



Instituto Politécnico
de Castelo Branco
Escola Superior
Agrária

Avaliação nutricional e utilização da *Opuntia* spp. na alimentação de pequenos ruminantes

Mestrado em Engenharia Zootécnica

Filipa Inês de Oliveira Pitacas

Orientadores

António Manuel Moitinho Nogueira Rodrigues

Carlos Manuel Gaspar dos Reis

Fevereiro 2015



Avaliação nutricional e utilização da *Opuntia* spp. na alimentação de pequenos ruminantes

Filipa Inês de Oliveira Pitacas

Orientadores

António Manuel Moitinho Nogueira Rodrigues

Carlos Manuel Gaspar dos Reis

Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Castelo Branco para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Zootécnica, realizada sob a orientação científica do Professor Coordenador António Manuel Moitinho Nogueira Rodrigues e do Professor Adjunto Carlos Manuel Gaspar dos Reis, do Instituto Politécnico de Castelo Branco.

fevereiro 2015

Dedicatória

Aos meus pais.

Agradecimentos

Ao Professor Doutor António Moitinho Rodrigues e ao Professor Carlos Reis, pela orientação, disponibilidade e apoio na realização deste trabalho.

Aos colaboradores do Laboratório de Nutrição e Alimentação Animal, Sr. José Manuel Lourenço e Sr. Paulo Mateus pelo auxílio nas análises laboratoriais que efetuei.

Aos meus amigos por toda a força transmitida.

Finalmente mas não menos importante a toda a minha família:

Aos meus pais que desde o primeiro momento sempre me apoiaram e incentivaram neste propósito.

Aos meus sogros por toda a força e apoio que me deram.

E por fim, ao meu marido, amigo e companheiro de todos os momentos, com o qual partilhei todos os pormenores e que com o seu carinho, amor, paciência e saber me auxiliou a realizar este trabalho.

A todos os que, direta ou indiretamente, me ajudaram a concretizar este trabalho agradeço do fundo do meu coração.

Resumo

A figueira-da-índia (*Opuntia ficus-indica*) foi introduzida na Península Ibérica no século XVI. Hoje em dia é possível encontrar plantas do género *Opuntia* em todo o país. Os seus cladódios podem ser utilizados na alimentação de pequenos ruminantes principalmente em períodos do ano em que há reduzida qualidade e quantidade de pastagem. Com o objetivo de caracterizar do ponto de vista nutricional os cladódios de um ano de diferentes ecótipos nacionais de *O. ficus-indica* e de *O. elata* e de simular a sua utilização como forragem na alimentação de ruminantes, em maio de 2012 foi instalado na Escola Superior Agrária de Castelo Branco um campo experimental com dezasseis ecótipos de *O. ficus-indica*, duas variedades melhoradas de *O. ficus-indica* e dois ecótipos de *O. elata*. Os cladódios plantados no campo experimental foram recolhidos em diferentes locais do país. Verificou-se que os cladódios de um ano dos ecótipos OFI 4-Portalegre, OFI 5-Arronches, OFI 12-Cacela-a-Velha, OFI 13-Monforte da Beira, OFI 14-Idanha-a-Velha, OFI 20-Madeira e da variedade OFI 7-Gialla de *O. ficus-indica* e dos ecótipos 21-*O. elata*-Mirandela e 22-*O. elata*-Murça apresentaram poucos ou nenhuns espinhos. Os resultados analíticos mais elevados obtidos em laboratório foram os seguintes: espécie *O. ficus-indica* PB 82,52 g/kgMS ($\pm 9,547$) no ecótipo OFI 12-Cacela-a-Velha, GB 15,71 g/kgMS ($\pm 1,239$) e NDF 198,99 g/kgMS ($\pm 13,351$) no ecótipo OFI 4-Portalegre e NFC 665,58 g/kgMS ($\pm 13,052$) e EM 11,38 MJ/kgMS ($\pm 0,163$) no ecótipo OFI 14-Idanha-a-Velha; espécie *O. elata* PB 94,76 g/kgMS ($\pm 3,598$) e NFC 554,19 g/kgMS ($\pm 47,389$) no ecótipo 21-*O. elata*-Mirandela e GB 13,77 g/kgMS ($\pm 2,191$), NDF 261,39 g/kgMS ($\pm 14,436$) e EM 10,91 MJ/kgMS ($\pm 0,159$) no ecótipo 22-*O. elata*-Murça. Para a simulação dos regimes alimentares destinados a ovelhas em lactação e borregos de engorda teve-se em consideração a relação entre o valor nutricional dos cladódios e a quantidade nula ou muito reduzida de espinhos. Utilizaram-se os ecótipos OFI 12-Cacela-a-Velha e 21-*O. elata*-Mirandela como alimento forrageiro predominante. Devido ao baixo conteúdo em MS, PB e em NDF, conclui-se que os cladódios daqueles ecótipos de *Opuntia* podem ser utilizados na alimentação de ovelhas e borregos desde que associados a uma forragem seca e a um alimento composto com elevado teor em PB.

Palavras chave

Figueira-da-índia; forragem; nutrição; composição química.

Abstract

In the XVIth century cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) was introduced in the Iberian Peninsula and today we can find the *Opuntia* genus plants in whole Portugal. Cladodes can be fed to small ruminants especially in periods of the year when there is low quality and quantity of pasture. On May 2012 an experimental field was installed in Escola Superior Agrária de Castelo Branco, with cladodes collected from different parts of the country (sixteen *O. ficus-indica* ecotypes, two *O. ficus-indica* improved varieties and two *O. elata* ecotypes). The aim of this study was characterize the nutritional value of *Opuntia* spp. one year cladodes of different national ecotypes and two improved varieties and simulate their use as forage for ruminant. It was found that cladodes ecotypes OFI 4-Portalegre, OFI 5-Arronches, OFI 12-Cacela-a-Velha, OFI 13-Monforte da Beira, OFI 14-Idanha-a-Velha, OFI 20-Madeira and the variety OFI 7-Gialla *O. ficus-indica* and cladodes ecotypes 21-*O. elata*-Mirandela and 22-*O. elata*-Murça are spineless cactus. Laboratory results of cactus pear chemical proximate analysis are: *O. ficus-indica* species - CP 82,52 g/kgDM ($\pm 9,547$) ecotype OFI 12-Cacela-a-Velha, EE 15,71 g/kgDM ($\pm 1,239$) and NDF 198,99 g/kgDM ($\pm 13,351$) ecotype OFI 4-Portalegre and NFC 665,58 g/kgDM ($\pm 13,052$) and ME 11,38 MJ/kgDM ($\pm 0,163$) ecotype OFI 14-Idanha-a-Velha; *O. elata* species - CP 94,76 g/kgDM ($\pm 3,598$) and NFC 554,19 g/kgDM ($\pm 47,389$) ecotype 21-*O. elata* and EE 13,77 g/kgDM ($\pm 2,191$), NDF 261,39 g/kgDM ($\pm 14,436$) and ME 10,91 MJ/kgDM ($\pm 0,159$) ecotype 22-*O. elata*. To simulate diets for lactating ewes and fattening lambs we consider the relationship between the nutritional value and the cladodes amount of spines. The ecotypes OFI 12-Cacela-a-Velha and 21-*O. elata*-Mirandela were used as the predominant forage feed. Due to the low DM, CP and NDF content we concluded that *Opuntia* spp. cladodes could be fed to sheep and lambs since associated with dry forage and high CP concentrate.

Keywords

Cactus pear; forage; nutrition; chemical composition.

Índice Geral

I.	Introdução	1
II.	Revisão Bibliográfica	2
1.	Produção de <i>Opuntia</i> no Mundo como alimento forrageiro	2
1.1	Composição química do cladódio de diferentes espécies/variedades de <i>Opuntia</i>	2
1.1.1	Teor em água e matéria seca	3
1.1.2	Matéria orgânica e cinzas.....	4
1.1.3	Proteína bruta	4
1.1.4	Gordura bruta.....	5
1.1.5	Constituintes da parede celular vegetal	5
1.2	Produção de biomassa.....	6
2.	Utilização do cladódio na alimentação de ruminantes.....	7
2.1	Engorda de pequenos ruminantes	9
2.2	Produção de leite	12
2.3	Limitações à utilização do cladódio na alimentação de ruminantes	13
III.	Material e Métodos	15
1.	Campo experimental.....	15
2.	Preparação das amostras	16
3.	Análises químicas.....	17
3.1	Determinação da humidade e da matéria seca total.....	17
3.2	Determinação das cinzas e matéria orgânica.....	18
3.3	Determinação dos teores em azoto e proteína bruta	19
3.4	Determinação do teor em gordura bruta	20
3.5	Determinação da fibra em detergente neutro	21
3.6	Determinação da fibra em detergente ácido	22
3.7	Determinação da lenhina em detergente ácido	23
3.8	Carboidratos não fibrosos	23
3.9	Nutrientes digestíveis totais.....	23
3.10	Energia metabolizável	24
IV.	Apresentação e Discussão de Resultados	25
1.	Avaliação nutricional.....	25
1.1	Matéria seca	25
1.2	Cinzas	26
1.3	Proteína bruta	26
1.4	Gordura bruta.....	28
1.5	Energia metabolizável	28
1.6	Nutrientes digestíveis totais.....	28

1.7	Fibra em detergente neutro.....	28
1.8	Hemicelulose	29
1.9	Fibra em detergente ácido.....	31
1.10	Celulose.....	31
1.11	Lenhina em detergente ácido.....	32
1.12	Carboidratos não fibrosos	32
2.	Formulação de regimes alimentares	32
2.1	Formulação de regime alimentar para ovelhas em lactação.....	33
2.2	Formulação de regime alimentar para borregos de engorda	35
V.	Considerações finais	38
VI.	Referências Bibliográficas	39

Índice de Figuras

Figura 1 - <i>Opuntia</i> picada manualmente antes de ser distribuída à manjedoura	8
Figura 2 - Equipamento mecânico para fracionar os cladódios antes da distribuição à manjedoura	8
Figura 3 - Campo experimental de figueira-da-índia na ESACB (setembro de 2013). Aspeto das plantas no final do período seco	9
Figura 4 - Distribuição geográfica das populações de <i>O. ficus-indica</i> e <i>O. elata</i> estudadas.....	15
Figura 5 - Cladódios após colheita e transporte para o LNAA	16
Figura 6 - Corte de cladódio com faca.....	17
Figura 7 - Estufa utilizada para determinação da humidade das amostras de alimentos (estufa Memmert UL 60).....	17
Figura 9 - Sistema de digestão (Tecator Digestion System 6 - 1007 Digester) (A) e sistema Kjelttec para determinação do azoto das amostras de alimentos (Tecator 2300 Kjelttec Analyzer Unit) (B)	19
Figura 10 - Sistema Soxtec para determinação da gordura das amostras de alimentos (Tecator Soxtec System HT, 1043 Extraction Unit, 1046 Service Unit)	20
Figura 11 - Aparelho de Labconco	21
Figura 12 - Filtração de cadinho com água destilada quente e com acetona com o auxílio de uma bomba de vácuo.....	21

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Composição química de variedades e espécies de <i>Opuntia</i> spp. em cladódios de diferentes tamanhos.....	3
Tabela 2 - Performance de borregos Santa Inês alimentados com <i>O. ficus-indica</i> em substituição de milho.....	10
Tabela 3 - Efeito dos níveis de suplementação com cladódios (<i>O. ficus-indica</i>) na alimentação sobre o peso vivo de borregos (n=8 animais por tratamento)	11
Tabela 4 - Efeito da inclusão de cevada e fornecimento de cladódios de <i>O. ficus-indica</i> f. <i>inermis</i> na ingestão de alimento e no ganho de peso diário (GPD).....	11
Tabela 5 - Composição do regime alimentar de acordo com o nível de substituição de milho por cladódios (<i>O. ficus-indica</i>)	12
Tabela 6 - Produção de leite, teor butiroso, ingestão de alimento e ingestão de água consoante o nível de cladódios (<i>O. ficus-indica</i>) no regime alimentar.....	13
Tabela 7 - Origem das populações de <i>O. ficus-indica</i> e de <i>O. elata</i> estudadas.....	16
Tabela 8 - Composição média da matéria seca (%) e das cinzas (g/kgMS) de dezasseis ecótipos de <i>O. ficus-indica</i> , de duas variedades melhoradas de <i>O. ficus-indica</i> e de dois ecótipos de <i>O. elata</i>	25
Tabela 9 - Composição média da proteína bruta (g/kgMS), da gordura bruta (g/kgMS), da energia metabolizável (MJ/kgMS) e dos nutrientes digestíveis totais (%) de dezasseis ecótipos de <i>O. ficus-indica</i> , de duas variedades melhoradas de <i>O. ficus-indica</i> e de dois ecótipos de <i>O. elata</i>	27
Tabela 10 - Composição média em NDF, ADF, ADL e NFC de dezasseis ecótipos de <i>O. ficus-indica</i> , de duas variedades melhoradas de <i>O. ficus-indica</i> e de dois ecótipos de <i>O. elata</i>	30
Tabela 11 - Composição química dos alimentos utilizados na formulação de regime alimentar para ovelhas em lactação e para borregos de engorda	34
Tabela 12 - Regime alimentar proposto para ovelhas em lactação da raça Assaf utilizando cladódios de <i>O. elata</i> (21- <i>O. elata</i> -Mirandela) e respetivo valor nutricional.....	34
Tabela 13 - Regime alimentar proposto para ovelhas em lactação da raça Assaf utilizando cladódios de <i>O. ficus-indica</i> (OFI 12-Cacela-a-Velha) e respetivo valor nutricional.....	35
Tabela 14 - Regime alimentar proposto para borregos em engorda (20 kg de peso vivo) utilizando cladódios de <i>O. elata</i> (21- <i>O. elata</i> -Mirandela) e respetivo valor nutricional.....	36
Tabela 15 - Regime alimentar proposto para borregos em engorda (20 kg de peso vivo) utilizando cladódios de <i>O. ficus-indica</i> (OFI 12-Cacela-a-Velha) e respetivo valor nutricional.....	37

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

- ADF** – fibra em detergente ácido
- ADL** – lenhina em detergente ácido
- AGV** – ácidos gordos voláteis
- C** – cinzas
- CAM** – metabolismo ácido das crassuláceas
- CIMS** – capacidade de ingestão de matéria seca
- EM** – energia metabolizável
- ESACB** – Escola Superior Agrária de Castelo Branco
- EUA** – Estados Unidos da América
- GB** – gordura bruta
- GPD** – ganho peso diário
- H1** – primeira humidade
- H2** – segunda humidade
- HT** – humidade total
- LNA** – Laboratório de Nutrição e Alimentação Animal
- MO** – matéria orgânica
- MS** – matéria seca
- MV** – matéria verde
- NDF** – fibra em detergente neutro
- NFC** – carboidratos não fibrosos
- OFI** – *Opuntia ficus-indica*
- PB** – proteína bruta
- PV** – peso vivo
- TB** – teor butiroso
- TDN** – nutrientes digestíveis totais

I. Introdução

Desde que foi introduzida na Península Ibérica no século XVI a figueira-da-índia (*Opuntia ficus-indica* (L)-Miller), proveniente da América central, passou a ocupar um lugar de destaque na sociedade tanto a nível botânico como a nível económico e agrícola (Blasco, 2014).

Em condições áridas e semiáridas dos trópicos e subtropicais, a reduzida qualidade das forragens, a insuficiente oferta de alimentos e a falta de água estão entre os principais fatores que afetam diretamente a produção animal (Tegegne *et al.*, 2007). As regiões semiáridas são aquelas que fazem fronteira com as regiões desérticas e que apresentam precipitação sazonal e irregular que pode variar de 250 a 500 milímetros por ano. A vegetação é geralmente constituída por espécies arbustivas, catos em abundância e gramíneas. Normalmente, o principal recurso económico dessas regiões são os animais, predominantemente caprinos, devido aos seus hábitos de consumo e à sua capacidade de adaptação a regiões com baixa precipitação e baixa disponibilidade de alimento (Andrade-Montemayor *et al.*, 2011).

Nos últimos anos tem havido um aumento de interesse por diferentes espécies do género *Opuntia* pelo importante papel que desempenham em zonas áridas e semiáridas. A *O. ficus-indica* está bem adaptada a estas zonas, caracteriza-se por subsistir em condições de seca, chuvas irregulares e solos pobres sujeitos à erosão, tendo desenvolvido adaptações fenológicas, fisiológicas e estruturais para sustentar o seu desenvolvimento nesses ambientes adversos. Fornece energia altamente digestível, água e sais minerais e, quando combinada com uma fonte de proteína, constitui um alimento completo (FAO, 2001).

Segundo Abidi *et al.* (2009), a utilização de alimentos alternativos como os catos, é incentivado para promover a produção animal. Os catos são plantas que, no que se refere à fixação do carbono, apresentam o metabolismo ácido das crassuláceas (CAM). Consequentemente, apresentam uma elevada eficiência de utilização de água, o que lhes permite resistir a condições de seca, sendo considerada pelos produtores como uma cultura de rendimento (proporciona forragem, produção de frutos, venda de cladódios, etc.). A maior contribuição desta espécie vegetal é a sua capacidade de crescer em condições semiáridas e áridas, expandindo as áreas de cultivo e de armazenamento de água, facilitando assim, a alimentação dos animais.

Este trabalho tem dois objetivos. O primeiro é caracterizar do ponto de vista nutricional cladódios de diferentes ecótipos nacionais de *O. ficus-indica*, duas variedades melhoradas de *O. ficus-indica* e cladódios de dois ecótipos nacionais de *O. elata*. O segundo objetivo é formular regimes alimentares para ovelhas em lactação e borregos de engorda utilizando como alimento forrageiro predominante a *O. ficus-indica* e a *O. elata*.

II. Revisão Bibliográfica

1. Produção de *Opuntia* no Mundo como alimento forrageiro

Os catos encontram-se distribuídos em diferentes países e em todos os continentes contribuindo para a economia das populações que vivem em regiões áridas e semiáridas. No norte de África, os cladódios são usados como alimento para animais e o fruto é consumido pelos humanos. Em países da Ásia Oriental, os catos são mesmo cultivados com a finalidade de alimentar os animais. Noutros países como por exemplo Brasil, Marrocos, México, África do Sul e Tunísia os catos são fornecidos aos animais como suplemento forrageiro durante os períodos de seca (Andrade-Montemayor *et al.*, 2011).

