

Divergência genética entre variedades de videiras do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Semiárido¹

Genetic divergence among grapevine varieties from the Active Germplasm Bank of Embrapa Semiárido

Patrício Ferreira Batista^{2*}, Maria Auxiliadora Coêlho de Lima³, Patrícia Coelho de Souza Leão³, Flávio de França Souza³ e Ricardo Elesbão Alves⁴

RESUMO - Este trabalho teve por objetivo avaliar a divergência genética entre 31 variedades de videira do Banco de Germoplasma da Embrapa Semiárido, considerando características de qualidade, compostos de importância funcional e atividade antioxidante dos frutos. Foram avaliadas nas bagas as seguintes características: teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT, resistência da baga à força de compressão, teor de taninos (dímeros, oligoméricos e poliméricos), polifenóis extraíveis totais, antocianinas totais, flavonoides amarelos e atividade antioxidante. Foi utilizada a distância generalizada de Mahalanobis para quantificar a divergência genética entre as variedades. Como estratégias de agrupamento, foram empregados UPGMA e a análise de variáveis canônicas. A variabilidade genética para teores de compostos fenólicos, determinados por meio de taninos poliméricos, de polifenóis extraíveis totais e de antocianinas totais, existentes em variedades de videira do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Semiárido permitiu a identificação de genótipos divergentes com potencial aproveitamento em futuras ações de melhoramento voltadas para a melhoria das propriedades funcionais.

Palavras-chave: *Vitis* spp.. Recursos genéticos. Divergência genética. Variação fenotípica. Videira. Plantas-variação.

ABSTRACT - The aim of this study was to evaluate genetic divergence among 31 varieties of grapevine from the Germplasm Bank of Embrapa Semiárido, considering characteristics of quality, important functional compounds and the antioxidant activity of the fruit. The following characteristics were evaluated in the fruit: soluble solids content (SS), titratable acidity (TA), the ratio of SS to TA, resistance of the fruit to compression, tannin content (dimer, oligomeric and polymeric), total extractable polyphenols, total anthocyanins, yellow flavonoids and antioxidant activity. The generalised Mahalanobis distance was used to quantify genetic divergence among the varieties. UPGMA and canonical variate analysis were employed as clustering methods. Genetic variability for phenolic compounds levels, determined using polymeric tannins, total extractable polyphenols and total anthocyanins, existing in varieties of grapevine from the Active Germplasm Bank of Embrapa Semiárido, allowed for the identification of divergent genotypes having a potential for use in future breeding programs aimed at improving functional properties.

Key words: *Vitis* spp. Genetic resources. Genetic divergence. Phenotypic variation. Grapevine. Plant variation.

* Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 24/09/2014; aprovado em 27/07/2015

Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semiárido

²Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Semiárido, Av. Francisco Mota, n. 572, Bairro Costa e Silva, Mossoró-RN, Brasil, 59.625-900, patriciosfb@gmail.com

³Embrapa Semiárido, BR 428, Km 152, Zona Rural, Caixa Postal 23, Petrolina-PE, Brasil, 56.302-970, auxiliadora.lima@embrapa.br; patricia.leao@embrapa.br; flavio.franca@embrapa.br

⁴Embrapa Agroindústria Tropical, Rua Dra. Sara Mesquita, n. 2270, Bairro Planalto do Pici, Fortaleza-CE, Brasil, 60.511-110, ricardo.alves@embrapa.br

INTRODUÇÃO

A avaliação e caracterização de um Banco de Germoplasma (BAG) proporcionam informações que auxiliam na escolha correta dos melhores genótipos para os programas de hibridação (ALVES *et al.*, 2012; COSTA *et al.*, 2006). Para o avanço desses programas, é importante que sejam conhecidas a herança das características envolvidas e a base genética dos parentais, que podem ser elucidadas em estudos de divergência genética (ALBRECHT *et al.*, 2008; BARROS *et al.*, 2010; CEOLIN *et al.*, 2007). Na predição da divergência genética, vários métodos de análise multivariada podem ser aplicados, como a análise por componentes principais, por variáveis canônicas e os métodos aglomerativos. A escolha do método deve considerar a precisão desejada, a facilidade de análise e a forma com que os dados foram obtidos (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

Diversos trabalhos têm sido realizados no sentido de caracterizar coleções de várias espécies de interesse agrícola. No caso da videira, Borges *et al.* (2008), Borges *et al.* (2010), Leão e Motoike (2011), Leão *et al.* (2009a) e Leão, Cruz e Motoike (2010) realizaram estudos para estimar a divergência genética entre os acessos para sua utilização na escolha de parentais em programas de melhoramento. Todos esses trabalhos utilizaram o BAG de videira da Embrapa Semiárido, que se destaca por ser o único da Região Nordeste do País, em condições semiáridas, onde é possível a produção de duas safras anuais. Por conseguinte, constitui-se recurso estratégico para a vitivinicultura tropical. A maior parte dos acessos (59%) pertence à espécie *Vitis vinifera* L., sendo os híbridos interespecíficos o segundo maior grupo (28,2%) (SILVA *et al.*, 2010).

