

## Caracterização e avaliação de populações portuguesas de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill

Biometric characterization and evaluation  
of portuguese populations  
of *Opuntis ficus-indica* (L.) Mill

### RESUMO

Em solos de menor aptidão agrícola a figueira-da-índia tem interesse como cultura alternativa, quer para a produção de fruto quer como espécie forrageira. Foram caracterizados e avaliados, quanto ao vigor vegetativo e produção de biomassa, por métodos não destrutivos e nos dois primeiros anos após a plantação, 16 ecótipos portugueses e duas variedades italianas (“Giulla” e “Bianca”) de figueira-da-índia (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller). A produção de biomassa e vigor vegetativo foram aferidos através da determinação do número de cladódios, área de cladódios e peso verde por planta. Através da análise biométrica de 180 cladódios, foram estabelecidos modelos lineares para a quantificação não destrutiva da área de cladódios e do peso verde por planta. Não foi possível estabelecer um modelo linear para a quantificação não destrutiva da matéria seca.

C.M.G. Reis  
Escola Superior Agrária.  
Instituto Politécnico  
de Castelo Branco.  
Portugal.  
CRENAS - Centro  
de Estudos Recursos  
Naturais, Ambiente  
e Sociedade  
Portugal.  
creis@ipcb.pt

M.M. Ribeiro  
Escola Superior Agrária.  
Instituto Politécnico  
de Castelo Branco.  
Centro de Estudos  
Florestais. Instituto  
Superior de Agronomia.  
Universidade de Lisboa.  
Portugal  
mataide@ipcb.pt

L.C. Gazarini  
Departamento de  
Biologia. Universidade  
de Évora. Portugal  
gazarini@uevora.pt

Relativamente aos parâmetros estudados, verificou-se a existência de diferenças significativas entre as populações. Das dezasseis populações portuguesas de *O. ficus-indica* em avaliação, é possível eleger um grupo de quatro ecótipos que não diferem significativamente da variedade “Gialla” em termos de produção de biomassa. A variedade “Gialla” destaca-se das restantes populações, o que reflete a sua origem como material vegetal melhorado. O grupo de ecótipos eleitos apresenta reduzido número de espinhos e poderá constituir material de partida para iniciar um programa de melhoramento desta espécie.

**Palavras-chave:** biomassa; ecótipos; figueira-da-índia; *Opuntia ficus-indica*.

### ABSTRACT

In marginal lands, *O. ficus-indica* could be an alternative crop, either for fruit or for forage production. Sixteen Portuguese ecotypes and two Italian varieties (“Gialla” and “Bianca”) of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller were characterized and evaluated for the plant vigor and biomass production, by non-destructive methods, in the first two years after planting. Biomass production and plant vigor were measured by determining the number of cladodes, cladode area and fresh weight per plant. By biometric analysis of 180 cladodes, linear models were previously established to predict the area of cladodes and fresh weight per plant. It was not possible to establish a linear model for dry matter non-destructive estimation. Among populations’ significant differences were found in the studied biomass related parameters and different groups were unfolded. It was possible to select a small group of four Portuguese ecotypes that outperformed in terms of biomass production, comparable with the “Gialla” variety. This group could be used to start a breeding program with the objective of deploy material for animal feeding and fruit production. The ‘Gialla’ variety showed the best performance, achieving the highest biomass-related parameters, not surprisingly for it is an improved plant material.

**Keywords:** biomass; ecotypes; cactus pear; *Opuntia ficus-indica*.

### 1. INTRODUÇÃO

A figueira-da-índia (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller), uma espécie da família *Cactaceae*, com centro de origem e domesticação na região central do México (Griffith, 2004),

encontra-se na paisagem e em sistemas agrícolas de muitas regiões do mundo. O facto de possuir características particulares sob o ponto de vista morfológico e fisiológico permitiu a sua adaptação a zonas semiáridas, caracterizadas pela seca, chuvas erráticas e solos pobres sujeitos a erosão. Na família *Cactaceae* a espécie *O. ficus-indica* é a mais importante sob o ponto de vista económico, sendo cultivada em mais de 20 países. É cultivada pelos seus frutos no México (onde são apelidados de “tunas”), Sicília, Argélia, Chile, Brasil e Norte de África (Inglese et al., 2002). Na Europa, a Itália é o principal produtor de fruto com uma área plantada dedicada de 3500 ha e uma produção total de 70 000 toneladas de fruto. A principal região produtora é a Sicília e, em condições otimizadas, conseguem-se produções perto de 24 toneladas de fruto por hectare, em compassos 4 x 6 m (Inglese, 2014). Os cladódios jovens de *O. ficus-indica* são consumidos como legume, designado nos países hispânicos “nopalitos” (Griffith, 2004). *O. ficus-indica* é utilizada em vários países (como o Brasil, México, África do Sul, Marrocos e Tunísia) como planta forrageira. Estima-se que, a nível mundial, a área ocupada com esta espécie destinada à alimentação animal ultrapasse os 900000 ha (Reynolds e Arias, 2001). Outras utilizações relatadas para a *O. ficus-indica*, incluem o uso como agente de ligação e impermeabilização nas construções em adobe (Cardenas et al., 1998) e como planta medicinal (Lim, 2012; Medina et al., 2007). De referir também a utilização do género *Opuntia*, juntamente com espécies do género *Nopalea*, desde tempos pré-colombianos, como plantas hospedeiras para insetos do tipo cochonilha (*Dactylopius coccus* Costa) com o objetivo de produção de um corante natural de cor carmim (Anderson, 2001; Chávez-Moreno et al., 2009). Nalguns países é frequente a cultura de formas espinhosas de *Opuntia* spp. na margem das propriedades, com o objetivo de constituição de sebes vivas. *O. ficus-indica* é, ainda, utilizada no sentido de impedir a erosão do solo (Casas e Barbera, 2002; Le Houérou, 1996), na constituição de barreiras anti-incêndio e, mais recentemente, estuda-se a sua utilização para a produção de biogás (Jigar et al., 2011, Sánchez et al., 2012).