Algumas regiões do norte do México e do sul dos Estados Unidos encontram-se em zonas áridas e semiáridas. Longos períodos de seca, temperaturas elevadas no verão e baixas durante o inverno, são fatores que levam à baixa produção e disponibilidade de forragem. Devido à sua adaptação a este tipo de condições, a *Opuntia* é uma planta através da qual é possível obter alimentos. Embora tenha geralmente baixo valor nutricional, tem boa palatabilidade e elevado teor de humidade, sendo por isso utilizada como alimento de manutenção de emergência e como parte dos regimes alimentares naquelas zonas da América. (Borrego, 1986 e Suñigá, 1980, citados por Rodriguez, 1997).

1.1 Composição química do cladódio de diferentes espécies/variedades de *Opuntia*

A composição química da *Opuntia* depende do tipo de planta (espécie e variedade), da idade dos cladódios, da estação do ano e das condições edafo-climáticas (tipo de solo, clima e condições de crescimento). Durante os dois primeiros anos de desenvolvimento do cladódio a variação no conteúdo de nutrientes é semelhante. De um modo geral, durante os meses de verão a quantidade de matéria seca aumenta enquanto o conteúdo em proteína diminui (Nefzaoui e Ben Salem, 2001).

A *Opuntia* é caracterizada pelo seu elevado conteúdo de água e de cinzas e baixo teor em fibra e proteína (Tegegne *et al.*, 2007).

A análise química dos cladódios tem como principal objetivo a determinação do conteúdo em matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), cinzas (C), proteína bruta (PB), gordura bruta (GB), fibra em detergente neutro (NDF), fibra em detergente ácido (ADF), lenhina em detergente ácido (ADL), carboidratos não fibrosos (NFC) e minerais (Mciteka, 2008).

Na Tabela 1 está representada a comparação da composição química entre variedades e espécies de *Opuntia* spp. com potencial para serem usadas na alimentação de ruminantes e a sua variação consoante o tamanho (ou estado de maturidade) (Mciteka, 2008 e Andrade-Montemayor *et al.*, 2011).

Tabela 1 - Composição química de variedades e espécies de *Opuntia* spp. em cladódios de diferentes tamanhos (Mciteka, 2008; Andrade-Montemayor *et al.*, 2011).

Autor	Variedade/espécie	MS (%)	MO (%MS)	PB (%MS)	NDF (%MS)	ADF (%MS)	PB-ADF (%MS)	Cinzas (%MS)
Andrade-Montemayor <i>et al.</i> (2011)	<i>O. megacantha</i>	12,2	83,5	4,49	47,8	18,4	1,83	16,5
Andrade-Montemayor <i>et al.</i> (2011)	<i>O. hyptiacantha</i>	13,8	80,3	5,97	51,1	23,0	1,63	19,7
Andrade-Montemayor <i>et al.</i> (2011)	<i>O. robusta</i>	12,6	82,2	7,23	54,3	20,3	1,58	17,8
Andrade-Montemayor <i>et al.</i> (2011)	<i>O. streptacantha</i>	10,9	83,3	4,85	48,3	18,8	0,06	16,7
Andrade-Montemayor <i>et al.</i> (2011)	<i>O. ficus-indica</i>	7,8	74,9	6,89	46,0	28,7	3,0	25,1
Cordova-Torres <i>et al.</i> (2009)*	<i>O. ficus-indica</i> var. Copena (pequeno)	16,5	86,6	4,6	35,9	20,2	1,36	13,4
Cordova-Torres <i>et al.</i> (2009)*	<i>O. ficus-indica</i> var. Copena (médio)	15,5	83,5	5,2	39,6	21,3	1,76	16,5
Villegas-Díaz <i>et al.</i> (2008)*	<i>O. ficus-indica</i> (pequeno)	8,3	76,3	7,7	36,8	11,8	0,23	23,7
Villegas-Díaz <i>et al.</i> (2008)*	<i>O. ficus-indica</i> (médio)	8,7	75,2	5,8	44,9	17,8	0,43	24,8
Villegas-Díaz <i>et al.</i> (2008)*	<i>O. ficus-indica</i> (grande)	10,3	74,4	5,9	43,5	16,0	0,30	25,5
Mciteka (2008)	<i>O. ficus-indica</i> var. Castello	8,61	77,35	6,12	19,87	17,36	-	22,65
Mciteka (2008)	<i>O. ficus-indica</i> var. Chicco	10,6	77,03	4,61	35,98	15,48	-	22,97
Mciteka (2008)	<i>O. ficus-indica</i> var. Fusicaulis	8,97	77,66	5,48	24,93	13,66	-	22,34
Mciteka (2008)	<i>O. ficus-indica</i> var. Monterey	8,57	79,79	5,29	38,52	17,04	-	20,21
Mciteka (2008)	<i>O. ficus-indica</i> var. Morado	8,92	75,93	8,08	22,71	13,81	-	24,07
Mciteka (2008)	<i>O. ficus-indica</i> var. Rubasta	9,09	77,06	3,66	22,89	16,04	-	22,94

* - citados por Andrade-Montemayor *et al.*, 2011.

O conteúdo em NDF, ADF, PB-ADF e cinzas foi superior nos cladódios médios e grandes de *O. ficus-indica*. Porém, os cladódios pequenos são os que apresentam maior teor em PB. Por outro lado, os cladódios da variedade Copena têm valores superiores de MS e MO, o que significa que o seu conteúdo em água é inferior e que têm teores mais baixos em cinzas (Tabela 1).

Relativamente à composição química, existem variações entre espécies. A MS varia entre 7,8% e 13,8%, as cinzas entre 16,5% e 25,1%, o NDF de 46% a 54,3% e a PB de 4,49% a 7,23%. É de salientar que a *O. ficus-indica* quando comparada com as outras espécies apresenta teores superiores de ADF (28,7%) e cinzas (25,1%) e inferiores de MS (7,8%) (Tabela 1) (Andrade-Montemayor *et al.*, 2011).

1.1.1 Teor em água e matéria seca

A MS dos alimentos divide-se em matéria orgânica (carboidratos, lípidos, proteínas, vitaminas, ácidos nucleicos e ácidos orgânicos) e matéria inorgânica (minerais), sendo tudo o resto água (McDonald *et al.*, 2011).

Devido à elevada quantidade de água, a *Opuntia* tem vindo a ser cada vez mais utilizada na alimentação animal como fonte de água e de alimento em várias regiões durante os períodos de seca. O

alto teor de água tem valor quando e onde a água é um fator limitante para a produção animal (Tegegne *et al.*, 2007).

A composição química da *Opuntia* spp. tem vindo a ser estudada por diversos autores. O conteúdo de MS pode variar entre e dentro das diferentes espécies de *Opuntia*. Segundo Esminger *et al.* (1990), citados por Rodriguez (1997) o conteúdo de MS varia entre 10,4% (*O. robusta*) e 11,6% (*O. lindheimeri*), sendo que a *O. ficus-indica* apresenta 11,3% de MS.

Os cladódios de *O. ficus-indica*, no Brasil, contêm 9,2% de MS (Vilela *et al.*, 2010) enquanto Costa *et al.* (2012) verificaram que o conteúdo de MS em cladódios da mesma espécie, estes com dois anos foi 10,8%. Por outro lado, na Tunísia, em cladódios de *O. ficus-indica* f. *inermis*, a MS variou entre 9,7% (Rekik *et al.*, 2010) e 12,7% (Abidi *et al.*, 2009). Num estudo desenvolvido entre Fevereiro e Maio de 2004, na Etiópia, cladódios de *O. ficus-indica*, após serem analisados quimicamente, apresentaram um teor em MS de 12,23% (Tegegne *et al.*, 2007).

Segundo Villegas-Díaz *et al.* (2008), citados por Andrade-Montemayor *et al.* (2011), o teor em MS variou entre cladódios pequenos, médios e grandes de *O. ficus-indica* tendo sido, respetivamente, de 8,3%, 9,7% e 10,3%; verificou-se neste caso que quanto maior foi o tamanho do cladódio, maior foi o seu conteúdo em MS. Contudo, em cladódios pequenos e médios de *O. ficus-indica* da variedade Copena, os cladódios pequenos apresentaram um teor em MS (16,5%) superior aos cladódios médios (15,5%) (Cordova-Torres *et al.*, 2009, citados por Andrade-Montemayor *et al.*, 2011).

Análises químicas feitas a farinhas de cladódios de *O. ficus-indica* da variedade Redonda, com 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 115, 125 e 135 dias de idade, submetidos ao mesmo processo de secagem, demonstraram valores máximos e mínimos de 8,81% e 4,08% de água, respetivamente em cladódios com 50 e 100 dias (Hernández-Urbiola *et al.*, 2010).

1.1.2 Matéria orgânica e cinzas

O teor em MO varia entre 67% em cladódios de *O. ficus-indica* f. *inermis* e 90,4% em cladódios de *O. ficus-indica* (Rekik *et al.*, 2010; Vilela *et al.*, 2010).

Segundo Rodriguez (1997) o conteúdo de MO variou de 74,5% (*O. lindheimeri*) a 86,9% (*O. ficus-indica*).

Cordova-Torres *et al.* (2009), citados por Andrade-Montemayor *et al.* (2011) referem valores de 13,4% a 16,5% de cinzas para a mesma variedade (Copena) de *O. ficus-indica*. Por outro lado, a *O. ficus-indica* pode conter entre 9,6% e 11,8% de cinzas (Vilela *et al.*, 2010; Costa *et al.*, 2012).

O conteúdo em cinzas variou entre 20,21% na variedade Monterey e 24,07% na variedade Morado (Mciteka, 2008).

Hernández-Urbiola *et al.* (2010) constataram que o teor de cinzas aumentou de 17,65% para 24,30% em cladódios da variedade Redonda de *O. ficus-indica*, com 40 e 135 dias de idade, respetivamente.

1.1.3 Proteína bruta

A PB é outro parâmetro avaliado em análises químicas a alimentos para animais, sendo baixo o seu teor em cladódios de *Opuntia* (Tegegne *et al.*, 2007).

O conteúdo em PB variou entre 3,66% na variedade Rubasta e 8,08% na variedade Morado; 5,5% foi o valor médio de seis variedades diferentes de *O. ficus-indica* analisadas (Mciteka, 2008).

Segundo Ensminger *et al.* (1990), citados por Rodriguez (1997) e Abidi *et al.* (2009) o teor de proteína bruta é 3,8%, tanto para *O. ficus-indica* como para *O. ficus-indica* f. *inermis*. Outros autores como Rekik *et al.* (2010) e Vilela *et al.* (2010) dizem que cladódios de *O. ficus-indica* f. *inermis* e de *O. ficus-indica* têm 4,4% de proteína.

Em cladódios pequenos de *O. ficus-indica* o conteúdo de proteína bruta é 7,7% (Andrade-Montemayor *et al.*, 2011).

Segundo Teles *et al.* (1997), cladódios jovens de *O. ficus-indica* contêm cerca de 11% de proteína bruta.

Segundo (Hernández-Urbiola *et al.*, 2010), condições físicas como a disponibilidade de água, a temperatura e os períodos de luz influenciam o processo de síntese das proteínas.

1.1.4 Gordura bruta

Tal como a proteína bruta, o conteúdo de gordura bruta em *Opuntia* spp. é também reduzido (Tegegne *et al.*, 2007).

Hernández-Urbiola *et al.* (2010) verificaram que os teores de GB em cladódios de *O. ficus-indica* da variedade Redonda, com 60 e 100 dias, foram de 2,38% e 1,42%, respetivamente.

Segundo Mciteka (2008) os valores de GB variam de forma significativa entre 1,94% (*O. ficus-indica* var. *Fusicaulis*) e 2,41% (*O. ficus-indica* var. *Castello*).

Cladódios de *O. ficus-indica* apresentaram teores de GB de 1,6% e 2,3% (Vilela *et al.*, 2010; Costa *et al.*, 2012). Por outro lado, o conteúdo de GB em cladódios de *O. ficus-indica* é inferior (1,2-1,4%), verificando-se o mesmo na *O. lindheimeri* (1,0%) (Ensminger *et al.*, 1990, citados por Rodriguez, 1997; Tegegne *et al.*, 2007).

1.1.5 Constituintes da parede celular vegetal

Os constituintes da parede celular vegetal são maioritariamente celulose, hemiceluloses, pectinas e lenhina. Contudo, a sua proporção é variável, dependendo da espécie e da fase de crescimento da planta (McDonald *et al.*, 2011).

1.1.5.1 Fibra em detergente neutro (NDF)

A fibra em detergente neutro é composta principalmente por celulose, hemiceluloses e lenhina e pode ser considerada como uma medida do material da parede celular vegetal. O método analítico para a determinação de NDF foi originalmente concebido para forragens (Van Soest *et al.*, 1991).

O teor de NDF em cladódios de *OFI* varia entre 19,87% (var. *Castello*) e 38,52% (var. *Monterey*) (Mciteka, 2008).

Para cladódios de *O. ficus-indica* f. *inermis* os valores de NDF variam de 25,1% a 30,6% (Abidi *et al.*, 2009; Rekik *et al.*, 2010).

Tegegne *et al.* (2007) e Vilela *et al.* (2010) observaram que o teor em NDF oscilou entre 23,88% e 31,4% (*O. ficus-indica*).

Cladódios de *O. ficus-indica* e *O. robusta* apresentaram valores de NDF de 46,0% e 54,3%, respetivamente (Cordova-Torres *et al.*, 2009, citados por Andrade-Montemayor *et al.*, 2011).

1.1.5.2 Fibra em detergente ácido (ADF)

A fibra em detergente ácido representa as frações de celulose e lenhina da parede celular dos vegetais (Van Soest *et al.*, 1991).

Para diferentes variedades de *O. ficus-indica*, o teor em ADF variou de 13,66% (var. Fusicaulis) a 17,36% (var. Castello) (Mciteka, 2008).

Cladódios pequenos e médios de *O. ficus-indica* têm respetivamente 11,8% e 17,8% de ADF no seu conteúdo (Villegas-Díaz *et al.*, 2008, citados por Andrade-Montemayor *et al.*, 2011).

Os valores em ADF para cladódios de grandes dimensões de *O. ficus-indica* variam entre 17,60% e 23,88% (Magalhães, 2002 e Batista *et al.*, 2003, citados por Silva e Santos, 2007).

Vilela *et al.* (2010) e Costa *et al.* (2012) referem valores de 15,5% e 21,7% de ADF para cladódios de *O. ficus-indica*.

Segundo Cordova-Torres *et al.* (2009), citados por Andrade-Montemayor *et al.* (2011) diferentes variedades de *Opuntia*, como *O. megacantha*, *O. hyptiacantha*, *O. robusta*, *O. streptacantha* e *O. ficus-indica*, apresentam valores de ADF de 18,4%, 23,0%, 20,3%, 18,8% e 28,7%, respetivamente.

1.1.5.3 Lenhina em detergente ácido (ADL)

A lenhina em detergente ácido representa a quantidade de lenhina. A digestibilidade das paredes celulares é muito variável e depende do grau de lenhificação, que é expressa como ADL (McDonald *et al.*, 2011).

Segundo Tegegne *et al.* (2007) e Vilela *et al.* (2010) o conteúdo de ADL existente em cladódios de *O. ficus-indica* é respetivamente 3,06% e 3,20%.

Mciteka (2008) refere que, das seis variedades que analisou, as variedades Chicco e Monterey, foram as que apresentaram maior teor em lenhina (20,52% e 21,48%, respetivamente) o que significa que estas variedades são potencialmente as que têm menor digestibilidade.

1.2 Produção de biomassa

As plantas do género *Opuntia* são plantas CAM conseguindo converter a água em biomassa de uma forma quatro vezes mais eficiente do que qualquer planta C3 ou C4 (Tegegne, 2001, citado por Mashope, 2007).

No Brasil, as produções de matéria verde (MV) variam entre 106,9 e 205,0 t/ha/ano (cerca de 16 a 31 t de MS/ha/ano), variando o rendimento de acordo com a área geográfica, o tipo de solo, os fertilizantes utilizados, a densidade de cultivo e a associação com outras culturas. No Chile, o rendimento na produção de cladódios de *Opuntia* variou de 13 t de MS/ha/ano a 40 t de MS/ha/ano em condições simuladas de alta densidade de cultura, ótimas condições de rega e boa fertilização; houve também produções médias de 8 t/ha em terras não irrigadas da zona central do Chile. Em janeiro de 1988 (verão) foram plantados cladódios maduros com uma densidade de 24 plantas/m²

(0,25 m × 0,17 m). A produtividade de matéria seca anual prevista foi de 40 t/ha. Outros trabalhos indicam que a produtividade de matéria seca de *Opuntia* pode chegar a 50 t/ha/ano (Azócar, 2001).

Em Portugal, num solo de baixa aptidão agrícola, foram plantados cladódios de dezasseis populações portuguesas de *O. ficus-indica* (um só cladódio por cova), provenientes de diferentes locais, e duas variedades italianas (Gialla e Bianca). As referidas populações foram avaliadas, em condições de sequeiro e nos dois primeiros anos de crescimento, quanto à produção de biomassa (utilizando métodos não destrutivos). No segundo ano do ensaio, as produções estimadas de matéria verde por planta, das seis populações mais produtivas (cinco ecótipos nacionais e var. Gialla) variaram entre 10,059 e 14,702 kgMV/planta (Reis *et al.*, 2014).

2. Utilização do cladódio na alimentação de ruminantes

A utilização de *Opuntia* na alimentação animal é uma prática antiga em vários países como por exemplo Brasil, Chile, México, Itália (Sicília), África do Sul, Tunísia e sul dos EUA (Santana, 1992, citado por Azócar, 2001).

A maior vantagem desta espécie vegetal é a sua capacidade de crescer em condições de baixa pluviosidade, ampliando áreas de produção de forragem e de armazenamento de água facilitando, assim, a alimentação animal em regiões com condições climáticas difíceis (Abidi *et al.*, 2009).