O estudo da diversidade genética permite, entre outros aspectos, identificar as combinações híbridas de maior efeito heterótico, que resultam em maior probabilidade de recuperação de genótipos superiores na descendência (LEÃO; CRUZ; MOTOIKE, 2010). Na maioria das vezes, baseia-se em características morfológicas, agronômicas ou em atributos usuais de qualidade.

Ultimamente, a divulgação das propriedades químicas de frutos como as uvas tem estimulado o consumo visando à prevenção de algumas doenças (WILLS *et al.*, 1998). Produtos com tais características são reconhecidos como alimentos funcionais, que são capazes de fornecer benefícios pela alimentação, reduzir o risco de doenças e reforçar a dieta habitual com a ingestão de nutrientes específicos (BALDISSERA *et al.*, 2011). A caracterização e a avaliação de germoplasma, com relação à qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante em

condições ambientais específicas são ações importantes para o manejo de bancos de germoplasma, bem como para a seleção de genótipos adaptados, com características que lhes permitam a incorporação em programas de melhoramento genético.

Este trabalho teve o objetivo de avaliar a divergência genética entre 31 variedades do BAG de videira da Embrapa Semiárido, em relação às características de qualidade, compostos de importância funcional e atividade antioxidante.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área do BAG de videira, no Campo Experimental de Mandacaru, pertencente à Embrapa Semiárido e que está situado a 9°24' S, 40°26' W e 375 m de altitude, em Juazeiro-BA, que possui clima tropical, quente e seco. A temperatura média anual é de 23,6 °C, umidade relativa do ar de 61,7%, precipitação média anual de 455 mm, evaporação tanque Classe A de 1.800 mm e insolação média anual de 11 horas/dia (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2013). As videiras estão enxertadas sobre o porta-enxerto 'IAC 572', que, segundo Leão *et al.* (2009b), adapta-se a diferentes classes de solo, apresenta elevado vigor, tendo as estacas bons índices de enraizamento e de pegamento na enxertia. O espaçamento utilizado foi de 3 m x 2 m e as plantas foram conduzidas em cordão bilateral, recebendo irrigação por gotejamento.

Conforme pode ser observado na Tabela 1, foram avaliadas 31 variedades de videira em dois ciclos de produção, correspondentes ao primeiro e segundo semestres de 2011. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 31 x 2 (variedade x ciclo de produção), com quatro repetições, sendo que cada parcela foi constituída por cinco cachos de uvas.

Foram analisados, nas bagas das uvas, onze caracteres: teor de sólidos solúveis (SS), determinado a partir de uma amostra de vinte bagas por cacho e expresso em Brix; acidez titulável (AT), determinada a partir de uma amostra de vinte bagas por cacho, em percentagem de ácido tartárico; relação SS/AT; resistência da baga à força de compressão, utilizando-se texturômetro digital Extralab TA.XT.Plus, com valores expressos em N; teor de taninos dímeros, oligoméricos e poliméricos, segundo metodologia descrita por Reicher, Sierakowski e Correal (1981); polifenóis extraíveis totais, conforme recomendação de Larrauri, Rupérez e Saura-Calixto (1997); antocianinas totais e flavonoides amarelos, quantificados na casca, segundo Francis (1982); e atividade antioxidante, determinada pelo método da captura do

Tabela 1 - Identificação de variedades de videira do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Semárido, avaliadas em ciclos de produção do primeiro e segundo semestres de 2011

Variedade	Uso	Variedade	Uso
1. A dona	Mesa	17. Moscato de Hamburgo	Mesa/Processamento
2. Benitaka	Mesa	18. Moscato Noir	Mesa/Processamento
3. Brasil	Mesa	19. Barbera	Processamento
4. Cardinal	Mesa	20. Blue Lake	Processamento
5. Christmas Rose	Mesa	21. Gamay	Processamento
6. Isaura	Mesa	22. Grenache	Processamento
7. Liberty	Mesa	23. Máximo	Processamento
8. Patrícia	Mesa	24. Syrah clone 1	Processamento
9. Piratininga	Mesa	25. Syrah clone 2	Processamento
10. Saturn	Mesa	26. Royalty	Processamento
11. Vênus	Mesa	27. Scarlet	Processamento
12. Estevão Marinho	Mesa/Processamento	28. Tannat	Processamento
13. Frankenthal	Mesa/Processamento	29. Tibouren	Processamento
14. Isabel	Mesa/Processamento	30. Tampa	Porta-enxerto
15. Isabel Precoce	Mesa/Processamento	31. Traviú	Porta-enxerto
16. Moscato Caillaba	Mesa/Processamento		