A figueira-da-índia é uma espécie com interesse para alimentação humana e animal, particularmente em áreas geográficas onde a disponibilidade de água é um fator limitante na atividade agrícola. À semelhança de outras *Cactaceae*, a base fisiológica do sucesso ecológico das espécies do género *Opuntia* reflete-se no padrão diário de abertura dos estomas. As espécies deste género apresentam uma via especial de fixação do carbono que se designa metabolismo ácido das crassuláceas (CAM). Neste grupo de plantas, a abertura dos estomas, com a correspondente realização

de trocas gasosas, ocorre durante o período noturno, altura em que as temperaturas são menos elevadas (Nobel, 1988; Nobel 1994). Por esse fato, as plantas CAM apresentam uma elevada eficiência de utilização da água (relação entre  $\text{CO}_2$  fixado na fotossíntese por quantidade de água perdida na transpiração). Como planta forrageira, *O. ficus-indica*, pode produzir mais de 10 toneladas de matéria seca por hectare e, em condições limitantes de disponibilidade hídrica, supera as plantas C4 e C3 (Andrade-Montemayor et al., 2011). O conceito taxonómico de *O. ficus-indica* transporta muita incerteza, trata-se de uma espécie que apresenta algum polimorfismo e à qual se têm atribuído diferentes tratamentos taxonómicos e nomenclaturais. Contribuindo para essa incerteza não será estranho o facto do conceito taxonómico de *O. ficus-indica* poder incluir clones derivados de múltiplas linhagens e ser polifilético (Griffith, 2004).

A introdução de *O. ficus-indica* na Península Ibérica terá ocorrido, provavelmente, no final do séc. XV, através das viagens marítimas após a descoberta da América, difundindo-se e naturalizando-se posteriormente por toda a bacia mediterrânica (Anderson, 2001; Kiesling, 1998; Le Houérou, 1996). No séc. XVIII cladódios e frutos de *Opuntia* eram transportados nos navios e utilizados como forma de combater o escorbuto, o que terá contribuído para a sua dispersão em habitats áridos e semiáridos em todo o mundo (Kiesling, 1998; Le Houérou, 1996). Em Portugal é frequente a localização de *O. ficus-indica* na margem de estradas e caminhos, esta apresenta um comportamento ruderal, sendo cultivada pelos seus frutos comestíveis, como planta medicinal e para a constituição de sebes vivas, estando amplamente naturalizada. *O. ficus-indica* apresenta alguma indiferença quanto à natureza do substrato e encontra-se a altitudes desde o nível do mar até cerca dos 800 m. Nos ecótipos portugueses é perceptível a existência de variabilidade traduzida nas diferenças de vigor vegetativo, forma dos cladódios, número e comprimento dos espinhos, cor da corola, cor da polpa do fruto, entre outras características.

As regiões mediterrânicas, onde se inclui Portugal, particularmente as zonas interiores, estão frequentemente sujeitas a secas severas durante os verões extensos, sendo de admitir que as mudanças climáticas possam afetar profundamente a Península Ibérica num futuro próximo. No Continente são estimados aumentos sistemáticos da temperatura, com aquecimento mais forte no interior e, no caso da precipitação, os diferentes cenários sugerem uma redução da precipitação anual que pode atingir os 20 a 40% da precipitação atual (Miranda et al., 2006). *O. ficus-indica*, pelas suas características morfo-fisiológicas

e atendendo aos múltiplos usos, representa uma cultura alternativa para as regiões do interior, onde se prevê que as alterações climáticas possam vir a ter maior impacto. Além da importância económica do fruto, é uma cultura muito interessante para a alimentação de pequenos ruminantes, particularmente em épocas do ano em que escasseia o alimento (Andrade-Montemayor et al., 2011).

No contexto atual, renasceu o interesse por esta espécie por parte de alguns agricultores. Consideramos, por isso, ser importante a caracterização e avaliação biométrica de populações portuguesas de *O. ficus-indica* e a sua comparação com variedades melhoradas, com o objetivo da produção de fruto para alimentação humana e como planta forrageira. O presente trabalho teve como objetivo a avaliação, do vigor vegetativo e da produção de biomassa, por métodos não destrutivos, de 16 ecótipos portugueses de *O. ficus-indica* e de duas variedades italianas (“Gialla” e “Bianca”), nos dois primeiros anos após a plantação.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Material vegetal e estabelecimento do ensaio

Em Maio de 2012 foram plantados, na Escola Superior Agrária de Castelo Branco (39° 49' 17.00"N; 7° 27' 41.00"W), num solo de baixa aptidão agrícola, cladódios de dezasseis populações portuguesas de *O. ficus-indica* e duas variedades italianas (“Gialla” e “Bianca”) (Tabela 1).

Tab. 1 – Identificação e origem das populações de *Opuntia ficus-indica* estudadas.

Nº	Origem	Altitude (m)
1	Alcochete	25
3	Cascais - Guincho	185
4	Portalegre	372
5	Arronches	293
6	“Bianca”	150
7	“Gialla”	150
8	Melides	29
9	Santo André	25
11	Albufeira	61
12	Cacela-Velha	20
13	Monforte Beira	260
14	Idanha-a-Velha	275
15	Ponte de Sor	125
16	Biscainho - Coruche	76
17	Castelo Branco	402
18	Reguengos Monsaraz	223
19	Concavada, Alvega	105
20	Madeira	116

As populações referidas foram colhidas em diferentes locais em março e abril de 2012. Foi instalado no campus da ESA/IPCB um ensaio com as diferentes proveniências, com um delineamento experimental em blocos completos casualizados com três repetições. Utilizou-se um compasso de 2,5x1,5 m e foram instaladas 15 plantas por população, na modalidade de um cladódio por cova. Previamente à plantação, após análise sumária do solo, foi realizada a fertilização com adubo ternário, na proporção de 40 kg/ha de cada um dos macronutrientes (N, P e K). O ensaio foi conduzido em condições de sequeiro e foi realizado o controlo mecânico de plantas infestantes, sem mobilização do solo.

De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, Castelo Branco tem um clima do tipo Csa. A temperatura média anual é de 15,9°C. Os meses de julho e agosto são os mais secos e quentes, com temperaturas médias acima de 24°C e os meses de dezembro, janeiro e fevereiro são os mais frios, com temperaturas médias abaixo de 10°C. A precipitação média anual é de 783 milímetros, verificando-se irregularidade na sua distribuição (no inverno chove mais do que no verão). Dezembro é o mês mais chuvoso com uma média de 124 mm (IPMA, 2014).

## 2.2. Modelos lineares

Com o objetivo de quantificar a produção de biomassa, nas diferentes populações, por métodos não destrutivos, procurou-se estabelecer modelos lineares preditivos da área do cladódio (AC, cm<sup>2</sup>), peso verde (PV, g) e peso seco (MS, g). Para o desenvolvimento dos modelos lineares foram colhidos em duas populações (populações 04 e 17, respetivamente com cladódios ovóides e

elípticos), no local de origem e em três diferentes épocas do ano (verão, outono e primavera), um total de 180 cladódios, com idades entre 1 e 2 anos. Neste material, obtiveram-se imagens digitalizadas, registaram-se parâmetros biométricos e, ainda, a área do cladódio (cm<sup>2</sup>), o peso verde (g) e o peso seco (g). Os parâmetros biométricos registados em cada cladódio foram os seguintes: comprimento (C, cm), largura (L, cm), espessura média (E, cm) e diâmetro na base (Db, cm). O comprimento e a largura foram registados com utilização de régua graduada. A espessura foi quantificada com a utilização de paquímetro digital, em três pontos do cladódio (na extremidade e nos dois pontos correspondentes à região de largura máxima). Os três valores registados foram utilizados para calcular a espessura média (Fig. 1).