Segundo Ben Salem e Smith (2008) na maior parte das regiões de África e da Ásia, em que a precipitação é baixa, os pequenos ruminantes representam o principal produto económico, contribuindo para a maior parte do rendimento dos agricultores. Devido ao aumento da procura de produtos de origem animal, o número de animais tem aumentado ao longo das últimas duas décadas. As alterações nos padrões climáticos estão a levar ao aumento da desertificação, resultando numa diminuição das áreas de pastoreio, que são muitas vezes insuficientes face à atual procura. Consequentemente, os caprinos e os ovinos enfrentam uma escassez de nutrientes cada vez maior quando explorados em zonas áridas e semiáridas. Estes animais dependem muitas vezes de subprodutos e resíduos de baixa qualidade (palhas e restolhos) e de suplementos alimentares mais caros.

Nas regiões mais secas, os ovinos e os caprinos são as espécies eleitas para a produção devido à procura local de leite, carne, fibras, estrume e acesso aos mercados. Manter pequenos ruminantes, em vez de bovinos, tem a vantagem de se conseguir ter um número superior de animais por unidade de terra. As cabras e as ovelhas dependem de forragem como principal fonte de alimentação. Durante os períodos de seca, a forragem torna-se mais fibrosa e menos proteica (Ben Salem e Smith, 2008).

Em pastoreio, as ovelhas consomem menos *Opuntia* do que as cabras, devido ao facto de serem menos seletivas. No entanto, quando a *Opuntia* é fornecida depois de ser cortada e flamejada (para destruir os espinhos), o seu consumo pode atingir 3-5 kg/dia (García *et al.*, 2001). Segundo Neves *et al.* (2010), no Brasil, a *Opuntia* é distribuída à manjedoura depois de picada sem mistura de qualquer outro alimento (Figura 1). O concentrado, quando utilizado, é distribuído aos animais no momento da ordenha.



Figura 1 - *Opuntia* picada manualmente antes de ser distribuída à manjedoura (Neves *et al.*, 2010).

No entanto, de acordo com os mesmos autores, a melhor maneira de fornecer a *Opuntia* aos ruminantes é em mistura com outras forragens (silagem, feno, palha) e concentrado. Assim distribuída, a *Opuntia* proporciona o adequado consumo de nutrientes sem comprometer o bom funcionamento do ecossistema ruminal nem a produção e composição do leite.



Figura 2 - Equipamento mecânico para fracionar os cladódios antes da distribuição à manjedoura (ICARDA, sd).

O fracionamento da *Opuntia* pode ser feito manualmente ou utilizando um equipamento mecânico acionado por um motor elétrico, de explosão (Figura 2) ou pela tomada de força de um trator. Felker (2001), num trabalho de revisão sobre a produção e utilização da *Opuntia* como forragem, refere que em diferentes países a *Opuntia* é utilizada em pastoreio direto por ovinos, caprinos e bovinos. O pastoreio ocorre em locais semelhantes ao do campo experimental que está instalado na ESACB (Figura 3). Para pastoreio direto são utilizadas variedades de *Opuntia* sem espinhos uma vez que os picos das variedades com espinhos se podem alojar no aparelho gastrointestinal podendo provocar feridas que, posteriormente desenvolvem infecções bacterianas afetando a sobrevivência dos animais.



Figura 3 - Campo experimental de figueira-da-índia na ESACB (setembro de 2013). Aspecto das plantas no final do período seco.

Embora a *Opuntia* seja considerada pobre em termos de nutrientes e fibra, é muitas vezes a única fonte de forragem verde durante os períodos de seca, fornecendo precursores de vitamina A o que é vantajoso para a nutrição animal (Mciteka, 2008). Além disso, também tem vindo a ser utilizada como fonte de energia e de água na alimentação animal durante os períodos de seca, sendo normalmente combinada com outros tipos de alimento devido ao seu baixo conteúdo em proteína e energia (Andrade-Montemayor *et al.*, 2011).

Estima-se que os bovinos consigam consumir entre 15 a 40 kg de cladódios frescos/animal/dia. Sob condições de maior seca podem consumir até 90 kg frescos/animal/dia. As ovelhas e cabras consomem quantidades inferiores na ordem dos 3 a 9 kg de cladódios frescos/animal/dia. Durante as épocas das chuvas, o consumo diário de cladódios pode diminuir se outras fontes alimentares, como gramíneas jovens estiverem disponíveis (García *et al.*, 2001).

Vários estudos realizados com ovinos e caprinos mostraram que a suplementação de *Opuntia* aumentou a ingestão de alimento mas diminuiu o consumo voluntário de água. Um ovino adulto ao consumir 300 g de MS de cladódios (4-4,5 kg de cladódios verdes) pode satisfazer as suas necessidades de ingestão diária de água (Tegegne *et al.*, 2007; Costa *et al.*, 2009; Ben Salem e Smith, 2008, citados por Andrade-Montemayor *et al.*, 2011). Costa *et al.* (2009) ao substituírem farinha de milho por *O. ficus-indica* entre 0 e 28% verificaram que a ingestão de *Opuntia* não influenciou a produção de leite, não aumentou significativamente o consumo de MS, não reduziu significativamente o consumo voluntário de água, mas aumentou a ingestão total de água de 5,23 kg/dia para 9,26 kg/dia.

2.1 Engorda de pequenos ruminantes

Segundo Medeiros *et al.* (2007), citados por Costa *et al.* (2012), a adequada gestão de alimento é uma estratégia usada frequentemente em regiões semiáridas do Brasil para melhorar o desempenho dos pequenos ruminantes, principalmente em épocas de escassez de forragem e em sistemas de produção intensiva.

Animais em sistemas de produção extensiva geralmente ganham peso durante as épocas de chuva e perdem durante as épocas de seca. Nestas situações, há uma necessidade urgente de procurar recursos alternativos disponíveis para alimentar os animais para que estes sejam capazes de sobreviver a períodos críticos de défice alimentar e disponibilidade de água (Tegegne *et al.*, 2007).

Segundo Abidi *et al.* (2009) a maioria dos estudos realizados sobre o potencial uso de catos na alimentação animal tem sido feita com ovinos. Nos últimos anos, vários trabalhos têm demonstrado que a dieta animal pode influenciar fortemente a composição de ácidos gordos da carne e que os

cladódios podem diminuir o custo da alimentação substituindo, por exemplo, a cevada sem prejudicar a digestão, o crescimento e a qualidade da carne de pequenos ruminantes.

A engorda de ovinos é possível, desde que haja uma alimentação capaz de satisfazer as necessidades nutricionais diárias para o ganho de peso. Geralmente é necessária a utilização de grãos de cereais, como o milho, para aumentar a concentração energética do regime alimentar durante o período de acabamento. No entanto, no Brasil, o milho apresenta uma variação de preços considerável ao longo do ano devido à exportação e ao seu uso substancial na alimentação de outras espécies como humanos, aves e suínos. Além disso, em regiões semiáridas, a produção de milho é uma atividade de alto risco (Abidi *et al.*, 2009).

A *O. ficus-indica* como resultado do seu valor energético, alto coeficiente de digestibilidade da MS e boa capacidade de adaptação ao solo e às condições climáticas, tornou-se a base para a alimentação de ruminantes nas regiões semiáridas do Brasil, apresentando-se como uma cultura com potencial para substituir o milho na engorda de ovinos (Costa *et al.*, 2012).

Costa *et al.* (2012) fizeram um estudo, de 45 dias sobre o efeito da substituição de milho com *O. ficus-indica* na performance de borregos Santa Inês não castrados. Os animais foram alimentados *ad libitum* e a alimentação foi composta por cladódios de *Opuntia*, milho moído, bagaço de soja, sênea de trigo, feno de *Cynodon dactylon* (grama), sais minerais e suplemento de cálcio. Neste ensaio experimental o milho foi substituído por cladódios na alimentação em 0, 25, 50, 75 e 100%.

Tabela 2 - Performance de borregos Santa Inês alimentados com *O. ficus-indica* em substituição de milho (Costa *et al.*, 2012).

Variáveis	Níveis de substituição (%)				
	0	25	50	75	100
Peso vivo inicial (kg)	26,6	27,3	28,0	27,7	27,9
Peso vivo final (kg)	35,9	35,8	35,9	36,0	35,2
Ganho peso diário (GPD) (kg/dia)	0,255	0,236	0,218	0,231	0,210
Energia metabolizável (EM) (Mcal/kg de MS)	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1
Eficiência alimentar (%)	18,6	17,7	16,9	16,0	15,2

De acordo com a Tabela 2, podemos verificar que o aumento da quantidade de cladódios de 0 para 100% na alimentação dos borregos fez com que o GPD diminuísse de 255 para 210 g/dia. A redução de energia metabolizável na alimentação, de 2,3 para 2,1 Mcal de EM/kgMS, em regimes alimentares com 75% e 100% de *O. ficus-indica* foi responsável pela redução no ganho de peso diário.

A diferença de 45 g entre o GPD de ovinos alimentados com dietas contendo 0 e 100% de cladódios é considerada relativamente pequena. Para regiões semiáridas onde é difícil produzir cereais devido às condições edafo-climáticas, o uso de cladódios como forragem em substituição do milho na alimentação de ovinos estabulados é justificável. Com o aumento de cladódios na alimentação houve uma maior ingestão de matéria seca por kg de peso ganho, resultando numa menor eficiência alimentar. De um modo geral, o aumento dos níveis de cladódios na dieta destes animais favorece a digestibilidade, melhora a qualidade de forragem, reduz o consumo voluntário de água representando, assim, uma importante fonte de forragem e de água que pode ser utilizada na alimentação de ruminantes em regiões semiáridas.

A substituição total de milho por cladódios, embora tenha conduzido a uma redução no ganho de peso diário, aumentou a ingestão de MS e melhorou a capacidade de digestão de nutrientes. A *Opuntia*, ainda que diminua a ingestão voluntária de água, é recomendada como parte do regime alimentar durante a engorda de borregos em regiões semiáridas (Costa *et al.*, 2012).

Tegegne *et al.* (2007) fizeram um estudo em que foram usados cladódios de *O. ficus-indica* que cresciam naturalmente em terras marginais. De acordo com a prática dos agricultores, os espinhos

foram flamejados e os cladódios cortados em pedaços (3 cm x 3 cm). O feno foi produzido a partir de pastagem e posteriormente cortado. Os animais usados para este ensaio experimental foram quarenta borregos com um peso vivo (PV) inicial de $19,5 \pm 0,99$ kg, que foram comprados num mercado local em que os cladódios eram usados como alimento. A alimentação foi fornecida numa quantidade de 50 g/kg de PV e consistia em feno de pastagem (grupo de controlo, C0) ou era substituído por 20%, 40%, 60% e 80% de cladódios (C20, C40, C60 e C80, respetivamente) (Tabela 3). Cada grupo de animais foi composto por oito animais.

Tabela 3 - Efeito dos níveis de suplementação com cladódios (*O. ficus-indica*) na alimentação sobre o peso vivo de borregos (n=8 animais por tratamento) (Tegegne *et al.*, 2007).

Variáveis	Grupos (%)				
	C0	C20	C40	C60	C80
Peso inicial (kg)	20,0	20,0	19,8	19,5	19,0
Peso final (kg)	21,0	23,0	22,0	22,0	19,0
GPD (g)	11,0	33,0	25,0	28,0	00,0

Como se pode verificar na Tabela 3, a suplementação com cladódios na alimentação dos borregos resultou num aumento do GPD até 60%, tendo-se verificado um maior aumento entre o peso inicial e o peso final e um maior GPD no grupo C20 (Tegegne *et al.*, 2007).

Abidi *et al.* (2009) fizeram um estudo na Tunísia, para avaliar o efeito da suplementação alimentar com cevada ou com cladódios de *O. ficus-indica* f. *inermis* em doze cabritos e doze borregos com oito e nove meses de idade, respetivamente. Ambos os grupos foram sujeitos a dois tipos de regime alimentar (Tabela 4):

A – feno de aveia *ad libitum* + (60g de bagaço de soja + 7,5g de suplemento mineral e vitamínico + ureia) + cladódios;

B – feno aveia *ad libitum* + (232,5g de cevada + 60g de bagaço de soja + 7,5g de suplemento mineral e vitamínico).

Tabela 4 - Efeito do fornecimento de cladódios de *O. ficus-indica* f. *inermis* (A) e da inclusão de cevada (B) na ingestão de alimento e no ganho de peso diário (GPD) em borregos e cabritos (Abidi *et al.*, 2009).

		Borregos		Cabritos	
		A	B	A	B
MS ingerida (g/dia)	Feno	544	715	488	454
	Cladódios	295	-	346	-
	Concentrado	67	300	67	300
	Total	906	1015	901	754
MS ingerida (g/kg PV ^{0,75})	Feno	39,1	48,6	51,2	45,1
	Cladódios	21,1	-	36,3	-
	Concentrado	4,8	20,3	7	29,8
	Total	65,0	68,9	94,5	74,9
NDF ingerido (g/dia)	g/dia	402	532	377	372
	g/kg PV ^{0,75}	28,9	36,2	39,5	37,0
GPD (g)		38,8	45,9	23,8	45,9

Abidi *et al.* (2009) verificaram que a ingestão de feno não foi afetada pelo regime alimentar nem pela espécie animal e que houve uma interação significativa entre o regime alimentar e a espécie na ingestão de alimento. Ainda que a substituição de cevada pelos cladódios não tenha tido efeito no total de alimento ingerido, os cabritos ingeriram maior quantidade de cladódios que os borregos (Tabela 4).

Este estudo mostrou também que a utilização de cevada ou cladódios na alimentação de pequenos ruminantes não teve grandes efeitos sobre o consumo nem sobre a digestibilidade. Consequentemente, os borregos apresentaram um comportamento semelhante quando alimentados tanto com o regime A como com o B. No entanto, os cabritos alimentados com o regime B (com cevada) tiveram GPD mais elevados que os borregos alimentados com o regime A (cladódios). Os GPD foram menores nos animais alimentados com o regime A que com o B, embora os ovinos apresentem uma diferença menor que os caprinos (Tabela 4). Contudo, a relação custo benefício é favorecida pela suplementação com cladódios. A substituição de cevada por cladódios não produziu grandes diferenças na composição de ácidos gordos da carne de ovinos e caprinos.

Em termos de energia, os cladódios podem substituir a cevada na alimentação de pequenos ruminantes, sem provocar efeitos negativos substanciais sobre a digestão, o crescimento e a qualidade da carne. Como tal, em regiões mais secas podem ser usados como um suplemento alimentar de baixo custo para ovinos e caprinos, apesar da baixa qualidade nutricional quando comparada com cereais (Abidi *et al.*, 2009).

2.2 Produção de leite

O teor butiroso (TB) do leite pode diminuir se os animais forem exclusivamente alimentados com cladódios de *Opuntia* (Santos *et al.*, 1990, citados por Tegegne *et al.*, 2007).

Costa *et al.* (2009) realizaram um estudo sobre o efeito do aumento dos níveis de *O. ficus-indica* na alimentação de cabras leiteiras. Para isso, foram utilizadas dez cabras (45 ±6 kg de PV; 30 ±5 dias de lactação) de duas raças de leite (Saanen, n=5 e Alpina, n=5). O regime alimentar foi formulado para satisfazer as necessidades nutricionais de cabras em lactação produzindo diariamente 2 kg de leite com 4% de gordura. Consistia em 50% de feno e 50% de concentrado, em que o milho foi substituído por níveis crescentes de cladódios (0, 7, 14, 21 e 28% de MS). As cabras foram ordenhadas manualmente duas vezes ao dia (06h00 e 14h00) e a produção de leite foi registada. A água foi fornecida *ad libitum* e individualmente e era previamente registada para calcular o consumo de água, tendo em conta também a perda por evaporação durante a recolha de dados (Tabela 5).

Tabela 5 - Composição do regime alimentar de acordo com o nível de substituição de milho por cladódios (*O. ficus-indica*) (Costa *et al.*, 2009).

Componentes (%)	Níveis de substituição (%)				
	0	7	14	21	28
Feno de <i>Cynodon dactylon</i> (grama)	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Cladódios	0,0	6,9	13,8	20,7	27,6
Concentrado	50,0	43,1	36,2	29,3	22,4
Farinha de milho	28,0	21,0	14,0	7,0	0,0
Soja	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Trigo	10,0	9,0	9,0	9,0	9,0
Suplemento mineral	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Suplemento de cálcio	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Ureia	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4

Posteriormente foram analisados alguns parâmetros como a produção de leite, o teor em gordura do leite, a ingestão de alimento (matéria verde e matéria seca) e a ingestão de água (voluntária e através dos cladódios) (Tabela 6).

Tabela 6 - Produção de leite, teor butiroso, ingestão de alimento e ingestão de água consoante o nível de cladódios (*O. ficus-indica*) no regime alimentar (Costa *et al.*, 2009).

Parâmetros	Nível de cladódios (%)				
	0	7	14	21	28
Produção de leite (kg/dia)	1,50	1,58	1,63	1,63	1,54
Teor butiroso (%)	3,84	3,84	3,74	3,46	2,97
Ingestão de alimento (kg/dia)					
Matéria verde	2,03	4,19	7,51	10,69	13,48
Matéria seca	1,95	2,10	2,30	2,30	2,31
Ingestão de água (kg/dia)					
Voluntária	5,23	3,92	2,06	0,42	0,12
Cladódios	0,00	1,70	4,30	7,15	9,14

Com a substituição do milho por cladódios não se verificou qualquer efeito na produção de leite que variou entre 1,50 e 1,63 kg/dia, com 0, 14 e 21% de cladódios no regime alimentar. É de salientar também que a redução de concentrado na alimentação não comprometeu a produção leiteira o que pode resultar numa maior rentabilidade da exploração tendo em conta as condições de produção (Tabela 6). Além disso, considerando que a produção de cladódios de *Opuntia* é barata e que esta é muito cultivada e está disponível em regiões semiáridas, a produção animal neste tipo de ambientes pode ser suportada quando os cladódios são adequadamente fornecidos aos animais.

Neste estudo Costa *et al.* (2009) concluíram que os cladódios podem ser usados para substituir a farinha de milho na dieta dos animais, sem afetar a produção de leite. A *O. ficus-indica* mostrou-se um recurso importante para a redução da ingestão de água em cabras em lactação.