radical livre DPPH, conforme recomendado por Sánchez-Moreno; Larrauri e Saura-Calixto (1998), incluindo as adaptações feitas por Rufino *et al.* (2007). Os dados foram submetidos à análise de variância, para avaliação da existência de variabilidade genética entre as variedades. Em seguida, empregaram-se as análises multivariadas, com o objetivo de agrupar as variedades mais similares, utilizando-se a distância generalizada de Mahalanobis (D^2_{ii}), e identificar as principais variáveis para determinar a divergência genética, sendo elas: o método hierárquico *Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages* (UPGMA) e a análise de variáveis canônicas. A validação do agrupamento pelo método UPGMA foi determinada pelo coeficiente de correlação cofenético (CCC), calculado pelo teste de Mantel (1967). Na análise de variáveis canônicas, a diversidade genética foi evidenciada por meio de gráfico cartesiano, sendo os eixos representados pelas primeiras variáveis canônicas (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). Os dados obtidos foram analisados, utilizando-se os recursos computacionais do *software* Genes (CRUZ, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medidas de dissimilaridade genética, estimadas pela distância generalizada de Mahalanobis (D^2_{ii}), entre os pares de genótipos componentes das 31 variedades

estudadas variaram de 7,35 a 1.878,74, indicando a ampla diversidade genética entre elas (Tabela 2).

As variedades Cardinal e Royalty foram consideradas as mais dissimilares entre si, com uma distância genética de 1.878,74, enquanto as mais similares foram Grenache e Moscato de Hamburgo, que exibiram a menor distância média entre os pares de distância estimada (7,35). Para 'Royalty', destaca-se o fato de ter apresentado a máxima distância genética em relação a 29 das variedades estudadas. Borges *et al.* (2010), estudando a divergência fenotípica em variedades de videira para vinho desse mesmo BAG, a partir de características de produção, de atributos físicos dos cachos, do teor de SS, da AT e da relação SS/AT das bagas, observaram máxima dissimilaridade, determinada pela distância Euclidiana média, em Castelão e Royalty. A divergência genética dessa variedade em relação a outras, indicada por autores diferentes, representa oportunidade para se avaliar como sua inserção em estratégias de melhoramento pode contribuir para a obtenção de genótipos superiores.

Com relação à contribuição de cada característica analisada para a divergência genética entre as variedades (Tabela 3), segundo o critério de Singh (1981), verificou-se que quatro características (taninos poliméricos, resistência da baga à força de compressão, polifenóis extraíveis totais e antocianinas totais) contribuíram

Tabela 2 - Dissimilaridade, em relação a 11 características de qualidade dos frutos, com base na distância generalizada de Mahalanobis (D_{ij}^2), entre variedades de videira avaliadas em dois ciclos de produção correspondentes ao primeiro e ao segundo semestres do ano de 2011

Variedades	Distância	
	Máxima	Mínima
1-A Dona	Royalty (1816,81)	Liberty (59,23)
2-Barbera	Royalty (1133,86)	Isabel (41,36)
3-Benitaka	Royalty (1459,38)	Saturn (11,59)
4-Blue Lake	Royalty (1372,43)	Isabel (20,62)
5-Brasil	Royalty (1728,65)	Saturn (16,74)
6-Cardinal	**Royalty (1878,74)	Brasil (62,70)
7-Christmas Rose	Royalty (936,65)	Gamay (38,00)
8-Estevão Marinho	Royalty (1205,82)	Traviú (23,53)
9-Frankenthal	Royalty (1370,22)	Vênus (13,95)
10-Gamay	Royalty (1046,65)	Traviú (11,02)
11-Grenache	Royalty (1529,63)	*Moscato de Hamburgo (7,35)
12-Máximo	Cardinal (1138,05)	Royalty (208,72)
13-Isabel	Royalty (1261,92)	Isabel Precoce (16,26)
14-Isabel Precoce	Royalty (1144,38)	Isabel (16,26)
15-Isaura	Royalty (1378,58)	Saturn (31,18)
16-Liberty	Royalty (1680,93)	A Dona (59,23)
17-Moscato Caillaba	Royalty (1375,15)	Frankenthal (17,89)
18-Moscato de Hamburgo	Royalty (1524,68)	Grenache (7,35)
19-Moscato Noir	Royalty (1537,78)	Patrícia (10,52)
20-Patrícia	Royalty (1495,41)	Moscato Noir (10,52)
21-Syrah clone 1	Royalty (904,17)	Syrah clone 2 (9,90)
22-Syrah clone 2	Royalty (750,58)	Syrah clone 1 (9,90)
23-Piratinunga	Royalty (1436,93)	Benitaka (21,14)
24-Royalty	Cardinal (1878,74)	Máximo (208,72)
25-Saturn	Royalty (1561,99)	Benitaka (11,59)
26-Scarlet	Royalty (812,29)	Syrah clone 2 (65,92)
27-Tampa	Royalty (1161,01)	Blue Lake (35,93)
28-Tannat	Royalty (757,33)	Syrah clone 2 (17,22)
29-Tibouren	Royalty (1718,04)	A Dona (70,85)
30-Traviú	Royalty (1028,16)	Gamay (11,02)
31-Vênus	Royalty (1245,53)	Frankenthal (13,95)