A área de cada cladódio foi quantificada através de dois métodos, por análise de imagem com utilização do *software Image J* vs 1.49b e pela determinação do peso de silhuetas em papel dos cladódios, de acordo com Cortázar e Nobel (1992). O peso verde foi determinado por pesagem de cada cladódio em balança analítica. Os cladódios foram fragmentados e o seu peso seco foi determinado após a secagem em estufa a 65°C, até peso constante, como descrito por Cortázar e Nobel (1992). Atendendo à forma dos cladódios, os parâmetros biométricos registados foram utilizados para relacionar a área do cladódio com a área da elipse (área da elipse =  $\pi \times C/2 \times L/2$ ) e o peso fresco com o volume da elipse (volume da elipse =  $4/3 \times \pi \times C/2 \times L/2 \times E/2$ ). Para estimar a matéria seca, foi utilizado o modelo linear sugerido por Sáiz e Fernandez (1990) e Curt et al. (2011) através da relação empírica entre matéria seca e o produto do comprimento do cladódio (C) com a sua largura máxima (L) e diâmetro na base (Db) (Fig. 1).

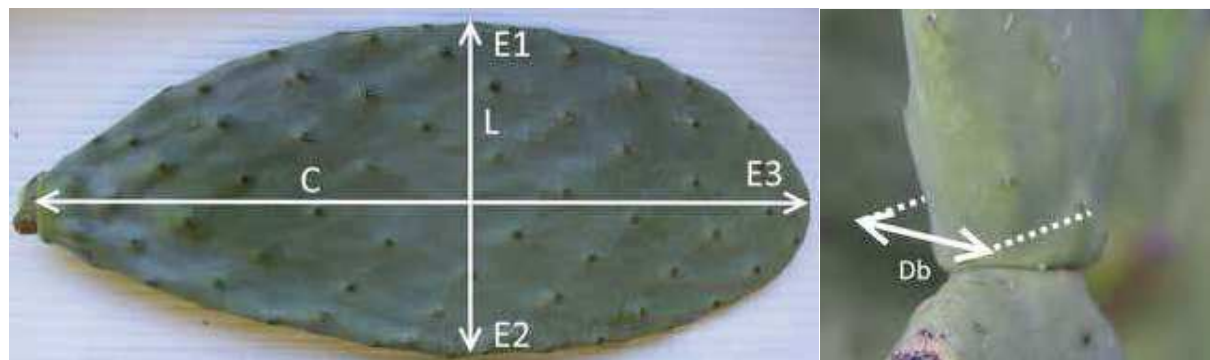


Fig. 1 – Medição de parâmetros biométricos em cladódios de *Opuntia ficus-indica*. C – comprimento; L – largura; E – espessura; Db – diâmetro na base.

## Estimativa da produção de biomassa

As populações de *O. ficus-indica* foram avaliadas, nos dois primeiros anos de crescimento, quanto ao vigor vegetativo e produção de biomassa através de métodos não destrutivos. Em abril de 2013 (330 dias após plantação, DAP) e março de 2014 (660 DAP), foram registados, para cada planta, o número total de cladódios (NC) e em cada cladódio o seu comprimento, largura, espessura média e diâmetro na base, de acordo com o referido em 2.2. As equações obtidas através de regressão linear estimadas para a AC e PV foram posteriormente usadas para cálculo dos valores médios das 18 populações de *O. ficus-indica*. Assim, a produção de biomassa foi estimada através da determinação do número de cladódios por planta, área de cladódios por planta, (AC, m<sup>2</sup>) e peso verde por planta (PV, kg).

## Análise estatística

Verificou-se, para algumas das populações em estudo, a dispersão de dados e os critérios necessários para realizar a ANOVA não foram cumpridos, nomeadamente a normalidade e a homogeneidade de variâncias. Foi, por isso, utilizado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido da comparação múltipla da média das ordens, como descrito em Maroco (2011). Usou-se uma probabilidade de erro tipo I ( $\alpha$ ) de 0,05. No grupo constituído pelas sete melhores populações foi realizada a ANOVA e a comparação múltipla de médias com o teste de Tukey (visto que se observaram, neste caso, distribuições gaussianas e homogeneidade de variâncias). Na análise estatística utilizou-se o *software* IBM SPSS Statistics vs. 21.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Modelos lineares

Na tabela 2 são apresentados os valores médios registados para os 180 cladódios das populações 04 e 17, utilizados

no desenvolvimento de modelos lineares preditivos da área do cladódio e do seu peso verde. O comprimento variou entre 25,80 e 54,10 cm (média 39,71 cm), largura de 10,10 a 20,70 cm (média 14,87 cm), espessura média de 0,72 a 3,08 cm, área do cladódio de 203,32 cm<sup>2</sup> a 719,98 cm<sup>2</sup> (média 474,05 cm<sup>2</sup>), peso verde de 244,20 g a 1311,38 g (média 640,33 g) e peso seco de 21,33 g a 102,12 g (média 50,98 g). A percentagem média de matéria seca rondou os 8% (Tab. 2). Da análise comparativa dos dois métodos utilizados para estimar a área do cladódio, por análise de imagem com utilização do *software Image J* e pela determinação do peso da silhueta em papel do cladódio, não se registaram diferenças significativas,  $t(358)=0,141$ ,  $p=0,888$ . Para efeitos de cálculo optou-se pelo primeiro método (utilização do *software Image J*), visto ser mais expedito.

Os modelos lineares permitem indicar a área da elipse e o volume da elipse como bons preditores, respetivamente, da área do cladódio (AC) e do peso verde do cladódio (PV) (Figura 2). A regressão linear permite estabelecer que a área da elipse pode prever de forma estatisticamente significativa a área do cladódio (uma face, cm<sup>2</sup>),  $F(1;178)=5746,52$ ,  $p<0,001$ . O produto  $\pi \times C/2 \times L/2$  contribui para explicar 97% da variabilidade observada na área do cladódio ( $R^2_{adj}=0,970$ ). Obteve-se a equação de regressão  $AC=17,67+0,981(\pi \times L/2 \times W/2)$  (Fig. 2a), a qual pode ser simplificada para  $AC=17,67+0,77(C \times L)$ . Os valores obtidos para os coeficientes de regressão e de correlação aproximam-se dos relatados por Callogero e Parera (2004) que desenvolveram para o estudo de populações de *O. ficus-indica* da Argentina a equação  $AC=6,31+0,8(C \times L)$  ( $R^2=0,93$ ).

