e da interação genótipo x ambiente	10
3.3. Representatividade da rede ambiental	11
3.4. Procedimentos biométricos para estudo para adaptabilidade e estabilidade de genótipos de girassol	12
3.4.1. Métodos paramétricos de Eberhart e Russell	12
3.4.2. Métodos não paramétricos de Linn e Binns	13
3.4.3. Método não paramétrico do Centroide	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4.1. Potencial genético dos genótipos de girassol	16
4.2. Interação entre genótipos de girassol e ambiente	23
4.3. Representatividade da rede ambiental	26
4.4. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de girassol	30
4.4.1. Método paramétrico baseado em regressão	32
4.4.2. Métodos não paramétricos de Linn e Binns	39
4.4.3. Métodos não paramétricos do Centroide	44
5. CONCLUSÕES	49
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

RESUMO

DA MATTA, Luiza Barbosa, M.S. Universidade Federal de Viçosa, julho de 2016. **Adaptabilidade e estabilidade no melhoramento de girassol (*Helianthus annuus*)**. Orientador: Cosme Damião Cruz. Coorientadores: Leonardo Lopes Bhering e Pedro Crescêncio Souza Carneiro.

Os diversos usos do girassol e o potencial energético de suas sementes vêm sendo de crescente interesse na pesquisa a fim de potencializar ganhos genéticos com a cultura. O estabelecimento satisfatório da cultura de girassol depende grandemente da utilização de genótipos adaptados às regiões de cultivo, necessitando-se detectar e quantificar as interações entre genótipos e ambientes, fazendo uso de análises posteriores de adaptabilidade e estabilidade. Os objetivos deste trabalho são, em primeiro lugar, a proposta de uma nova metodologia de avaliação de redes ambientais (método do número ótimo de ambientes por busca exaustiva), além de estimar adaptabilidade e estabilidade de 16 genótipos potenciais de girassol, lançando mão de três metodologias para tal, incluindo o método ainda pouco difundido do centroide, visando assim, a recomendação de cultivares. Ao fim das análises espera-se que as metodologias empregadas se mostrem eficazes em recomendar cultivares específicos para variados ambientes. Foram utilizados dados de genótipos de girassol obtidos nas segundas safras de 2012 e 2013 em diversos estados sob a coordenação da Embrapa Soja. A condução dos experimentos foi feita se considerando 16 genótipos e 16 locais, e o delineamento experimental foi conduzido em blocos casualizados, com quatro repetições. As características agronômicas avaliadas foram o rendimento de grãos e o rendimento de óleo. Nas análises da rede de ambientes, nas quais foi utilizado o novo método proposto da busca exaustiva, foi possível concluir que este se mostrou eficiente em eliminar ambientes da rede sem afetar substancialmente os valores de correlação entre as análises. Neste trabalho, pôde-se perceber que a redução de, no máximo um ambiente foi apontada como viável para a condução dos experimentos para ambas as características mensuradas. Em relação às estimativas de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos avaliados, foram utilizadas as metodologias de Eberhart e Russell, Lin e Binns e centroide, que se mostraram concordantes na recomendação de cultivares,

incluindo a do centroide, ainda pouco difundida, que se mostrou de grande potencial pela facilidade de interpretação de resultados. Dos resultados obtidos, pôde-se concluir que os genótipos 12 (BRSG39) e 16(BRSG36) se mostraram propícios a ambientes favoráveis, o genótipo 2(HELIO358(T)) se destacou na recomendação a ambientes desfavoráveis e os genótipos 8(BRSG37), 4(MG341) e 13(BRSG37) se mostraram como sendo de adaptabilidade geral, com destaque para o primeiro.

ABSTRACT

DA MATTA, Luiza Barbosa, M.S. Universidade Federal de Viçosa, July, 2016.
Adaptability and stability in sunflower breeding (*Helianthus annuus*).
Adviser: Cosme Damião Cruz. Co-advisers: Leonardo Lopes Bhering e Pedro Crescêncio Souza Carneiro.

The various sunflower uses and the energy potential of the seeds have been of growing interest in research in order to maximize genetic gain with culture. Satisfactory establishment of the sunflower crop depends greatly on the use of genotypes adapted to growing regions, need to detect and quantify the interactions between genotypes and environments, making use of further analysis of adaptability and stability. The objectives of this work are, first, the proposal of a new methodology for evaluating environmental networks (great number of method environments by exhaustive search), and estimate adaptability and stability of 16 potential genotypes of sunflower, making use of three methodologies for such, including the still little widespread method of centroid, thus aiming at the recommendation of cultivars. After the analysis is expected that the methodologies employed prove effective in recommending specific cultivars for different environments. sunflower genotypes Data was obtained in the second harvests of 2012 and 2013 in several states under the coordination of Embrapa Soja. The conduct of the experiments was made considering genotypes 16 and 16 places, and the experimental design was a randomized block design with four replications. The agronomic traits were grain yield and oil yield. In the analysis of network environments in which we used the proposed new method of exhaustive search, it was concluded that this proved effective in eliminating network environments without substantially affecting the correlation values between the analysis. In this paper, it could be seen that the reduction of maximum an environment has been identified as viable for conducting experiments for both measured characteristics. In the estimates of adaptability and stability of genotypes, methodologies Eberhart were used and Russell, Lin and Binns and centroid, who were concordant on the recommendation of cultivars, including the centroid, still little known, which proved of great potential for ease of results Interpretation. From the results, it could be concluded that the genotypes 12 (BRSG39) and 16 (BRSG36) proved conducive to favorable environment, genotype 2 (HELIO358 (T)) stood out in

the recommendation to unfavorable environments and genotypes 8 (BRSG37) , 4 (MG341) and 13 (BRSG37) proved to be of general adaptability, especially the first.

1. Introdução

O girassol é uma cultura que se desenvolve bem na maioria dos solos agricultáveis, podendo ser cultivado em praticamente todo o território nacional, dada sua ampla faixa de tolerância a temperaturas extremas e à seca, além de ser pouco influenciado pela latitude, altitude e fotoperíodo (CASTRO et al., 1997). Estas características fazem com que a cultura do girassol se torne uma importante alternativa econômica em sistemas de rotação ou sucessão de cultivos em regiões produtoras de grãos (GRUNVALD et al., 2014).

O elevado potencial das características agronômicas do girassol, tais como produtividade de grãos e rendimento de óleo, faz com que sua cultura seja destinada a diversos usos, como na alimentação animal, ornamentação, produção de óleo alimentício e de biodiesel, fazendo com que o girassol tenha se tornado uma das culturas mais propícias à matéria prima na busca por fontes renováveis, alternativas ao uso do petróleo (KNOTHE, 2005).

As sementes de girassol possuem elevado valor nutritivo, tanto proteico quanto lipídico, uma vez que em sua composição há cerca de 60% de ácidos graxos linoleicos, responsáveis pela redução do colesterol no plasma sanguíneo e, por consequência, do fator de risco de doenças cardiovasculares (MILLER et al., 1987).

Dada a alta e crescente produtividade da cultura de girassol no Brasil e no mundo, o interesse por estudos a respeito vem aumentando em diversas áreas do conhecimento, incluindo a genética e o melhoramento, uma vez que se tem o interesse em melhorar a qualidade e a produtividade, embora não se possa contar com maior área de plantio para tal. Além da época de semeadura, o estabelecimento satisfatório da cultura de girassol depende da utilização de

cultivares adaptados às regiões de cultivo (GRUNVALD et al., 2009). A adequação dos cultivares adaptados a cada local torna-se bastante complexa quando há a detecção de interação entre cultivares e ambientes, sendo que esta ocorre quando há respostas distintas dos cultivares testados em diferentes ambientes (CRUZ & REGAZZI, 1994).

Quando se detecta presença de interação cultivar x ambiente cita-se, como possibilidade de minimizá-la, a indicação de cultivares adaptados a regiões específicas, sendo as metodologias mais utilizadas a de estratificação de ambientes e os estudos de estabilidade e adaptabilidade. Tais estudos favorecem a identificação de cultivares de comportamento previsível e responsivo às variações ambientais (CRUZ & REGAZZI, 1994).

Este trabalho pretende difundir e aplicar procedimentos baseados em análises de adaptabilidade e estabilidade de cultivares de girassol. A atenção que esta cultura vem recebendo tem sido cada vez maior, principalmente devido ao grande potencial que esta possui no que diz respeito à sua utilização como fonte combustível renovável, sendo assim menos poluente. No Brasil a avaliação e seleção de cultivares de girassol têm sido realizadas por meio da Rede de Ensaios de Avaliação de Cultivares de Girassol, coordenada pela Embrapa soja, porém, poucos estudos de adaptabilidade e estabilidade desses cultivares têm sido realizados (PORTO et al., 2008).

Os objetivos deste trabalho são, em primeiro lugar, a proposta de uma nova metodologia de avaliação de redes ambientais (método do número ótimo de ambientes por busca exaustiva), além de estimar adaptabilidade e estabilidade de 16 genótipos potenciais de girassol, lançando mão de três metodologias para tal, incluindo o método ainda pouco difundido do centroide, visando assim, a recomendação de cultivares. Ao fim das análises espera-se

que as metodologias empregadas se mostrem eficazes em recomendar cultivares específicos para variados ambientes.

2. Revisão de Literatura

2.1 A cultura do girassol

A cultura do girassol é alvo de estudos diversos devido ao potencial energético dos grãos, que permitem ao produtor a extração de óleo ou o consumo destes de forma *in natura* ou processada, uma vez que possuem alto teor proteico.

Visando a busca por fontes renováveis de combustível, muito tem se pesquisado a respeito do potencial do óleo de girassol na produção de biodiesel, como pode ser percebido nos trabalhos de Silva (2004), Maziero et al. (2006) e Gama et al. (2010).

Silva (2004) propôs um estudo inicial do potencial energético do óleo de girassol na produção de biocombustível, concluindo que o óleo bruto de girassol mostrou-se viável à produção de biodiesel. A correta dosagem do catalisador e dos reagentes propiciou teores ótimos de éster etílico, porém o processo precisa ser melhorado a fim de evitar emulsão no biodiesel formado, evidenciada pela presença, na análise espectral, do radical hidroxila. O resfriamento imediato do biodiesel formado deve ser testado com o intuito de aumentar a precipitação da glicerina, tornando o biocombustível mais puro. Gama et al. (2010) concluíram que foi possível desenvolver um novo processo para a obtenção de biodiesel via catálise heterogênea com o emprego direto de sementes de girassol, contribuindo assim para o emprego deste como potencial biocombustível. Maziero et al. (2006) focaram seus estudos na avaliação dos níveis de emissão (gases poluentes e material particulado) e o desempenho de

um motor de ignição por compressão, alimentado com éster etílico de óleo de girassol como combustível. Ao final dos estudos foi possível concluir que a utilização de éster etílico de óleo de girassol provocou perda significativa do desempenho mecânico do motor, porém reduziu, significativamente, os níveis de emissão de poluentes como, monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrocarboneto e material particulado, com aumento não significativo do óxido de nitrogênio, mostrando-se promissor como um combustível menos poluente.

Com o objetivo de se testar a viabilidade técnica de cultivo de girassol, Silva et al. (2007) testaram o efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre as características agronômicas da cultura, concluindo que a irrigação proporcionou aumento na produtividade de grãos e de óleo e na altura das plantas de girassol, sendo a lâmina de 522,14 mm a que proporcionou melhor resposta e que, mesmo sem irrigação, notou-se eficiência técnica na produção uma vez que, a produtividade média foi de 1924,27 kg ha⁻¹. Todavia, em condições irrigadas, deu-se aumento desta produtividade chegando aos 2863,12 kg/ha para a lâmina de 522,14 mm.

Além de se testar a resistência da cultura de girassol ao estresse hídrico, experimentos foram realizados visando provar sua resistência à salinidade. Moraes et al. (2011) demonstraram que a cultura de girassol mostrou-se resistente à salinidade em todas as fases do ciclo, tendo que se tomar precauções quanto ao controle de salinidade no solo ao se utilizar, para irrigação, águas com altos índices de salinidade.

Muito se fala sobre a influência do boro na cultura do girassol, assunto que rendeu diversos trabalhos. Marchetti et al. (2001) objetivaram em seu trabalho avaliar o efeito de fontes e níveis de boro para a cultura do girassol, concluindo que este é fundamental para o seu crescimento, influenciando no

rendimento de massa seca, sendo que o nível de 1,0 mg.dm⁻³ proporcionou o maior rendimento e, em relação à fonte, o bórax foi mais eficiente no suprimento de boro para o girassol. Bonacin et al. (2009) ratificaram a importância do boro na cultura e propuseram um trabalho com um foco diferente, objetivando estudar os efeitos de doses de boro sobre as características morfofisiológicas das sementes e a produção de plantas de girassol. Os autores concluíram que, aos 49 dias após o florescimento pleno, as doses de boro aplicadas não influenciaram as características morfofisiológicas das sementes de girassol (dimensões, massa seca, concentração de água, conteúdo de água, primeira contagem da germinação, germinação final, teor de óleo e produtividade), nas condições de teor médio inicial de boro no solo e adequada disponibilidade de água.