*Variedades com maior similaridade; **Variedades com maior dissimilaridade

com 66,45% da divergência genética. Entre elas, três correspondem à quantificação de compostos de natureza fenólica, cuja biossíntese está relacionada a estratégias de defesa da planta e a interações com as condições edafoclimáticas nas regiões de cultivo (LI *et al.*, 2014).

Estes compostos possuem ação antioxidante. Portanto, são sequestradores de radicais livres, com ação protetora contra processos degenerativos que conduzem a doenças humanas crônicas não transmissíveis, como o câncer (BALDISSERA *et al.*, 2011).

No conjunto das variáveis analisadas, teor de taninos poliméricos foi a mais eficiente em explicar a dissimilaridade entre as variedades, com 31,27% (Tabela 3). Considerando a possibilidade de obtenção de variedades com teores superiores de compostos com propriedades funcionais, atuando na prevenção de algumas doenças, a identificação de genótipos com elevados teores destes compostos é de interesse para o melhoramento genético de videira. Observou-se também a oportunidade de dirigir esforços para a obtenção de genótipos com bagas com maior resistência à força de compressão, característica relevante para o manuseio pós-colheita de variedades destinadas ao mercado de fruta fresca.

Tabela 3 - Contribuição relativa de 11 caracteres de qualidade dos frutos, avaliados para dissimilaridade genética, de 31 variedades de videira em dois ciclos de produção, correspondentes ao primeiro e ao segundo semestres de 2011, pelo método proposto por Singh (1981)

Caracteres	Valor (%)
Teor de sólidos solúveis (SS)	1,60
Acidez titulável (AT)	3,86
Relação SS/AT	3,55
Resistência da baga à força de compressão	12,88
Taninos dímeros	9,59
Taninos oligoméricos	7,89
Taninos poliméricos	31,27
Polifenóis extraíveis (PET)	11,25
Antocianinas	11,05
Flavonoides amarelos (FA)	0,84
Atividade antioxidante total (DPPH)	6,21

Por meio da análise das variáveis canônicas, observou-se que as duas primeiras variáveis explicaram 79,45% da variância total contida no conjunto das características analisadas, sendo possível afirmar que existe variabilidade entre as 31 variedades analisadas (Tabela 4). Em estudo da caracterização de variáveis de produção, em que se avaliou um grupo de variedades de videira para consumo *in natura* desse BAG, Borges *et al.* (2008) mencionaram a variabilidade genética existente, destacando que os dois primeiros componentes representavam 80,35% da variação total disponível.

Tabela 4 - Estimativa das variâncias (autovalores) e variâncias acumuladas das variáveis canônicas, visando estimar a dissimilaridade genética entre 31 variedades de videira em ciclos de produção correspondentes ao primeiro e ao segundo semestres de 2011

Variáveis canônicas	Autovalores (Variâncias)	Variâncias acumuladas (%)
1	68,97	68,97
2	10,48	79,45
3	8,38	87,83
4	3,28	91,11
5	2,38	93,50
6	2,15	95,64
7	1,68	97,32
8	0,93	98,25
9	0,84	99,09
10	0,63	99,71
11	0,29	100,00

O primeiro componente da variável canônica estudada no presente trabalho foi associado às características teor de taninos poliméricos, sólidos solúveis, polifenóis extraíveis totais, resistência da baga à força de compressão e antocianinas totais (Tabela 5). A associação da primeira variável canônica às características citadas ratifica os dados obtidos com o uso do método de Singh, conforme Tabela 3, mas inclui o teor de sólidos solúveis. Esta é uma característica fundamental para seleção de genótipos em programas de melhoramento de videira, pois está relacionada ao sabor da baga, sendo de amplo uso. O teor de sólidos solúveis também aparece, juntamente com resistência da baga à força de compressão e atividade antioxidante total, integrando o segundo componente da variável canônica.

