

AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO AGRO-INDUSTRIAL DOS FRUTOS E SEMENTES DE CULTIVARES DE ALFARROBEIRA (*CERATONIA SILIQUA* L.) NO ALGARVE

PAULO BARRACOSA ¹

ISABEL CAETANO ²

MARIA TERESA BATISTA ³

¹Departamento de Produção Vegetal, Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Viseu.

²AIDA – Associação Interprofissional para o Desenvolvimento e Valorização da Alfarroba, Loulé.

³Faculdade de Farmácia e Centro de Estudos Farmacêuticos – Pólo das Ciências da Saúde, Azinhaga de Santa Comba, Coimbra.

Resumo

A avaliação do rendimento agro-industrial da alfarrobeira no Algarve foi realizada com base em 27 características morfológicas de frutos e sementes de 43 árvores distribuídas por toda a região. A relação entre as características foi estabelecida por uma análise de componentes principais que resultou na separação das árvores em 5 grupos (I-V). Foi estabelecido um modelo de três dimensões, considerado significativo, que evidenciou 52,2% na variação total. A primeira dimensão representa 23,2% e é dominada pelas características largura e peso do fruto e pelas características largura, peso de cada semente e peso do tegumento, gérmen e endosperma. As cultivares `Alfarroba burro`, `Aida` e `Galhosa`, e algumas árvores bravas foram os exemplares que revelaram maior potencial industrial relativamente aos seus frutos, que apresentaram sementes com elevada percentagem de endosperma e originaram goma com elevado índice de viscosidade. O estudo da biodiversidade com base em árvores não enxertadas dispersas pela região do Algarve constitui um passo fundamental para a implementação de uma estratégia de conservação e melhoramento dos recursos genéticos.

Abstract

Agro-industrial yield evaluation of carob in Algarve was based on 27 fruit and seed characteristics from 43 trees distributed all over the region. The relationship among these parameters was analyzed by principal component analysis (PCA) resulting in the classification of these trees in 5 groups (I-V). A three dimension of the model was found to be significant and explained 52,2% of the total variation, in which the first component accounting for 23,2% is dominated by fruit width and weight and by seed width and individual weight, as well as by seed coat, embryo and endosperm weights. Cultivars `Alfarroba burro`, `Aida` e `Galhosa`, and few wild trees plotted on the left lower quadrant on the space determined by principal components 1 and 2 characterized by fruits with high seed yield and seeds with high gum percentage of good viscosity are more appropriated for industrial application. The evaluation of the diversity based on the Algarve cultivars and in non-grafted wild carob trees dispersed all over the region is a fundamental step for the implementation of a conservation strategy and improvement of the genetic resources based on characteristics that are determinants to improve the industrial exploitation of carob.

Palavras-chave: *Ceratonía siliqua*; Diversidade morfológica; Análise de componentes principais; Análise de correlação.

1. Introdução

A alfarrobeira (*Ceratonia siliqua* L.; $2n=24$) é uma espécie subtropical da família Leguminosae (sin. Fabaceae), subfamília Caesalpinioidea, característica da vegetação do maquis da bacia mediterrânica. Taxonomicamente, o género *Ceratonia* é considerado arcaico dentro das leguminosas (Tucker, 1992), proveniente da flora xerotrópica Indo-Malaica, em conjunto com *Olea*, *Laurus*, *Myrtus* e *Chamaerops* (Zohary, 1973). A recente descoberta da nova espécie do género *Ceratonia*, a *C. oreothauma* Hillcoat Lewis and Verdc. sp. nov. em Oman e na República da Somália (Hillcoat *et al.*, 1980) suporta a teoria que a origem deste género tenha sido a península Arábica (Zohary, 1973).

Zohary (1983) sugeriu que a bacia mediterrânica tenha sido um dos centros de domesticação desta espécie, que terá sido cultivado relativamente tarde, numa segunda vaga de domesticação de culturas fruteiras. A domesticação da *C. siliqua* baseou-se em populações espontâneas, inicialmente, com o objectivo de obter frutos pesados, com elevado teor em açúcar, destinados à alimentação animal e humana, do que resultou um número limitado de cultivares (Zohary, 1983; Mitrakos, 1987). Mais recentemente, tem sido focalizado o interesse em árvores que propiciem um maior rendimento do fruto em semente e qualidade de goma, com propósitos de rendimento agro-industrial.

A cultura da alfarrobeira, com uma produção mundial estimada em 310 mil toneladas por ano e uma superfície de cultivo de 200 mil hectares (Tous *et al.*, 2009), concentra-se nos países da orla mediterrânica, Espanha, Marrocos, Portugal, Itália, Grécia, Chipre, Turquia, Tunísia e Argélia. A Espanha, apesar de registar um acentuado decréscimo, continua a ser o líder mundial, com uma produção estimada de 56 mil toneladas/ano (MAPA, 2007), seguida por Marrocos, que tem emergido como um dos maiores produtores mundiais, com 50 mil toneladas (Guarnit *et al.*, 2001), Portugal que tem mantido uma produção média de 40 mil toneladas (Graça e Custódio, 2000) e a Itália com 38,5 mil toneladas (Pecorino, 2001).