Cuidados com o solo, tais como adubação e ajuste do espaçamento, também estão frequentemente surgindo como temas de estudos, como podemos observar, respectivamente, nos trabalhos de Biscaro et al. (2008) e Silva et al. (2009). No primeiro objetivou-se avaliar a resposta da cultura do girassol irrigado submetido a diferentes doses de nitrogênio, sendo que a adubação nitrogenada proporcionou aumento em todas as características estudadas, sendo a dose de máxima eficiência técnica indicada para se ter uma boa produtividade é de 55 kg ha⁻¹ para se potencializar o cultivo. O segundo trabalho, que teve como objetivo avaliar o efeito da redução do espaçamento na entre linha no desempenho agrônomo de híbridos de girassol na região Centro-Oeste, demonstrou que a redução do espaçamento entre linhas para 40 cm resultou em maior rendimento de aquênios e número de aquênios por capítulo, porém com redução no peso de 1.000 aquênios.

2.2 Estabilidade e adaptabilidade de cultivares de girassol

As metodologias de adaptabilidade e estabilidade utilizadas diferenciam-se basicamente quanto ao conceito de estabilidade adotado e aos princípios estatísticos utilizados (CRUZ e CARNEIRO, 2006). O método de Eberhart & Russell (1966) define o conceito de estabilidade como sendo a previsibilidade do cultivar frente às variações ambientais, bem como nas metodologias de Cruz, Torres e Vencovsky (1989), Centroid (2009) e Lin & Binns (1988), havendo porém, parâmetros distintos utilizados para caracterizar este conceito em cada um dos métodos citados, gerando interpretações diversas e recomendações com resultados finais potencialmente diferentes.

Estudos de adaptabilidade e estabilidade, como os propostos pelo presente trabalho vêm sendo realizados devido ao seu potencial em auxiliar melhoristas a recomendar cultivares demandando menor tempo e direcionando verbas. Tais estudos, muitas vezes são acompanhados de trabalhos de análises de diversidade genética, como o apresentado por Amorim et al. (2007), visando a melhoria da variabilidade genética disponível em programas de melhoramento de girassol.

Na maior parte das vezes, estudos de adaptabilidade e estabilidade são realizados em locais específicos, como um estado ou uma região, visando a recomendação de cultivares. Porém, Porto et al. (2007) realizaram um trabalho englobando uma gama de locais de diferentes regiões, objetivando comparar critérios para seleção de genótipos de girassol com base na média geral obtida em vários locais e sua decomposição em ambientes favoráveis e desfavoráveis e por meio de outros métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade. Deste trabalho concluíram que, dentre os métodos avaliados, a análise da decomposição da média geral em médias de ambientes favoráveis e desfavoráveis (método da IDMG) é o mais adequado para a indicação de

genótipos e, além disso, a análise de regressão, por caracterizar a responsividade e previsibilidade dos genótipos em relação às mudanças ambientais, contribui com informações adicionais à indicação de genótipos com base no método da IDMG.

Outros trabalhos sobre o tema foram realizados por Grunvald et al. (2008 e 2009) e Porto et al. (2009). Grunvald et al. realizaram em 2008 análises de adaptabilidade e estabilidade de genótipos de girassol na região do Brasil Central e, em 2009, nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná. Em ambas as ocasiões, o objetivo foram as análises das características de produtividade de grãos e teor de óleo. Em relação ao rendimento de grãos e de óleo avaliados no Brasil Central, os genótipos de girassol apresentaram adaptabilidade e estabilidade diferenciadas e para os Estados do Rio Grande do Sul e Paraná, os híbridos Agrobrel 959 e Helio 360 e a variedade BRSGira 02 são ideais, por apresentar bons desempenhos em rendimento de grãos, adaptabilidade geral e boa previsibilidade. Para rendimento de óleo, essas características são encontradas nos híbridos Agrobrel 959 e EXP 1441 e nas variedades BRSGira 01, BRSGira 02 e BRSGira 03.

Quando se consideram vários ambientes em estudo, há grande probabilidade que haja efeitos gerados pela interação entre os cultivares testados e os ambientes em questão. Esse fato dificulta a recomendação de cultivares de ampla adaptabilidade, principalmente se a interação encontrada for de origem principalmente complexa, uma vez que neste caso há inconsistência de superioridade de cultivares frente às variações ambientais (CRUZ, REGAZZI e CARNEIRO, 2012).

As variações ambientais são classificadas em previsíveis e imprevisíveis. A estratificação tem sido normalmente realizada para variações

ambientais previsíveis (ALLARD E BRADSHAW, 1964), considerando, na maioria das vezes, apenas o efeito de locais. O efeito de anos é imprevisível e evidentemente não tem como se realizar o zoneamento. Deve-se ter em mente que as variações entre locais resultam de uma série de fatores que exercem diferentes ações sobre o potencial de expressão dos genótipos. Assim, esses fatores sistemáticos podem ocorrer em razão das diferenças entre os locais quanto à fertilidade do solo, disponibilidade de micro e macro nutrientes, salinidade, disponibilidade de água, temperatura e relevo, dentre outros.

3. Material e Métodos

3.1 Material experimental

Neste estudo foram utilizados dados da rede de ensaios de avaliação de genótipos de girassol, coordenada pela Embrapa Soja, em colaboração com representantes dos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Maranhão, Minas Gerais, Pará, Paraná, Piauí, Rio Grande do Sul, Rondônia, São Paulo, Tocantins e Distrito Federal, nas safrinhas de 2012 e 2013. Dezesesseis genótipos de girassol (Tabela 1) foram avaliados em dezesesseis ambientes, resultantes de combinação de locais e ano (Tabela 2).

Nestes ensaios utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, parcelas experimentais de quatro linhas de seis metros de comprimento cada. Para a área útil das parcelas foram consideradas as duas linhas centrais, eliminando-se 0,5m nas extremidades.

As características avaliadas foram utilizadas por serem as de maior importância comercial: rendimento de óleo (kg.ha^{-1}) e rendimento de grãos (kg.ha^{-1}).

Tabela 1 – Nome dos genótipos, respectiva identificação utilizada nas análises de adaptabilidade e estabilidade e classificação do genótipo em variedade ou híbrido.

Genótipos	Identificação	Classificação
M734(T)	1	Híbrido
HELIO358(T)	2	Híbrido
Embrapa122(T)	3	Variedade
MG341	4	Híbrido
HLE20	5	Híbrido
HLE22	6	Híbrido
HLE23	7	Híbrido
BRSG37	8	Híbrido
BRSG34	9	Híbrido
BRSG35	10	Variedade
BRSG38	11	Híbrido
BRSG39	12	Híbrido
BRSG40	13	Híbrido
BRSG41	14	Variedade
V90631	15	Híbrido
BRSG36	16	Híbrido

Tabela 2 – Descrição dos ambientes utilizados nos ensaios de avaliação dos genótipos de girassol nas safrinhas 2012 e 2013.

Ambiente	Local	Estado
Ambiente 1	Manduri	SP
Ambiente 2	Juiz de Fora	MG
Ambiente 3	Jaíba	MG
Ambiente 4	Muzambinho	MG
Ambiente 5	Chapadão do Sul	MS
Ambiente 6	Campo Verde	MT
Ambiente 7	Canarana	MT
Ambiente 8	Vilhena – Ensaio A	RO
Ambiente 9	Vilhena – Ensaio B	RO
Ambiente 10	Planaltina	DF
Ambiente 11	Nova Porteirinha	MG
Ambiente 12	Uberlândia	MG
Ambiente 13	Vilhena – Ensaio A	RO
Ambiente 14	Vilhena – Ensaio B	RO
Ambiente 15	Palmas	TO
Ambiente 16	Planaltina	DF

3.2 Procedimentos biométricos para estudo do desempenho dos genótipos e da interação genótipo x ambiente

Inicialmente foram feitas análises de variância individuais e conjunta. Os efeitos da média e de genótipos foram considerados fixos e os demais (ambientes, blocos e interação genótipos x ambientes) aleatórios. As médias foram agrupadas usando o teste Scott-Knott (1974).

A interação genótipos x ambientes foi decomposta por meio do método proposto por Cruz e Castoldi (1991), que permite estimar a parcela complexa da interação de genótipos com pares de ambientes. Diante de uma interação genótipos x ambientes significativa foi apresentado estudo para o estabelecimento do número ótimo de ambientes para avaliação de genótipos elites visando maior aproveitamento de recursos. A partir do dimensionamento desse número ótimo, pode-se inferir quais ambientes poderiam ser excluídos

ou mantidos em uma rede experimental e qual seria a implicação ao se reduzir o número de ambientes analisados, bem como observar a consistência da recomendação de genótipos. O procedimento consiste em estabelecer um critério de classificação do desempenho dos genótipos considerando todos os ambientes, por exemplo usando a estatística P_i de Linn e Binns, e, posteriormente, avaliar este mesmo desempenho com um número menor de ambientes, em todas as combinações possíveis (busca exaustiva). O número ótimo é aquele que apresenta a mesma concordância, segundo um nível de correlação mínimo estabelecido, com o desempenho obtido com todos os ambientes da rede.

3.3 Representatividade da Rede Ambiental

Uma vez que se detecta a presença de interação entre genótipos e ambientes, pode-se lançar mão de métodos que visem a subdivisão do grupo de ambientes analisados em subgrupos menores e mais homogêneos (Cruz e Regazzi, 1994). Uma metodologia alternativa, baseada no número ótimo de ambientes, está sendo proposta como análise complementar inversa à estratificação de ambientes. A ideia inicial se baseia em considerar todos os ambientes agrupados e ir retirando-os um a um, formando grupos cada vez menores, avaliando até quando se é possível fazer isto sem que o grupo passe a ter um valor de correlação menor do que o valor ótimo estabelecido *a priori*.

Esta metodologia não se baseia em métodos de amostragem, e sim, em análise exaustiva, uma vez que todas as possíveis combinações entre os ambientes disponíveis são realizadas, calculando-se para cada nova formação um coeficiente de correlação. O novo método lança mão de diversas áreas do conhecimento e as utiliza conjuntamente para chegar às conclusões devidas,

sendo as áreas de biometria, computação, estatística e agronomia as diretamente envolvidas.

3.4 Procedimentos biométricos para estudo da adaptabilidade e estabilidade de genótipos de girassol

Métodos Paramétricos de Eberhart e Russell

O método proposto por Eberhart e Russell (1966) baseia-se na análise de regressão linear simples, que mede a resposta de cada genótipo frente às variações ambientais. Esta metodologia considera que tanto os coeficientes de regressão dos valores fenotípicos de cada genótipo, em relação ao índice ambiental, quanto os desvios dessa regressão, proporcionariam estimativas de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, respectivamente. O modelo estatístico adotado no método de Eberhart e Russell é o seguinte:

$$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i}I_j + \delta_{ij} + \epsilon_{ij}$$

em que:

Y_{ij} : média do genótipo i no ambiente j ;

β_{0i} : média geral do genótipo i ;

β_{1i} : coeficiente de regressão linear, que mede a resposta do i -ésimo genótipo à variação do ambiente;

I_j : Índice ambiental codificado

δ_{ij} : desvio da regressão; e

ϵ_{ij} : erro experimental médio.

Os estimadores dos parâmetros de adaptabilidade e de estabilidade são dados respectivamente por:

$$\beta_{1i} = \frac{\sum_j Y_{ij} I_j}{\sum_j I_j^2}$$

e

$$\sigma_{di}^2 = \frac{QMD_i - QMR}{r}$$

em que QMD_i é o quadrado médio dos desvios do genótipo i ; QMR é o quadrado médio do resíduo; e r é o número de repetições.

Para Eberhart e Russell (1966), adaptabilidade refere-se à capacidade de os cultivares aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente, classificando-se em cultivares com adaptabilidade geral ou ampla ($\beta_{1i} = 1$), com adaptabilidade específica a ambientes favoráveis ($\beta_{1i} > 1$), com adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis ($\beta_{1i} < 1$). Já a estabilidade, neste método, refere-se à capacidade de os cultivares mostrarem comportamento altamente previsível em função do estímulo do ambiente. Os cultivares podem ser classificados segundo o componente de variância atribuído aos desvios de regressão (σ_{di}^2) com alta previsibilidade ($\sigma_{di}^2 = 0$) ou com baixa previsibilidade ($\sigma_{di}^2 > 0$).

Eberhart e Russell (1966) consideram como genótipo ideal aquele que apresenta alta produção média (β_{0i}), coeficiente de regressão igual a 1 (β_{1i}) e desvios de regressão tão pequenos quanto possíveis.