O volume da elipse pode ser utilizado de forma estatisticamente significativa na estimativa do peso verde do cladódio,  $F(1, 178)=2910,68$ ,  $p<0,001$ . O produto  $4/3 \times \pi(C/2 \times L/2 \times E/2)$  contribui para explicar 94% da variabilidade observada no peso verde do cladódio ( $R^2_{adj}=0,942$ ). Do desenvolvimento de modelo linear obteve-se a equação  $PV = 47,56 + 1,213(4/3 \times \pi \times C/2 \times L/2 \times E/2)$  (Figura 2), o qual pode ser simplificado para  $PV = 47,56 + 0,635(C \times$

Tab. 2 – Valores médios dos vários parâmetros quantificados em 180 cladódios das populações 04 e 17.

	Comp (cm)	Larg (cm)	Esp (cm)	AC (cm <sup>2</sup> )	P verde (g)	P seco (g)	H (%)	MS (%)
Média	39,71	14,87	1,59	474,05	640,33	50,98	92,04	7,96
DP	4,44	2,91	0,46	108,22	214,38	17,39	2,81	2,81
CV (%)	11,18	19,56	28,73	22,83	33,48	34,12	3,07	33,65
Min	25,80	10,10	0,72	203,32	244,20	21,33	82,99	3,59
Max	54,10	20,70	3,08	719,98	1311,38	102,12	96,41	17,01

Comp – comprimento; Larg – largura; Esp – espessura; AC – área do cladódio; P verde – peso verde; P seco – peso seco; H – teor de humidade; MS – matéria seca; DP – desvio padrão; CV – coeficiente de variação; Min – mínimo; Max – máximo.

L x E). Os coeficientes de regressão (0,635) e de determinação (0,942) são ligeiramente superiores aos obtidos por Pinto et al. (2002) que desenvolveram, para populações de *O. ficus-indica* do Brasil, a seguinte equação sem constante de interceção: PV=0,535 (C x L x E) (R<sup>2</sup>=0,93).

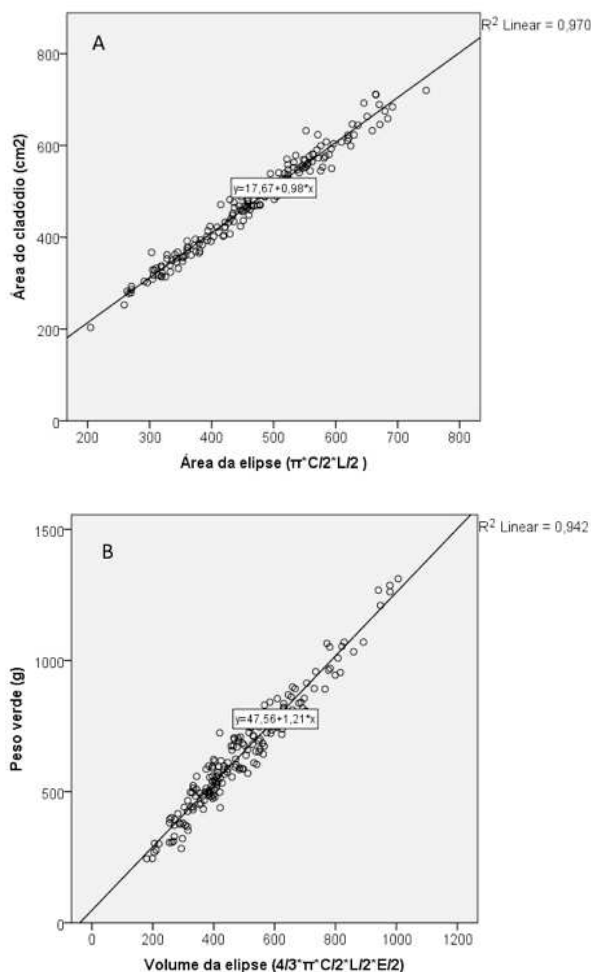


Fig. 2 – Modelos lineares estimativos da A – área do cladódio (AC, cm<sup>2</sup>) e B – do seu peso verde (PV, g).

O modelo linear sugerido por Sáiz e Fernandez (1990) e por Curt et al. (2011), para estimar a matéria seca, através da relação empírica entre matéria seca e o produto do comprimento do cladódio com a sua largura máxima e a espessura na base, não proporcionou resultados satisfatórios, no caso do corrente estudo, MS=6,266+0,022 (CxL xEb) (R<sup>2</sup>adj=0,476). Os autores referidos utilizaram um modelo linear sem constante de interceção (y=b\*x), o que poderá explicar as diferenças encontradas entre modelos alométricos. A alternativa poderá passar pela estimativa do peso seco a partir do produto do peso verde pelo valor

do teor de matéria seca (%) obtido por amostragem nos cladódios de uma população (Pinto et al, 2002). No entanto, tal é limitante já que é um processo laborioso, no qual está implícita a destruição de material vegetal, a sua secagem e a pesagem, bem como a necessidade de fazer amostragens em diferentes épocas, uma vez que o teor de matéria seca varia ao longo do ano.

### 3.2. Produção de biomassa

Aos 330 e 660 dias após a plantação (março de 2013 e março de 2014, ano 1 e ano 2, respetivamente) foi realizada a quantificação não destrutiva de biomassa nas 18 populações de *O. ficus-indica*. Foram registados o número de cladódios por planta e, utilizando as equações obtidas por regressão linear, foram calculados a área de cladódios por planta (ambas as faces) e o peso verde por planta. Foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis que permitiu verificar a existência de diferenças significativas para as três variáveis (número de cladódios, área de cladódios e peso verde por planta) nas 18 populações e nos dois anos do ensaio.

A população com maior número médio de cladódios por planta foi a população 07 (variedade “Gialla”, com 5,1 cladódios no ano 1 e 25,9 cladódios no ano 2), tendo sido a população 18 (Reguengos de Monsaraz) aquela que apresentou o menor valor médio para este parâmetro (1,9 cladódios no ano 1 e 6,2 cladódios no ano 2) (Fig. 3 e Tab. 3). Considerando o conjunto das 18 populações, a média foi de 3,5 cladódios por planta no ano 1 e, no ano 2, os valores quadruplicaram para uma média de 13,5 cladódios. O teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas de média das ordens para  $\alpha=0,05$ , originou, no ano 1 ( $\chi^2(17)=88,74$ ;  $p<0,05$ ;  $n=270$ ), a constituição de cinco grupos homogéneos e no ano 2 ( $\chi^2(17)=147,31$ ;  $p<0,05$ ;  $n=270$ ), resultaram quatro grupos homogéneos (Fig. 4). Os valores registados para o número de cladódios por planta na variedade “Gialla” aos 330 e 660 DAP (respetivamente 5,1 e 25,9) são comparáveis aos apresentados por Callogero e Parera (2004), que referem valores de 6,2 e 23,2 cladódios, sensivelmente aos 330 e 450 DAP, para a mesma variedade, num ensaio realizado na Argentina.