Têm sido publicados vários estudos sobre a avaliação e caracterização de variedades de alfarrobeira nas principais áreas de produção da orla Mediterrânea (Coit, 1967; Orphanos e Papaconstantinou, 1969; Battle e Tous, 1990; Barracosa *et al.*, 2007; Naghmouchi *et al.*, 2009), a correlação entre características morfológicas dos frutos e sementes (Albanell *et al.*, 1988, 1996; Caja *et al.*, 1988; Barracosa *et al.*, 2007; Naghmouchi *et al.*, 2009) e de aptidão agronómica e comercial de variedades de alfarrobeira (Tous *et al.*, 2009). Actualmente estão caracterizadas seis cultivares em Portugal ('Mulata', 'Galhosa', 'Canela', 'Spargale', 'Aida' e 'Lagoinha') com base em 61 descritores do IPGRI (*International Plant Genetic Resources Institute*) sobre a árvore, folha, inflorescência, fruto e semente (Barracosa e Graça, 2006).

A caracterização de cultivares tem sido efectuada por combinação de características fenotípicas e genotípicas. As especificidades morfológicas e fisiológicas são fundamentais para identificar as variedades de alfarrobeira (Tous e Battle, 1990). Contudo, a identificação tradicional baseada nestas características requer um vasto conjunto de dados fenotípicos, que, muitas vezes, são difíceis de obter e frequentemente variam devido à acção ambiental. A caracterização bioquímica isoenzimática revelou um reduzido polimorfismo entre cultivares (Tous *et al.*, 1992; Barracosa *et al.*, 1994; Battle *et al.*, 1997). No entanto, actualmente existem marcadores moleculares específicos de RAPD (*Random amplified polymorphic DNA*) (Talhouk *et al.*, 2005; Afif *et al.*, 2006; Barracosa *et al.*, 2008), AFLP (*Amplified fragment length polymorphism*) (Barracosa *et al.*, 2008; Caruso *et al.*, 2008a) e ISSR (*Inter-simple sequence repeat*) (Konate *et al.*, 2009), que permitem estimar a diversidade genética e identificar as principais cultivares. A obtenção de *Expressed Sequenced Tags* (ESTs), a partir de flores de alfarrobeira, tem sido utilizada para estabelecer um padrão de determinação sexual nesta espécie, supondo-se que o etileno desempenha um papel determinante na expressão sexual (Caruso *et al.*, 2008b).

Para além da sua importância económica, esta espécie revela um crescente interesse ecológico pela sua utilização na reflorestação de zonas áridas e afectadas por fogos florestais, pois cresce em solos marginais não adaptados a outras espécies (Winer, 1980).

A alfarroba é constituída pela polpa ou pericarpo e sementes. No pericarpo diferenciam-se três estruturas: epicarpo ou camada externa, de cor castanho e de natureza fibrosa; mesocarpo, que constitui a parte interior da vagem, de cor amarelada, textura farinhosa e muito rica em açúcares; endocarpo ou camada interna, de cor mel brilhante, de natureza fibrosa e com divisões em espaços carpelares ou lóculos destinados a alojar as sementes (Batlle e Tous, 1990). A semente é constituída por três estruturas: tegumento, endosperma e o gérmen constituído pelo embrião e cotilédones (Batlle e Tous, 1990).

A polpa, tradicionalmente utilizada para a alimentação animal, apresenta outras utilizações mais nobres, como sejam o fabrico de farinhas alimentares e dietéticas, a obtenção de álcoois e aguardentes, de xarope e da farinha de alfarroba torrada (*carob powder*) (Graça e Custódio, 2000). Tem sido descrita a capacidade da polpa de alfarroba modular o perfil lipídico do sangue em humanos (Gruendel *et al.*, 2007) podendo ter um efeito preventivo no tratamento de níveis elevados de colesterol (Zunft *et al.*, 2003). Pelo elevado teor em açúcares, a polpa é actualmente explorada como material para a produção de bioetanol, com clara vantagem comparativamente a outras culturas igualmente ricas em açúcares (Vourdoubas *et al.*, 2002; Biner *et al.*, 2007). Os antioxidantes naturais existentes na polpa do fruto constituem produtos de potencial interesse na indústria alimentar (Batista e Amaral, 1996; Makris e Kefalas, 2004).