Método não paramétrico de Lin e Binns

Essa metodologia é baseada em apenas uma estatística, chamada de P_i , que engloba os conceitos de adaptabilidade e estabilidade e, dessa

maneira, quanto menor o P_i da genótipo, maior a sua adaptabilidade e estabilidade, o que pode ser facilmente visualizado na expressão:

$$P_i = \sum_{j=1}^a \frac{(\bar{y}_{ij} - M_j)^2}{2a} \quad \text{sendo:}$$

P_i = índice de estabilidade da genótipo i

M_j = máximo desempenho das cultivares encontrado no ambiente j

a = número de ambientes

Método não paramétrico do Centróide

Esse método se baseia em análise de componentes principais e distâncias euclidianas. Por meio das distâncias euclidianas são calculadas probabilidades dos cultivares estarem relacionados a cada um dos ideótipo (centróides). Dessa maneira, a genótipo é classificada em relação ao ideótipo onde apresenta maior probabilidade. Na metodologia proposta por Rocha et al. (2005) são empregados quatro ideótipos, sendo que o I possui máxima adaptabilidade em qualquer ambiente, o II possui máxima adaptabilidade em ambientes favoráveis e mínima em ambientes desfavoráveis, o III possui máxima adaptabilidade em ambientes desfavoráveis e mínima em favoráveis e o IV é considerado pouco adaptado em qualquer ambiente. Esta metodologia foi modificada por Nascimento et al. (2009) por ser pouco condizente com a realidade biológica da maioria das espécies que, por muitas vezes, mesmo que apresentem máxima adaptabilidade em um tipo de ambiente, raramente apresentam mínima adaptabilidade em outro. No método modificado são empregados sete ideótipos, sendo eles:

Ideótipo I: Máxima adaptabilidade geral. Apresentam os valores máximos observados para todos os ambientes estudados.

Ideótipo II: Máxima adaptabilidade específica a ambientes favoráveis. Apresentam máxima resposta em ambientes favoráveis e mínima resposta em ambientes desfavoráveis.

Ideótipo III: Máxima adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis. Apresentam máxima resposta em ambientes desfavoráveis e mínima em ambientes favoráveis.

Ideótipo IV: Pouco adaptado. Apresentam os menores valores observados em todos os ambientes estudados.

Ideótipo V: Média adaptabilidade geral. Valores em cada ambiente são representados pelas médias obtidas pelo conjunto de genótipos estudado.

Ideótipo VI: Média adaptabilidade específica a ambientes favoráveis, cujos valores nos ambientes favoráveis são representados pelos valores máximos e, nos desfavoráveis, pelas médias obtidas pelo conjunto de genótipos estudado.

Ideótipo VII: Média adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis, cujos valores, nos ambientes favoráveis, são representados pelas médias e, nos desfavoráveis, pelos valores máximos obtidos pelo conjunto de genótipos estudados.

Estes ideótipos são estimados utilizando dados dos genótipos ensaiados e assim, um experimento conduzido com c cultivares proporcionará informações de $c + 7$ cultivares. As distâncias euclidianas são estimadas pela expressão:

$$d_{ci} = \sqrt{\sum_{j=1}^a (Y_{cj} - Y_{ij})^2} \quad \text{onde,}$$

$c = 1, 2, \dots$, c -ésimo genótipo;

$i = 1, 2, \dots$, i -ésimo ideótipo, neste caso, sete;

$j = 1, 2, \dots$, a -ésimo ambiente.

4. Resultados e Discussão

4.1 Potencial genético dos genótipos de girassol

Para avaliar o potencial genético dos genótipos testados avaliou-se, primeiramente, se há variabilidade genética na população e, uma vez que esta se mostre presente, a possibilidade de ganhos de seleção com o melhoramento genético mostra-se promissora, já que quando há grande variação genética em uma população, é possível selecionar e recombinar formas genéticas mais adaptadas, de melhor qualidade e mais eficientes (Cruz e Regazzi, 1994). Para que fosse possível tirar tais conclusões foram feitas análises de variância para cada uma das variáveis, sendo os resultados observados na Tabela 3.

Entende-se que o principal objetivo do melhorista em seus trabalhos é selecionar genótipos superiores em uma determinada população, visando custos os mais baixos possíveis. Sendo assim, há necessidade de se testarem técnicas experimentais de seleção para que haja avaliação efetiva destes genótipos. Nas etapas iniciais de identificação e avaliação de genótipos, há a necessidade de se observar o potencial genético destes, concluindo sobre quanto o processo de melhoramento pode ser efetivo usando-se aquela população.

Tabela 3- Análise de variância conjunta das características de girassol avaliadas.

Rendimento de grãos				Rendimento de óleo	
FV	GL	QM	F	QM	F
Blocos/A	48	215.665,27		53741.2392	
Genótipos(G)	15	3.449.435,80	9.55**	392807.3259	5.812**
Ambientes(A)	15	34.481.941,35	159.88**	6909209.49393	128.56**
GxA	225	360.914,85	4.81**	67585.61051	4.90**
Resíduo	720	74.975,66		13776.60448	
Média Geral	1968.18			855.04	
CV (%)	13.91			13.73	

** : resultado significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Outra inferência de extrema importância para o melhorista é a quantificação da interação entre genótipo e ambiente, uma vez que, caso esta esteja presente, há possibilidades de o melhor genótipo em um ambiente não o ser em outro, influenciando assim o ganho de seleção e a recomendação de genótipos com ampla adaptabilidade (Cruz e Regazzi, 1994). Estatisticamente, a conclusão a respeito da presença ou ausência da interação é feita a partir do resultado obtido pelo teste F.

Pôde-se observar pela análise conjunta (Tabela 3) que ambas as características apresentaram teste F significativo a 1% para genótipos, ambientes e para a interação entre estes fatores, nos remetendo à conclusão de que há variabilidade genotípica, ambiental e há presença de interação entre genótipo e ambiente, devendo esta, mais a frente, ser decomposta em suas partes simples e complexa. Além disso, os resultados demonstram uma condução adequada do experimento, dados os baixos valores de coeficiente de variação observados.

Na maioria dos ambientes, o teste F indicou significância evidenciando variabilidade genética entre os genótipos (Tabela 4), tornando o conjunto de genótipos propícios à prática da seleção e/ou recomendação. Nos locais 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15 e 16, essa significância foi constatada a um nível de 1% para ambas as variáveis. Já nos ambientes 3 e 9, a primeira variável demonstrou significativa variabilidade genotípica somente ao nível de 5%, enquanto a segunda variável manteve a significância de 1% apresentada na maioria dos ambientes anteriormente citados. Diferentemente dos outros, o ambiente 11 (Nova Porteirinha) não demonstrou variabilidade genotípica pelo teste F em nenhuma das características avaliadas.

Juntamente com análises relacionadas à variância das características, o potencial genético de uma população deve ser avaliado levando-se em consideração a média das características. Em relação ao rendimento de grãos, os locais 2 e 14 se destacaram por seus altos valores de média (3.682,13 e 3.327,61 respectivamente), sendo o destaque negativo, o ambiente 3, que apresentou média igual a 765,03. Em relação ao teor de óleo, temos novamente os locais 2 (Juiz de Fora) e 14 (Vilhena, ensaio B2) com os valores mais altos de média e o ambiente 3 (Jaíba) com o valor mais baixo (respectivamente 1.680,26, 1.390,99 e 301,92). Os resultados semelhantes para ambas as características nos remetem ao fato de que os locais 2 e 14 apresentam melhores condições à cultura dos genótipos de girassol testados.

A precisão na condução do experimento pode ser avaliada observando-se os valores do coeficiente de variação, tendo em vista que quanto menores estes valores, mais preciso pode ser considerado o experimento e, por consequência, mais confiáveis os dados obtidos. Todos os valores mostraram-se satisfatórios, uma vez que se encontraram abaixo de 20%, sendo o mais

alto dentre todos encontrado no ambiente 4 (19,07%) e o mais baixo, no ambiente 7 (4,37%). Os valores de médias e coeficientes de variação das variáveis 1 e 2 podem ser encontrados na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores de médias, coeficientes de variação, coeficiente de determinação genotípico (H^2) e estatística F dos genótipos de girassol por ambiente das características avaliadas.

Rendimento de grãos					Rendimento de Óleo			
Local	Média	CV	H^2 (%)	F	Média	CV	H^2 (%)	F
Local 1	1257.21	18.99	61,43	2.59**	593.16	18.93	68,13	3,14**
Local 2	3682.13	6.95	92,73	13.76**	1680.25	7.69	90,63	10.67**
Local 3	765.06	6.41	56,41	2.29*	301.92	7.63	64,54	2.82**
Local 4	2101.45	18.15	79,20	4.81**	889.42	19.07	77,12	4.37**
Local 5	1584.44	12.24	94,86	19.47**	689.48	14.17	92,02	12.54**
Local 6	1671.32	12.52	80,46	5.12**	743.80	13.08	61,55	2.60**
Local 7	2494.88	4.37	97,88	47.11**	1072.29	4.61	97,75	44.40**
Local 8	1671.63	17.13	89,05	9.13**	673.09	17.85	86,54	7.43**
Local 9	2361.02	9.13	57,35	2,34*	1056.83	9.50	64,13	2.79**
Local 10	2008.75	14.89	89,08	9.16**	881.63	14.57	86,64	7.49**
Local 11	1803.23	18.45	33,04	1.49 ^{ns}	834.98	17.59	45,61	1,84 ^{ns}
Local 12	1632.71	15.99	92,11	12.67**	693.93	15.52	91,98	12.47**
Local 13	1321.63	15.21	75,51	4.08**	571.74	15.01	72,67	3.66**
Local 14	3327.60	17.14	85,57	6.93**	1390.98	15.19	83,22	5.96**
Local 15	1868.17	11.26	85,05	6.69**	771.97	12.09	75,53	4.09**
Local 16	1939.64	8.71	82,71	5.78**	835.12	8.71	85,08	6.70**

** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; * : significativo a 5% de produtividade pelo teste F; ^{ns}: não significativo.

Com o intuito de se avaliar o desempenho dos genótipos nos ambientes estudados foi feito o teste de Scott-Knott (1974), que agrupa as médias, cujos resultados se encontram nas tabelas 5 e 6.

Em relação à produtividade de grãos, os genótipos 1, 8 e 12 se destacaram positivamente por estarem presentes inúmeras vezes no grupo

elite dos ambientes avaliados e por apresentarem, além disso, altos valores de média. Por outro lado, o genótipo 14 se destacou negativamente, uma vez que possui o menor valor de média dentre os genótipos avaliados e apareceu apenas duas vezes no grupo elite dos ambientes estudados.

Quando se avaliou o teor de óleo, os genótipos que demonstraram melhor desempenho foram os de número 2 e 7, apresentando altos valores de média e alta frequência no grupo elite dos ambientes. Os genótipos que se mostraram menos promissores foram os de número 10 e 14, devido aos baixos valores de média e baixa frequência no grupo elite dos ambientes avaliados.

Ao se comparar as médias individuais à média geral, têm-se uma ideia de classificação dos genótipos em selecionáveis (S) ou não selecionáveis (N). Sendo assim, de acordo com os valores observados na Tabela 7, podemos classificar os genótipos 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 12, 13 e 16 como selecionáveis nas análises para a produtividade de grãos e os genótipos 2, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13 e 16 como selecionáveis para o teor de óleo.

Tabela 5. Médias (Kg.ha⁻¹) de genótipos de girassol relativas a produtividade de grãos, obtidas da avaliação em ensaios de competição em 16 ambientes.