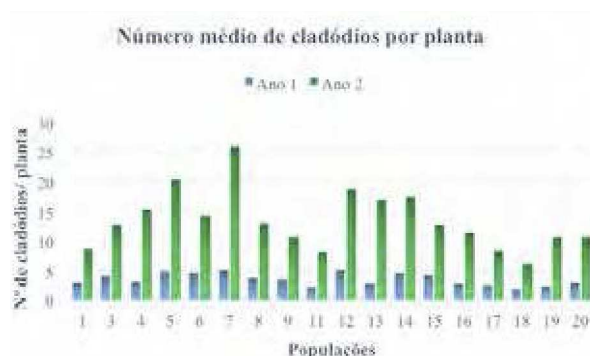


Fig. 3 – Número médio de cladódios por planta 330 dias após a plantação (Ano 1) e 660 dias após a plantação (Ano 2).

Tab. 3 – Valores médios observados, nas 18 populações (Pop.) estudadas, para os parâmetros número de cladódios por planta (NC), área de cladódios (AC, ambas as faces) e peso verde por planta (PV), nos 330 e 360 dias após a plantação (DAP).

Pop.	NC/ planta		AC/ planta (m <sup>2</sup> )		PV/ planta (kg)	
	330 DAP	660 DAP	330 DAP	660 DAP	330 DAP	660 DAP
01	3,0	8,6	0,19	0,61	1,78	5,55
03	4,1	12,8	0,32	0,97	3,45	9,77
04	3,1	15,5	0,27	1,16	2,41	9,62
05	4,8	20,3	0,40	1,51	3,24	11,96
06	4,6	14,2	0,33	1,11	3,24	11,58
07	5,1	25,9	0,41	1,78	3,90	14,20
08	3,7	12,9	0,25	0,88	2,64	9,49
09	3,5	10,7	0,23	0,72	2,25	7,12
11	2,7	8,3	0,13	0,51	1,24	5,03
12	5,0	18,8	0,43	1,50	3,74	12,20
13	2,8	16,9	0,31	1,36	2,74	11,19
14	4,7	17,5	0,40	1,41	3,52	12,56
15	4,3	12,7	0,27	0,89	2,74	9,23
16	2,8	11,4	0,24	0,79	2,36	7,83
17	2,6	8,4	0,19	0,56	1,91	6,00
18	1,9	6,2	0,11	0,38	1,16	4,22
19	2,4	10,7	0,17	0,70	1,73	7,18
20	3,0	10,7	0,19	0,69	1,66	6,04
Média	3,5	13,5	0,27	0,98	2,54	8,93
Min	1,9	6,2	0,11	0,38	1,16	4,22
Max	5,1	25,9	0,43	1,78	3,90	14,20

No caso da área de cladódios por planta (considerando ambas as faces do cladódio) os valores mais elevados no ano 1 e no ano 2 registaram-se, respetivamente, na população 12 (Cacela-Velha) (0,43 m<sup>2</sup>) e na variedade "Gialla" (1,78 m<sup>2</sup>). Os valores mais baixos de área fotossintética por planta registaram-se na população 18 (Reguengos de Monsaraz), com 0,11 m<sup>2</sup> no ano 1 e 0,38 m<sup>2</sup> no ano 2 (Fig. 5 e Tab. 3). Considerando o conjunto das 18 populações, a média foi de 0,27 m<sup>2</sup>, no

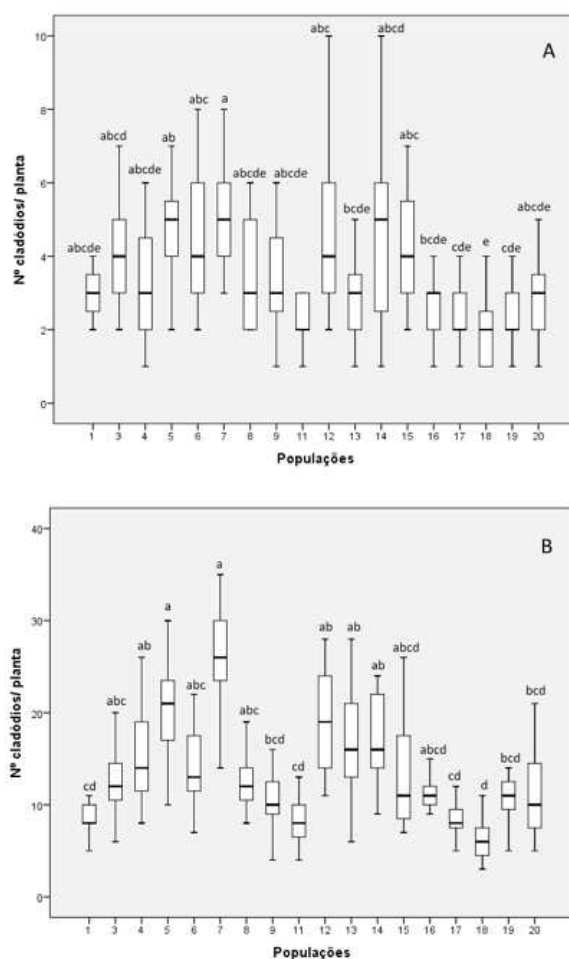


Fig. 4 – Número médio de cladódios por planta 330 dias após a plantação (ano 1, A) e 660 dias após a plantação (ano 2, B). Populações assinaladas com a mesma letra, não diferem entre si de acordo com o teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas de média das ordens, para  $\alpha=0,05$ . A linha a negrito representa a mediana, enquadrada entre o 1º Quartil (extremo inferior da caixa) e o 3º Quartil (extremo superior da caixa). As barras inferiores e superiores representam, respetivamente, o mínimo e máximo das distribuições.

ano 1 e 0,98 m<sup>2</sup> no ano 2. O teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas de média das ordens para  $\alpha=0,05$ , permitiu constituir, no ano 1 ( $\chi^2(17)=116,81$ ;  $p<0,05$ ;  $n=270$ ), cinco grupos homogêneos e no ano 2 ( $\chi^2(17)=169,08$ ;  $p<0,05$ ;  $n=270$ ) seis grupos homogêneos (Fig. 6). Para a variedade "Gialla", Callogero e Parera (2004) referem valores de 0,4 e 1,7 m<sup>2</sup>, sensivelmente aos 330 e 450 DAP, num ensaio realizado na Argentina.