A semente é essencialmente usada para extracção da goma (*Locust Bean Gum* – LBG), que tem vastas e diversificadas aplicações industriais, nomeadamente no ramo alimentar, como espessante, estabilizante, emulsionante e gelificante, na indústria têxtil (estampados), de papel, química (pinturas, colas), farmacêutica (laxantes, cápsulas, pasta dentífrica, medicamentos para tratamento de diarreias infantis, cosmética (cremes de beleza), alimentos para animais (*pet foods*), prospecção petrolífera e pirotecnia (Batlle e Tous, 1990).

O objectivo do presente estudo foi o de avaliar a diversidade genética nas cultivares de alfarrobeira no Algarve, relativamente às características morfológicas do fruto e semente, tendo por base a avaliação de parâmetros que influenciam o rendimento agronómico e industrial.

2. Material e Métodos

2.1. Material Vegetal

O estudo foi realizado com base na selecção de 43 árvores distribuídas pela região do Algarve, onde se incluem 12 árvores existentes no campo de germoplasma da Direcção Regional de Agricultura do Algarve (DRAALG) localizado em Tavira (Localização geográfica - Lat: 37°06'58"N; Long: 07°39'29"W), que representam as principais cultivares Portuguesas: 'Mulata' (MIT13), 'Costela Canela' (CcT104), 'Galhosa' (GIL115), 'Lagoinha' (LgLs126), 'Canela' (CnT129), 'Spargale' (SpL134), 'Costela vaca' (CvL137), 'Gasparinha' (GsF142), 'Alfarroba burro' (AbL149), 'Aida' (AdF170) e duas cultivares Espanholas 'Negra' (NgE118) e 'Rojal' (RjE124).

Tabela 1 – Árvores usadas na análise morfológica de frutos e sementes.

CÓDIGO*	ÁRVORES	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA		ORIGEM	CÓDIGO	ÁRVORES	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA		ORIGEM
		LATITUDE (N)	LONGITUDE (W)				LATITUDE (N)	LONGITUDE (W)	
MILs5	<i>Mulata (Ml)</i>	37°08'11"	08°42'41"	Lagos (Ls)	GIL115	<i>Galhosa (Gl)</i>	37°06'58"	07°39'29"	Loulé (L)
MIA6	<i>Mulata (Ml)</i>	37°11'01"	08°12'38"	Albufeira (A)	BrS117	<i>Brava (Br)</i>	37°06'58"	07°39'29"	Silves (S)
MIC8	<i>Mulata (Ml)</i>	37°18'47"	07°27'10"	C. Marim (C)	NgE118	<i>Negrette (Ng)</i>	37°06'58"	07°39'29"	Spain (E)
MIL10	<i>Mulata (Ml)</i>	37°04'39"	07°59'40"	C. Marim (C)	BrSa120	<i>Brava (Br)</i>	37°06'58"	07°39'29"	S.B. (Sa)
MIA12	<i>Mulata (Ml)</i>	37°09'43"	08°10'58"	Albufeira (A)	RjE124	<i>Rojal (Rj)</i>	37°06'58"	07°39'29"	Spain (E)
MIT13	<i>Mulata (Ml)</i>	37°06'58"	07°39'29"	Loulé (L)	LgLs126	<i>Lagoinha (Lg)</i>	37°06'58"	07°39'29"	Lagos (Ls)
MIL18	<i>Mulata (Ml)</i>	37°10'06"	07°57'18"	Loulé (L)	BrF127	<i>Brava (Br)</i>	37°06'58"	07°39'29"	Faro (F)
MIT21	<i>Mulata (Ml)</i>	37°05'22"	07°41'19"	Tavira (T)	CnT129	<i>Canela (Cn)</i>	37°06'58"	07°39'29"	Tavira (T)
MIO24	<i>Mulata (Ml)</i>	37°06'58"	07°45'47"	Olhão (O)	BrT131	<i>Brava (Br)</i>	37°07'53"	07°39'21"	Tavira (T)
MIL25	<i>Mulata (Ml)</i>	37°13'13"	08°05'00"	Loulé (L)	BrF133	<i>Brava (Br)</i>	37°06'58"	07°39'29"	Faro (F)
MILs27	<i>Mulata (Ml)</i>	37°07'23"	08°42'30"	Lagos (Ls)	SpL134	<i>Spargale (Sp)</i>	37°06'58"	07°39'29"	Loulé (L)
MILa28	<i>Mulata (Ml)</i>	37°12'54"	08°07'30"	Lagoa (La)	GIO135	<i>Galhosa (Gl)</i>	37°06'56"	07°45'48"	Olhão (O)
MIL33	<i>Mulata (Ml)</i>	37°13'20"	08°06'21"	Loulé (L)	CvL137	<i>Costela vaca (Cv)</i>	37°12'20"	08°05'48"	Loulé (L)
MIF35	<i>Mulata (Ml)</i>	37°05'39"	07°51'14"	Faro (F)	GsF142	<i>Gasparinha (Gs)</i>	37°05'58"	07°50'56"	Faro (F)
MISa36	<i>Mulata (Ml)</i>	37°08'02"	07°49'59"	S.B. (Sa)	LgLs145	<i>Lagoinha (Lg)</i>	37°08'11"	08°42'41"	Lagos (Ls)
BrA102	<i>Brava (Br)</i>	37°11'00"	08°12'39"	Albufeira (A)	BrL146	<i>Brava (Br)</i>	37°05'53"	07°41'08"	Tavira (T)
CcT104	<i>Costela canela (Cc)</i>	37°07'53"	07°39'21"	Tavira (T)	CvL147	<i>Costela vaca (Br)</i>	37°06'58"	07°39'29"	Loulé (L)
BrA106	<i>Brava (Br)</i>	37°11'00"	08°12'39"	Albufeira (A)	AbL149	<i>Alfarroba burro (Ab)</i>	37°06'58"	07°39'29"	Loulé (L)
BrA107	<i>Brava (Br)</i>	37°11'00"	08°12'39"	Albufeira (A)	CvL151	<i>Costela vaca (Cv)</i>	37°06'58"	07°39'29"	Loulé (L)
AbA111	<i>Alfarroba burro (Ab)</i>	37°11'00"	08°12'39"	Albufeira (A)	BrL157	<i>Brava (Br)</i>	37°08'44"	08°04'25"	Loulé (L)
GIL113	<i>Galhosa (Gl)</i>	37°10'17"	07°58'10"	Loulé (L)	CeF158	<i>Costela estoi (Ce)</i>	37°05'29"	07°53'31"	Faro (F)
					AdF170	<i>Aida (Ad)</i>	37°06'58"	07°39'29"	Faro (F)