	Amb 1	Amb 2	Amb 3	Amb 4	Amb 5	Amb 6	Amb 7	Amb 8	Amb 9	Amb 10	Amb 11	Amb 12	Amb 13	Amb 14	Amb 15	Amb 16
Gen 1	1366.17 a	3218.76 c	775.50 a	2337.74 b	1880.77 a	1999.98 a	2328.42 b	1827.01 a	2459.46 a	2355.40 a	2058.11 a	2277.88 a	1463.21 a	4784.88 a	2039.66 a	1959.67 a
Gen 2	1239.44 b	3766.95 b	815.09 a	2250.60 b	1709.55 b	1699.19 b	2237.81 b	2038.39 a	2557.74 a	2046.28 b	1938.47 a	1988.73 a	1262.92 b	3071.68 d	1945.61 a	2002.61 a
Gen 3	1171.54 b	4011.06 b	671.86 a	2074.18 b	856.34 d	1481.79 b	2353.10 b	921.63 c	2558.97 a	1650.00 c	1788.83 b	1218.29 c	1185.27 b	2312.94 f	1495.22 b	1926.47 a
Gen 4	1127.03 b	3881.89 b	747.38 a	2286.31 b	1675.94 b	1521.36 b	3007.23 a	1833.31 a	2351.94 a	1347.49 d	2095.25 a	1356.12 c	1217.98 b	3264.77 c	1900.05 a	2054.80 a
Gen 5	1587.20 a	4434.74 a	750.50 a	2156.32 b	1292.90 c	1582.85 b	1888.21 c	1233.08 b	2272.40 a	1998.32 b	1637.77 b	1546.35 b	1277.06 b	3438.06 c	1678.76 b	1889.23 a
Gen 6	1487.25 a	4381.72 a	750.50 a	2190.60 b	1238.16 c	1560.44 b	2338.02 b	1248.29 b	2439.23 a	2465.92 a	1872.76 a	2031.53 a	1406.10 a	3453.53 c	1700.77 b	1800.42 a
Gen 7	1499.32 a	2964.32 c	813.00 a	2729.86 a	1726.47 b	1581.63 b	2998.27 a	2082.57 a	2352.70 a	2437.48 a	1983.47 a	1810.75 b	1482.33 a	2820.10 e	1799.26 a	1956.88 a
Gen 8	1342.79 a	3918.34 b	756.75 a	2167.03 b	2057.64 a	1977.93 a	2790.04 a	2169.23 a	2464.92 a	2462.03 a	1639.91 b	1990.71 a	1472.99 a	4038.10 b	2233.66 a	2212.51 a
Gen 9	1142.88 b	3614.04 b	796.34 a	2662.72 a	1641.45 b	1659.82 b	2749.50 a	2046.02 a	2552.99 a	2352.38 a	1702.41 b	1981.25 a	1563.93 a	3017.90 d	1982.34 a	1831.68 a
Gen 10	1033.87 b	3079.70 c	749.98 a	1640.63 c	1037.86 c	1381.01 b	1957.95 c	1547.08 a	1988.87 a	1362.59 d	1897.04 a	838.41 d	938.25 b	2604.38 e	1415.70 b	1552.36 b
Gen 11	1021.80 b	3254.74 c	756.75 a	2088.46 b	1963.47 a	1727.19 b	2055.65 c	1246.29 b	2257.11 a	1849.17 c	1259.22 b	1632.43 b	1356.03 a	2816.94 e	2007.50 a	2084.67 a
Gen 12	1343.92 a	3909.37 b	826.54 a	2105.60 b	2147.84 a	1893.93 a	2973.08 a	1916.55 a	2284.74 a	2583.40 a	1739.55 b	1555.83 b	1546.48 a	4506.84 a	2196.30 a	2146.25 a
Gen 13	1486.87 a	4040.87 b	742.69 a	2238.45 b	1991.72 a	2027.43 a	2717.38 a	2017.55 a	2134.51 a	2170.43 b	1734.19 b	1735.24 b	1578.70 a	3781.86 b	2202.18 a	2208.72 a
Gen 14	1132.31 b	3169.38 c	740.61 a	1226.36 d	745.52 d	1174.25 b	2368.48 b	868.32 c	2181.41 a	1231.87 d	1709.20 b	642.24 d	1003.79 b	2380.28 f	1360.24 b	1494.17 b
Gen 15	1173.80 b	3194.69 c	774.98 a	1224.93 d	1701.69 b	1609.86 b	2842.41 a	1754.30 a	2487.20 a	1560.53 c	1828.12 a	1345.44 c	1034.32 b	2756.76 e	1953.02 a	1893.93 a
Gen 16	959.18 b	4073.54 b	772.38 a	2243.45 b	1683.78 b	1862.47 a	2312.46 b	1996.47 a	2432.12 a	2266.63 a	1967.40 a	2172.11 a	1356.67 a	4192.62 b	1980.45 a	2019.91 a

Médias seguidas pela mesma letra em cada coluna constituem um grupo homogêneo pelo teste de Scott-Knott.

Tabela 6. Médias (Kg.ha⁻¹) de genótipos de girassol relativas a rendimento de óleo, obtidas da avaliação em ensaios de competição em 16 ambientes.

	Amb 1	Amb 2	Amb 3	Amb 4	Amb 5	Amb 6	Amb 7	Amb 8	Amb 9	Amb 10	Amb 11	Amb 12	Amb 13	Amb 14	Amb 15	Amb 16
Gen 1	569.36 b	1353.74 d	308.31 a	848.23 b	755.86 a	820.56 a	869.66 d	654.12 b	980.65 b	875.74 b	869.03 a	851.75 a	580.53 a	1822.38 a	705.92 b	766.72 b
Gen 2	640.05 a	1851.15 b	344.04 a	995.29 b	806.25 a	825.97 a	1055.50 c	911.30 a	1229.44 a	910.69 b	956.41 a	912.41 a	592.91 a	1374.81 c	894.96 a	914.21 a
Gen 3	526.99 b	1800.78 b	270.39 a	855.28 b	382.36 c	663.22 b	1014.40 c	361.78 c	1082.15 a	746.49 c	831.80 a	523.35 b	507.39 b	981.07 e	628.30 b	852.49 a
Gen 4	559.29 b	2013.99 a	297.52 a	1049.46 b	757.47 a	721.31 b	1409.73 a	797.80 a	1121.60 a	643.04 c	986.62 a	599.93 b	524.74 b	1548.67 b	858.46 a	933.79 a
Gen 5	799.10 a	2040.80 a	290.34 a	988.43 b	599.04 b	761.78 a	835.09 d	526.11 c	1077.00 a	887.38 b	774.28 b	653.11 b	643.07 a	1494.70 b	719.13 b	842.51 a
Gen 6	684.84 a	1938.69 a	303.46 a	916.05 b	554.29 b	709.49 b	989.25 c	489.70 c	1072.08 a	1134.14 a	867.83 a	905.94 a	600.36 a	1376.17 c	757.30 a	782.08 b
Gen 7	718.22 a	1378.09 d	317.07 a	1244.47 a	751.89 a	729.26 b	1325.35 a	851.43 a	1085.76 a	1143.44 a	959.52 a	802.39 a	641.77 a	1227.39 d	785.35 a	867.98 a
Gen 8	651.96 a	1799.11 b	308.15 a	946.75 b	925.58 a	867.60 a	1178.27 b	744.39 b	1066.70 a	1044.96 a	710.34 b	797.31 a	637.27 a	1530.11 b	810.08 a	974.41 a
Gen 9	550.87 b	1596.18 c	320.51 a	1006.57 b	691.99 a	692.04 b	1037.42 c	687.42 b	1087.03 a	978.89 b	710.90 b	845.71 a	638.18 a	1178.54 d	709.03 b	687.56 b
Gen 10	492.06 b	1494.09 c	281.20 a	733.63 c	475.00 b	654.68 b	880.24 d	643.01 b	938.43 b	617.67 c	892.01 a	357.68 c	394.26 b	1160.29 d	620.04 b	703.30 b
Gen 11	510.71 b	1576.23 c	290.82 a	922.07 b	888.36 a	782.97 a	947.53 c	528.74 c	1002.72 b	842.58 b	664.77 b	761.74 a	611.60 a	1256.20 d	861.11 a	961.70 a
Gen 12	565.17 b	1537.39 c	326.30 a	819.14 b	860.06 a	766.40 a	1193.08 b	717.12 b	924.05 b	1052.46 a	736.98 b	594.49 b	658.55 a	1758.92 a	843.52 a	848.89 a
Gen 13	683.64 a	1705.42 c	293.83 a	927.12 b	804.97 a	850.55 a	1132.86 b	824.11 a	951.56 b	952.33 b	757.18 b	739.98 a	652.74 a	1587.67 b	867.68 a	888.59 a
Gen 14	591.72 b	1596.09 c	294.43 a	559.30 d	354.76 c	571.23 b	1081.71 c	428.47 c	1057.30 a	583.94 c	932.99 a	293.15 c	464.79 b	1020.96 e	621.09 b	660.59 b
Gen 15	556.24 b	1522.09 c	275.13 a	518.63 d	761.44 a	711.87 b	1240.48 b	780.39 a	1186.88 a	740.33 c	869.20 a	578.82 b	446.07 b	1221.34 d	861.99 a	845.17 a
Gen 16	390.36 b	1680.25 c	309.21 a	900.29 b	662.36 a	771.82 a	966.01 c	823.52 a	1045.87 a	952.03 b	839.83 a	885.13 a	553.55 a	1716.49 a	807.61 a	831.92 a

Médias seguidas pela mesma letra em cada coluna constituem um grupo homogêneo pelo teste de Scott-Knott.

Tabela 7– Genótipos de girassol com suas respectivas médias já classificadas em selecionáveis (S) e não selecionáveis (N) de acordo com a média geral e número de vezes que aparecem no grupo elite no teste de Scott Knott.

Genótipos	Produtividade de Grãos		Teor de Óleo	
	Média	Presenças no grupo elite	Média	Presenças no grupo elite
1	2195.78 S	13	852.03 N	07
2	2035.69 S	07	950.96 S	11
3	1729.84 N	03	751.76 N	04
4	1979.30 S	07	926.46 S	09
5	1916.48 N	05	870.74 S	07
6	2022.82 S	09	880.10 S	09
7	2064.90 S	11	926.83 S	13
8	2230.91 S	12	937.06 S	10
9	2081.10 S	10	838.67 N	05
10	1564.10 N	04	708.59 N	02
11	1836.08 N	06	838.11 N	07
12	2229.76 S	12	887.65 S	08
13	2175.54 S	10	913.76 S	09
14	1464.27 N	02	694.53 N	03
15	1820.99 N	07	819.75 N	07
16	2143.22 S	10	883.51 S	11
Média Geral	1968.17		855.03	

4.2 Interação entre genótipos de girassol e ambiente

Quando se consideram vários ambientes em estudo, há grande probabilidade que haja efeitos gerados pela interação entre os genótipos testados e os ambientes em questão. Esse fato dificulta a recomendação de genótipos de ampla adaptabilidade, principalmente se a interação encontrada

for de origem principalmente complexa, uma vez que neste caso há inconsistência de superioridade de genótipos frente às variações ambientais (Cruz, Regazzi e Carneiro, 2012).

O método proposto por Cruz e Castoldi (1991) permite estimar a parcela complexa da interação de pares de ambientes com genótipos, como pode ser observado nas Tabela 8 e 9. Quando este valor ultrapassa 50%, dizemos que a interação é predominantemente complexa, do contrário, possui predominância simples. Em alguns casos valores acima de 100% foram encontrados, sugerindo que a correlação das médias dos genótipos nos ambientes em questão é negativa (Cruz, Regazzi e Carneiro, 2012).

As variações ambientais são classificadas em previsíveis e imprevisíveis. A estratificação tem sido normalmente realizada para variações ambientais previsíveis (Allard; Bradshaw, 1964), normalmente, apenas o efeito de locais. O efeito de anos é imprevisível e evidentemente não tem como se realizar o zoneamento. Para este estudo é possível verificar que há, na maioria dos casos, um componente muito grande da parte complexa (1/2 dos casos para rendimento de grãos e 3/4 dos casos para teor de óleo). A decomposição da interação genótipo x ambiente (GA) em simples e complexa pode ser utilizada para realizar a estratificação ambiental, sendo denominada interação do tipo simples a diferença de variabilidade entre os genótipos nos ambientes, e complexa a falta de correlação entre genótipos.

Tabela 8 – Parte (%) complexa da interação GxA entre pares de ambientes e genótipos de girassol, para a característica produtividade de grãos, avaliada pelo método de Cruz e Castoldi (1991).

Locais	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	48.01	31.25	54.76	64.56	82.89	72.01	67.89	98.35	37.85	96.57	51.91	72.06	31.81	84.21	86.47	
2		20.85	84.08	98.64	64.09	101.77	101.97	49.02	82.09	74.41	82.72	52.47	69.27	75.86	49.38	
3			10.69	4.9	18.72	11.21	3.59	37.56	5.95	28.78	7.41	19.17	5.09	11.16	27.18	
4				74.79	55.28	87.61	70.33	47.52	55.71	68.7	51.78	19.81	61.88	65.13	45.36	
5					16.9	71.27	47.76	58.04	62.69	82.86	59.79	28.24	39.73	4.77	14.54	
6						76.13	37.06	81.27	29.86	101.03	24.44	46.85	8.11	27.66	38.59	
7							64.54	58.99	84.48	67.29	90.99	59.13	69.19	64.85	56.84	
8								53.84	67.67	55.5	62.84	40.46	51.91	34.21	38.84	
9									43.09	86.9	27.93	83.11	37.02	72.41	82	
10										75.15	40.63	8.52	40.1	44.36	39.06	
11											64.52	105.14	39.93	101.29	106.07	
12												18.64	42.85	38.35	33.87	
13													16.19	43.92	56.13	
14														19.06	19.96	
15															27.34	

*Estão destacados em negrito os valores que representam interações predominantemente complexas.

Tabela 9 – Parte (%) complexa da interação GxA entre pares de genótipos de girassol, para a característica rendimento de óleo, avaliada pelo método de Cruz e Castoldi (1991).