Estudos realizados por Borges *et al.* (2010), com base em 11 variáveis agrônomicas de acessos de videiras para vinho tinto procedentes do BAG da Embrapa Semiárido, indicaram diâmetro médio da baga, peso da baga e relação SS/AT como as que mais contribuíram para a divergência, respondendo por percentuais de 36,6, 27,3 e 14,5%, respectivamente, da variabilidade. Leão, Cruz e Motoike (2010), estudando 66 acessos de videira destinadas a elaboração de vinhos deste mesmo BAG, observaram que o componente 1, associado com características de dimensões de cachos, explicou 36,67% da variância total. Observaram, ainda, que o componente 2 representou 18,66% da variância e se relacionou com as características físico-químicas da uva (SS, AT e SS/AT).

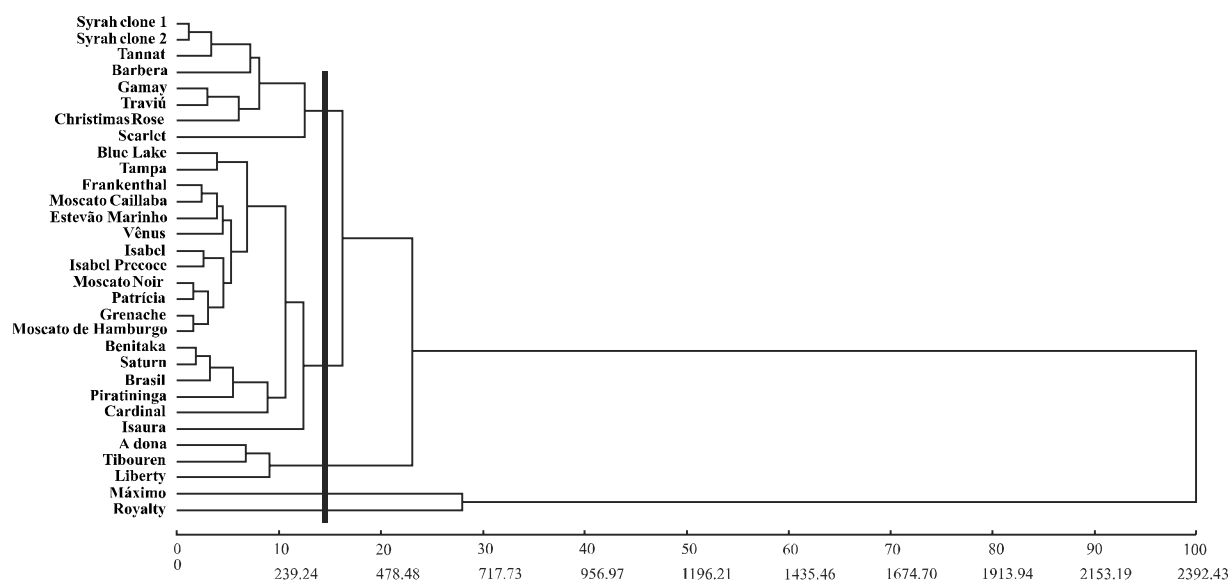
Tabela 5 - Estimativa de autovalores associados às variáveis canônicas (VC) em 31 variedades de videira em ciclos de produção correspondentes ao primeiro e ao segundo semestres de 2011

	SS	AT	SS/AT	RC	TD	TO	TP	PET	ANT	FLAV	AAT
VC1	-0,33	0,21	0,11	-0,30	0,21	0,16	0,58	0,31	0,30	0,02	0,00
VC2	-0,24	-0,16	-0,16	0,83	0,09	0,08	0,00	0,07	-0,08	-0,10	-0,55
VC3	-0,26	0,04	0,75	0,35	-0,03	-0,22	0,40	0,14	0,14	-0,06	0,65
VC4	0,29	0,70	-0,14	0,34	0,03	-0,14	-0,05	-0,22	0,51	-0,03	0,24
VC5	-0,25	0,57	0,71	0,03	0,17	0,63	-0,66	0,45	-0,24	-0,15	0,31
VC6	1,18	-0,29	-0,57	0,16	0,05	0,20	0,02	-0,06	-0,37	-0,01	-0,02
VC7	-0,13	0,02	0,54	0,03	-0,03	0,41	-0,40	-0,47	0,71	-0,14	-0,35
VC8	-0,28	0,87	0,91	-0,07	-0,87	0,07	0,75	-0,10	-0,10	-0,26	-0,19
VC9	0,16	-0,67	-0,82	0,07	-0,51	0,52	0,06	-0,18	0,54	-0,80	0,26
VC10	-0,10	-0,06	-0,09	-0,05	-0,40	0,69	0,25	-0,40	-0,51	0,74	0,16
VC11	0,27	-0,26	-0,22	0,01	-0,68	0,12	0,01	0,64	-0,03	0,42	0,08