* As duas primeiras letras do código de referência indicam a designação da cultivar e as restantes a região de origem.

2.2. Análise de frutos

Foram avaliadas 27 características dos frutos e sementes colhidos no ano de 1997. A selecção das características foi adaptada dos descritores IPGRI (Battle e Tous, 1997) para a metodologia da taxonomia numérica. Foram colhidos aleatoriamente 25 frutos de cada árvore. Os frutos foram analisados de *per si* e descascados manualmente. Seleccionaram-se as três sementes mais pesadas de cada fruto e registaram-se os respectivos comprimentos, larguras, espessuras e pesos, com o propósito de correlacionar características morfológicas externas do fruto com características das sementes. Neste procedimento foi utilizada uma

craveira electrónica com precisão de 0,01 mm (*Electronic Digital Caliper*) e uma balança com precisão de 0,001g (*Mettler Toledo Modelo AG204*).

2.3. Análise de sementes

2.3.1. Obtenção das amostragens e das diversas estruturas das sementes

Para cada uma das 43 árvores foram estabelecidas duas amostragens, A e B. Na amostragem A usaram-se 50 g de sementes, que foram submetidas à destegumentação industrial através de ataque ácido. Para a amostragem B partiu-se de 20 sementes, que foram sujeitas a uma destegumentação manual. Em ambas as amostragens procedeu-se à remoção do tegumento com o propósito de comparar o rendimento. Subsequentemente, avaliou-se o rendimento em cada uma das suas outras duas estruturas (endosperma e gérmen) que foram sujeitas à avaliação do teor de humidade, viscosidade inerente e proteína bruta.

As sementes da amostragem A foram destegumentadas por tratamento com ácido sulfúrico sob aquecimento e agitação durante 5 minutos, após o qual se procedeu à retirada total do tegumento por acção abrasiva de uma escova de aço. Secaram-se as sementes durante 3 horas a uma temperatura de cerca de 60 a 70°C. Para se proceder à separação entre o gérmen e o endosperma efectuaram-se diversas passagens por moinho de martelos.

As sementes da amostragem B foram colocadas em banho-maria a 80°C, durante 60 minutos, de forma a facilitar a separação manual das suas estruturas, designadamente o endosperma, gérmen e tegumento, que foram colocados separadamente em estufa a 103°C até peso constante.

2.3.2. Determinações físico-químicas

A viscosidade foi determinada usando 5g de endosperma de cada uma das amostras, que foram colocadas em banho-maria a 65°C durante 40 minutos, sem agitação. Adicionou-se 250 ml de solução aquosa de acetato de fenil (II), de mercúrio a 0,01% em ebulição, a cada uma das soluções de endosperma sob agitação vigorosa durante 4 minutos à temperatura de 75° C. Finalizada a mistura transferiu-se o conteúdo do copo do misturador para um copo de 600 ml ao qual se juntou água. A determinação da viscosidade foi realizada num viscosímetro de *Brookfield* a 20 rpm. A viscosidade foi lida na escala 500x10 (viscosidade em CPs).