Locais	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1		56.09	31.02	62.13	80.56	84.66	82.4	88.73	88.97	60.9	98.12	72.54	67.88	65.66	95.28	90.93
2			19.4	85.31	103.46	59.73	96.37	103.95	44.67	99.38	75.36	94	58.92	95.23	65.33	53.11
3				9.02	9.38	25.97	18.73	8.07	36.74	6.76	35.03	5.91	16.38	7.16	21.85	35.24
4					79.34	47.26	89.93	80.38	71.84	64.54	85.87	61.57	28.72	80.46	65.99	55.43
5						15.02	79.81	57.15	78.17	71.56	105.02	64.61	37.07	54.25	18.22	34.62
6							77.14	40.88	102.98	38.62	114.79	23.58	59.21	14.04	54.11	52.88
7								71.14	61.81	96.01	69.82	102.05	76.09	90.95	54.31	61.9
8									68.14	83.04	77.02	73.63	66.18	61.23	36.22	63.12
9										81.09	73.48	60.48	105.86	75.16	85.35	87.86
10											102.89	47.43	15.67	69.03	60.11	67.08
11												92.89	121.09	75.88	105.42	108.81
12													25.71	66.73	45.5	56.1
13														30.23	73.69	75.71
14															35.38	45.75
15																49.84

*Estão destacados em negrito os valores que representam interações predominantemente complexa.

4.3. Representatividade da Rede Ambiental

Neste trabalho, o coeficiente estabelecido foi de 90%, e pôde-se perceber que, ao se retirar o ambiente 5 das análises, em ambas as características mensuradas, houve significativa alteração no gráfico, fazendo com que o valor de correlação se posicionasse muito abaixo do corte. Para a produtividade de grãos, além do ambiente 5, o ambiente 8 se mostrou igualmente importante, não podendo então ser retirado das análises.

Uma diferença importante nas análises dos ambientes para as duas características é que, para a produtividade de grãos a retirada de somente um ambiente, qualquer que seja este, não faz com que o valor encontrado no gráfico fique abaixo do corte, demonstrando assim que as análises feitas com 16 ambientes poderiam ser feitas com 15 sem modificar substancialmente os resultados. Porém, ao se avaliar o teor de óleo, a retirada de apenas um ambiente faz com que as mudanças já sejam de grande importância nas análises, uma vez que, tanto a retirada do ambiente 5 quanto do ambiente 3 fazem com que as correlações decaiam, de modo a ficarem abaixo da reta-padrão preestabelecida. Os resultados obtidos estão presentes na figura 1.

Dentre os estresses aos quais as plantas estão expostas, a seca é um dos mais importantes, sendo considerado um problema global e que causa perdas econômicas significativas à agricultura. A base dos mecanismos de tolerância à seca é complexa, uma vez que resulta da associação de diversas características nas plantas (Rufino et al., 2012; Römer et al., 2012). Os fatores climáticos que exercem maior influência sobre as culturas, de maneira geral, são a radiação solar, a precipitação pluvial e a temperatura, que interferem diretamente nas

atividades fisiológicas da planta e consequentemente na produção de grãos e matéria seca. Os ambientes 5 e 8 correspondem, respectivamente à localidade de Chapadão do Sul e ao ensaio de segundo ano feito em Vilhena. Nestes ensaios observaram-se índices pluviométricos favoráveis, sem necessidade de complementação por irrigação e ausência de grandes problemas externos durante a condução do plantio, como observado na tabela 10. Estes resultados demonstram o favorecimento do cultivo de girassol em regiões chuvosas, evidenciando o relevante fator ambiental que é capaz de atuar sobre a cultura.

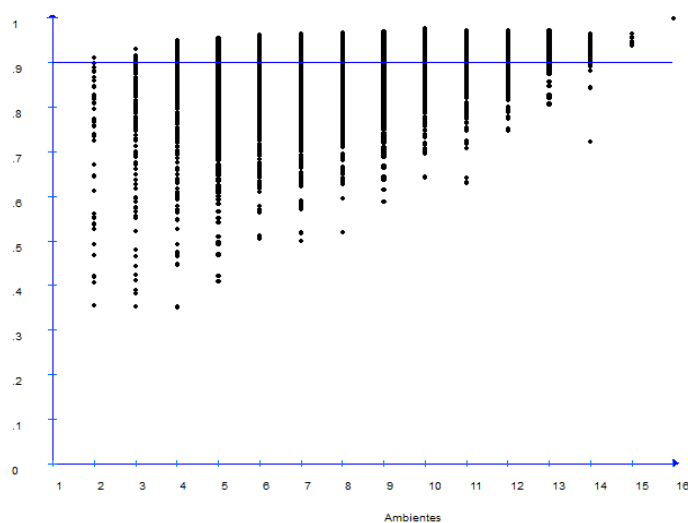


Figura1:Correlação entre o desempenho dos genótipos medidos pela estatística Pi de Linn e Binns em todos ambientes e o desempenho obtido com número reduzido de ambientes para rendimento de grãos.

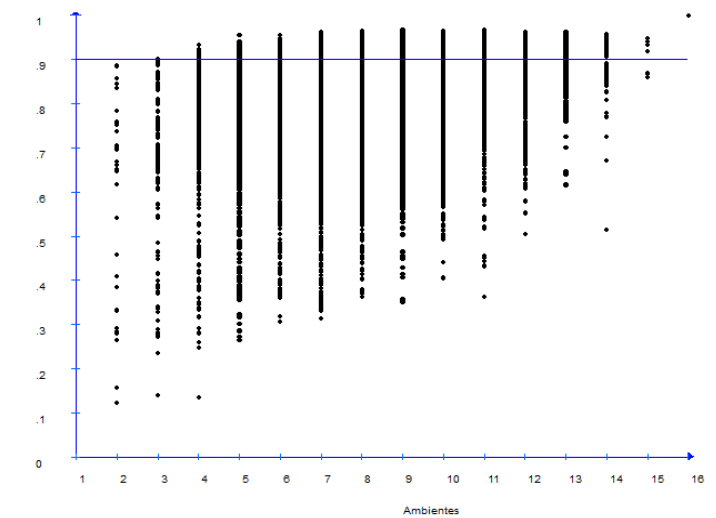


Figura 2: Correlação entre o desempenho dos genótipos, medidos pela estatística Pi de Linn e Binns em todos ambientes e o desempenho obtido com número reduzido de ambientes para rendimento de óleo.

Tabela 10: Locais de avaliação dos genótipos e respectivos dados de altitude (alt), precipitação (prec) e irrigação (irrig), bem como possíveis problemas ocorridos durante o cultivo de *Helianthus annuus*.

Local	Alt (m)	Prec (mm)	Irrig (mm)	Problemas Relatados
Manduri	589	888,9	-	Ocorrência leve de plantas daninhas e mancha de Alternaria.
Juiz de Fora	450	292,4	80	Deficiência leve de boro; ocorrência de bacteriose.
Jaíba	436	0	307	Seca severa; ocorrência leve de plantas daninhas.
Muzambinho	944	585,2	-	Ocorrência leve de plantas daninhas e podridão de Sclerotinia; ataque severo de pássaros.
Chapadão do Sul	810	496	-	Ataque de Helicoverpa; presença de podridão de Sclerotinia.
Campo Verde	740	391,4	-	Ocorrência leve de plantas daninhas, seca, podridão de Sclerotinia e mancha de Alternaria; ataques moderados de insetos e pássaros.
Canarana	390	983,7	-	Ocorrência leve de seca.
Vilhena (A2)	615	662,0	-	Ocorrência severa de chuvas; ataque severo de pássaros.
Vilhena (B2)	615	662,0	-	Ocorrência severa de chuvas; ataque severo de pássaros.
Planaltina	1007	310,6	-	-
Nova Porteirinha	436	33,9	367,5	Ocorrência moderada de mancha de Oídio.
Uberlândia	920	337,5	-	Ataque leve de insetos; leve podridão de Sclerotinia; ocorrência moderada de plantas daninhas; ocorrência moderada de mancha de Alternaria e mancha de Oídio.
Vilhena (A1)	615	1060,0	-	-

4.4 Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de girassol

Estudos a respeito das interações entre genótipos e ambientes, por si só, não proporcionam informações detalhadas sobre o comportamento de cada genótipo frente às variações ambientais, e assim, estudos complementares são

necessários, sendo os mais empregados, aqueles que visam obter informações sobre adaptabilidade e estabilidade.

Atualmente há diversas metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade, todas fundamentadas na existência de interações, porém se distinguem nos conceitos de adaptabilidade e estabilidade adotados, sendo escolhidas de acordo com o tipo de dado que se possui e o tipo de informação que se deseja obter, sempre levando em consideração que alguns métodos são alternativos e outros são complementares, podendo ser utilizados conjuntamente (Cruz & Regazzi, 1994).

Independente dos parâmetros considerados pela metodologia utilizada é de suma importância o conhecimento das médias dos genótipos avaliados, uma vez que genótipos bem adaptados devem possuir também valores adequados de média, que no caso das variáveis em questão (produtividade e teor de óleo), é de interesse do produtor que sejam altas. As médias dos genótipos de girassol estão apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11: Médias de produtividade de grãos (Kg.ha-1) e do rendimento de óleo (Kg.ha-1) dos 16 genótipos de girassol, avaliados em 16 ambientes.

Genótipos	Produtividade	Teor de Óleo
1. M734(T)	2195,79	852,04
2. HELIO358(T)	2035,70	950,97
3. Embrapa122(T)	1729,85	751,77
4. MG341	1979,31	926,47
5. HLE20	1916,49	870,75
6. HLE22	2022,83	880,11
7. HLE23	2064,91	926,84
8. BRSG37	2230,92	937,07
9. BRSG34	2081,11	838,68
10. BRSG35	1564,11	708,60
11. BRSG38	1836,09	838,12
12. BRSG39	2229,79	887,66
13. BRSG40	2175,55	913,77
14. BRSG41	1464,28	694,54
15. V90631	1821,00	819,76
16. BRSG36	2143,23	883,52

Método paramétrico baseado em regressão

A metodologia proposta por Eberhart e Russell (1966), tem seu conceito de “adaptabilidade” como sendo a capacidade de resposta do genótipo frente às modificações do ambiente. Já o conceito de “estabilidade” proposto se relaciona à previsibilidade de comportamento do material genético frente às modificações ambientais.

Como toda metodologia baseada em um modelo de regressão, um número reduzido de ambientes inviabiliza a utilização do método. Assim, a presença de 16 ambientes neste trabalho possibilitou que as análises pudessem ser processadas por esta metodologia sem perdas na interpretação dos resultados.

Os parâmetros a serem analisados para se concluir a respeito de adaptabilidade e estabilidade neste modelo são, respectivamente, β_1 e σ^2_{di} . Um parâmetro auxiliar na recomendação de genótipos é a média genotípica, representada neste método por β_0 , estando os valores de médias encontrados na tabela 7. Os resultados obtidos a respeito dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade estão apresentados nas Tabelas 12 e 13.

Tabela 12: Parâmetros considerados no modelo de Eberhart e Russell nas análises dos genótipos de girassol quanto à produtividade.

	β_1	Significância	Adaptabilidade	R^2 (%)	σ^2_{di}	Estabilidade
1. M734(T)	1.05	= 1	Geral	78.63	156880*	Média
2. HELIO358(T)	0.93	= 1	Geral	94.58	9891	Altíssima
3. Embrapa122(T)	1.02	= 1	Geral	81.68	116150*	Alta
4. MG341	1.08	= 1	Geral	90.72	50973*	Alta
5. HLE20	1.15*	> 1	Específica Favoráveis	90.04	66347*	Alta
6. HLE22	1.16*	> 1	Específica Favoráveis	91.05	57985*	Alta
7. HLE23	0.73*	< 1	Específica Desfavoráveis	77.84	70563*	Média
8. BRSG37	1.10*	> 1	Específica Favoráveis	94.09	25900*	Alta
9. BRSG34	0.93	= 1	Geral	90.12	35599*	Alta
10. BRSG35	0.82*	< 1	Específica Desfavoráveis	89.22	27959*	Alta
11. BRSG38	0.81*	< 1	Específica Desfavoráveis	86.53	40539*	Alta
12. BRSG39	1.20*	> 1	Específica Favoráveis	90.31	70150*	Alta
13. BRSG40	1.07	= 1	Geral	95.00	15945*	Alta
14. BRSG41	0.87*	< 1	Específica Desfavoráveis	79.98	91891*	Média
15. V90631	0.84*	< 1	Específica Desfavoráveis	81.22	76738*	Alta
16. BRSG36	1.19*	> 1	Específica Favoráveis	93.46	38966*	Alta

Tabela 13: Parâmetros considerados no modelo de Eberhart e Russell nas análises dos genótipos quanto ao teor de óleo.