SS = Sólidos solúveis; AT = acidez titulável; SS/AT = relação SS/ATT; RC = resistência da baga à força de compressão; TD = taninos dímeros; TO = taninos oligoméricos; TP = taninos poliméricos; PET = polifenóis extraíveis totais; ANT = antocianinas; FLAV = flavonoides amarelos; AAT = atividade antioxidante total, determinada pelo método de captura do radical livre DPPH

A análise do coeficiente de correlação cofenético resultou em valor alto ($r = 0,87$, $p < 0,0001$, 10.000 permutações) e adequado, pois valores iguais ou superiores a 0,56 são considerados ideais (VAZ PATTO *et al.*, 2004), indicando que o dendrograma obtido reproduz de modo satisfatório a informação contida na matriz de correlação e na consequente formação dos grupos (Figura 1).

A separação em grupos foi feita a partir da delimitação de uma linha de corte, estabelecida no local de ocorrência da mudança abrupta nas ramificações presentes no dendrograma (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). A formação de grupos é importante na escolha dos parentais em programas de melhoramento, uma vez que as novas populações híbridas devem ser estabelecidas com

Figura 1 - Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre 31 variedades de videira em ciclos de produção correspondentes ao primeiro e ao segundo semestres de 2011, obtidos pela técnica *Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages* (UPGMA), utilizando a distância generalizada de Mahalanobis (D_{ii}^2) como medida de dissimilaridade (Coeficiente de correlação cofenética - CCC = 87%)

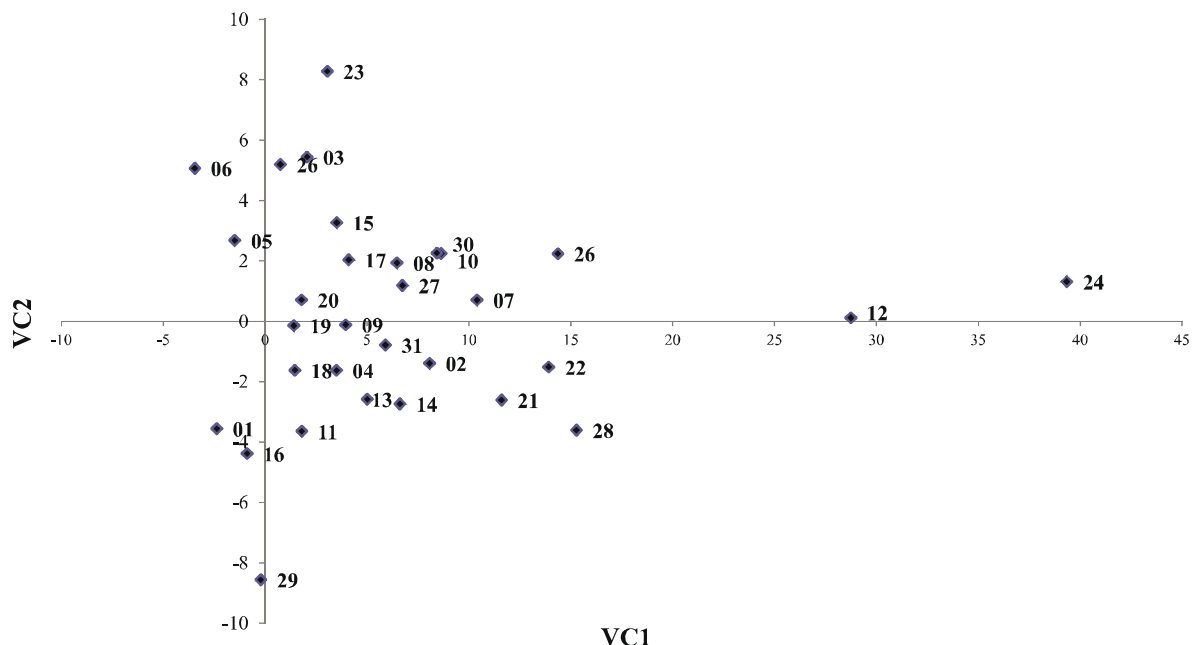
base na magnitude de suas dissimilaridades e no potencial *per se* dos parentais (BERTAN *et al.*, 2006). Por meio de análise de agrupamento, a partir das estimativas de dissimilaridade, foram formados cinco grupos distintos. O primeiro grupo foi formado pelas variedades Syrah clone 1, Syrah clone 2, Tannat, Barbera, Gamay, Traviú, Christmas Rose e Scarlet. O segundo grupo foi o que reuniu o maior número de variedades: Blue Lake, Tampa, Frankenthal, Moscato Caillaba, Estevão Marinho, Vênus, Isabel, Isabel Precoce, Moscato Noir, Patrícia, Grenache, Moscato de Hamburgo, Benitaka, Saturn, Brasil, Piratininga, Cardinal e Isaura, correspondendo a 58% das variedades. O terceiro grupo foi constituído pelas variedades A Dona, Tibouren e Liberty. As variedades Máximo e Royalty foram as que mais se distanciaram do restante das variedades, constituindo os grupos 4 e 5, respectivamente. Estas duas últimas variedades destacaram-se com relação aos teores de compostos bioativos e atividade antioxidante, podendo ser utilizadas em futuros programas de melhoramento genético visando à obtenção de uvas com alto valor funcional. Leão, Cruz e Motoike (2010), avaliando 66 acessos de videira destinada à elaboração de vinhos e utilizando o método de Tocher, com base em cinco variáveis discretas, observaram a formação de 8 grupos, sendo que 72,7% concentraram-se em um único grupo. Os