Para a determinação da proteína bruta recorreu-se ao método de Kjeldahl, usando-se 1,0 g de endosperma e 0,3 g de gérmen, de cada uma das amostras analisadas.

2.4. Análise estatística

Os valores médios das 27 características morfológicas de frutos e sementes foram usados numa análise multivariada para diferenciar as árvores (OTUs). As características morfológicas foram estandardizadas antes da utilização dos coeficientes de correlação e de distância taxonómica entre OTUs. Os OTUs foram agrupados por UPGMA (*Unweighted Pair Group Method using Arithmetic Average*) e os resultados apresentados na forma de dendrograma. O coeficiente cofenético para o dendrograma foi obtido como uma medida de distorção do método agrupamento usado.

Foi também realizada uma análise de componentes principais (PCA) baseada na correlação entre as características dos frutos e sementes. Obtiveram-se as projecções dos OTUs no primeiro e segundo componentes e o dos caracteres originais. Todas as análises computacionais foram realizadas pelo programa NTSYS-pc (Version 2.02f, Rohlf, 1998).

3. Resultados e discussão

Os valores médios das principais características morfológicas do fruto e semente revelam uma acentuada diversidade genética (Tabela 2).

Tabela 2 – Lista dos descritores do fruto e sementes com valores médios, desvio padrão (DP) e valores máximo e mínimo para as 43 árvores avaliadas.

CARACTERÍSTICAS DE FRUTOS E SEMENTES	CÓDIGO	MÉDIA ± DP	VARIAÇÃO (MIN-MAX)
1. Comprimento fruto (mm)	Cr	166,1 ± 18,9	130,1 – 220,8
2. Largura zona média fruto (mm)	Lzm	21,6 ± 2,1	16,5 – 25,1
3. Espessura zona média fruto (mm)	Ezm	9,2 ± 1,3	5,4 - 11,7
4. Profundidade do sulco fruto (mm)	Prf	2,6 ± 0,5	3,9 - 1,3
5. Peso fruto (g)	Pf	18,2 ± 3,7	11,0 - 27,7
6. Comprimento pedúnculo fruto (mm)	Cped	8,1 ± 1,4	4,6 - 13,5
7. Largura pedúnculo fruto (mm)	Lped	2,9 ± 0,4	2,1 – 3,9
8. Número sementes	NS	11,3 ± 1,4	8 - 14
9. Número sementes abortadas	NA	2,4 ± 0,8	1 - 5
10. Rendimento (%)	R	13,2 ± 2,7	8,5 - 20,7
11. Comprimento semente (mm)	CmS	9,78 ± 0,38	8,79 - 10,37
12. Largura semente (mm)	LmS	7,42 ± 0,34	6,58 - 8,06
13. Espessura semente (mm)	EmS	4,19 ± 0,30	3,55 - 4,87
14. Peso semente (g)	PmS	0,223 ± 0,02	0,178 - 0,266
15. Peso total sementes (g)	PtS	2,32 ± 0,3	1,44 - 3,04
16. Peso tegumento extracção manual (g)	PtsM	0,809 ± 0,09	0,580 - 0,950
17. Percentagem tegumento extracção manual (%)	%TsM	22,43 ± 2,19	17,84 - 26,71
18. Peso endosperma extracção manual (g)	PEnM	2,05 ± 0,24	1,59 - 2,57
19. Percentagem endosperma extracção manual (%)	%EnM	56,58 ± 2,32	49,44 - 62,33
20. Peso gérmen extracção manual (g)	PGrM	0,760 ± 0,087	0,514 - 0,907
21. Percentagem gérmen extracção manual (%)	%GrM	20,99 ± 1,27	18,20 - 23,85
22. Percentagem tegumento extracção industrial (%)	%TsI	36,27 ± 4,73	30,31 - 49,84
23. Percentagem endosperma extracção industrial (%)	%EnI	38,66 ± 5,14	23,10 - 45,32
24. Percentagem gérmen extracção industrial (%)	%GrI	13,89 ± 1,74	9,60 - 17,15
25. Percentagem proteína endosperma (%)	%PtEn	6,75 ± 0,88	5,01 - 9,46
26. Percentagem proteína gérmen (%)	%PtGr	58,71 ± 2,52	54,61 - 66,93
27. Índice viscosidade endosperma (CPs)	Vs	3409 ± 336	2600 - 4030

Ao nível do fruto, a cultivar `Lagoinha´ (LgLs145) foi a que apresentou os frutos mais compridos (220,8 mm) e a cultivar `Costela vaca´ (CvL137) a que revelou os frutos mais pesados (27,7g). Em relação ao rendimento do fruto, em semente, a árvore brava (BrT131) foi a que apresentou o valor mais elevado (20,7%), tendo sido obtido o número médio mais elevado de sementes por fruto (14) na cultivar `Costela vaca´ (CvL151) e na árvore brava (BrA107), e o peso total de sementes por fruto mais elevado (3,04g) na cultivar `Costela vaca´ (CvL147).