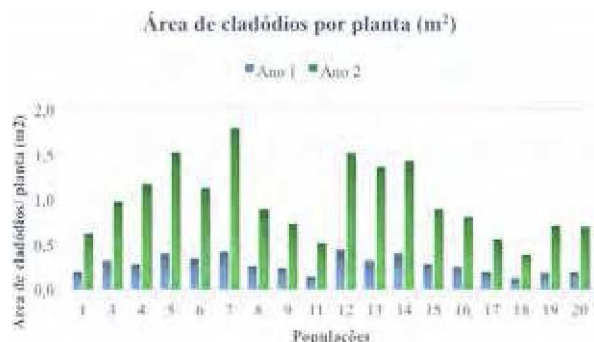


Fig. 5 – Área média de cladódios por planta (ambas as faces) 330 dias após a plantação (Ano 1) e 660 dias após a plantação (Ano 2).

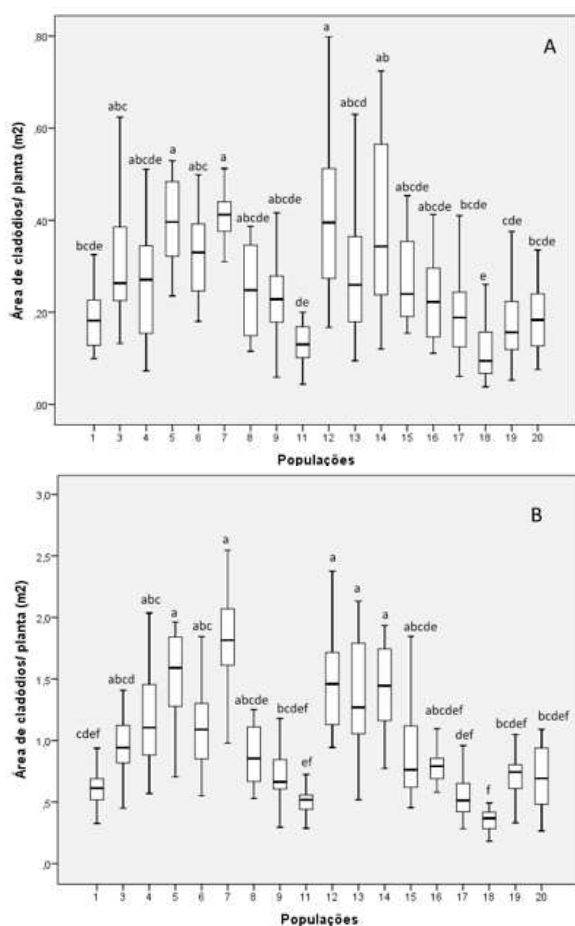


Fig. 6 – A – Área média de cladódios por planta (m²) 330 dias após a plantação (ano 1) e B - 660 dias após a plantação (ano 2). Populações assinaladas com a mesma letra, não diferem entre si de acordo com o teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas de média das ordens, para  $\alpha=0,05$ . Interpretação da figura como na figura 4.

A população 07 (variedade “Gialla”) foi a que apresentou os valores médios mais elevados de produção de matéria verde por planta (3,90 kg no ano 1 e 14,20 kg no ano 2). Os valores mais baixos de matéria verde registaram-se na população 18 (Reguengos de Monsaraz), com 1,16 kg no ano1 e 4,22 kg no ano 2 (Fig. 7 e Tab. 3). Considerando o

conjunto das 18 populações, a média foi de 2,54 kg, no ano 1 e 8,93 kg no ano 2. O teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas de média das ordens para  $\alpha=0,05$ , permitiu constituir, no ano 1 ( $\chi^2(17)=105,64$ ;  $p<0,05$ ) cinco grupos homogêneos e no ano 2 ( $\chi^2(17)=138,37$ ;  $p<0,05$ ) seis grupos homogêneos (Fig. 8).

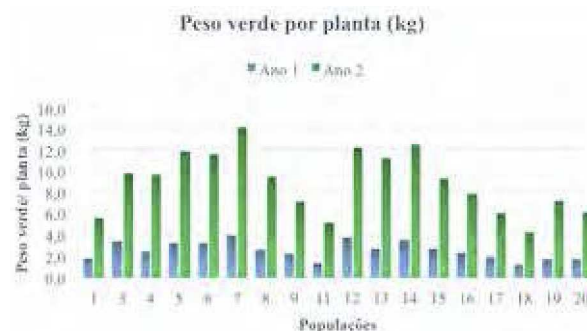


Fig. 7 – Peso verde por planta (kg) 330 dias após a plantação (Ano 1) e 660 dias após a plantação (Ano 2).

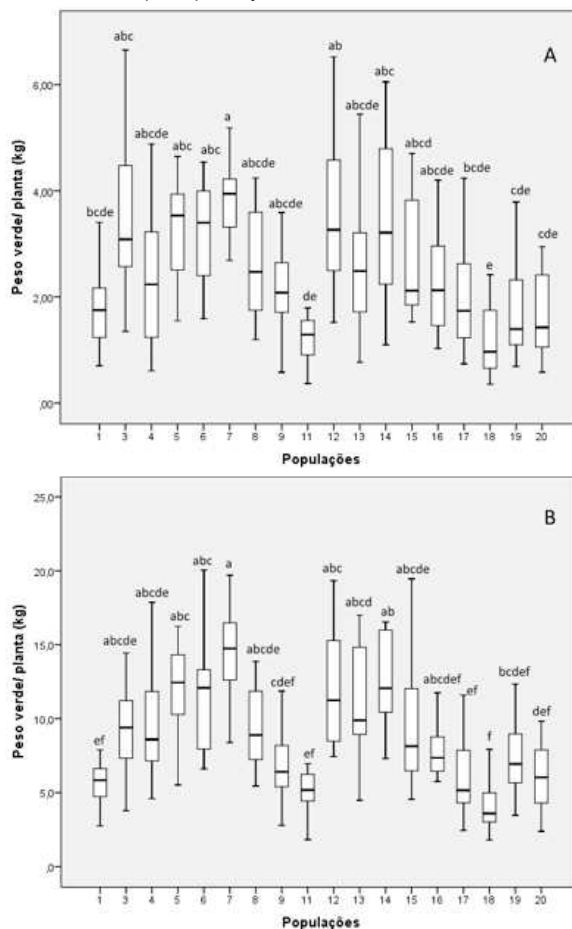


Fig. 8 – A – Peso verde por planta (kg) 330 dias após a plantação (Ano 1) e B - 660 dias após a plantação (Ano 2). Populações assinaladas com a mesma letra, não diferem entre si de acordo com o teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas de média das ordens, para  $\alpha=0,05$ . Interpretação da figura como na Fig. 4.