2.3 Limitações à utilização do cladódio na alimentação de ruminantes

A digestão é definida como o processo de conversão de macromoléculas em compostos mais simples que podem ser absorvidos através do sistema digestivo. Existem vários fatores que influenciam este processo, tais como a composição da dieta, a preparação e processamento dos alimentos, a maturidade das forragens e a temperatura do ambiente envolvente. Para além destes, há outros fatores que dependem dos animais e do seu estado nutricional. Um alimento com níveis de fibra em excesso, ao ser utilizado na dieta de ruminantes, pode ter um efeito negativo sobre a digestão total do alimento. A fibra é fundamental para a manutenção de condições ideais do rúmen porque altera as proporções de ácidos gordos voláteis (AGV), estimula a ruminação e mantém o pH em níveis adequados para a atividade microbiana (Ferreira *et al.*, 2012).

Os cladódios de *Opuntia* têm elevado teor de água, fibra e cinzas, e têm baixa concentração de proteína que, em parte, está associada à fração menos degradável das paredes celulares das plantas. Uma proporção importante da energia disponível provém dos hidratos de carbono. Uma das vantagens do consumo de cladódios é que aqueles podem satisfazer grande parte das necessidades de água (Andrade-Montemayor *et al.*, 2011).

Devido ao elevado nível de água dos cladódios, estes representam uma alternativa importante para suprir as necessidades de água de animais em regiões áridas e semiáridas, onde a água pode ser um fator limitante para a produção animal. No entanto, os animais alimentados exclusivamente com este tipo de alimento podem apresentar perda de peso, diminuição da gordura do leite e distúrbios digestivos como diarreia e timpanismo. Contudo, os cladódios de *Opuntia* associados a outras fontes de fibra aumentam os níveis de ingestão MS na alimentação e mantêm a flora ruminal normal, evitando assim o surgimento daqueles efeitos indesejáveis. A suplementação com *Opuntia* não reduz o pH do rúmen, uma vez que os níveis elevados de mucilagem e minerais estimulam a produção saliva,

evitando assim uma possível diminuição de pH no rúmen (Santos *et al.*, 1990; Ben Salem *et al.*, 1996; Mattos *et al.*, 2000; Tegegne *et al.*, 2005, citados por Costa *et al.*, 2009).

Segundo Abidi *et al.* (2009) cladódios de *O. ficus-indica* f. *inermis* contêm 130,9 g de amido/kg de MS e 60,1 g de açúcares solúveis/kg de MS, a maioria dos quais (90%) são frutose. Seria de esperar que os cladódios, devido à sua suculência e conteúdo de hidratos de carbono solúveis, provocassem distúrbios na fermentação ruminal, principalmente nos níveis de pH, levando assim a casos de acidose ruminal em ovinos e caprinos.

Costa *et al.* (2012) não observaram que quaisquer distúrbios digestivos tenham causado reduções no consumo de MS e na digestibilidade dos nutrientes. Da mesma forma, não houve fezes líquidas ou casos de timpanismo nos animais. Supõem que o pH ruminal não foi alterado pela inclusão de cladódios na alimentação.

Apesar dos cladódios terem elevados teores de oxalato, tanto as ovelhas como as cabras não manifestaram qualquer sinal de intoxicação ou problemas de saúde em geral. Em quantidades elevadas podem precipitar na forma de sal de cálcio causando obstrução capilar e, conseqüentemente, danos nos tecidos particularmente na parede do rúmen e dos túbulos renais. A maioria dos oxalatos dos cladódios está presente numa forma insolúvel sendo precipitados como cálcio insolúvel no conteúdo do rúmen (Ben Salem *et al.*, 2002, citados por Abidi *et al.*, 2009).

O alto nível de oxalatos identificados nos cladódios (70-150 g/kgMS) sugere que o cálcio fica indisponível para a flora ruminal, mas os ruminantes podem consumir grandes quantidades de cladódios e assim os oxalatos, não terão qualquer efeito sério sobre a fermentação ruminal ou intoxicação. O alto teor de açúcar dos cladódios também não teve efeito negativo sobre a fermentação ruminal. A associação de um alimento fibroso (por exemplo, palha ou feno) aos cladódios é recomendada para estimular a ruminação e evitar distúrbios digestivos (Ben Salem e Smith, 2008).

III. Material e Métodos

1. Campo experimental

Em maio de 2012 foi instalado na Escola Superior Agrária de Castelo Branco (ESACB) (39° 49' 17.00"N; 7° 27' 41.00"W) um ensaio experimental com ecótipos de *Opuntia* spp. provenientes de diferentes locais de Portugal (Figura 4).

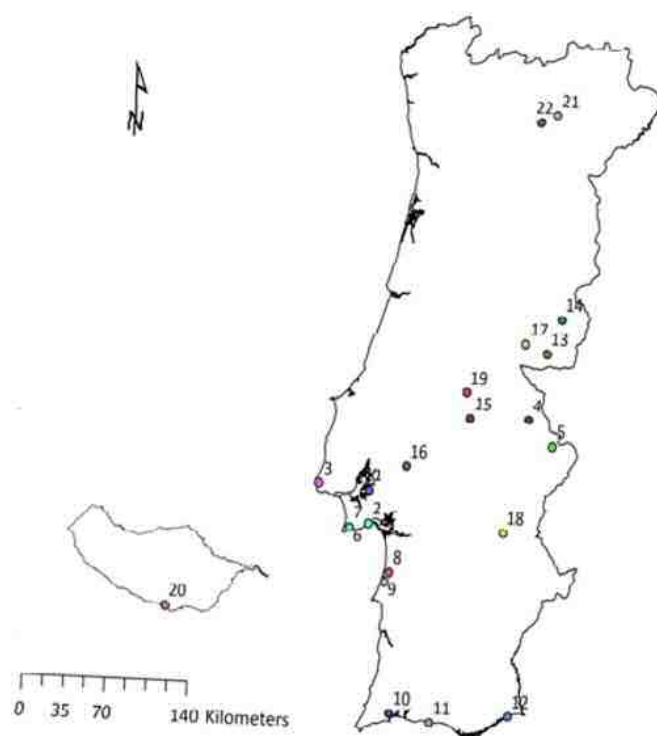


Figura 4 - Distribuição geográfica das populações de *O. ficus-indica* e *O. elata* estudadas (Reis *et al.*, 2013). Na Tabela 7 apresentam-se os locais, as espécies e as altitudes a que foram recolhidos os cladódios.

Após desinfeção e secagem de cladódios maduros estes foram plantados individualmente, num solo de baixa aptidão agrícola, com espaçamento de 1,5 m x 2,5 m (2667 plantas.ha⁻¹), num ensaio em blocos completos causalizados, com três repetições (Reis *et al.*, 2013). Os cladódios utilizados neste ensaio são de dezasseis populações portuguesas e de duas variedades italianas melhoradas (Gialla e Bianca) de *O. ficus-indica* e duas populações portuguesas de *O. elata* (Tabela 7). Para cada população foram instaladas 15 plantas. As populações foram avaliadas, nos dois primeiros anos de crescimento, quanto à produção de biomassa (utilizando métodos não destrutivos) e relativamente aos parâmetros nutricionais dos cladódios (Reis *et al.*, 2014).

Tabela 7 - Origem das populações de *O. ficus-indica* e de *O. elata* estudadas (adaptado de Reis *et al.*, 2013).

Nº	Origem	Espécie	Altitude (m)
1	Alcochete	<i>O. ficus-indica</i>	25
3	Cascais	<i>O. ficus-indica</i>	185
4	Portalegre	<i>O. ficus-indica</i>	372
5	Arronches	<i>O. ficus-indica</i>	293
6	Bianca	<i>O. ficus-indica</i>	150
7	Gialla	<i>O. ficus-indica</i>	150
8	Melides	<i>O. ficus-indica</i>	29
9	Santo André	<i>O. ficus-indica</i>	25
11	Albufeira	<i>O. ficus-indica</i>	61
12	Cacela-a-Velha	<i>O. ficus-indica</i>	20
13	Monforte Beira	<i>O. ficus-indica</i>	260
14	Idanha-a-Velha	<i>O. ficus-indica</i>	275
15	Ponte de Sor	<i>O. ficus-indica</i>	125
16	Coruche	<i>O. ficus-indica</i>	76
17	Castelo Branco	<i>O. ficus-indica</i>	402
18	Reguengos de Monsaraz	<i>O. ficus-indica</i>	223
19	Alvega	<i>O. ficus-indica</i>	105
20	Madeira	<i>O. ficus-indica</i>	116
21	Mirandela	<i>O. elata</i>	460
22	Murça	<i>O. elata</i>	436

2. Preparação das amostras

Para a realização deste trabalho, em setembro de 2013, foram colhidos, no campo experimental da ESACB cladódios de um ano, de dezasseis ecótipos portugueses de *O. ficus-indica*, de duas variedades melhoradas (Gialla e Bianca) de *O. ficus-indica* e de dois ecótipos portugueses de *O. elata*.



Figura 5 - Cladódios após colheita e transporte para o LNAA (foto LNAA/2013).

Após a colheita, os cladódios foram transportados para o Laboratório de Nutrição e Alimentação Animal da ESACB (LNAA) (Figura 5), onde foram cortados com uma faca (Figura 6) em pedaços com cerca de 25 cm².



Figura 6 - Corte de cladódio com faca (foto LNAA/2013).

Para determinação da primeira humidade (H1) todas as peças de cladódios foram cortadas em duas metades para facilitar o processo de secagem em estufa a 65°C ($\pm 5^\circ\text{C}$) durante 72 horas até atingirem peso constante. Posteriormente todas as amostras de cladódios secos foram moídas em moinho de laboratório com um crivo de 1 mm e armazenadas em recipientes de plástico hermeticamente fechados e identificados para posterior análise química.

3. Análises químicas

3.1 Determinação da humidade e da matéria seca total

A segunda humidade (H2) foi determinada após secagem de 2,5 g da amostra na estufa a 103 $\pm 2^\circ\text{C}$ durante 5-6 horas (Figura 7), até a amostra apresentar um peso constante (AOAC, 1990).



Figura 7 - Estufa utilizada para determinação da humidade das amostras de alimentos (estufa Memmert UL 60) (foto LNAA/2014).

Técnica laboratorial:

- a) retirámos da estufa cápsulas de porcelana com uma pinça e colocámos no exsiccador para arrefecerem sem adquirirem humidade do ar;
- b) pesámos individualmente, numa balança analítica, as cápsulas de porcelana previamente arrefecidas em exsiccador e registámos o peso de cada cápsula vazia;
- c) pesámos cerca de 2,5 g de amostra do material vegetal para uma cápsula de porcelana com precisão de $\pm 0,0001$ g;
- d) colocámos na estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 5 a 6 horas;
- e) após o tempo de secagem retirámos as cápsulas para o exsiccador com uma pinça e deixámos arrefecer durante 15 a 30 minutos;
- f) pesámos as cápsulas com o resíduo seco e registámos os resultados;
- g) determinámos a humidade total da amostra (HT) utilizando a fórmula $\text{HT}\% = \text{H1} + ((100 - \text{H1})/100) \times \text{H2}$. A MS total da amostra foi calculada pela diferença para 100 do valor determinado para a humidade total.

3.2 Determinação das cinzas e matéria orgânica

O teor em cinzas foi obtido após incineração completa da amostra em mufla a $550 \pm 50^\circ\text{C}$ durante 5-6 horas (Figura 8) (AOAC, 2000).

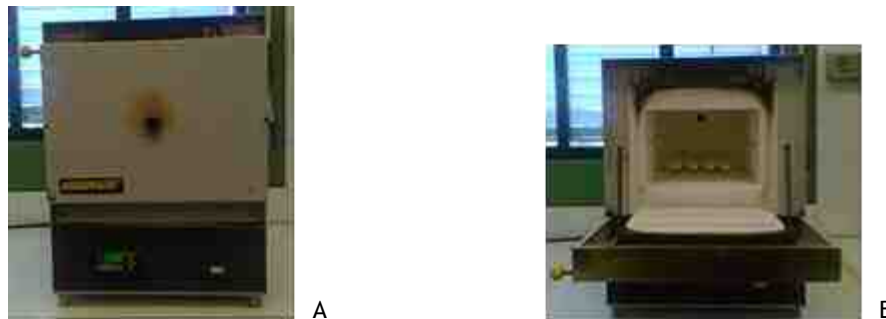


Figura 8 - Mufla utilizada para determinação das cinzas das amostras de alimentos (mufla Nabertherm L 15 C 6, A - em funcionamento a 550°C ; B - aberta) (foto LNAA/2014).

Técnica laboratorial:

- a) colocámos na mufla as cápsulas utilizadas para a determinação da humidade total, para sofrerem incineração;
- b) registámos o peso da cápsula vazia que utilizámos para a determinação da humidade total;
- c) a incineração foi feita a $550 \pm 50^\circ\text{C}$ durante 5 a 6 horas, contadas a partir do momento em que é atingida a temperatura referida;
- d) após o tempo de incineração, retirámos as cápsulas da mufla para a estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 1 hora para que o seu arrefecimento fosse gradual;

- e) colocámos em seguida as cápsulas no exsiccador para arrefecerem por completo durante 15 a 30 minutos;
- f) pesámos rapidamente em balança analítica com uma aproximação de $\pm 0,0001$ g devido ao carácter higroscópico das cinzas a pesar. Registámos os resultados.

3.3 Determinação dos teores em azoto e proteína bruta

Para determinar a PB das amostras utilizámos o método de Kjeldahl em bloco digestor (AOAC, 1990) utilizando os aparelhos Tecator Digestion System 20 - 1015 Digester (A) e Tecator 2300 Kjeltac Analyzer Unit (B) (Figura 9).

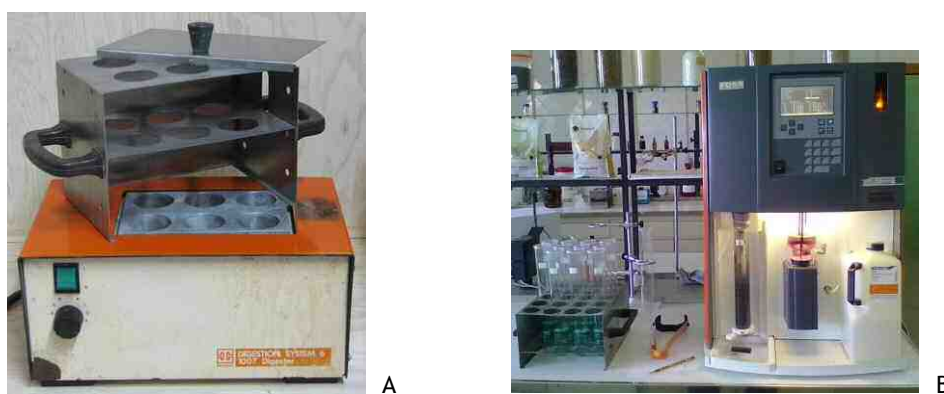


Figura 9 - Sistema de digestão (Tecator Digestion System 6 - 1007 Digester) (A) e sistema Kjeltac para determinação do azoto das amostras de alimentos (Tecator 2300 Kjeltac Analyzer Unit) (B) (foto LNAA/2014).

Técnica laboratorial:

- a) pesámos 0,5 g de amostra em papel isento de azoto (papel vegetal);
- b) colocámos a amostra num tubo Kjeldahl (250 ml), juntámos depois 2 pastilhas Kjeltabs (mistura catalisadora 3,5 g de sulfato de potássio (K_2SO_4) + 0,175 g de sulfato de cobre ($CuSO_4$)) e adicionámos 12 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4);
- c) colocámos os tubos num suporte e introduzimo-lo na unidade de mineralização ou digestão a $420^\circ C$, (deve ser ligada uma hora antes), tapados com o sistema de exaustão com o vácuo ligado a uma trompa de água, cuja finalidade é fazer a libertação dos gases formados principalmente durante os primeiros 10 minutos;
- d) o sistema de digestão deve estar dentro de uma “hot”;
- e) após 45 minutos, a digestão deverá estar pronta devendo por isso o resíduo da digestão ter um aspeto xaroposo mais ou menos incolor e transparente;
- f) retirámos o suporte de tubos Kjeldahl da unidade de mineralização e deixámos arrefecer. O sistema de exaustão deve permanecer ligado durante alguns minutos enquanto se dá o arrefecimento do conteúdo do tubo;
- g) após o arrefecimento, adicionámos 75 ml de água (H_2O) destilada tépida a cada um dos tubos. A H_2O utilizada tem como finalidade aumentar o volume do digerido não intervindo

na reação. A adição de água deverá ser feita com muito cuidado e só depois do digerido ter arrefecido. Desta forma evitamos uma reação violenta;

- h) depois da adição de H₂O destilada, agitámos moderadamente a mistura num agitador vórtice;
- i) colocámos os tubos individualmente na unidade de destilação/titulação onde o aparelho fez os dois procedimentos. Na destilação foram utilizados hidróxido de sódio (NaOH) e como marcador ácido bórico (H₃BO₃) e na titulação ácido clorídrico (HCl);
- j) para calcular a proteína, multiplicámos o azoto total obtido pelo método Kjeldahl pelo fator 6,25 uma vez, que no caso da *Opuntia* spp., a percentagem de azoto na PB é de 16% (Ruddell *et al.*, 2002).

3.4 Determinação do teor em gordura bruta

Realizámos a determinação da GB das amostras utilizando o aparelho Tecator Soxtec System HT, 1043 Extraction Unit (Figura 10). Para a extração foi utilizado éter de petróleo (AOAC, 1990).



Figura 10 - Sistema Soxtec para determinação da gordura das amostras de alimentos (Tecator Soxtec System HT, 1043 Extraction Unit, 1046 Service Unit) (foto LNAA/2014).

Técnica laboratorial:

- a) pesámos cerca de 2,5 g de amostra para um o cartucho de filtro de papel;
- b) tapámos os cartuchos com algodão e inserimos na unidade de extração;
- c) pesámos os copos de alumínio e adicionámos 50 ml de éter de petróleo a cada copo;
- d) colocámos os copos de alumínio na unidade de extração;
- e) introduzimos os cartuchos com a amostra nos copos de alumínio com o de éter de petróleo;
- f) verificámos a temperatura;
- g) mantivemos os cartuchos durante 15 minutos na posição “Boiling”;
- h) mudámos de seguida para a posição “Rinsing” durante 30 minutos;

- i) após a extração, fechámos as válvulas do condensador para haver recuperação do solvente;
- j) retirámos depois os copos da unidade de extração e colocámos na estufa, durante 30 minutos para que fossem eliminados os restos do éter;
- k) deixámos arrefecer os copos de alumínio no exsiccador, pesámos e registámos os resultados.