Em relação às características individuais das sementes, as mais compridas (10,37mm) foram registadas na cultivar `Costela vaca´ (CvL137), as mais largas (8,06mm) e pesadas (0,266g) na cultivar `Costela vaca´ (CvL147) e as mais espessas (4,87mm) na árvore brava (BrL157).

Nos componentes da semente, a cultivar `Alfarroba burro´ (AbA111) apresentou a menor percentagem de tegumento (17,8%), a cultivar `Aida´ (AdF170) revelou a maior percentagem de endosperma (62,3%) e a cultivar (BrA107) a maior percentagem de gérmen (23,9%). A percentagem mais elevada de proteína no gérmen (66,93%) foi registada na cultivar `Galhosa´ (GIL115) e o índice de viscosidade mais elevado (4030 CPs) obtido na cultivar `Mulata´ (MIA6).

Uma solução aceitável para a análise de componentes principais foi obtida com um modelo de três dimensões que explica 52,2% da variação total do conjunto de variáveis originais (Tabela 3). A primeira componente (PC1), que representa 23,2% da variação total é dominada pelas características do fruto; largura (Lzm), espessura (Ezm) e peso (Pf) e pelas características da semente; largura (LmS) e peso individual (PmS) e também pelo peso dos três componentes da semente, designadamente, tegumento (PtsM), endosperma (PEnM) e gérmen (PGrM), avaliados pelo processo de extracção manual.

Tabela 3 – Factores para cada variável nos componentes da análise PCA.

VARIÁVEL		PC1*	PC2*	PC3*
Comprimento fruto	Cr	.17	.20	.09
Largura zona média fruto	Lzm	.77	.18	-.30
Espessura zona média fruto	Ezm	.62	.45	.12
Profundidade do sulco fruto	Prf	.34	.45	-.29
Peso fruto	Pf	.70	.37	.01
Comprimento pedúnculo fruto	Cped	-.22	-.03	.42
Largura pedúnculo fruto	Lped	.42	-.16	-.32
Número sementes	NS	-.12	.02	.59
Número sementes abortadas	NA	-.06	.30	-.47
Rendimento	R	-.49	-.60	.42
Comprimento semente	CmS	.54	.26	-.01
Largura semente	LmS	.79	-.04	.08
Espessura semente	EmS	.17	-.70	.38
Peso semente	PmS	.87	-.38	.02
Peso total sementes	PtS	.48	-.25	.51
Peso tegumento extracção manual	PtsM	.72	.41	-.01
Percentagem tegumento extracção manual	%TsM	-.04	.86	.00
Peso endosperma extracção manual	PEnM	.74	-.54	-.09
Percentagem endosperma extracção manual	%EnM	.09	-.71	-.25
Peso gérmen extracção manual	PGrM	.66	-.40	.22
Percentagem gérmen extracção manual	%GrM	-.09	-.19	.45
Percentagem tegumento extracção industrial	%TsI	.07	.42	.55
Percentagem endosperma extracção industrial	%EnI	-.07	-.41	-.60
Percentagem gérmen extracção industrial	%GrI	.40	-.34	.12
Percentagem proteína endosperma	%PtEn	.11	.67	.09
Percentagem proteína gérmen	PcPtGr	.10	.32	.40
Índice viscosidade endosperma	Vs	-.30	-.45	-.43
VALORES EIGEN		6.46	5.13	3.00
VARIAÇÃO TOTAL (%)		23.2	18.3	10.7
VARIAÇÃO CUMULATIVA (%)		23.2	41.5	52.2

* Factores ≥ 0.6 apresentados a negrito.

Na segunda componente (PC2), que explica 18,3% da variação total, as características da sementes; percentagem do tegumento por extracção manual (%TsM) e percentagem de proteína no endosperma (%PtEn) contribuem positivamente, enquanto que as características rendimento do fruto em semente (R), espessura da semente (EmS) e percentagem do endosperma por extracção manual (%EnM) contribuem fortemente de

forma negativa. Finalmente a terceira componente é dominada negativamente pela percentagem de endosperma por extracção industrial (%EnI).

Pela análise do estudo morfológico realizado em 43 árvores, que representam as principais cultivares da região do Algarve, foram obtidos coeficientes de correlação de *Pearson* significativos ($P < 0,05$ a $0,001$) entre algumas características dos frutos e sementes (Tabela 4) consideradas determinantes para avaliar a rentabilidade agro-industrial.