	β_1	Significância	Adaptabilidade	R^2 (%)	σ^2_{di}	Estabilidade
1. M734(T)	0.92	= 1	Geral	78.34	23446*	Média
2. HELIO358(T)	1.00	= 1	Geral	94.78	2967*	Alta
3. Embrapa122(T)	1.04	= 1	Geral	86.00	17201*	Alta
4. MG341	1.27	> 1	Específica Favoráveis	92.66	11406*	Alta
5. HLE20	1.18	> 1	Específica Favoráveis	90.53	13423*	Alta
6. HLE22	1.12	> 1	Específica Favoráveis	90.32	12065*	Alta
7. HLE23	0.76	< 1	Específica Desfavoráveis	76.52	17319*	Média
8. BRSG37	1.05	= 1	Geral	94.99	3279*	Alta
9. BRSG34	0.87	< 1	Específica Desfavoráveis	91.10	5150*	Alta
10. BRSG35	0.91	< 1	Específica Desfavoráveis	91.15	5833*	Alta
11. BRSG38	0.87	< 1	Específica Desfavoráveis	89.34	7036*	Alta
12. BRSG39	1.01	= 1	Geral	86.05	15844*	Alta
13. BRSG40	1.00	= 1	Geral	94.89	2829*	Alta
14. BRSG41	0.97	= 1	Geral	80.62	22585*	Alta
15. V90631	0.92	= 1	Geral	82.78	16830*	Alta
16. BRSG36	1.09	> 1	Específica Favoráveis	90.59	10831*	Alta

Em relação à produtividade de grãos, podemos observar que os genótipos 1, 2, 3, 4, 9 e 13 foram classificados como sendo portadores de adaptabilidade geral, uma vez que possuem o valor de β_1 estatisticamente igual a 1, porém destes, o genótipo 3 possui a menor média e o 1 a maior. Seguindo o mesmo critério, os genótipos 5, 6, 8 12 e 16 demonstraram possuir adaptabilidade específica a ambientes favoráveis, com destaque para os valores de média dos genótipos 8 e 12, e destaque negativo para o 5. Os demais genótipos (7, 10, 11, 14 e 15), foram classificados como tendo adaptabilidade específica a ambientes

desfavoráveis, sendo que, dentre todos, somente o 7 possui um bom valor de média quando comparado aos demais. Quando se observa o rendimento de óleo, os genótipos 1, 2, 3, 8, 12, 13, 14 e 15 possuem adaptabilidade geral (sendo que os genótipos 2 e 8 possuem os mais altos valores de média); os genótipos 4, 5, 6 e 16 apresentam adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (sendo o destaque positivo em relação a média, o genótipo 4) e 7, 9 10 e 11 a ambientes desfavoráveis (dentre esses, somente o 7 possui um alto valor de média). Comportamentos gráficos específicos destas três situações podem ser observados na figura 2, na qual foram utilizados como exemplos os genótipos 2, 4 e 7 para representar cada uma das situações elucidadas.

Genótipos adaptados a ambientes favoráveis respondem bem às melhorias dos ambientes dadas por práticas como irrigação, adubação, mineração do solo, dentre outras ações que geralmente demandam gastos extras na produção. Sendo assim, estes genótipos costumam ser indicados a grandes produtores. Ao contrário, os genótipos adaptados a ambientes desfavoráveis não têm grandes respostas com a melhoria do ambiente, porém, não possuem elevado declínio de produção com uma substancial piora nas condições ambientais, sendo então recomendados a pequenos produtores, que possuem pouco recurso disponível para investir no ambiente de produção.

Os parâmetros de estabilidade indicam previsibilidade do genótipo frente às modificações ambientais. Os valores de σ^2_{di} igual a zero indicam alta previsibilidade, e os que diferem de zero, baixa previsibilidade, porém, algumas vezes há a ocorrência de um grande número de genótipos com valores de σ^2_{di} estatisticamente diferentes de zero, fazendo com que este parâmetro seja

insuficiente para separar grupos previsíveis e imprevisíveis. Para contornar tal dificuldade, é realizada a análise adicional do R^2 (coeficiente de determinação), sendo que este é maior quanto mais previsível for o genótipo.

Para a divisão dos grupos, um corte foi feito em R^2 no valor de 80%. Os genótipos 1, 7 e 14, em relação à produtividade de grãos, e os genótipos 1 e 7, em relação ao rendimento de óleo, apresentaram σ^2_{di} estatisticamente diferente de zero e valor de R^2 entre 70 e 80%, sendo então classificados como de previsibilidade média. Em relação à produtividade, o genótipo 2 se destacou por apresentar σ^2_{di} estatisticamente igual a zero e R^2 acima de 90%, podendo ser considerado de estabilidade altíssima. Quanto aos outros genótipos, todos obtiveram valores de σ^2_{di} significativamente diferentes de zero, porém valores de R^2 acima de 80%, podendo, por isso, serem considerados de alta estabilidade.

A representação gráfica muitas vezes serve como um auxílio visual na recomendação de genótipos e, por esse motivo, três gráficos foram utilizados como exemplos de possíveis resultados a serem obtidos pela metodologia de Eberhart e Russell, demonstrando o comportamento da reta de β_1 quando este é maior, menor ou igual a 0. Os gráficos estão representados na Figura 3.

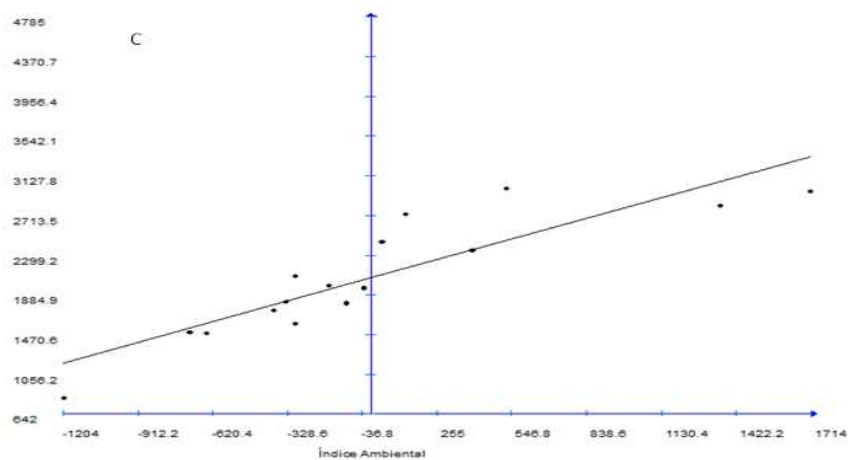
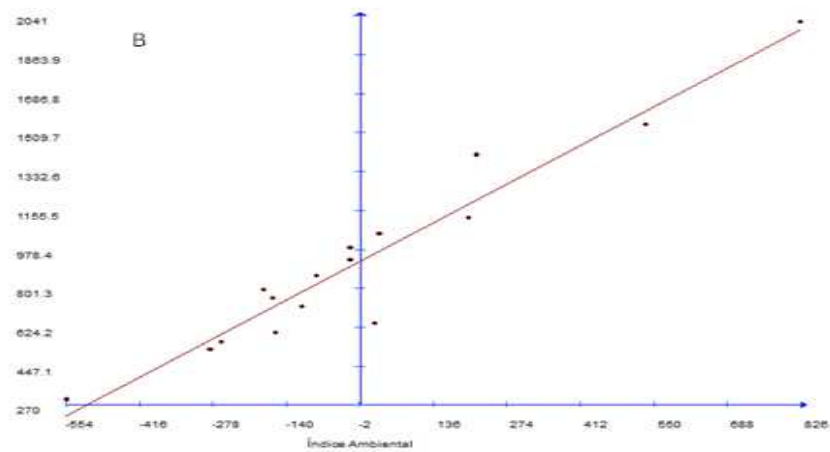
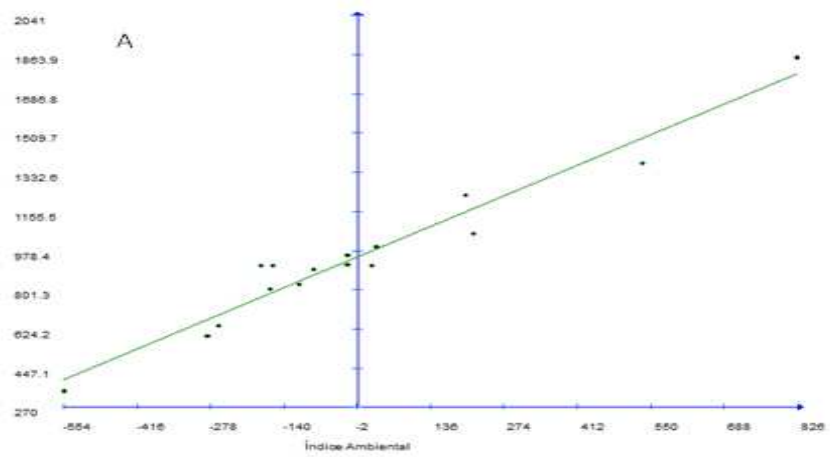


Figura 3: Gráficos utilizados como exemplo para demonstrar o comportamento da reta de β_1 em cada uma das situações encontradas. Em A encontra-se $\beta_1 = 1$, em B, $\beta_1 > 1$ e em C, $\beta_1 < 1$.

Métodos não paramétricos de Lin e Binns

A metodologia proposta por Lin e Binns (1988) se baseia na estatística P_i , a qual avalia a superioridade dos genótipos nos ambientes. Em cada ambiente, o valor médio genotípico é diminuído do valor máximo encontrado no ambiente em questão. A seguir, faz-se um somatório das diferenças encontradas para cada genótipo em cada ambiente, tendo assim o valor da estatística P_i . Sendo assim, podemos concluir que quanto menor o valor de P_i , mais adaptado o genótipo é considerado.

Uma metodologia foi proposta por Carneiro (1998) como melhoria ao método original de Lin e Binns, calculando um P_i relacionado aos ambientes favoráveis e um relacionado aos ambientes desfavoráveis. A classificação dos ambientes foi feita tendo como base o índice ambiental proposto por Eberhart e Russell.

Com os três valores de P_i em mãos (geral, para ambientes favoráveis e para ambientes desfavoráveis), a classificação dos genótipos para posterior recomendação pelos melhoristas torna-se mais criteriosa. Tais valores podem ser vistos nas Tabelas 14 e 15, as quais possuem, respectivamente, valores relacionados à produtividade de grãos e rendimento de óleo.

Tabela 14: Valores da estatística Pi relacionados à produtividade de grãos, contendo os genótipos já ranqueados de acordo com a recomendação a ser feita para cada tipo de ambiente.

Gen	Pi Geral	Gen	Pi (+)	Gen	Pi (-)
8	49.629,15	12	68.281,85	1	17.846,55
12	50.466,91	8	100.989,28	8	18.808,27
16	67.648,76	16	109.747,41	13	24.514,98
13	72.740,19	13	153.115,56	2	38.648,25
1	78.498,74	1	179.585,73	12	39.777,94
9	155.496,28	6	211.839,27	16	42.389,57
6	157.666,46	5	318.290,97	7	44.287,17
2	164.504,70	9	326.673,17	9	52.790,15
4	197.156,69	4	365.285,28	4	96.279,54
5	214.939,70	2	374.265,46	15	106.826,68
7	217.879,05	7	507.198,87	6	125.162,77
11	304.545,43	11	601.025,42	11	126.657,43
15	347.840,18	3	668.253,47	5	152.928,94
3	429.264,69	15	749.529,35	3	285.871,43
10	520.903,39	10	891.124,97	10	298.770,44
14	657.993,83	14	1.001.746,00	14	451.742,52

Tabela 15: Valores da estatística Pi relacionados ao rendimento de óleo, contendo os genótipos já ranqueados de acordo com a recomendação a ser feita para cada tipo de ambiente.

Gen	Pi Geral	Gen	Pi (+)	Gen	Pi (-)
8	14.695,46	8	26.852,17	2	2.505,54
2	16.504,36	4	31.307,68	7	4.830,89
13	18.358,67	13	38.222,69	13	6.440,25
4	19.263,56	2	39.835,74	8	7.401,43
16	26.330,99	6	43.254,17	4	12.037,08
12	27.372,06	16	43.908,31	1	12.683,81
7	28.674,36	12	48.902,95	12	14.453,53
6	29.619,59	5	49.328,95	16	15.784,59
5	31.934,51	7	68.413,47	15	16.003,36
9	39.068,98	9	71.232,70	11	18.534,38
1	40.874,37	11	82.988,76	9	19.770,76
11	42.704,78	1	87.858,62	6	21.438,84
15	52.192,87	3	104.368,18	5	21.497,85
3	70.464,47	15	112.508,72	10	47.708,15
10	81.058,03	10	136.641,16	3	50.122,24
14	95.293,28	14	146.646,01	14	64.481,63

Em relação à produtividade de grãos, o genótipo 8 se destaca por ter alto valor de média e apresentar baixos valores de Pi geral, para ambientes favoráveis e desfavoráveis, sendo assim um genótipo de ampla adaptabilidade, podendo ser recomendado para pequenos e grandes produtores por se mostrar promissor em qualquer ambiente. Os genótipos 3, 10 e 14 mostraram-se inferiores em ambientes favoráveis e desfavoráveis (fato que também é observado no rendimento de óleo), possuindo os três valores de Pi bastante altos se

comparados aos demais, provavelmente por se tratarem de variedades. Um genótipo que se destaca na recomendação a pequenos produtores é o 1, uma vez que possui um alto valor de média e apresenta o menor valor de Pi em ambientes desfavoráveis dentre todos. O genótipo 12 mostra-se promissor apenas se cultivado em ambientes favoráveis, devendo assim ser indicado a grandes produtores.