autores concluíram que, para as variáveis que analisaram, há pouca variação entre os acessos de uvas para vinho existentes no BAG da Embrapa Semiárido. A razão sugerida foi a forma de coleta desses acessos, composta principalmente por variedades clássicas e tradicionais do mercado internacional de vinhos. Por consequência, sugeriram a introdução de novos acessos de uvas para elaboração de vinhos, com o objetivo de aumentar a variabilidade genética neste banco.

Ainda, o método UPGMA permitiu demonstrar que as variedades Syrah clone 1 e Syrah clone 2 são pouco divergentes, assim como as variedades Isabel e Isabel Precoce (Figura 1). Os resultados se assemelham aos obtidos por Borges *et al.* (2010), que observaram elevada similaridade entre Syrah clone 1 e Syrah clone 2, bem como entre Gamay e Gamay Beaujolais, em relação a caracteres agrônômicos, sugerindo que constituem variações dentro da variedade.

As estimativas dos autovalores correspondentes às duas primeiras variáveis canônicas explicaram 79,45% da variação total, permitindo uma descrição satisfatória da divergência genética entre as variedades por meio da dispersão gráfica dos escores em relação às duas primeiras variáveis canônicas (Figura 2).

Figura 2 - Dispersão gráfica de 31 variedades de videiras em ciclos de produção correspondentes ao primeiro e ao segundo semestres de 2011, com base nas duas primeiras variáveis canônicas



Legenda: 01: A dona; 02: Barbera; 03: Benitaka; 04: Blue Lake; 05: Brasil; 06: Cardinal; 07: Christmas Rose; 08: Estevão Marinho; 09: Frankenthal; 10: Gamay; 11: Grenache; 12: Máximo; 13: Isabel; 14: Isabel Precoce; 15: Isaura; 16: Liberty; 17: Moscato Caillaba; 18: Moscato de Hamburgo; 19: Moscato Noir; 20: Patrícia; 21: Syrah clone 1; 22: Syrah clone 2; 23: Piratininga; 24: Royalty; 25: Saturn; 26: Scarlet; 27: Tampa; 28: Tannat; 29: Tibouren; 30: Traviú; 31: Vênus

A análise da dispersão gráfica baseada nas duas primeiras variáveis canônicas permite a formação de grupos semelhantes àqueles obtidos pela técnica de agrupamento (UPGMA). Verificou-se que as variedades mais divergentes foram Cardinal e Royalty, sendo que esta última apresentou-se bastante isolada em relação às demais. Estes resultados corroboram os obtidos pela distância generalizada de Mahalanobis (D^2_{ii}).

As variedades reunidas em grupos mais distantes, com maior divergência genética, podem ser consideradas como promissoras em futuros cruzamentos artificiais, visando à obtenção de uvas híbridas para diferentes aptidões, com maior qualidade, ricos em compostos bioativos e com altos níveis de atividade antioxidante. Entretanto, outros fatores devem ser considerados na seleção de pais para uso em programas de melhoramento como o seu desempenho agrônomo e outras características específicas.

Os métodos de análise multivariada para estudo de diversidade genética aplicada aos caracteres foram concordantes entre si, tendo sido eficientes para a seleção de genótipos divergentes e com características desejáveis para obtenção de uvas de qualidade e com alto valor funcional. O enfoque dirigido aos compostos presentes nas uvas e que apresentam propriedades funcionais, a exemplo dos fenólicos (flavonoides - antocianinas e flavonóis - estilbenos, ácidos fenólicos e uma larga variedade de taninos) abre uma nova oportunidade tanto para ações de melhoramento genético para as condições semiáridas do Brasil, quanto para o agregação de valor a variedades que se destinem ao consumo *in natura* ou aos produtos derivados daquelas que visam ao processamento.