Das características morfológicas externas do fruto, a sua largura é a que mais se correlaciona ($0,54$; $P < 0,001$) com o peso individual das sementes, que é essencialmente determinado pelo comprimento ($0,50$; $P < 0,001$) e largura da semente ($0,52$; $P < 0,001$). A largura do fruto correlaciona-se igualmente de forma significativa com o peso do tegumento ($0,55$; $P < 0,001$) e do endosperma da semente ($0,45$; $P < 0,01$). A espessura do fruto correlaciona-se positivamente de forma significativa com a largura da semente ($0,49$; $P < 0,001$) e com o peso do tegumento ($0,48$; $P < 0,001$) e negativamente com o índice de viscosidade embora de forma pouco significativa ($-0,36$; $P < 0,05$). O peso do fruto correlaciona-se positivamente com o peso total das sementes ($0,52$; $P < 0,001$), comprimento da semente ($0,47$; $P < 0,001$) e peso do tegumento ($0,49$; $P < 0,001$) e negativamente com o rendimento do fruto em sementes ($-0,72$; $P < 0,001$) e com o índice de viscosidade do endosperma ($-0,41$; $P < 0,01$). O rendimento do fruto em semente correlaciona-se positivamente com a espessura da semente ($0,48$; $P < 0,001$) e negativamente com o comprimento da semente ($-0,42$; $P < 0,01$), peso do tegumento ($-0,49$; $P < 0,001$) e percentagem de proteína no endosperma ($-0,40$; $P < 0,01$).

O estudo de correlação realizado por Barracosa *et al.* (2007), em cultivares portuguesas, revelou que os coeficientes podem variar quando estas análises são efectuadas especificamente por cultivar. Deste modo, o coeficiente de correlação entre o peso total do fruto e o peso total das sementes é mais elevado nas cultivares 'Aida' ($0,75$; $P < 0,001$) 'Negrette' ($0,75$; $P < 0,001$) e 'Galhosa' ($0,64$; $P < 0,001$). O valor de correlação obtido entre o peso do fruto e o comprimento da semente foi mais elevado na cultivar 'Gasparinha' ($0,56$; $P < 0,001$). Na correlação entre o peso do fruto e o rendimento, a cultivar 'Gasparinha' ($-0,78$; $P < 0,001$) foi a que apresentou o valor de correlação mais negativo. Na correlação entre o rendimento do fruto em semente e as características morfológicas das sementes, designadamente a espessura da semente, as cultivares 'Lagoinha' ($0,46$; $P < 0,001$), 'Galhosa' ($0,35$; $P < 0,001$) e 'Mulata' ($0,34$; $P < 0,001$) foram as que revelaram os valores mais elevados. A correlação entre o rendimento e o comprimento da semente revelou um valor positivo na cultivar 'Spargale' ($0,50$; $P < 0,001$) e negativo na cultivar 'Gasparinha' ($-0,56$; $P < 0,001$).

Das três dimensões da semente, a largura ($0,76$; $P < 0,001$) é a característica que se correlaciona de forma mais significativa com o peso da semente, seguida da espessura ($0,53$; $P < 0,001$), revelando que a largura da semente é a dimensão que mais varia e conseqüentemente mais determina o peso individual das sementes. Estes resultados estão de acordo com os valores obtidos no estudo realizado com sementes de variedades espanholas (Albanell *et al.*, 1996).

No processo de extracção manual o comprimento ($0,49$; $P < 0,001$) e a largura da semente ($0,64$; $P < 0,001$) correlacionam-se positivamente de forma significativa com o peso do tegumento extraído por separação manual. A percentagem do tegumento correlaciona-se negativamente de forma significativa com a espessura da semente ($-0,55$; $P < 0,001$). Os pesos do endosperma ($0,78$; $P < 0,001$) e do gérmen ($0,70$; $P < 0,001$) correlacionam-se positivamente com o peso da semente. A percentagem do gérmen ($0,32$; $P < 0,05$) e do endosperma ($0,34$; $P < 0,05$) correlacionam-se positivamente com a espessura da semente, embora de forma pouco significativa. As sementes mais espessas possuem geralmente, em termos percentuais, uma menor quantidade de tegumento e conseqüentemente uma maior quantidade de endosperma e gérmen. Estes resultados estão de acordo com Albanell *et al.* (1996).

No processo de extracção industrial apenas a percentagem de gérmen se correlaciona positivamente de forma significativa com a largura (0,39; $P < 0,01$), espessura (0,34; $P < 0,05$) e peso da semente (0,46; $P < 0,01$).

Tabela 4 – Coeficientes de correlação entre as características morfológicas dos frutos e sementes de alfarroba no Algarve.