3.5 Determinação da fibra em detergente neutro

Para determinar a fibra em detergente neutro (NDF) a amostra foi hidrolisada com uma solução detergente neutra (à base de sulfato de lauril sódio) num aparelho de Labconco (Figura 11). A finalidade foi extrair da amostra todos os constituintes que não fizessem parte da fibra bruta.



Figura 11 - Aparelho de Labconco (foto LNAA/2014).

Posteriormente foi feita a separação do resíduo e este foi filtrado com água destilada quente e com acetona (C_3H_6O) (Figura 12).



Figura 12 - Filtração de cadinho com água destilada quente e com acetona com o auxílio de uma bomba de vácuo (foto LNAA/2014).

Técnica laboratorial:

- a) pesámos 0,5 g de amostra para um copo de Berzelius e juntámos 50 ml de solução detergente neutra;
- b) abrimos a torneira da água de refrigeração do aparelho de Labconco e colocámos os copos de Berzelius nas placas aquecidas do aparelho Labconco;
- c) ligámos a resistência elétrica para o máximo até que se iniciasse a ebulição, de seguida reduzimos o aquecimento para impedir a formação de espuma e deixámos continuar em ebulição durante 60 minutos;
- d) pesámos os cadinhos com placa filtrante;
- e) após os 60 minutos procedemos à mudança do conteúdo de cada copo para o respetivo cadinho e filtrámos a vácuo com o auxílio de uma bomba de vácuo. Este procedimento deve ser feito com o máximo cuidado para que não ocorram quaisquer perdas de resíduo;
- f) fizemos a lavagem do resíduo por três vezes, com água destilada quente;
- g) o resíduo foi passado com acetona para que se extraísse qualquer substância solúvel na acetona e para desidratar a amostra;
- h) colocámos os cadinhos na estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 2 horas;
- i) retirámos os cadinhos da estufa, colocámos no exsiccador, esperámos que arrefecessem, pesámos e registámos os resultados.

3.6 Determinação da fibra em detergente ácido

A fração de fibra em detergente ácido (ADF) foi determinada após a amostra ser hidrolisada com uma solução detergente ácida (à base de brometo de cetil trimetilamónio) num aparelho Labconco (Figura 11) em que o principal objetivo foi não só retirar da amostra todos os constituintes que não fizessem parte da fibra bruta mas também a hemicelulose. De seguida foi feita a separação do resíduo e lavagem com água destilada quente e com acetona ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$) (Figura 12).

Técnica laboratorial:

- a) pesámos 1 g de amostra para um copo de Berzelius e juntámos 50 ml de solução detergente ácida;
- b) abrimos a torneira da água de refrigeração do aparelho de Labconco e colocámos os copos de Berzelius nas placas aquecidas do aparelho Labconco;
- c) ligámos a resistência elétrica para o máximo até que se iniciasse a ebulição, de seguida reduzimos o aquecimento para impedir a formação de espuma e deixámos continuar em ebulição durante 60 minutos;
- d) pesámos os cadinhos com placa filtrante;
- e) após os 60 minutos procedemos à mudança do conteúdo de cada copo para o respetivo cadinho e filtrámos a vácuo com o auxílio de uma bomba de vácuo. Este procedimento deve ser feito com o máximo cuidado para que não ocorram quaisquer perdas de resíduo;

- f) fizemos a lavagem do resíduo por três vezes, com água destilada quente;
- g) o resíduo foi passado com acetona para que se conseguisse extrair qualquer substância solúvel na acetona e para desidratar a amostra;
- h) colocámos os cadinhos na estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 2 horas;
- i) retirámos os cadinhos da estufa, colocámos no exsiccador, esperámos que arrefecessem, pesámos e registámos os resultados.

3.7 Determinação da lenhina em detergente ácido

Para a determinação da lenhina em detergente ácido (ADL), o resíduo de ADF é sujeito a uma solução de ácido sulfúrico a 72%. A finalidade deste procedimento foi extrair toda a celulose existente na amostra, restando apenas os constituintes indigestíveis.

Técnica laboratorial:

- a) colocámos os cadinhos com o resíduo de ADF dentro de uma placa de Petri;
- b) cobrimos os cadinhos com a solução de ácido sulfúrico a 72%;
- c) deixámos atuar o ácido sulfúrico durante 3 horas à temperatura ambiente;
- d) retirámos os cadinhos e procedemos à sua filtração através de um sistema de vácuo (Figura 12). Lavámos o resíduo dos cadinhos com água destilada quente até à neutralização completa;
- e) colocámos os cadinhos na estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$, durante 24 horas;
- f) retirámos os cadinhos para o exsiccador, esperámos que arrefecessem, pesámos e registámos os resultados.

3.8 Carboidratos não fibrosos

Com exceção das pectinas, os carboidratos não fibrosos (NFC) não fazem parte da estrutura da parede celular vegetal. São uma fração do conteúdo celular que é altamente digestível (amido, açúcares, frutanas e pectinas). Os NFC são uma fonte de energia fermentescível. Em conjunto com a proteína degradada no rúmen, os NFC contribuem para o crescimento da população microbiana do ecossistema ruminal (Mciteka, 2008). O conteúdo em carboidratos não fibrosos foi estimado a partir da seguinte fórmula: $\text{NFC (g/kgMS)} = 1000 - (\text{PB} + \text{GB} + \text{cinzas} + \text{NDF})$ (NRC, 2001).

3.9 Nutrientes digestíveis totais

Os nutrientes digestíveis totais (TDN) são uma forma de expressão do valor energético dos alimentos. Os valores de TDN são obtidos através de fórmulas que utilizam os resultados das análises químico/bromatológicas dos alimentos. Para este trabalho, os valores de TDN foram estimados a partir da fórmula $\text{TDN (\%)} = 82,38 - (0,7515 \times \text{ADF\%})$ (Bath e Marble, 1989, citados Coppock, 1997).

3.10 Energia metabolizável

A energia total disponível nos alimentos é designada por energia bruta e é determinada em bomba calorimétrica após combustão completa de uma amostra do alimento. A utilização da energia bruta depende da capacidade da população microbiana do rúmen/retículo em digerir os alimentos ao que acrescem todos os processos químicos e físicos que ocorrem ao longo do trato gastrointestinal. A fração de energia que resulta desses processos é designada por energia digestível. Parte da energia bruta é perdida sob a forma de energia das fezes. No caso dos ruminantes, quando a energia digestível é corrigida pela energia perdida sob a forma de gás metano e pela energia que se perde na urina, a fração energética resultante é designada de energia metabolizável. Descontando à energia metabolizável o incremento calórico, resta a energia líquida (energia Net) que é utilizada pelo animal para os gastos energéticos de manutenção e de produção.

Para este trabalho, a energia metabolizável foi determinada através da fórmula $EM (MJ/kgMS) = (TDN\% \times 3,6) / 100 \times 4,184$ (NRC, 2007).

4. Análise estatística

Os resultados obtidos foram analisados com recurso ao programa informático IBM SPSS (ver. 21). Para cada caso calculou-se a média e o desvio padrão. A análise estatística dos resultados foi efetuada com recurso à ANOVA e sempre que se constatou a existência de diferenças significativas entre os tratamentos em estudo foi utilizado o teste de Tukey como teste de comparações múltiplas. O nível de significância (P) fixou-se em 0,05 para todas as análises estatísticas.

IV. Apresentação e Discussão de Resultados

1. Avaliação nutricional

1.1 Matéria seca

Como se pode observar na Tabela 8 o teor médio de matéria seca das 120 amostras analisadas foi de 13,13% ($\pm 1,699$) variando entre 14,58% ($\pm 1,143$) para o ecótipo *OFI* 5-Arronches e 11,34% ($\pm 0,853$) para o ecótipo *OFI* 18-Reguengos de Monsaraz ($P \geq 0,05$).

Tabela 8 - Composição média da matéria seca (%) e das cinzas (g/kgMS) de dezasseis ecótipos de *O. ficus-indica*, de duas variedades melhoradas de *O. ficus-indica* e de dois ecótipos de *O. elata*.

Ecótipo/variedade/espécie	MS (%)	Cinzas (g/kgMS)
<i>OFI</i> 1-Alcochete	12,50 ^a $\pm 0,530$	93,82 ^{ab} $\pm 1,393$
<i>OFI</i> 3-Cascais	14,56 ^a $\pm 3,059$	93,60 ^{ab} $\pm 2,958$
<i>OFI</i> 4-Portalegre	12,85 ^a $\pm 1,622$	85,73 ^{ab} $\pm 11,571$
<i>OFI</i> 5-Arronches	14,58 ^a $\pm 1,143$	86,17 ^{ab} $\pm 5,856$
<i>OFI</i> 8-Melides	12,91 ^a $\pm 0,384$	98,95 ^a $\pm 8,158$
<i>OFI</i> 9-Santo André	14,44 ^a $\pm 0,871$	93,73 ^{ab} $\pm 11,502$
<i>OFI</i> 11-Albufeira	12,79 ^a $\pm 1,205$	94,60 ^{ab} $\pm 4,748$
<i>OFI</i> 12-Cacela-a-Velha	14,10 ^a $\pm 0,670$	80,12 ^b $\pm 4,979$
<i>OFI</i> 13-Monforte da Beira	13,03 ^a $\pm 0,859$	97,55 ^a $\pm 11,481$
<i>OFI</i> 14-Idanha-a-Velha	13,74 ^a $\pm 0,861$	87,63 ^{ab} $\pm 5,166$
<i>OFI</i> 15-Ponte de Sor	12,19 ^a $\pm 1,396$	91,58 ^c $\pm 4,979$
<i>OFI</i> 16-Coruche	13,53 ^a $\pm 1,771$	96,62 ^c $\pm 12,800$
<i>OFI</i> 17-Castelo Branco	12,59 ^a $\pm 0,867$	89,00 ^c $\pm 1,246$
<i>OFI</i> 18-Reguengos de Monsaraz	11,34 ^a $\pm 0,853$	103,32 ^c $\pm 15,533$
<i>OFI</i> 19-Alvega	11,77 ^a $\pm 0,277$	112,02 ^c $\pm 7,705$
<i>OFI</i> 20-Madeira	12,91 ^a $\pm 2,545$	80,78 ^c $\pm 4,822$
<i>OFI</i> 6-Bianca	13,26 ^a $\pm 1,406$	100,55 ^a $\pm 15,157$
<i>OFI</i> 7-Gialla	14,17 ^a $\pm 1,430$	91,85 ^{ab} $\pm 8,249$
21- <i>O. elata</i> -Mirandela	12,82 ^a $\pm 2,613$	93,42 ^{ab} $\pm 10,821$
22- <i>O. elata</i> -Murça	12,53 ^a $\pm 2,799$	91,32 ^{ab} $\pm 8,431$
Média total	13,13 $\pm 1,699$	93,12 $\pm 10,963$

a, b, c - notações diferentes na mesma coluna significam $P < 0,05$.

Considerando os valores referidos por NRC (2007) (26%) e Cordova-Torres *et al.* (2009) (15,5 a 16,5%) para a MS de cladódios de *O. ficus-indica*, os valores determinados no nosso estudo para cladódios com um ano são inferiores tanto para a espécie *O. ficus-indica* ($N=108$; 13,18% $\pm 1,580$) como para a espécie *O. elata* ($N=12$; 12,68% $\pm 2,586$) ($P \geq 0,05$).

No entanto, os nossos resultados são superiores aos referidos por Fuentes-Rodriguez (1997) (11,3% MS), Tegegne *et al.* (2007) (12,2% MS), Mciteka (2008) (9,13% MS), Rekik *et al.* (2010) (9,7% MS), Andrade-Montemayor (2011) (7,8% MS) e Costa *et al.* (2012) (10,8% MS) e estão na mesma gama dos valores referidos por Silva e Santos (2007) (7,62% a 14,40% MS).

O elevado teor em humidade dos diferentes ecótipos e variedades de *Opuntia* (83,33%) pode comprometer a ingestão de matéria seca por parte dos animais. Alguns estudos (NRC, 2001) referem que os ruminantes consomem mais matéria seca na forma de forragem seca comparada com forragem húmida. A ingestão de MS é maior quando o teor em MS do regime alimentar é superior a 40%. Esta constatação sugere que a ingestão de MS de cladódios frescos poderá aumentar se estes forem sujeitos a uma pré-secagem.

Devido ao elevado conteúdo em água dos cladódios de *Opuntia* a ingestão voluntária de água em cabras leiteiras reduz-se acentuadamente à medida que aumenta a quantidade de *Opuntia* no regime alimentar (Costa *et al.*, 2009). Nefzaoui e Ben Salem (1998) mostraram que a ingestão voluntária de água era próxima de zero quando o consumo diário de cladódios era de cerca de 300g de MS e Costa *et al.* (2009) referem que por cada unidade percentual de aumento de ingestão diária de *Opuntia* há uma redução de 80ml na ingestão voluntária de água. Esta característica da *Opuntia* poderá ser importante como fonte de água em regiões desérticas ou semidesérticas, onde a falta de água poderá ser um fator limitante à produção de ruminantes.

1.2 Cinzas

Na Tabela 8 podemos observar que o valor médio de cinzas foi de 93,12 g/kgMS ($\pm 10,963$) variando entre 112,02 g/kgMS ($\pm 7,705$) para o ecótipo OFI 19-Alvega e 80,12 g/kgMS ($\pm 4,979$) para o ecótipo OFI 12-Cacela-a-Velha ($P < 0,05$).

Vários autores referem que as cinzas na *Opuntia* podem variar entre 131 g/kgMS e 255 g/kgMS (Fuentes-Rodriguez, 1997; NRC, 2007; Tegegne *et al.*, 2007; Mciteka, 2008; Andrade-Montemayor *et al.*, 2011). Rekik *et al.* (2010) verificaram que as cinzas dos cladódios de *Opuntia* têm elevada quantidade de cálcio identificando níveis significativamente mais elevados de cálcio no plasma sanguíneo de ovelhas alimentadas com *Opuntia* relativamente a ovelhas alimentadas com cevada. Ben Salem e Smith (2008) referem que a concentração em cálcio na *Opuntia* pode variar entre 40 e 80 g/kgMS.

No nosso trabalho verificámos que a quantidade média de cinzas na espécie *O. ficus-indica* (N=108; 93,20 g/kgMS $\pm 11,166$) foi idêntica à quantidade média de cinzas da espécie *O. elata* (N=12; 92,37 g/kgMS $\pm 9,313$) ($P \geq 0,05$), valores muito inferiores aos resultados obtidos por Andrade-Montemayor *et al.* (2011) para *O. megacantha* (165 g/kgMS), *O. hyptiacantha* (197 g/kgMS), *O. robusta* (178 g/kgMS), *O. streptacantha* (167 g/kgMS) e *O. ficus-indica* (251 g/kgMS).

1.3 Proteína bruta

Como se pode verificar na Tabela 9 o valor médio de proteína bruta foi de 78,65 g/kgMS ($\pm 12,174$) variando entre 65,22 g/kgMS ($\pm 6,661$) no ecótipo OFI 17-Castelo Branco e 94,76 g/kgMS ($\pm 3,598$) no ecótipo 21-*O. elata*-Mirandela ($P < 0,05$).

Tabela 9 - Composição média da proteína bruta (g/kgMS), da gordura bruta (g/kgMS), da energia metabolizável (MJ/kgMS) e dos nutrientes digestíveis totais (%) de dezasseis ecótipos de *O. ficus-indica*, de duas variedades melhoradas de *O. ficus-indica* e de dois ecótipos de *O. elata*.

Ecótipo/variedade/espécie	PB (g/kgMS)	GB (g/kgMS)	EM (MJ/kgMS)	TDN (%)
OFI 1-Alcochete	87,81 ^{abc} ±6,504	13,99 ^{ab} ±1,837	11,05 ^{abc} ±0,177	73,42 ^{abc} ±1,173
OFI 3-Cascais	72,70 ^{bcd} ±4,269	13,98 ^{ab} ±1,711	11,16 ^{abc} ±0,112	74,13 ^{abc} ±0,743
OFI 4-Portalegre	69,94 ^{cd} ±1,133	15,71 ^a ±1,239	11,11 ^{abc} ±0,199	73,79 ^{abc} ±1,324
OFI 5-Arronches	72,57 ^{bcd} ±7,370	15,65 ^a ±2,954	11,20 ^{abc} ±0,419	74,41 ^{abc} ±2,779
OFI 8-Melides	83,35 ^{abcd} ±10,825	13,89 ^{ab} ±0,939	11,12 ^{abc} ±0,099	73,87 ^{abc} ±0,659
OFI 9-Santo André	79,50 ^{abcd} ±5,418	13,49 ^{ab} ±1,289	11,22 ^{ab} ±0,071	74,51 ^{ab} ±0,471
OFI 11-Albufeira	77,38 ^{abcd} ±7,127	13,48 ^{ab} ±1,322	11,14 ^{abc} ±0,208	74,01 ^{abc} ±1,378
OFI 12-Cacela-a-Velha	82,52 ^{abcd} ±9,547	14,43 ^{ab} ±1,008	11,21 ^{ab} ±0,084	74,48 ^{ab} ±0,556
OFI 13-Monforte da Beira	78,44 ^{abcd} ±7,744	13,58 ^{ab} ±1,909	11,12 ^{abc} ±0,152	73,83 ^{abc} ±1,009
OFI 14-Idanha-a-Velha	68,01 ^{cd} ±5,108	14,10 ^{ab} ±1,510	11,32 ^a ±0,162	75,20 ^a ±1,076
OFI 15-Ponte de Sor	70,43 ^{cd} ±8,074	14,62 ^{ab} ±1,079	10,99 ^{abc} ±0,089	72,98 ^{abc} ±0,593
OFI 16-Coruche	79,93 ^{abcd} ±10,140	14,46 ^{ab} ±1,983	11,09 ^{abc} ±0,196	73,66 ^{abc} ±1,302
OFI 17-Castelo Branco	65,22 ^d ±6,661	13,68 ^{ab} ±0,837	11,17 ^{abc} ±0,142	74,17 ^{abc} ±0,942
OFI 18-Reguengos de Monsaraz	81,96 ^{abcd} ±8,135	16,32 ^a ±0,712	11,16 ^{abc} ±0,225	74,13 ^{abc} ±1,495
OFI 19-Alvega	93,53 ^a ±12,173	15,50 ^{ab} ±2,543	11,10 ^{abc} ±0,134	73,71 ^{abc} ±0,889
OFI 20-Madeira	69,28 ^{cd} ±7,317	15,92 ^a ±2,530	11,29 ^a ±0,167	74,96 ^a ±1,111
OFI 6-Bianca	81,21 ^{abcd} ±9,615	14,05 ^{ab} ±1,962	11,10 ^{abc} ±0,155	73,75 ^{abc} ±1,028
OFI 7-Gialla	72,45 ^{bcd} ±8,109	14,70 ^{ab} ±0,615	11,19 ^{abc} ±0,125	74,31 ^{abc} ±0,827
21- <i>O. elata</i> -Mirandela	94,76 ^a ±3,598	12,04 ^b ±0,822	10,84 ^c ±0,123	72,03 ^c ±0,814
22- <i>O. elata</i> -Murça	92,09 ^{ab} ±25,634	13,77 ^{ab} ±2,191	10,84 ^{bc} ±0,158	72,13 ^{bc} ±1,050
Média total	78,65 ±12,174	14,37 ±1,844	11,12 ±0,199	73,87 ±1,321

a, b, c, d - notações diferentes na mesma coluna significam P<0,05.