No grupo das sete melhores populações (resultados do ano 2 (660 DAP)) verificando-se o cumprimento dos critérios de normalidade e homogeneidade de variâncias, foi realizada a ANOVA seguida da comparação múltipla de médias pelo teste de Tukey, para  $\alpha=0,05$  (Tab. 4). Neste grupo, o número de cladódios variou entre 14,20 (população 06, “Bianca”) e 26,13 (população 07, “Gialla”), a área de cladódios entre 1,11 m<sup>2</sup> (população 06, “Bianca”) e 1,78 m<sup>2</sup> e (população 07, “Gialla”) e o peso verde entre 9,6 kg (população 04, Portalegre) e 14,20 kg (população 07, “Gialla”). A ANOVA permitiu identificar diferenças significativas entre as sete populações para os três parâmetros estudados: NC (F (6;96)=7,39; p<0,05), AC (F (6;96)=4,54; p<0,05) e PV (F (6;96)=2,36; p=0,036) (Tab. 4). Da comparação múltipla de médias, para qualquer dos três parâmetros avaliados, foram constituídos dois grupos homogêneos. No caso do número de cladódios por planta, o ecótipo 05 (Arronches) não difere significativamente da variedade “Gialla”. Os ecótipos 05 (Arronches), 12 (Cacela-a-velha), 13 (Monforte da Beira) e 14 (Idanha-a-Velha), não diferem significativamente da variedade “Gialla”, no que se refere à área de cladódios e produção de matéria verde (Tab. 4). Relativamente à presença de espinhos, os referidos ecótipos apresentam pequeno número de espinhos sendo comparáveis à variedade “Gialla”.

**Tab. 4** - Número de cladódios por planta (NC), área de cladódios (AC) e peso verde (PV), no 2.º ano (660 dias após a plantação), nas sete populações com melhor desempenho. Para o nome das populações ver a correspondência na tabela 1.

Pop.	NC/ planta	AC/ planta (m <sup>2</sup> )	PV (kg)	Espinhos
04	15,5b	1,16b	9,62b	1
05	20,3ab	1,51ab	11,96ab	1
06	14,2b	1,11b	11,58ab	2
07	25,9a	1,78a	14,20a	1
12	18,8b	1,50ab	12,20ab	1
13	16,9b	1,36ab	11,19ab	1
14	17,5b	1,41ab	12,56ab	1

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si ao nível de 5%.  
Presença de espinhos: 0 – ausência; 1 – baixo; 2 – intermédio; 3 – elevado.

Não foi possível o desenvolvimento de modelo linear para a estimar de forma não destrutiva o teor de matéria seca. Contudo, como referem Neder et al. (2013) a análise de trajetória (*path analysis*) mostra associação entre a produção de matéria verde e matéria seca, pelo que a seleção de genótipos, com base na produção de matéria verde, reflete-se em ganhos proporcionais em termos de matéria seca. Assim, parece plausível a seleção indireta para a produção de matéria seca com base na produção de matéria

verde e área fotossintética. Do conjunto de 16 ecótipos portugueses avaliados para a produção de biomassa, é possível eleger um grupo de quatro ecótipos, 05 (Arronches), 12 (Cacela-a-velha), 13 (Monforte da Beira) e 14 (Idanha-a-Velha), que não diferem significativamente da variedade “Gialla” e que constituem material vegetal interessante para início de programa de seleção clonal. Para densidades de 5000 plantas/ha, em sequeiro estima-se, ao segundo ano, uma produção de matéria verde próxima das 60-70 t/ha (6-7 t/ha de matéria seca, para um teor de matéria seca próximos dos 10%).

Considerando o grupo de 16 ecótipos portugueses de *O. ficus-indica*, verifica-se a existência de variabilidade genética, traduzida nas diferenças registadas nos parâmetros relacionados com a produção de biomassa. A dispersão de *O. ficus-indica* a partir da sua área de origem poderá ter permitido a conservação da variabilidade genética inicial, a qual terá sido importante nas novas áreas de difusão, locais onde esta espécie foi sujeita a um processo de seleção relacionado quer com a adaptação ambiental quer com as utilizações agronómicas (Erre et al., 2009). Nos locais de introdução, *O. ficus-indica* terá encontrado condições ambientais ótimas que terão contribuído para a sua naturalização e o aparecimento de ecótipos específicos de cada área. Como anteriormente referido, o próprio conceito taxonómico de *O. ficus-indica* pode incluir clones derivados de múltiplas linhagens e ser polifilético (Griffith, 2004). É de assumir na Península Ibérica, local inicial de introdução de *O. ficus-indica*, a existência de ecótipos com interesse agronómico, pelo que nos parece importante e pertinente o alargamento dos trabalhos de prospeção, colheita e avaliação de clones desta espécie.

No presente estudo, por questões logísticas, foi utilizado um único cladódio por cova. Contudo na constituição de pomares é aconselhável plantar dois (ou mais) cladódios por cova, já que dessa forma incrementa-se, para valores perto do dobro, o número de cladódios por planta, a área fotossintética e a produção de fruto (Callogero e Parera, 2004).

## 4. CONCLUSÕES

Foi possível desenvolver modelos lineares, adaptados às nossas condições ambientais, para estimar de forma não destrutiva a área fotossintética e a produção de matéria verde. Não foi possível desenvolver modelo preditivo de produção de matéria seca. Verifica-se a existência de variabilidade genética entre as populações de *O. ficus-indi-*

ca estudadas, no que se refere ao vigor do crescimento e produção de biomassa. Alguns ecótipos mostraram baixo vigor vegetativo e tem reduzido interesse como material para propagação vegetativa. Assim, na constituição de novas plantações, quer para produção de forragem, quer para produção de fruto, é muito importante a escolha adequada da variedade/ ecótipo para propagação clonal. A colheita aleatória de material e sua propagação clonal, para além de transportar incerteza associada ao desempenho fenotípico, pode ser fator de disseminação de doenças. A variedade “Gialla” destaca-se das restantes populações o que reflete a sua origem como material vegetal melhorado. Também Callogero e Parera (2004) registaram o melhor desempenho da variedade “Gialla” comparativamente a ecótipos da Argentina, quando estudaram os parâmetros número médio de cladódios e área fotossintética. Das dezasseis populações portuguesas de *O. ficus-indica* avaliadas, é possível eleger um grupo de quatro ecótipos que, sob ponto de vista estatístico, não diferem significativamente da variedade “Gialla” em termos de produção de biomassa. Este material vegetal tem interesse como ponto de partida para iniciar um programa de melhoramento (seleção de clones) desta espécie, quer para a produção de forragem quer para a produção de fruto. Está em decurso o estudo das referidas populações sob o ponto de vista morfológico, em termos de produção de fruto para alimentação humana (numa perspetiva quantitativa e qualitativa) e a caracterização nutricional do cladódio para alimentação animal. Prevê-se, também, realizar o estudo da variabilidade genética das populações com recurso a marcadores moleculares do tipo microssatélites, que nos poderão indicar a variabilidade genética intra e inter-populacional sem o efeito ambiental, já que os marcadores a utilizar são teoricamente neutrais (não estão sujeitos a seleção). Na nossa perspetiva, fica evidente a importância de continuar os trabalhos de colheita, caracterização e avaliação de ecótipos portugueses de *O. ficus-indica*.