CONCLUSÃO

A variabilidade genética para teores de compostos fenólicos, determinados por meio de taninos poliméricos, de polifenóis extraíveis totais e de antocianinas totais, existente em variedades de videira do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Semiárido permitiu a identificação de genótipos divergentes com potencial aproveitamento em futuras ações de melhoramento voltadas para a melhoria das propriedades funcionais.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Embrapa, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, L. P. *et al.* Teores de óleo, proteínas e produtividade de soja em função da antecipação da semeadura na região oeste do Paraná. **Bragantia**, v. 67, n. 4, p. 865-873, 2008.
- ALVES, J. S. *et al.* Divergência genética entre genótipos de bananeira no estado do Rio de Janeiro. **Magistra**, v. 24, n. 2, p. 116-122, 2012.
- BALDISSERA, A. C. *et al.* Alimentos funcionais: uma nova fronteira para o desenvolvimento de bebidas protéicas a base de soro de leite. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1497-1526, 2011.
- BARROS, H. B. *et al.* Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja avaliados no estado do Mato Grosso. **Revista Ceres**, v. 57, n. 3, p. 359-366, 2010.
- BERTAN, I. *et al.* Dissimilaridade genética entre genótipos de trigo avaliados em cultivo hidropônico sob estresse por alumínio. **Bragantia**, v. 65, n. 1, p. 55-63, 2006.
- BORGES, R. M. E. *et al.* Phenotypic divergence among table grapes accesses in the Brazilian Semi-Arid. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 8, p. 1025-1030, 2008.
- BORGES, R. M. E. *et al.* Phenotypic divergence among wine grape accessions in the semi-arid region of Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 10, n. 3, p. 260-265, 2010.
- CEOLIN, A. C. G. *et al.* Genetic divergence of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) group carioca using morpho-agronomic traits by multivariate analyses. **Hereditas**, v. 144, n. 1, p. 1-9, 2007.
- COSTA, M. N. *et al.* Divergência genética entre acessos e cultivares de mamoneira por meio de estatística multivariada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 11, p. 1617-1622, 2006.
- CRUZ, C. D. GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2012. 514 p. v. 1.
- EMPRESABRASILEIRADEPESQUISAAGROPECUÁRIA. **Médias anuais da estação agrometeorológica de Bebedouro**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2013. Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/servicos/dadosmet/ceb-anual.html>>. Acesso em: 09 set. 2013.
- FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (Ed.). **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, 1982. p. 181-207.
- LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 45, n. 4, p. 1390-1393, 1997.

- LEÃO, P. C. de S. *et al.* Characterization of a Brazilian grape germplasm collection using microsatellite markers. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 60, n. 4, p. 517-524, 2009a.
- LEÃO, P. C. de S. *et al.* Principais cultivares. In: SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S. **A Vitivinicultura no semiárido brasileiro**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina: Embrapa Semiárido, 2009b. p. 149-214.
- LEÃO, P. C. S.; CRUZ, C. D.; MOTOIKE, S. Y. Genetic diversity of a Brazilian wine grape Germplasm Collection based on morphoagronomic traits. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1164-1172, 2010.
- LEÃO, P. C. S.; MOTOIKE, S. Y. Genetic diversity in table grapes based on RAPD and microsatellite markers. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 9, p. 1035-1044, 2011.
- LI, Q. *et al.* Comparison of distinct transcriptional expression patterns of flavonoid biosynthesis in Cabernet Sauvignon grapes from east and west China. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 84, n. 1, p. 45-56. 2014.
- MANTEL, N. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. **Cancer Research**, v. 27, p. 209-220, 1967.
- REICHER, F.; SIERAKOWSKI, M. R.; CORREAL, J. B. C. Determinação espectrofotométrica de taninos pelo reativo fosfotúngstico-fosfomolibdico. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 24, n. 4, p. 407-411, 1981.
- RUFINO, M. S. M. *et al.* **Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 4 p. (Comunicado Técnico, 127).
- SÁNCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J. A.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 76, n. 2, p. 270-276, 1998.
- SILVA, A. F. *et al.* Recursos genéticos vegetais conservados na Embrapa Semiárido. In: SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. da. (Ed.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. cap. 8, p. 274-315.
- SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, v. 41, n. 1, p. 237-245, 1981.
- VAZ PATTO, M. C. *et al.* Assessing the genetic diversity of Portuguese maize germplasm using microsatellite markers. **Euphytica**, v. 137, p. 63-72, 2004.
- WILLS, R. B. *et al.* **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruits, vegetable and ornamentals**. 4. ed. Austrália: News South Wales University Press, 1998. 262 p.