Os valores de PB obtidos no nosso trabalho para a espécie *O. ficus-indica* (77,01 g/kgMS ±10,301) são francamente superiores aos resultados de Magalhães (2004) (51,4 g/kgMS), NRC (2007) (50,0 g/kgMS), Tegegne *et al.* (2007) (50,6 g/kgMS), Mciteka (2008) (55,4 g/kgMS), Villegas-Diaz *et al.* (2008) (59,0 g/kgMS), Abidi *et al.* (2009) (38,0 g/kgMS), Rekik *et al.* (2010) (44,0 g/kgMS) e Vilela *et al.* (2010) (44,0 g/kgMS). Eventualmente os valores mais elevados determinados por nós poderão estar relacionados com a idade dos cladódios utilizados no nosso trabalho (cladódios de um ano) ou com diferenças na disponibilidade de azoto no solo. No entanto, para a mesma espécie, Teles *et al.* (1997) determinaram um teor em PB de 110,3 g/kgMS, valor muito superior aos resultados por nós obtidos.

Segundo Ben Salem e Smith (2008) o aumento do teor em PB dos cladódios de *O. ficus-indica*, quando se tem como objetivo a alimentação animal, deverá ser considerado em programas de melhoramento da espécie. Para os mesmos autores, o aumento da fertilização azotada nos solos onde é produzida *Opuntia* para forragem terá como consequência o aumento do teor em PB dos cladódios.

Ao compararmos o teor em PB dos cladódios da espécie *O. ficus-indica* (N=108; 77,01 g/kgMS ±10,301) com o teor em PB da espécie *O. elata* (N=12; 93,43 g/kgMS ±17,507), verificamos que a *O. elata* apresenta um valor significativamente superior (P<0,05). Comparando os resultados obtidos no nosso trabalho para a *O. elata* verificamos que apresentou teores em PB mais elevados que a *O. megacantha* (44,9 g/kgMS), que a *O. hyptiacantha* (59,7 g/kgMS), que a *O. robusta* (72,3 g/kgMS) e que a *O. streptacantha* (48,5 g/kgMS) (Andrade-Montemayor *et al.*, 2011). Também Fuentes-Rodriguez (1997) determinou valores inferiores para a *O. robusta* (44 g/kgMS) e *O. lindheimeri* (41 g/kgMS).

1.4 Gordura bruta

Na Tabela 9 verifica-se que o valor médio de gordura bruta dos cladódios foi de 14,37 g/kgMS ($\pm 1,844$) variando entre 12,04 g/kgMS ($\pm 0,822$) para o ecótipo 21-*O. elata*-Mirandela e 16,32 g/kgMS ($\pm 0,712$) para o ecótipo OFI 18-Reguengos de Monsaraz ($P < 0,05$).

Vários autores referem nos seus trabalhos com *O. ficus-indica* valores de GB que variam entre 21 g/kgMS e 23 g/kgMS (NRC, 2007; Mciteka, 2008; Vilela *et al.*, 2010), valores muito superiores aos determinados no nosso trabalho e aos obtidos por Tegegne *et al.* (2007) para a mesma espécie (11,9 g/kgMS).

No nosso trabalho verificámos que a quantidade média de GB na espécie *O. ficus-indica* (N=108; 14,53 g/kgMS $\pm 1,783$) foi significativamente superior ($P < 0,05$) à quantidade média de GB da espécie *O. elata* (N=12; 12,91 g/kgMS $\pm 1,817$) que, por sua vez, também foi superior aos resultados obtidos por Fuentes-Rodriguez (1997) para a *O. lindheimeri* (10 g/kgMS) mas bastante inferior ao determinado pelo mesmo autor para a *O. robusta* (17 g/kgMS).

1.5 Energia metabolizável

Como podemos observar na Tabela 9, o valor médio de EM determinado no nosso trabalho foi de 11,12 MJ/kgMS ($\pm 0,199$) ($P < 0,05$). A EM variou entre 10,84 MJ/kgMS ($\pm 0,123$) no ecótipo 21-*O. elata*-Mirandela e 11,32 MJ/kgMS ($\pm 0,162$) no ecótipo OFI 14-Idanha-a-Velha.

Considerando os valores referidos por NRC (2007) (9,62 MJ/kgMS) e por Costa *et al.* (2012) (9,2 MJ/kgMS) para a EM de cladódios de *O. ficus-indica*, os valores determinados no nosso estudo foram superiores para a mesma espécie (N=108; 11,15 MJ/kgMS $\pm 0,182$) e significativamente superiores quando comparados com a espécie *O. elata* (N=12; 10,85 MJ/kgMS $\pm 0,135$) ($P < 0,05$).

1.6 Nutrientes digestíveis totais

Na Tabela 9 podemos observar que o valor médio de TDN dos cladódios analisados foi de 73,87% ($\pm 1,321$) variando entre 72,03% ($\pm 0,814$) para o ecótipo 21-*O. elata*-Mirandela e 75,20% ($\pm 1,076$) para o ecótipo OFI 14-Idanha-a-Velha ($P < 0,05$).

Vários autores referem nos seus trabalhos com *Opuntia* valores que variam entre 60,8% e 68,6% (NRC, 2007; Vilela *et al.*, 2010; Costa *et al.*, 2012) valores inferiores aos determinados no nosso trabalho.

Verificámos que o teor médio de TDN dos cladódios da espécie *O. ficus-indica* (N=108; 74,07% $\pm 1,207$) foi superior ao teor médio de TDN da espécie *O. elata* (N=12; 72,07% $\pm 0,897$) ($P < 0,05$).

1.7 Fibra em detergente neutro

Como se pode observar na Tabela 10 o valor médio de NDF foi de 210,25 g/kgMS ($\pm 34,031$) variando de 164,67 g/kgMS ($\pm 16,119$) no ecótipo OFI 14-Idanha-a-Velha a 261,39 g/kgMS ($\pm 14,436$) no ecótipo 22-*O. elata*-Murça ($P < 0,05$).

NRC (2007) (290,0 g/kgMS), Tegegne *et al.* (2007) (238,8 g/kgMS), Villegas-Diaz *et al.* (2008) (435 g/kgMS), Abidi *et al.* (2009) (251 g/kgMS), Vilela *et al.* (2010) (314,0 g/kgMS), Rekik *et al.* (2010) (306 g/kgMS), Andrade-Montemayor *et al.* (2011) (460 g/kgMS) e Costa *et al.* (2012) (312 g/kgMS) determinaram para a *O. ficus-indica* valores mais elevados de NDF. Esta diferença poderá estar relacionada com a idade jovem dos cladódios com que trabalhamos (cladódios de um ano) que apresentaram valor mais baixo em conteúdos da parede celular.

Ao compararmos o teor em NDF da espécie *O. ficus-indica* (N=108; 205,49 g/kgMS \pm 33,635) com o teor em NDF da espécie *O. elata* (N=12; 208,12 g/kgMS \pm 98,695) verificámos que as duas espécies têm uma quantidade de NDF muito semelhante ($P \geq 0,05$). Andrade-Montemayor *et al.* (2011) obtiveram valores de NDF muito superior para cladódios das espécies *O. megacantha* (478 g/kgMS), *O. hyptiacantha* (511 g/kgMS), *O. robusta* (543 g/kgMS) e *O. streptacantha* (483 g/kgMS) relativamente à *O. ficus-indica* e *O. elata* do nosso trabalho.

1.8 Hemicelulose

A hemicelulose (Tabela 10) foi estimada através da fórmula Hemicelulose (g/kgMS) = NDF (g/kgMS) - ADF (g/kgMS) (McDonald *et al.*, 2011).

O valor médio de hemicelulose dos cladódios analisados foi de 97,06 g/kgMS (\pm 27,164) variando entre 69,19 g/kgMS (\pm 17,891) para o ecótipo OFI 14-Idanha-a-Velha e 140,44 g/kgMS (\pm 44,697) para o ecótipo OFI 9-Santo André ($P < 0,05$).

Tabela 10 - Composição média em NDF, ADF, ADL e NFC de dezasseis ecótipos de *O. ficus-indica*, de duas variedades melhoradas de *O. ficus-indica* e de dois ecótipos de *O. elata*.

Ecótipo/variedade/espécie	NDF (g/kgMS)	Hemicelulose (g/kgMS)	ADF (g/kgMS)	Celulose (g/kgMS)	ADL (g/kgMS)	NFC (g/kgMS)
<i>OFI</i> 1-Alcochete	228,73 ^{abc} ±19,623	109,45 ^{abcdef} ±14,992	119,28 ^{abc} ±15,604	111,82 ^{ab} ±12,340	7,46 ^c ±3,353	575,65 ^{bcd} ±18,457
<i>OFI</i> 3-Cascais	218,42 ^{abcd} ±30,416	108,68 ^{abcdef} ±24,790	109,75 ^{abc} ±9,881	102,76 ^{ab} ±6,340	6,98 ^c ±3,962	601,30 ^{abcd} ±28,338
<i>OFI</i> 4-Portalegre	198,99 ^{bcd} ±13,351	84,65 ^{bcdef} ±18,944	114,35 ^{abc} ±17,623	105,82 ^{ab} ±19,649	8,52 ^c ±2,494	629,63 ^{abc} ±23,315
<i>OFI</i> 5-Arronches	183,85 ^{cd} ±37,660	77,78 ^{cdef} ±4,331	106,06 ^{abc} ±36,974	96,83 ^{ab} ±32,055	9,24 ^c ±5,131	641,77 ^{abc} ±42,322
<i>OFI</i> 8-Melides	213,24 ^{abcd} ±27,637	99,95 ^{abcdef} ±26,539	113,30 ^{abc} ±8,775	104,18 ^{ab} ±8,554	9,12 ^c ±1,825	590,56 ^{bcd} ±23,680
<i>OFI</i> 9-Santo André	245,21 ^{ab} ±46,213	140,44 ^a ±44,697	104,77 ^{bc} ±6,262	97,24 ^{ab} ±6,338	7,53 ^c ±1,617	568,07 ^{cd} ±41,391
<i>OFI</i> 11-Albufeira	225,61 ^{abc} ±31,201	114,21 ^{abcde} ±23,426	111,40 ^{abc} ±18,336	104,16 ^{ab} ±16,656	7,24 ^c ±1,971	588,94 ^{bcd} ±42,940
<i>OFI</i> 12-Cacela-a-Velha	186,05 ^{cd} ±28,900	80,97 ^{cdef} ±24,504	105,08 ^{bc} ±7,399	94,30 ^{ab} ±6,032	10,79 ^{bc} ±2,687	636,87 ^{abc} ±19,952
<i>OFI</i> 13-Monforte da Beira	198,05 ^{bcd} ±31,754	84,26 ^{bcdef} ±21,540	113,79 ^{abc} ±13,432	105,54 ^{ab} ±12,035	8,25 ^c ±1,897	612,38 ^{abcd} ±50,981
<i>OFI</i> 14-Idanha-a-Velha	164,67 ^d ±16,119	69,19 ^f ±17,891	95,49 ^c ±14,322	88,33 ^b ±11,809	7,16 ^c ±2,648	665,58 ^a ±13,052
<i>OFI</i> 15-Ponte de Sor	210,00 ^{abcd} ±27,476	84,94 ^{bcdef} ±24,818	125,06 ^{abc} ±7,890	114,51 ^{ab} ±8,611	10,55 ^{bc} ±1,598	613,37 ^{abcd} ±18,375
<i>OFI</i> 16-Coruche	226,29 ^{abc} ±21,418	110,25 ^{abcdef} ±6,628	116,04 ^{abc} ±17,327	108,68 ^{ab} ±17,573	7,37 ^c ±2,009	582,71 ^{bcd} ±43,489
<i>OFI</i> 17-Castelo Branco	228,12 ^{abc} ±25,412	118,83 ^{abc} ±15,048	109,29 ^{abc} ±12,537	99,18 ^{ab} ±12,844	10,11 ^c ±5,005	603,99 ^{abcd} ±20,142
<i>OFI</i> 18-Reguengos de Monsaraz	225,80 ^{abc} ±35,002	116,03 ^{abcd} ±27,289	109,77 ^{abc} ±19,899	101,32 ^{ab} ±18,957	8,44 ^c ±0,978	572,61 ^{cd} ±51,725
<i>OFI</i> 19-Alvega	206,13 ^{bcd} ±24,265	90,72 ^{bcdef} ±21,709	115,41 ^{abc} ±11,836	106,40 ^{ab} ±10,224	9,01 ^c ±2,749	572,82 ^{cd} ±41,401
<i>OFI</i> 20-Madeira	184,0 ^{cd} ±26,043	85,35 ^{bcdef} ±11,801	98,69 ^c ±14,779	88,96 ^b ±13,796	9,73 ^c ±1,511	649,97 ^{ab} ±37,116
<i>OFI</i> 6-Bianca	188,8 ^{cd} ±7,746	73,96 ^{def} ±7,315	114,86 ^{abc} ±13,684	106,72 ^{ab} ±14,176	8,14 ^c ±1,833	603,09 ^{abcd} ±32,196
<i>OFI</i> 7-Gialla	179,30 ^{cd} ±13,231	71,85 ^{ef} ±13,983	107,45 ^{abc} ±11,000	98,33 ^{ab} ±9,830	9,12 ^c ±2,085	641,70 ^{abc} ±15,546
21- <i>O. elata</i> -Mirandela	232,30 ^{abc} ±4,841	94,56 ^{bcdef} ±11,124	137,73 ^a ±10,826	115,14 ^{ab} ±7,843	22,59 ^a ±4,081	554,19 ^d ±47,289
22- <i>O. elata</i> -Murça	261,39 ^a ±14,436	124,98 ^{ab} ±11,269	136,40 ^{ab} ±13,971	120,30 ^a ±11,465	16,10 ^b ±2,587	539,98 ^d ±49,830
Média total	210,25 ±34,031	97,06 ±27,164	113,20 ±17,577	103,53 ±15,340	9,67 ±4,417	602,26 ±46,594

a, b, c, d, e, f - notações diferentes na mesma coluna significam P<0,05.

NRC (2007) (60,0 g/kgMS), Tegegne *et al.* (2007) (76,4 g/kgMS) e Costa *et al.* (2012) (95 g/kgMS) encontraram valores semelhantes de hemicelulose em cladódios de *O. ficus-indica*.

Ao compararmos os valores da hemicelulose dos cladódios de *O. ficus-indica* e de *O. elata* verificámos que foram significativamente diferentes, respetivamente de 95,64 g/kgMS ($\pm 27,631$) e 109,87 g/kgMS ($\pm 18,899$) ($P < 0,05$). No entanto, outros autores referem nos seus trabalhos com cladódios de *O. ficus-indica* valores mais elevados que variam entre 159 g/kgMS e 275 g/kgMS (Villegas-Diaz *et al.*, 2008; Abidi *et al.*, 2009; Vilela *et al.*, 2010; Andrade-Montemayor *et al.*, 2011). Constata-se, também, que os cladódios de *O. elata* apresentaram valores de hemicelulose muito inferiores aos determinados por Andrade-Montemayor *et al.* (2011) para as espécies *O. hyptiacantha* (281 g/kgMS) e *O. robusta* (340 g/kgMS).

1.9 Fibra em detergente ácido

Na Tabela 10 podemos observar que o valor médio de ADF foi de 113,20 g/kgMS ($\pm 17,577$) variando entre 95,49 g/kgMS ($\pm 14,322$) para o ecótipo OFI 14-Idanha-a-Velha e 137,73 g/kgMS ($\pm 10,826$) para o ecótipo 21-*O. elata*-Mirandela ($P < 0,05$).

Vários autores referem nos seus trabalhos com *O. ficus-indica* valores que variam entre 136,6 g/kgMS e 287 g/kgMS (Magalhães, 2004; NRC, 2007; Tegegne *et al.*, 2007; Mciteka, 2008; Villegas-Diaz *et al.*, 2008; Cordova-Torres *et al.*, 2009; Vilela *et al.*, 2010; Andrade-Montemayor *et al.*, 2011; Costa *et al.* 2012) valores muito superiores aos determinados no nosso estudo. Apenas o ecótipo 21-*O. elata*-Mirandela (137,73 g/kgMS $\pm 10,826$) apresentou um ADF ligeiramente superior aos 136,6 g/kgMS referidos por Mciteka (2008) para a *O. ficus-indica* var. *Fusicaulis*.