## 5. REFERÊNCIAS

- Anderson, E. F. 2001. The cactus family. Timber Press, Portland, Oregon, USA.
- Andrade-Montemayor, H. M., Cordova-Torres, A. V., García-Gasca, T. and Kawas, J. R. 2011. Alternative foods for small ruminants in semiarid zones. The case of Mesquite (*Prosopis laevigata* spp.) and Nopal (*Opuntia* spp.). Small Ruminant Res. 98: 83-92.
- Callogero, S. and Parera, C. A. 2004. Assessment of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) varieties and their possible planting systems. Span J Agric Res 2: 401-407.
- Cárdenas, A., Arguelles, W. and Goycoolea, F., 1998. On the possible role of *Opuntia ficus-indica* mucilage in lime mortar performance in the protection of historical buildings. J. Profess. Assoc. Cactus Develop 3: 64-71.
- Casas, A. and Barbera, G. 2002. Mesoamerican domestication and diffusion. Pages 143-184 in Cacti, Biology and Uses, P. Nobel ed. University of California Press, London.
- Chávez-Moreno, C., Tecante, A. and Casas, A. 2009. The *Opuntia* (Cactaceae) and *Dactylopius* (Hemiptera: Dactylopiidae) in Mexico: a historical perspective of use, interaction and distribution. Biodivers. Conserv. 18: 3337-3355.
- Cortázar, V. G. and Nobel, P. 1992. Biomass and fruit production for the prickly pear cactus, *Opuntia ficus-indica*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117: 558-562.
- Curt, M. D., Sánchez, F., Sánchez, J., Aguado, P. L., Uceda, M., Zaragoza, G., Agüera, J.M. and Fernández, J. 2011. Allometric method for the estimation of prickly pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) biomass weight: comparison between seasonal data. Pages 596-600 in 19<sup>th</sup> European Biomass Conference and Exhibition, 6-10 June, Berlin, Germany.
- Erre P., Chessa, I., Nieddu, G., and Jones, P. G. 2009. Diversity and spatial distribution of *Opuntia* spp. in the Mediterranean Basin. J. Arid Environ. 73: 1058-1066.
- Griffith M. P. 2004. The origins of an important cactus crop, *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae): new molecular evidence. Am. J. Bot. 91:1915-1921.
- Inglese, P., Basile, F. and Schirra, M. 2002. Cactus pear fruit production. Pages 163-183, in Cacti: biology and uses, P. S. Nobel ed. University of California, USA, Berkeley.
- Inglese, P. 2014. A figueira-da-índia em Itália e no mundo. In I Encontro Nacional do Figo-da-Índia, 12 de Abril, Évora, Portugal.
- IPMA. 2014. Normais climatológicas. Instituto Português do Mar e da Atmosfera. <http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/> (Acedido em Novembro de 2014).
- Jigar, E., Sulaiman, H., Asfaw, A. and Bairu, A. 2011. Study on renewable biogas energy production from cladodes of *Opuntia ficus-indica*. J. Food Agric. Sci. 1: 44-48.
- Kiesling, R., 1998. Origen, domesticación y distribución de *Opuntia ficus-indica*. J. Profess. Ass. Cactus Dev. 3: 50-59
- Le Houérou, H. N. 1996. The role of cacti (*Opuntia* spp.) in erosion control, land reclamation, rehabilitation and agricultural development in the Mediterranean Basin. J. Arid Environ. 33:135-159.
- Lim, T. K. 2012. *Opuntia ficus-indica*. Pages 660-682, in Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants, Springer Netherlands.
- Maroco, J. 2011. Análise Estatística com o SPSS Statistics. 5th ed. Report Number, Análise e Gestão de Informação, Lda., Pero Pinheiro, Portugal.
- Medina, E. M. D., Rodríguez, E. M. R. and Romero, C. D. 2007. Chemical characterization of *Opuntia dillenii* and *Opuntia ficus-indica* fruits. Food Chem. 103:38-45.
- Miranda, P. M. A., Valente, M. A., Tomé, A. R., Trigo, R. e Coelho, M. F. 2006. O clima de Portugal nos séculos XX e XXI. Pp. 49-110 in F. D. Santos e P. Miranda ed. Alterações climáticas em Portugal, cenários, impactos e medidas de adaptação. Projeto SIAM II. Gradiva, Lisboa, Portugal.
- Neder, D. G., Costa, F. R., Edvan, R. L. and Filho, L. T. 2013. Correlations and path analysis of morphological and yield traits of cactus pear accessions. Crop Breed. Appl. Biot. 13: 203-207.
- Nobel, P. S. 1988. Environmental Biology of Agave and Cacti. Page 270, Cambridge University Press, Cambridge.
- Nobel, P. S. 1994. Remarkable agaves and cacti. Oxford Univ. Press, New York
- Pinto, M. S., Menezes, R., Sampaio, E., Andrade, A., Filho, E., Silva, I., Andrade, M. e Figueiredo, M. (2002) Estimativa do peso da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) a partir de medidas dos cladódios. Pages 54-64 in 39 Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Recife, Pernambuco.

Reynolds, G. S. and Arias, E. 2001. Background on Opuntia in C. Mondragón-Jacobo, C. and P. G. Salvador eds. Cactus (*Opuntia* spp.) as Forage. FAO, Plant Production and Protection Paper (169).

Sáiz, M. and Fernández, J. 1990. Efecto del régimen hídrico sobre el tamaño de los cladodios de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller. *Phyton* 51: 125-132.

Sánchez, J., Sánchez, F., Curt, M. D. and Fernández, J. 2012. Assessment of the bioethanol potential of prickly pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) biomass obtained from regular crops in the province of Almería (SE Spain). *Israel J. Plant Sci.* Israel 60: 301-318.

## AGRADECIMENTOS

À Escola Superior Agrária de Castelo Branco pela disponibilidade de espaço físico para instalação do ensaio. À Direção Regional de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DRADR), Madeira, na pessoa da Eng<sup>ª</sup> Berta Correia Alves, pela ajuda na colheita de material vegetal.



Instituto Politécnico de Castelo Branco

**MESTRADO  
INOVAÇÃO E QUALIDADE  
NA PRODUÇÃO ALIMENTAR**