Para ambientes favoráveis, o genótipo 8 continua mostrando-se bastante promissor, com altos valores de média e baixos valores de Pi (+). Os genótipos 12 e 1, destacados por sua superioridade na produção de grãos em ambientes favoráveis e desfavoráveis, respectivamente, não se mostraram superiores também quanto ao teor de óleo. Para tais ambientes, os genótipos mais indicados ao se avaliar esta variável seriam, respectivamente, o 8 e o 2.

Com a finalidade de auxiliar nas análises numéricas, foram feitas análises gráficas auxiliares dos valores de Pi referentes à produtividade (Figura 4A), ao rendimento de óleo (Figura 4B) e uma sobreposição de ambas as variáveis (Figura 4C), a fim de auxiliar na recomendação de genótipos.

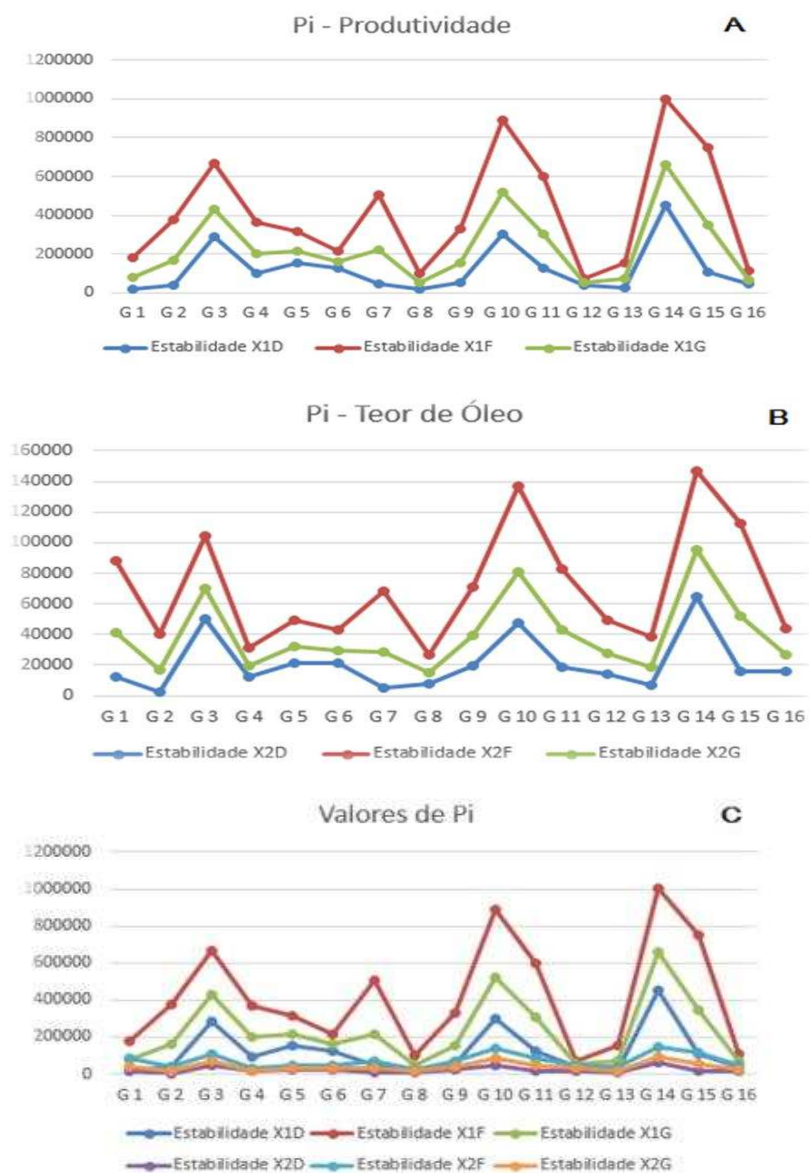


Figura 4: Valores de Pi representados de forma gráfica. Em A estão os valores referentes à produtividade de grãos, em B, ao rendimento de óleo, e em C estão representados os valores das duas variáveis, como uma junção entre os gráficos A e B.

Como pode ser observado nas análises gráficas, as linhas denominadas por X1 representam a variável produtividade, enquanto as X2, representam rendimento de óleo. Quanto às letras, D, F e G representam, respectivamente, valores de Pi para ambientes desfavoráveis, favoráveis e de adaptabilidade geral.

Em A, observamos picos coincidentes em 3, 10 e 14, fato que se repete em B e em C, nos fazendo concluir que tais genótipos são pouco adaptados a qualquer tipo de ambiente, para ambas as características avaliadas, fato que faz sentido se lembrarmos de que se tratam de variedades. Quanto aos vales, percebemos a presença destes ao avaliarmos os genótipos 8 e 12 em A e C, demonstrando que possuem boa estabilidade geral e a ambientes considerados favoráveis. Já em B, os vales são mais proeminentes em 2, 4 e 13, indicando que estes genótipos devem ser indicados ao cultivo em ambientes ditos desfavoráveis.

Métodos não paramétricos do Centróide

O método do centróide se consiste no estabelecimento prévio de ideótipos para posterior comparação com os genótipos a serem analisados, a fim de observar a proximidade gráfica destes. Trata-se de uma metodologia não paramétrica que tem como objetivo facilitar a recomendação de genótipos, pois permite o direcionamento dos genótipos em relação à variação ambiental, dispensa a análise de vários parâmetros, como ocorre nos métodos baseados em regressão (Nascimento et al, 2009).

Inicialmente o método era dotado de quatro ideótipos, que consideravam genótipos de desempenho máximo em todos os ambientes (ideótipo I), máximo em ambientes favoráveis e mínimos em desfavoráveis (ideótipo II), máximo em

desfavoráveis e mínimo em favoráveis (ideótipo III) e mínimo em ambos (ideótipo IV). Estas situações, em muitos casos, não eram condizentes com a realidade biológica das espécies, que, por muitas vezes, tendem a ter desempenho médio em um ou ambos os tipos de ambientes. Para contornar esta situação, Nascimento et al. (2009) propuseram a modificação dessa metodologia, adicionando mais três ideótipos, passando a ser contempladas as situações nas quais o genótipo possuía desempenho médio em ambos os tipos de ambientes (ideótipo V), médio em ambientes desfavoráveis e alto em ambientes favoráveis (ideótipo VI) e alto em ambientes desfavoráveis e médio em favoráveis (ideótipo VII), se aproximando assim da realidade de comportamento das espécies.

Quando se analisa a produtividade de grãos, pode-se perceber que a maioria dos genótipos se encontra próximo ao grupo 5, demonstrando que há uma tendência a adaptabilidade geral, como pode ser observado na tabela 16. Tal fato ocorre com os genótipos 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 15 e 16. O genótipo 1 mostrou-se em posição de destaque por apresentar alto potencial de desempenho em ambientes favoráveis e desfavoráveis, sendo o único incluído no grupo I. Em contrapartida, os genótipos 10 e 14 apresentaram desempenho mínimo em ambos os tipos de ambiente sendo, por isso, incluídos no grupo IV. Já os genótipos 8 e 13 foram incluídos no grupo VII, demonstrando bom potencial produtivo apenas em ambientes desfavoráveis (nos favoráveis, apresentaram-se como possuindo produtividade média), contrário ao que ocorreu com o ambiente 12, incluído no grupo VI por apresentar produtividade média em ambientes desfavoráveis e alta nos favoráveis.

Em relação ao teor de óleo, podemos observar na tabela 17 que os genótipos 10 e 14 mais uma vez apresentaram-se como pouco adaptados, exibindo médias mínimas tanto em ambientes favoráveis como em desfavoráveis (grupo IV). Diferentemente da análise de produtividade, o genótipo 2 possui médias altas em ambientes desfavoráveis e valores médios para ambientes desfavoráveis, sendo agora incluído no grupo VII. Os genótipos restantes (1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 15 e 16) foram incluídos no grupo V por apresentarem adaptabilidade geral (valores médios em todos os ambientes).

Tabela 16: Valores de médias, probabilidades associadas a cada ideótipo e classificação dos genótipos de girassol nos grupos nas análises de produtividade.

Gen.	Méd.	Clas.	Prob (I)	Prob (II)	Prob (III)	Prob (IV)	Prob (V)	Prob (VI)	Prob (VII)
1. M734(T)	2195.78	I	0.19	0.09	0.10	0.07	0.17	0.18	0.18
2. HELIO358(T)	2035.69	V	0.09	0.07	0.11	0.07	0.31	0.10	0.23
3. Embrapa122(T)	1729.84	V	0.09	0.12	0.12	0.19	0.21	0.12	0.14
4. MG341	1979.30	V	0.11	0.09	0.11	0.09	0.27	0.13	0.17
5. HLE20	1916.48	V	0.11	0.12	0.10	0.11	0.25	0.14	0.15
6. HLE22	2022.82	V	0.12	0.11	0.09	0.09	0.24	0.16	0.15
7. HLE23	2064.90	V	0.12	0.09	0.12	0.09	0.22	0.12	0.20
8. BRSG37	2230.91	VII	0.19	0.08	0.08	0.06	0.18	0.16	0.22
9. BRSG34	2081.10	V	0.12	0.08	0.10	0.08	0.26	0.12	0.20
10. BRSG35	1564.10	IV	0.08	0.09	0.13	0.29	0.17	0.09	0.11
11. BRSG38	1836.08	V	0.09	0.09	0.14	0.12	0.25	0.10	0.16
12. BRSG39	2229.76	VI	0.20	0.09	0.08	0.06	0.16	0.21	0.15
13. BRSG40	2175.54	VII	0.15	0.08	0.09	0.06	0.21	0.14	0.24
14. BRSG41	1464.27	IV	0.06	0.09	0.10	0.42	0.13	0.08	0.09
15. V90631	1820.99	V	0.09	0.09	0.16	0.14	0.23	0.10	0.16
16. BRSG36	2143.22	V	0.17	0.09	0.08	0.06	0.20	0.18	0.18

Tabela 17: Valores de médias, probabilidades associadas a cada ideótipo e classificação dos genótipos de girassol nos grupos nas análises de teor de óleo.

Gen.	Méd.	Clas.	Prob (I)	Prob (II)	Prob (III)	Prob (IV)	Prob (V)	Prob (VI)	Prob (VII)
1. M734(T)	852.03	V	0.12	0.10	0.12	0.10	0.22	0.13	0.18
2. HELIO358(T)	950.96	VII	0.13	0.07	0.10	0.06	0.20	0.12	0.28
3. Embrapa122(T)	751.76	V	0.09	0.12	0.12	0.19	0.21	0.11	0.13
4. MG341	926.46	V	0.15	0.11	0.09	0.08	0.19	0.18	0.16
5. HLE20	870.74	V	0.12	0.11	0.10	0.10	0.23	0.15	0.15
6. HLE22	880.10	V	0.12	0.11	0.10	0.09	0.24	0.15	0.16
7. HLE23	926.83	V	0.14	0.10	0.12	0.09	0.20	0.14	0.19
8. BRSG37	937.06	V	0.15	0.08	0.09	0.07	0.22	0.15	0.21
9. BRSG34	838.67	V	0.10	0.09	0.11	0.10	0.29	0.11	0.16
10. BRSG35	708.59	IV	0.08	0.10	0.13	0.26	0.19	0.09	0.12
11. BRSG38	838.11	V	0.10	0.08	0.13	0.10	0.27	0.12	0.18
12. BRSG39	887.65	V	0.13	0.10	0.10	0.09	0.23	0.15	0.17
13. BRSG40	913.76	V	0.12	0.08	0.09	0.07	0.25	0.13	0.22
14. BRSG41	694.53	IV	0.08	0.10	0.12	0.29	0.16	0.10	0.11
15. V90631	819.75	V	0.10	0.09	0.15	0.13	0.23	0.10	0.17
16. BRSG36	883.51	V	0.12	0.10	0.10	0.08	0.24	0.14	0.17

Com a finalidade de auxiliar as análises, os 16 genótipos iniciais e os sete ideótipos foram plotados em projeção 2D, como observado na figura 5. Os ideótipos assumem no gráfico uma conformação típica em formato de seta, própria do método do centroide. Na ponta da seta se encontra o ideótipo I (de desempenho máximo em todos os ambientes) e na base, o ideótipo IV (de desempenho mínimo em todos os ambientes), sendo o restante posicionado de acordo com o desempenho nos ambientes. Os genótipos se apresentam mais próximos a um ou outro ideótipo, demonstrando assim em qual grupo devem ser inseridos com menor probabilidade de erros.