No nosso trabalho verificámos que a quantidade média de ADF na espécie *O. ficus-indica* (N=108; 110,55 g/kgMS $\pm 16,061$) foi significativamente inferior à quantidade média de ADF da espécie *O. elata* (N=12; 137,07 g/kgMS $\pm 11,936$) ($P < 0,05$). Andrade-Montemayor *et al.* (2011) referem valores superiores aos nossos para as espécies *O. megacantha* (184 g/kgMS), *O. hyptiacantha* (230 g/kgMS), *O. robusta* (203 g/kgMS), *O. streptacantha* (188 g/kgMS) e *O. ficus-indica* (287 g/kgMS). Os valores mais baixos de ADF obtidos no nosso estudo poderão estar relacionados com a menor quantidade de constituintes da parede celular dos cladódios de um ano com que trabalhámos.

1.10 Celulose

Os valores de celulose (Tabela 10) foram calculados através da fórmula Celulose (g/kgMS) = ADF (g/kgMS) – ADL (g/kgMS) (McDonald *et al.*, 2011).

Neste estudo o valor médio de celulose dos cladódios analisados foi de 103,53 g/kgMS ($\pm 15,340$) tendo variado entre 88,33 g/kgMS ($\pm 11,809$) para o ecótipo OFI 14-Idanha-a-Velha e 120,30 g/kgMS ($\pm 11,465$) para o ecótipo 22-*O. elata*-Murça ($P < 0,05$).

Considerando os valores referidos por Tegegne *et al.* (2007) (131,8 g/kgMS) e Vilela *et al.* (2010) (123 g/kgMS) para a celulose de cladódios de *O. ficus-indica*, os valores determinados no nosso estudo foram inferiores para a mesma espécie mas idênticos aos valores obtidos para o ecótipo 22-*O. elata*-Murça.

Encontrámos diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$) ao compararmos a quantidade média de celulose de cladódios de *O. ficus-indica* (N=108; 101,95 g/kgMS $\pm 15,061$) e de *O. elata* (N=12; 117,72 g/kgMS $\pm 9,745$).

1.11 Lenhina em detergente ácido

De acordo com a Tabela 10 o valor médio de ADL foi de 9,67 g/kgMS ($\pm 4,417$) variando de 6,98 g/kgMS ($\pm 3,962$) no ecótipo OFI 3-Cascais a 22,59 g/kgMS ($\pm 4,081$) no ecótipo 21-*O. elata*-Mirandela ($P < 0,05$), valores inferiores aos obtidos por Tegegne *et al.* (2007) (30,6 g/kgMS) e Vilela *et al.* (2010) (32 g/kgMS) para cladódios de *O. ficus-indica*.

Ao compararmos a quantidade de ADL da espécie *O. ficus-indica* (N=108; 8,59 g/kgMS $\pm 2,787$) com a quantidade de ADL da espécie *O. elata* (N=12; 19,35 g/kgMS $\pm 4,702$) verificamos que a *O. elata* apresenta um valor significativamente superior ($P < 0,05$).

1.12 Carboidratos não fibrosos

Na Tabela 10 podemos observar que o valor médio de NFC dos cladódios analisados foi de 602,26 ($\pm 46,594$) ($P < 0,05$). O valor de NFC variou entre 539,98 ($\pm 49,830$) para o ecótipo 22-*O. elata*-Murça e 665,58 ($\pm 13,052$) para o ecótipo OFI 14-Idanha-a-Velha. Vários autores (Magalhães, 2004; NRC, 2007; Tegegne *et al.*, 2007; Vilela *et al.*, 2010; Costa *et al.*, 2012) referem nos seus trabalhos com *O. ficus-indica* valores que variam entre 469 g/kgMS e 530 g/kgMS.

No nosso trabalho verificámos que o teor médio de NFC na espécie *O. ficus-indica* (N=108; 608,39 g/kgMS $\pm 42,532$) foi superior à quantidade média de NFC da espécie *O. elata* (N=12; 547,08 g/kgMS $\pm 46,907$) ($P < 0,05$).

Se o objetivo da produção de cladódios de *O. ficus-indica* ou *O. elata* for a alimentação de ruminantes, consideramos que a quantidade de NFC dos cladódios também deverá ser considerada em programas de melhoramento das espécies. Os glúcidos facilmente fermentescíveis que são os NFC favorecem o crescimento da população microbiana do rúmen contribuindo para o aumento da produção de proteína microbiana (McDonald *et al.*, 2011).

2. Formulação de regimes alimentares

Neste ponto do nosso trabalho vamos fazer uma abordagem prática sobre a utilização dos cladódios de *O. ficus-indica* e *O. elata* na alimentação de ovelhas em lactação e de borregos de engorda. Em vários países a figueira-da-índia é utilizada como recurso de emergência para a alimentação de ruminantes na época seca.

Para ser utilizada na alimentação animal, é fundamental que os cladódios tenham poucos ou nenhuns espinhos, uma vez que a utilização de variedades com espinhos que se alojam no aparelho gastrointestinal dos animais pode provocar feridas e posteriormente desenvolver infeções bacterianas (Felker, 2001). Por observação direta da densidade de espinhos presentes nos cladódios com um ano de idade dos diferentes ecótipos e variedades de *Opuntia* com que trabalhamos, foi possível agrupá-los da seguinte forma:

- **poucos ou nenhuns espinhos** - OFI 4-Portalegre, OFI 5-Arronches, OFI 12-Cacela-a-Velha, OFI 13-Monforte da Beira, OFI 14-Idanha-a-Velha, OFI 20-Madeira, OFI 7-Gialla, 21-*O. elata*-Mirandela e 22-*O. elata*-Murça;

- **bastantes espinhos** - OFI 8-Melides, OFI 9-Santo André, OFI 11-Albufeira, OFI 15-Ponte de Sor, OFI 16-Coruche, OFI 17-Castelo Branco, OFI 18-Reguengos de Monsaraz, OFI 19-Alvega e OFI 6-Bianca;

- **muitos espinhos** - OFI 1-Alcochete e OFI 3-Cascais.

Vários estudos têm evidenciado o interesse da figueira-da-índia como alimento para ovinos (Ben Salem *et al.*, 2005; Tegegne *et al.*, 2007; Rekik *et al.*, 2010; Costa *et al.*, 2012). É um alimento rico em água, com elevada digestibilidade *in vitro*, pobre em fibra e em proteína bruta (Silva e Santos, 2007) mas com boa palatibilidade (Suñigá, 1980).

Ayadi *et al.* (2009) verificaram que os cladódios de *O. ficus-indica* f. *inermis* continham 130,9 g de amido/kgMS e 60,1 g de açúcares solúveis/kgMS, a maior parte dos quais (90%) era frutose. Para os mesmos autores, embora se possa pensar que a suculência e o elevado teor em hidratos de carbono solúveis presentes nos cladódios possam provocar condições favoráveis à ocorrência de alterações nas fermentações ruminais, principalmente no pH do rúmen, não ocorreram situações de acidose ruminal em ovelhas e cabras alimentadas com figueira-da-índia. Ben Salem *et al.* (1996) e Tegegne *et al.* (2006), citados por Abidi *et al.* (2009) não observaram nenhum efeito sobre o pH ruminal após a suplementação com catos. A mucilagem que os cladódios possuem pode estimular a salivacão evitando o decréscimo do pH. No entanto, Tegegne *et al.* (2007) referem que quando os cladódios de *Opuntia* são consumidos em grande quantidade podem ocorrer situações de diarreia e de timpanismo.

Segundo Abidi *et al.* (2009) a *Opuntia* possui níveis elevados de oxalatos. Em trabalhos realizados com ovinos e caprinos não ocorreram sintomas de intoxicações ou outros problemas de saúde, uma vez que a maior parte dos oxalatos está presente na forma insolúvel sendo precipitados, como cálcio insolúvel, no conteúdo ruminal.

2.1 Formulação de regime alimentar para ovelhas em lactação

Na Tabela 8 apresentam-se os resultados relativos ao teor em matéria seca (%) de dezasseis ecótipos de *O. ficus-indica*, de duas variedades melhoradas de *O. ficus-indica* e de dois ecótipos de *O. elata*, destacando-se o elevado teor em água (86,87%). Isto poderá ser um fator negativo para o custo da alimentação animal, principalmente se o consumo dos cladódios ocorrer longe do local de produção. Os encargos associados ao transporte poderão tornar o produto pouco interessante. No entanto, ao observarmos os resultados analíticos médios convertidos para MS, verificamos que os cladódios de *Opuntia* poderão ser uma interessante fonte de EM (11,12 MJ/kgMS) (Tabela 9) e NFC (602,26 g/kgMS) (Tabela 10). Os cladódios de *Opuntia* contêm baixa quantidade de GB (14,37 g/kgMS) (Tabela 9) e muito pouco NDF (210,25 g/kgMS) e ADF (113,20 g/kgMS) (Tabela 10). O valor muito baixo de PB (78,65 g/kgMS) (Tabela 9) poderá ser um fator limitante à utilização da *Opuntia* como forragem embora o ecótipo OFI 19-Alvega apresente 93,53 g/kgMS e o ecótipo 21-*O. elata*-Mirandela apresente 94,76 g/kgMS de PB. Considerando que os cladódios do ecótipo OFI 19-Alvega têm bastantes espinhos e que a ingestão de espinhos pode afetar a saúde animal, constituindo-se como fator negativo para o consumo da planta, não vamos utilizar este ecótipo para a formulação de um regime alimentar para ovelhas em lactação e para borregos de engorda. Vamos utilizar o ecótipo OFI 12-Cacela-a-Velha (82,52 g/kgMS de PB) e o ecótipo 21-*O. elata*-Mirandela (94,76 g/kgMS de PB) que parecem apresentar a melhor relação entre quantidade nula ou muito reduzida de espinhos no cladódio e quantidade de PB e EM.

Alguns autores (NRC, 2001) referem que o regime alimentar dos ruminantes deverá ter um teor em MS $\geq 40\%$, teor em NDF $\geq 40\%$, teor em ADF $\geq 21\%$ e teor em NFC $\leq 36\%$. Quando o regime alimentar apresenta um teor em MS inferior a 40%, há redução na CIMS. Quando o regime alimentar apresenta teores em NDF e ADF superiores a 40% e a 21%, respetivamente, e teores em NFC inferiores a 36% da MS ingerida, conseguimos reduzir a ocorrência de doenças metabólicas com vantagens produtivas e económicas para o sistema de produção.

Uma vez que os cladódios de *Opuntia* spp. apresentam um elevado teor em água e um baixo teor em PB, NDF e ADF, consideramos que a sua utilização na alimentação de ruminantes só deverá ser feita se associada a uma forragem seca, de preferência uma forragem rica em PB.

A raça Assaf é uma das raças mais utilizadas para a produção de leite. Segundo de la Fuente *et al.* (2006) existem em Portugal cerca de 15 000 ovelhas Assaf que produzem em média 373 kg de leite com 7,2% e 5,5% de proteína em 220 dias de lactação (média de 1,694 kg/dia).

Uma vez que na Beira Interior Sul existem várias explorações com ovelhas de raça Assaf e cruzadas em produção de leite, para formular um regime alimentar com a inclusão de alimento composto e mistura de cladódios de *O. ficus-indica* mais forragem seca e *O. elata* mais forragem seca (Tabela 11), considerou-se uma ovelha tipo de raça Assaf com 70 kg de peso vivo, 4 semanas de lactação, a produzir 1,8 kg de leite/dia com 7% de gordura. As necessidades diárias de uma ovelha com aquelas características são as seguintes: EM $\geq 19,27$ MJ/dia; PB $\geq 213,2$ g/dia; GB $\leq 102,5$ g/dia; NDF $\geq 820,0$ g/dia; NFC $\leq 738,0$ g/dia; capacidade de ingestão de matéria seca (CIMS) $\leq 2,05$ kg/dia (ARC, 1981; AFRC, 1993; NRC, 2007). O regime alimentar deverá ter a seguinte concentração em nutrientes: EM $\geq 9,4$ MJ/kgMS; PB $\geq 104,0$ g/kgMS; GB $\leq 50,0$ g/kgMS; NDF $\geq 400,0$ g/kgMS; NFC ≤ 360 g/kgMS; MS $\geq 40\%$.

Tabela 11 - Composição química dos alimentos utilizados na formulação de regime alimentar para ovelhas em lactação e para borregos de engorda.

Forragem	MS (%)	PB (g/kgMS)	GB (g/kgMS)	NDF (g/kgMS)	NFC (g/kgMS)	EM (MJ/kgMS)	TDN (%)
OFI 12-Cacela-a-Velha	14,10	82,52	14,43	186,05	636,87	11,27	74,48
21- <i>O. elata</i> -Mirandela	12,82	94,76	12,04	232,30	554,19	10,84	72,03
Feno de aveia ^(a)	90,00	100,00	23,00	630,00	167,00	8,37	54,00
Concentrado ^(b)	89,45	228,10	49,00	257,50	465,40	12,50	718,59

(a) NRC (2007); (b) Laboratório de Nutrição e Alimentação Animal da ESACB.

Comparando o valor nutricional dos cladódios de *O. elata* (21-*O. elata*-Mirandela) (Tabela 11) com as concentrações dos vários nutrientes que deverá ter o regime alimentar, verificamos que a utilização desta espécie de *Opuntia* na alimentação de ovelhas em lactação, apenas permite satisfazer 91,1% das necessidades em PB e 58,1% das necessidades em NDF. Pelo contrário permite ultrapassar as necessidades em EM (mais 15,3%) e em NFC (53,9%). Por sua vez a *O. ficus-indica* (OFI 12-Cacela-a-Velha) (Tabela 11) apenas permite satisfazer 79,3% das necessidades em PB e 46,5% das necessidades em NDF. No entanto, permite ultrapassar em 19,9% de EM e em 76,9% as necessidades em NFC.

Ao utilizarmos a *O. elata* (21-*O. elata*-Mirandela) obtivemos um regime alimentar que satisfaz as necessidades proteicas, energéticas e em NDF, sem ultrapassar a CIMS (Tabela 12). O teor em MS do regime alimentar (39,5%) é ligeiramente inferior aos 40% sugeridos por outros autores (NRC, 2001).

Tabela 12 - Regime alimentar proposto para ovelhas em lactação da raça Assaf utilizando cladódios de *O. elata* (21-*O. elata*-Mirandela) e respetivo valor nutricional.

Quantidade (kgMS/dia)	(kgfresco/dia)	(kgMS/dia)	Fresco (%)	MS (%)	PB (g/dia)	GB (g/dia)	NDF (g/dia)	NFC (g/dia)	EM (MJ/dia)
21- <i>O. elata</i> -Mirandela	3,393	0,435	65,4	21,2	41,22	5,63	101,05	241,07	4,72
Feno aveia ^(a)	1,450	1,305	27,9	63,7	130,50	30,02	822,15	217,94	10,92
Concentrado ^(b)	0,347	0,310	6,7	15,1	70,71	15,19	79,83	144,27	3,88
Total CIMS	5,190	2,050	100	100	242,43	50,84	1003,03	603,28	19,52

(a) NRC (2007); (b) Laboratório de Nutrição e Alimentação Animal da ESACB.

Teor em MS do regime alimentar 39,5%.

Substituindo a *O. elata* (21-*O. elata*-Mirandela) por *O. ficus-indica* (OFI 12-Cacela-a-Velha) verificamos que aumenta para 42% o teor em MS do regime alimentar satisfazendo, também, as necessidades em EM, PB, NDF e NFC, sem ultrapassar a CIMS (Tabela 13). Esta solução, em que o teor em MS é superior a 40%, parece ser a mais adequada.

Tabela 13 - Regime alimentar proposto para ovelhas em lactação da raça Assaf utilizando cladódios de *O. ficus-indica* (OFI 12-Cacela-a-Velha) e respetivo valor nutricional.

Quantidade (kgMS/dia)	(kgfresco/dia)	(kgMS/dia)	Fresco (%)	MS (%)	PB (g/dia)	GB (g/dia)	NDF (g/dia)	NFC (g/dia)	EM (MJ/dia)
OFI 12-Cacela-a-Velha	3,085	0,435	63,2	21,2	35,90	6,28	80,93	277,4	4,88
Feno aveia ^(a)	1,450	1,305	29,7	63,7	130,50	30,02	822,15	217,94	10,92
Concentrado ^(b)	0,347	0,310	7,1	15,1	70,71	15,19	79,83	144,27	3,88
Total CIMS	4,882	2,050	100	100	237,11	51,49	982,91	639,61	19,68

(a) NRC (2007); (b) Laboratório de Nutrição e Alimentação Animal da ESACB.

Teor em MS do regime alimentar 42%.

Neste trabalho a percentagem de MS de *Opuntia* no regime alimentar é de 21,2%. Convertendo este valor em alimento fresco são 65,4% do ecótipo 21-*O. elata*-Mirandela e 63,2% do ecótipo OFI 12-Cacela-a-Velha. Esta percentagem de utilização da figueira-da-índia na alimentação de ruminantes é semelhante à referida por outros autores em vacas leiteiras (Neves *et al.*, 2010), em caprinos (Silva *et al.*, sd) e em ovinos (Bispo *et al.*, 2010).

2.2 Formulação de regime alimentar para borregos de engorda

Vários autores têm vindo a demonstrar o interesse da utilização de *Opuntia* spp. na alimentação de borregos de engorda. Llorente *et al.* (2011) avaliaram a utilização de *O. leucotrichia* na alimentação de borregos de engorda (Rambouillet x Dorper) tendo verificado que a inclusão desta espécie no regime alimentar é uma boa opção para a engorda de borregos. Verificaram que a ingestão de MS diminuía com o aumento do consumo de *O. leucotrichia* e que a eficiência alimentar dos borregos sujeitos a um regime alimentar com 40% de MS de *O. leucotrichia* melhorava. Os borregos tinham um peso inicial de 19,2 kg, o GPD foi de 227 g/dia, a ingestão de MS foi de 982 g/dia e o índice de conversão foi de 4,3 kgMS/kgPV.

Abidi *et al.* (2009) avaliaram o efeito de *O. ficus-indica* f. *inermis* no crescimento de borregos. Verificaram que a substituição de cevada por cladódios de *Opuntia* na alimentação de borregos não afetou a ingestão de alimentos, a digestibilidade e o balanço azotado do regime alimentar. Como tal, o crescimento dos borregos alimentados com cevada foi semelhante ao de borregos alimentados com cladódios. O peso inicial dos borregos da raça Barbarine foi de 32,5 kg, o GPD foi de 38,8 g/dia e a ingestão de MS foi de 906 g/dia. Utilizaram um regime alimentar com feno de aveia *ad libitum* mais alimento composto (60g de bagaço de soja + 7,5g de suplemento mineral e vitamínico + ureia) mais cladódios. De acordo com os mesmos autores a inclusão de ureia foi necessária para aumentar o teor em PB do alimento composto (42,2% de PB) uma vez que os cladódios de *Opuntia* e o feno utilizado tinham baixos teores em PB.