	Cr	Lzm	Ezm	Prf	Pf	Cped	Lped	NS	NA	R	Cms	Lms	EmS	Pms	Pts	PtsM	%TsM	PEnM	%GrM	%Tsl	%EnI	PGrI	%PEn	%PtGr	Vs		
Cr	1,00																										
Lzm	0,13	1,00																									
Ezm	n.s.	0,00	0,54	1,00																							
Prf	n.s.	n.s.	***	***	1,00																						
Pf	n.s.	n.s.	***	0,43	1,00																						
Cped	0,66	0,72	0,56	***	***	1,00																					
Lped	-0,09	-0,17	-0,10	-0,41	-0,12	1,00																					
NS	0,07	0,46	0,07	**	n.s.	n.s.	1,00																				
NA	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1,00																			
R	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1,00																		
Cms	-0,28	-0,71	-0,57	***	***	***	***	***	***	1,00																	
Lms	0,08	0,50	0,32	0,13	0,47	0,10	0,16	-0,01	-0,01	-0,42	1,00																
EmS	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1,00															
Pms	-0,07	0,52	0,49	0,18	0,32	-0,08	0,26	0,05	0,06	-0,21	0,29	1,00															
Pts	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1,00														
PtsM	-0,21	-0,21	-0,12	-0,24	-0,15	0,06	-0,01	-0,22	-0,22	0,48	-0,21	0,11	1,00														
%TsM	-0,01	0,54	0,32	0,07	0,36	-0,19	0,42	-0,05	-0,05	-0,14	0,33	0,76	0,53	1,00													
PEnM	0,49	0,21	0,19	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1,00												
%GrM	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1,00											
%Tsl	0,02	0,55	0,48	0,33	0,49	-0,18	0,20	0,08	0,08	-0,49	0,49	0,64	-0,17	0,53	0,16	1,00											
%EnI	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1,00										
PGrM	0,08	0,10	0,22	0,26	0,18	0,03	-0,10	0,10	0,11	-0,39	0,23	0,03	-0,55	-0,26	-0,21	0,55	1,00										
%PEn	-0,05	0,45	0,21	0,06	0,31	-0,18	0,33	-0,04	-0,04	-0,08	0,25	0,57	0,39	0,78	0,39	0,33	-0,59	1,00									
%GrI	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1,00								
%Tsl	-0,01	0,04	-0,19	-0,12	-0,02	0,23	-0,05	-0,05	-0,05	0,20	-0,14	0,02	0,34	0,25	0,21	-0,45	-0,84	0,60	1,00								
%EnI	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1,00							
PGrM	-0,09	0,31	0,26	-0,01	0,19	-0,19	0,13	-0,06	-0,06	-0,01	0,22	0,51	0,44	0,70	0,32	0,41	-0,41	0,76	0,09	1,00							
%GrM	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1,00						
%Tsl	-0,13	-0,26	-0,03	-0,22	-0,27	-0,01	0,25	-0,09	-0,08	0,30	-0,13	-0,09	0,32	0,00	-0,01	-0,12	-0,18	-0,07	-0,38	0,55	1,00						
%EnI	0,07	-0,10	0,26	0,08	0,14	0,09	-0,15	-0,07	-0,08	-0,03	0,08	0,09	-0,05	0,11	0,05	0,24	0,27	-0,09	-0,28	0,03	0,05	1,00					
%GrI	-0,03	0,14	-0,31	-0,08	-0,09	-0,06	0,16	0,06	0,06	0,00	-0,09	-0,12	0,00	0,08	-0,05	-0,19	-0,25	0,14	0,34	-0,08	n.s.	1,00					
%PEn	-0,15	0,19	0,18	-0,10	0,00	-0,06	-0,05	-0,01	0,00	-0,01	0,11	0,39	0,34	0,46	0,01	0,12	-0,36	0,44	0,11	0,62	0,42	-0,06	1,00				
%PtGr	0,03	0,12	0,51	0,28	0,24	-0,07	-0,13	0,16	0,16	-0,40	0,07	0,05	-0,41	-0,16	-0,15	0,30	0,46	-0,24	-0,47	-0,07	0,05	0,19	-0,27	-0,02	1,00		
Vs	-0,21	0,00	0,31	-0,11	-0,00	0,11	-0,15	0,12	0,12	-0,05	0,07	0,22	-0,09	0,08	0,01	0,17	0,27	-0,16	-0,31	-0,01	0,11	0,20	-0,30	0,08	0,54	1,00	
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
	-0,26	-0,17	-0,36	-0,22	-0,41	-0,19	-0,03	-0,05	-0,05	0,24	-0,34	-0,18	0,12	-0,08	-0,23	-0,29	-0,32	0,07	0,28	-0,11	0,03	-0,39	0,41	-0,01	-0,30	-0,27	
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	

*p ≤ 0,05; **p ≤ 0,01; ***p ≤ 0,001; n.s. = não significativo.