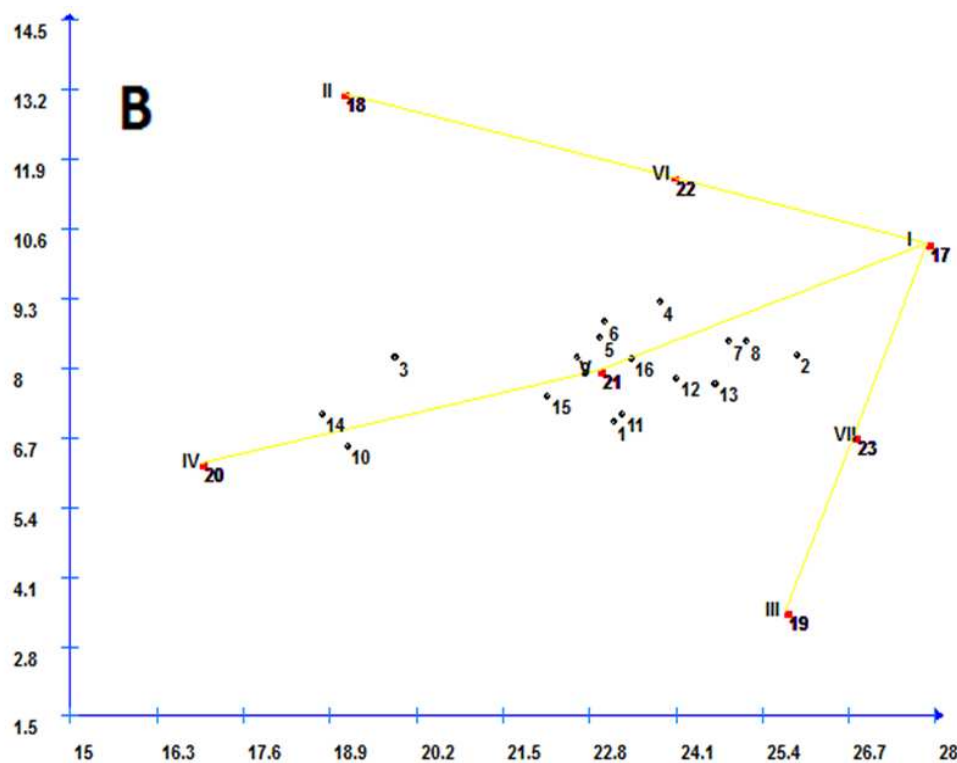
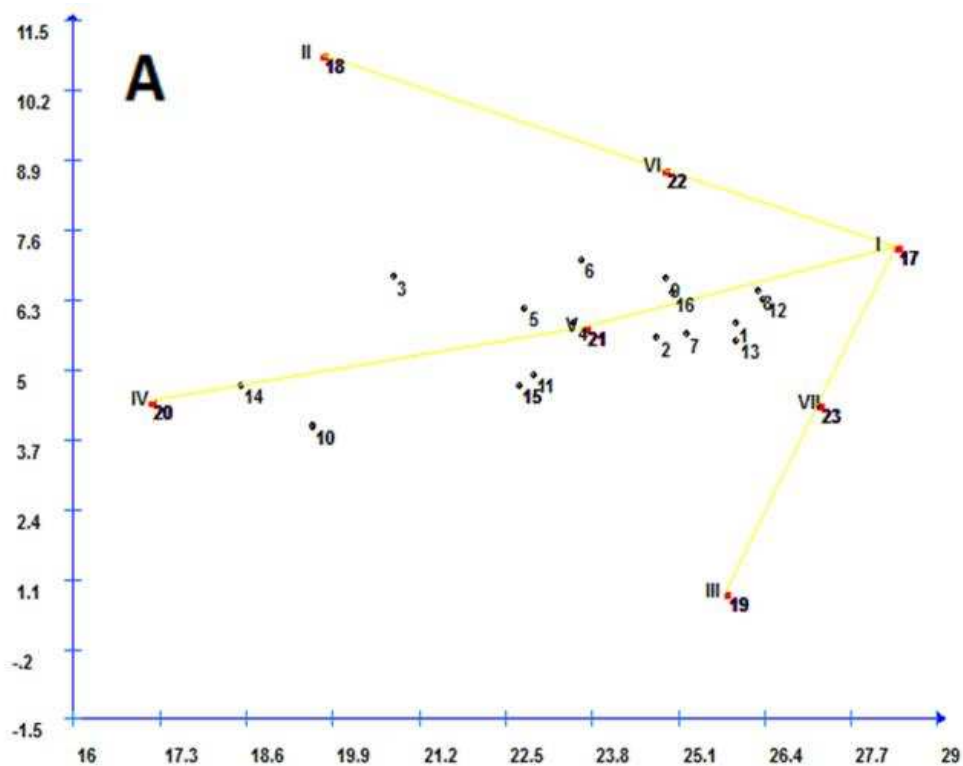


Figura 5: Projeção gráfica do método do centroide. Figura 5A: Referente à produtividade de grãos; figura 5B: referente ao teor de óleo.

5.Conclusões

- Há variabilidade genética entre os genótipos de girassol estudados e um componente significativo de interação genótipos x ambientes;
- A interação entre genótipos e ambientes foi predominantemente complexa para a maioria dos pares de locais estudados, tanto para rendimento de grãos quanto para teor de óleo;
- Nas análises da rede de ambientes, nas quais foi utilizado o novo método proposto da busca exaustiva, foi possível concluir que este se mostrou eficiente em eliminar ambientes da rede sem afetar substancialmente os valores de correlação entre as análises. No trabalho em questão, pôde-se perceber que a redução de, no máximo, um ambiente foi apontada como viável para a condução dos experimentos para ambas as características mensuradas.
- Em relação às estimativas de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos avaliados, as metodologias de Eberhart e Russell, Lin e Binns e centroide, se mostraram concordantes na recomendação de genótipos, incluindo a do centroide, ainda pouco difundida, que se mostrou de grande potencial pela facilidade de interpretação de resultados. Conclui-se também que os genótipos 12 (BRSG39) e 16(BRSG36) se mostraram propícios a ambientes favoráveis, o genótipos 2(HELIO358(T)) se destacou na recomendação a ambientes desfavoráveis e os genótipos 8(BRSG37), 4(MG341) e 13(BRSG37) se mostraram como sendo de adaptabilidade geral, com destaque para o primeiro.

6. Referências Bibliográficas

ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. *Crop Science* 4.5 (1964): 503-508.

AMORIM, E. P.; RAMOS, N. P.; UNGARO, M. R. G.; KIIHL, T. A. M. Divergência genética em genótipos de girassol. *Ciência Agrotécnica*. v.31, n.6, p.1637-1644, 2007.

BISCARO, G. A.; MACHADO, J. R.; TOSTA, M. S.; MENDONÇA, V.; SORATTO, R. P.; CARVALHO, L. A. Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de Cassilândia-MS. *Ciência Agrotécnica*. v. 32, n. 5, p. 1366-1373, 2008.

BONACIN, G. A.; RODRIGUES, T. J. D.; CRUZ, M. C. P.; BANZATTO, D. A. Características morfofisiológicas de sementes e produção de girassol em função de boro no solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.13, n.2, p.111-116, 2009.

CASTRO, C. de; CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A.; LEITE, R.M.V.B. de C.; KARAM, D.; MELLO, H.C.; GUEDES, L.C.A.; FARIAS, J.R.B. A cultura do girassol. Londrina: Embrapa-CNPSo, 1997. 36p. (Embrapa-CNPSo. Circular Técnica, 13).

CRUZ, C. D. (2016) *Programa Genes*: versão Windows; aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético. Viçosa: UFV, 2006. 585 p.

CRUZ, C. D.; CASTOLDI, F. L. Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa. Ceres, v. 38, n. 219, p. 422-430, 1991.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A.J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV, 1994. v.1. 390p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. "Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 4a ed." *Viçosa, UFV. 414p* (2012).

CRUZ, C. D.; TORRES, R. A. A.; VENCOSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. Revista Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, v. 12, n. 2, p. 567-580, 1989.

EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, v.6, p.36-40, 1966.

GAMA, P. E.; GIL, R. A. S. S.; LACHTER, E. R. Produção de biodiesel através de transesterificação in situ de sementes de girassol via catálise homogênea e heterogênea. Química Nova, v.33, n.9, p.1859-1862, 2010.

GRUNVALD, A. K.; CARVALHO, C. G. P.; OLIVEIRA, A. C. B.; ANDRADE, C. A. B. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de girassol nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 33, n. 9, p. 1195-1204, 2009.

GRUNVALD, A. K.; CARVALHO, C. G. P.; OLIVEIRA, A. C. B.; ANDRADE, C. A. B. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de girassol Brasil Central. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, n. 11, p. 1483-1493, 2008.

GRUNVALD, A. K.; CARVALHO, C. G. P.; OLIVEIRA, A. C. B.; PIRES, J. L. F.; CARVALHO, H. W. L.; OLIVEIRA, I. R. Adaptabilidade e estabilidade de híbridos de girassol convencional e alto oleico na Região Sul do Brasil. *Revista Ciências Agrárias*, v. 56, n. 3, p. 217-223, 2014.

KNOTHE, G. Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl esters. *Fuel Processing Technology*, Amsterdam, v.86, n.10, p.1059-1070, 2005.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A. Superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Canadian Journal of Plant Science*, v. 68, n. 1, p. 193-198, 1988.

MARCHETTI, M. E.; MOTOMYA, W. R.; FABRÍCIO, A. C.; NOVELINO, J. O. Resposta do girassol, *Helianthus annuus*, a fontes e níveis de boro. *Acta Scientiarum*. v. 23, n. 5, p. 1107-1110, 2001.

MAZIERO, J. V. G.; CORRÊA, I. M.; TRIELLI, M. A.; BERNARDI, J. A.; D'AGOSTINI, M. F. Avaliação de emissões poluentes de um motor diesel utilizando biodiesel de girassol como combustível. Engenharia na Agricultura. v.14, n.4, p.287-292, 2006.

MILLER, J. F.; ZIMMERMAN, D. C.; VICK, B. A. Genetic Control of High Oleic Acid Content in Sunflower Oil. Crop Science, v. 27, n. 5, p. 923-926, 1987.

MORAIS, F. A.; GURGEL, M. T.; OLIVEIRA, F. H. T.; MOTA, A. F. Influência da irrigação com água salina na cultura do girassol. Revista Ciência Agronômica. v.42, n.2, p.327-336, 2011.

NASCIMENTO, M.; CRUZ, C. D.; CAMPANA, A.C.M.; TOMAZ, R.S.; SALGADO, C.C.; FERREIRA, R.P. Alteração no método centroide de avaliação da adaptabilidade genotípica. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.44, n.3, p.263-269, 2009.

PORTO, W. S.; CARVALHO, C. G. P.; PINTO, R. J. B. Adaptabilidade e estabilidade como critérios para seleção de genótipos de girassol. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, n.4, p.491-499, 2007.

PORTO, W.S.; CARVALHO, C.G.P. de; PINTO, R.J.B.; OLIVEIRA, M.F. de; OLIVEIRA, A.C.B. de. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de girassol para a região subtropical do Brasil. *Ciência Rural*, v.39, n.9, 2009.

ROCHA, R. B.; MURO-ABAD, J. I.; ARAÚJO, E. F.; CRUZ, C. D. Utilização do método centróide para estudo da estabilidade e adaptabilidade ao ambiente. *Ciência Florestal*, v. 15, n. 3, p. 255-266, 2005.

RÖMER, C., WAHABZADA, M.; BALLVORA, A.; PINTO, F.; ROSSINI, M.; PANIGADA, C.; BEHMANN, J.; LÉON, J.; THURAU, C.; BAUCKHAGE, C.; KERSTING, K.; RASCHER, U.; PLÜMER, LUTZ. Early drought stress detection in cereals: simplex volume maximisation for hyperspectral image analysis. *Functional Plant Biology*, v. 39, n. 11, p. 878-890, 2012.

RUFINO C. A. TAVARES, L. C.; VIEIRA, J. F.; DÖRR, C. S.; VILLELA, F. A.; BARROS, A. C. S. A. Desempenho de genótipos de milho submetidos ao déficit hídrico no estágio vegetativo. *Magistra*, v. 24, n. 3, p. 217-225, 2012.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, p. 507-512, 1974.

SILVA, A. G.; PIRES, R.; MORÃES, E. B.; OLIVEIRA, A. C. B.; CARVALHO, C. G. P. Desempenho de híbridos de girassol em espaçamentos reduzidos. *Ciências Agrárias*. v.30, n.1, p.31-38, 2009.

SILVA, C. A. Produção de biodiesel a partir de óleo bruto de girassol. II Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel. 2004.

SILVA, M. L. O.; FARIA, M. A.; MORAIS, A. R.; ANDRADE, G. P.; LIMA, E. M. C. Crescimento e produtividade do girassol cultivado na entressafra com diferentes lâminas de água. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.11, n.5, p.482-488, 2007.