Rekik *et al.* (2010) verificaram que borregos amamentados por ovelhas de raça Barbarine sujeitas a um regime alimentar com a inclusão de *O. ficus-indica* tiveram um crescimento semelhante nos primeiros 30 dias de vida a borregos amamentados por ovelhas da mesma raça sujeitas a um regime alimentar que continha cevada em vez dos cladódios de *Opuntia*. Aos 30 dias atingiram o PV de 9,5 kg.

Tegegne *et al.* (2007) verificaram que a inclusão de 40%, 60% e 80% de *O. ficus-indica* no regime alimentar de borregos em crescimento permitiu um GPD de 25 g/dia, 28 g/dia e 0 g/dia, respetivamente, durante os 90 dias que durou o ensaio.

Costa *et al.* (2012) analisaram a utilização de *O. ficus-indica* na alimentação de borregos de raça Santa Inês. Ao utilizarem um regime alimentar com *O. ficus-indica*, constataram que a ingestão de MS e a eficiência alimentar diminuía com o aumento da quantidade de *O. ficus-indica* incluída no regime alimentar. A utilização de cladódios à razão de 28% da MS em borregos com peso inicial de 27,9 kg, permitiram um GPD de 210 g/dia, a ingestão de MS foi de 1,3 kg/dia e a eficiência alimentar foi de 15,2%.

Neste trabalho pretendemos avaliar a possibilidade de utilização de *Opuntia* spp. na engorda de borregos. As necessidades diárias de um borrego de engorda com 20 kg de PV e um GPD de 100g/dia são as seguintes: CIMS = 0,59 kg/dia; TDN \geq 0,39 kg/dia; EM \geq 5,9 MJ/dia; PB \geq 73 g/dia; GB \leq 29,5 g/dia; NDF \geq 236,0 g/dia; NFC \leq 212,4 g/dia (NRC, 2007). Tendo em consideração aquelas necessidades diárias o regime alimentar deverá ter \geq 123,7 g/kgMS de PB, \leq 50,0 g/kgMS de GB, \geq 400 g/kgMS de NDF, \leq 360 g/kgMS de NFC e 10 MJ/kgMS de EM.

Comparando o valor nutricional dos cladódios de *O. elata* (21-*O. elata*-Mirandela) com as concentrações dos vários nutrientes que deverá ter o regime alimentar, verificamos que a utilização desta espécie de *Opuntia* na alimentação de borregos de engorda, apenas permite satisfazer 76,6% das necessidades em PB e 58,1% das necessidades em NDF. Pelo contrário permite ultrapassar as necessidades em EM (mais 8,4%) e em NFC (53,9%). Por sua vez a *O. ficus-indica* (OFI 12-Cacela-a-Velha) apenas permite satisfazer 66,7% das necessidades em PB e 46,5% das necessidades em NDF. No entanto, permite ultrapassar em 12,1% de EM e em 76,9% as necessidades em NFC.

No regime alimentar proposto para borregos de engorda a quantidade de *Opuntia* a fornecer diariamente a cada animal foi fixada em 220 gMS/dia correspondendo a 80,6% da quantidade total de alimentos frescos fornecidos ao animal (37,3% da CIMS) (Tabela 14), valor semelhante ao utilizado por Llorente *et al.* (2011).

Tabela 14 - Regime alimentar proposto para borregos de engorda (20 kg de peso vivo) utilizando cladódios de *O. elata* (21-*O. elata*-Mirandela) e respetivo valor nutricional.

Quantidade (kgMS/dia)	(kgfresco/dia)	(kgMS/dia)	MS (%)	Fresco (%)	PB (g/dia)	GB (g/dia)	NDF (g/dia)	NFC (g/dia)	EM (MJ/dia)
21- <i>O.elata</i> -Mirandela	1,716	0,220	37,3	80,6	20,85	2,85	51,11	121,92	2,38
Feno aveia (a)	0,278	0,250	42,4	13,1	25,00	5,75	157,50	41,75	2,09
Concentrado (b)	0,134	0,120	20,3	6,3	27,37	5,88	30,90	55,85	1,50
Total CIMS	2,128	0,590	100,0	100	73,22	14,48	239,51	219,52	5,98

(a) NRC (2007); (b) Laboratório de Nutrição e Alimentação Animal da ESACB.

Teor em MS do regime alimentar 27,7%.

Ao utilizarmos a *O. elata* (21-*O. elata*-Mirandela) obtivemos um regime alimentar que satisfaz as necessidades proteicas, energéticas e em NDF, sem ultrapassar a CIMS. No entanto, o teor em MS é baixo (27,7% MS) e a quantidade de NFC ultrapassa ligeiramente o valor máximo ideal (7,1 gNFC/dia).

Substituindo a *O. elata* (21-*O. elata*-Mirandela) por *O. ficus-indica* (OFI 12-Cacela-a-Velha) (Tabela 15) verificamos que aumenta para 30% o teor em MS do regime alimentar mas não se conseguem atingir as necessidades mínimas de PB (-2,47 g/dia) e NDF (-6,67 g/dia). Pelo contrário, o regime

alimentar com *O. ficus-indica* ultrapassa em 25,3 g/dia as necessidades máximas de NFC e em 0,16 MJ/dia as necessidades de EM.

Tabela 15 - Regime alimentar proposto para borregos de engorda (20 kg de peso vivo) utilizando cladódios de *O. ficus-indica* (OFI 12-Cacela-a-Velha) e respetivo valor nutricional.

Quantidade (kgMS/dia)	(kgfresco/dia)	(kgMS/dia)	MS (%)	Fresco (%)	PB (g/dia)	GB (g/dia)	NDF (g/dia)	NFC (g/dia)	EM (MJ/dia)
OFI 12 Cacela-a-Velha	1,560	0,220	37,3	79,1	18,15	3,17	40,93	140,10	2,47
Feno aveia ^(a)	0,278	0,250	42,4	14,1	25,00	5,75	157,50	41,75	2,09
Concentrado ^(b)	0,134	0,120	20,3	6,8	27,37	5,88	30,90	55,85	1,50
Total CIMS	1,972	0,590	100,0	100	70,52	14,80	229,33	237,70	6,06

(a) NRC (2007); (b) Laboratório de Nutrição e Alimentação Animal da ESACB.

Teor em MS do regime alimentar 29,9%.

Vários autores têm vindo a utilizar ureia em regimes alimentares à base de cladódios de *Opuntia* como forma de aumentar a ingestão diária de PB. De Lira *et al.* (2013) referem a possibilidade de inclusão de ureia até 1,2% em dietas à base de *Opuntia*, enquanto Cavalcanti *et al.* (2008) avaliaram a incorporação de ureia até 0,8% de MS em regimes alimentares em que 50% da MS era proveniente de *Opuntia*.

Os resultados obtidos no nosso trabalho aparentam indicar que a *Opuntia* tem interesse na alimentação de borregos de engorda. Das duas espécies consideradas, *O. ficus-indica* (OFI 12-Cacela-a-Velha) e *O. elata* (21-*O. elata*-Mirandela) a *O. elata*, devido às suas características nutricionais, parece ser a mais adequada na engorda de borregos.

V. Considerações finais

Relativamente à espécie *O. ficus-indica* verifica-se que os ecótipos OFI 4-Portalegre, OFI 5-Arronches, OFI 12-Cacela-a-Velha, OFI 13-Monforte da Beira, OFI 14-Idanha-a-Velha, OFI 20-Madeira e a variedade OFI 7-Gialla apresentam poucos ou nenhuns espinhos. Relativamente à espécie *O. elata* os ecótipos 21-*O. elata*-Mirandela e 22-*O. elata*-Murça também apresentaram poucos ou nenhuns espinhos. Como tal, para alimentação de ruminantes apenas deverão ser considerados estes ecótipos e a variedade Gialla.

Dos ecótipos ou variedades de *O. ficus-indica* com poucos ou nenhuns espinhos o ecótipo OFI 12-Cacela-a-Velha foi o que apresentou os valores mais elevados de PB (82,52 g/kgMS \pm 9,547), o ecótipo OFI 4-Portalegre foi o que apresentou maiores quantidades de GB (15,71 g/kgMS \pm 1,239) e NDF (198,99 g/kgMS \pm 13,351), e o ecótipo OFI 14-Idanha-a-Velha foi o que apresentou maiores valores de NFC (665,58 g/kgMS \pm 13,052) e de EM (11,38 MJ/kgMS \pm 0,163). No que respeita à espécie *O. elata*, o ecótipo 21-*O. elata*-Mirandela apresentou maiores quantidades de PB (94,76 g/kgMS \pm 3,598) e NFC (554,19 \pm 47,389 g/kgMS) e o ecótipo 22-*O. elata*-Murça apresentou valores mais elevados de GB (13,77 g/kgMS \pm 2,191), de NDF (261,39 g/kgMS \pm 14,436) e de EM (10,91 MJ/kgMS \pm 0,159).

Devido à importância associada que a PB, a EM e os NFC têm para a nutrição e alimentação de ruminantes, o ecótipo OFI 12-Cacela-a-Velha parece ser o mais adequado para utilizar na formulação de regimes alimentares para ovelhas e borregos. Em relação à espécie *O. elata*, pelas mesmas razões, o ecótipo 21-*O. elata*-Mirandela parece ser o mais adequado. Na perspetiva da utilização da *Opuntia* spp. como forragem, eventuais programas de melhoramento deverão incidir nos ecótipos OFI 12-Cacela-a-Velha e 21-*O. elata*-Mirandela.

Tendo em conta a bibliografia consultada e os resultados das simulações de regimes alimentares que efetuámos neste trabalho podemos concluir que a *O. ficus-indica* e *O. elata* podem ser utilizadas na alimentação de ovelhas em lactação e de borregos de engorda. Utilizada como forragem, a *Opuntia* poderá ser uma opção alimentar interessante para o período mais seco do ano.

Propomos os seguintes estudos:

- avaliação da composição química dos cladódios com idade igual ou superior a dois anos;
- uma vez que não encontramos na bibliografia consultada referências à palatibilidade da *O. elata*, consideramos necessário a realização de estudos para avaliar a palatibilidade desta espécie em ensaios com ovinos, caprinos e bovinos;
- realizar ensaios de alimentação com cladódios do ecótipo OFI 12-Cacela-a-Velha e do ecótipo 21-*O. elata*-Mirandela com ovelhas em lactação e com borregos de engorda. No primeiro caso o objetivo será a avaliar a influência das duas espécies de *Opuntia* na produção e composição do leite. No segundo caso o objetivo será avaliar o efeito da *Opuntia* no crescimento de borregos, no rendimento e composição da carcaça e na composição química da carne.

VI. Referências Bibliográficas

- Abidi, S., H. Ben Salem, V. Vasta, e A. Priolo. 2009. Supplementation with barley or spineless cactus (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) cladodes on digestion, growth and intramuscular fatty acid composition in sheep and goats receiving oaten hay. *Small Ruminant Research*. 87: 9-16.
- AFRC. 1993. Energy and protein requirements of ruminants. CAB International, Wallingford, Oxon.
- Andrade-Montemayor, H. M., A. V. Cordova-Torres, T. G. Casca, e J. R. Kawas. 2011. Alternative foods for small ruminants in semiarid zones, the case of Mesquite (*Prosopis laevigata* spp.) and Nopal (*Opuntia* spp.). *Small Ruminant Research*. 98: 83-92.
- ARC. 1981. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Slough.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
- AOAC. 2000. Official methods of analysis. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, Maryland.
- Ayadi, M. A., W. Abdelmaksoud, M. Ennouri, e H. Attia. 2009. Cladodes from *Opuntia ficus indica* as a source of dietary fiber: effect of dough characteristics and cake making. *Ind. Crops Prod.* doi:10.1016/j.indcrop.2009.01.003.
- Azócar, P. 2001. *Opuntia* use as feed for ruminants in Chile. In: Cactus (*Opuntia* spp.) as forage. FAO, Roma. p. 57-61.
- Ben Salem, H., H. Abdouli, A. Nefzaoui, A. El-Mastouri, e L. Ben Salem. 2005. Nutritive value, behaviour, and growth of Barbarine lambs fed on oldman saltbush (*Atriplex nummularia* L.) and supplemented or not with barley grains or spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) pads. *Small Ruminant Research*. 59: 229-237.
- Ben Salem, H., e T. Smith. 2008. Feeding strategies to increase small ruminant production in dry environments. *Small Ruminant Research*. 77: 174-194.
- Ben Salem, H., e S. Abidi. 2009. Recent advances on the potential use of *Opuntia* spp. in livestock feeding. *Acta Horticulturae*. 811. p. 317-326.
- Blasco, M. 2014. *Opuntia ficus-indica* (L-Mill., 1768) en el mundo. Producción y uso. In: Livro de Resumos das Jornadas Ibéricas da Figueira-da-Índia, IPCB, Castelo Branco. p. 13-15.
- Bispo, S. V., M. de A. Ferreira, A. S. C. Vêras, E. C. Modesto, A. V. Guimarães, e R. A. S. Pessoa. 2010. Comportamento ingestivo de vacas em lactação e de ovinos alimentados com dietas contendo palma forrageira. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 39(9): 2024-2031.
- Cavalcanti, C. V. de A., M. de A. Ferreira, M. C. Carvalho, A. S. C. Vêras, F. M. da Silva, e L. E. de Lima. 2008. Palma forrageira enriquecida com uréia em substituição ao feno de capim-tifton 85 em rações para vacas da raça Holandesa em lactação. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 37(4): 689-693.
- Coppock, C. E. 1997. Adjusting rations to forage quality, and suggested criteria to use in buying forages. In: Western Dairy Management Conference, Las Vegas, Nevada. p. 137-143.
- Costa, R. G., E. M. B. Filho, A. N. Medeiros, P. E. N. Givisiez, R. C. R. E. Queiroga, e A. S. S. Melo. 2009. Effects of increasing levels of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) in the diet of dairy goats its contribution as a source of water. *Small Ruminant Research*. 82: 62-65.

Costa, R. G., I. H. Treviño, G. R. Medeiros, T. F. Pinto, e R. L. Oliveira. 2012. Effects of replacing corn with cactus pear (*Opuntia ficus-indica* Mill) on the performance of Santa Inês lambs. *Small Ruminant Research*. 102: 13-17.

Cordova-Torres, A., L. Gutierrez-Berroeta, J. R. Kawas, T. García-Gasca, A. Aguilera-Barreiro, G. Malda, e H. M. Andrade-Montemayor. 2009. El nopal (*Opuntia ficus indica*) puede ser una alternativa de suplementación para caprinos en regiones semiáridas: efecto del tamaño o madurez de la penca en la digestibilidad *in vivo* y composición. In: VI Congreso Latinoamericano de la Asociación de especialistas en pequeños rumiantes y camelidos sudamericanos. XXIV Reunión de la AMPCA, Querétaro, México. p. 143-151.

de la Fuente, L. F., D. Gabiña, N. Carolino, e E. Ugarte. 2006. The Awassi and Assaf breeds in Spain and Portugal. In: 57th Annual Meeting of the European Association for Animal Production (EAAP), Antalya, Turkey. p. 79.

de Lira, J. T., A. M. V. Batista, A. C. A. de Moraes, F. F. R. de Carvalho, A. Guim, e A. Oliveira. 2013. Urea inclusion in cactus based diets. In: Book of Abstract VIII International Congress on Cactus Pear and Cochineal, Palermo, Italy. p. 90

Felker, P. 2001. Produção e utilização de forragem. In: BARBERA, G. e P. INGLESE, editors, Agroecologia, cultivos e usos da palma forrageira. Paraíba: SEBRAE/PB, Paraíba. p.147-157.

Ferreira, M. A., S. V. Bispo, R. R. R. Filho, S. A. Urbano, e C. T. F. Costa. 2012. The use of cactus as forage for dairy cows in semi-arid regions of Brazil. In: Konvalina, Petr, editor, Organic farming and food production. Cap. 8:169-189. <http://dx.doi.org/10.5772/53294>. (Acesso em 18/05/2014).

Fuentes-Rodriguez, J. 1997. A Comparison of the Nutritional Value of *Opuntia* and *Agave* Plants for Ruminants. PhD Diss. Universidad Autonoma Agraria "Antonio Narro", Saltillo, Coahuila. p. 20-24.

García, J. J. L., J. M. F. Rodríguez, e R. A. Rodríguez. 2001. Production and use of *Opuntia* as forage in Northern Mexico. In: Cactus (*Opuntia* spp.) as forage. FAO, Roma. p. 29-36.

ICARDA. sd. Promoting cactus as an alternative and sustainable livestock feed. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. <http://www.icarda.org/sites/default/files/Cactus-for-Livestock-Fact-FINAL2-%281%29.pdf>. (Acesso em 15/12/2014).

Hernández-Urbiola, M. I., M. Contreras-Padilla, E. Pérez-Torrero, G. Hernández-Quevedo, J. I. Rojas-Molina, M. E. Cortes, e M. E. Rodríguez-García. 2010. Study of nutritional composition of Nopal (*Opuntia ficus indica* cv. Redonda) at different maturity stages. *The Open Journal*. 4:11-16.

Llorente, F. M., R. G. R. Lozano, M. A. L. Carlos, H. Rodriguez-Frausto, C. F. A. Flores, A. Bonilla-Salazar, M. A. Nuñez-Gonzalez, e J. I. Aguilera-Soto. 2011. Performance and nutrient digestion of lambs fed incremental levels of wild cactus (*Opuntia leucotrichia*). *Journal of Applied Animal Research*. 39(3):248-251. <http://dx.doi.org/10.1080/09712119.2011.588406>. (Acesso em 28/11/2014).

Magalhães, M. C. dos S., A. S. C. Vêras, M. de A. Ferreira, F. F. R. de Carvalho, P. R. Cecon, J. N. de Melo, W. S. de Melo, e J. T. Pereira. 2004. Inclusão de cama de frango em dietas à base de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) para vacas mestiças em lactação. 1. Consumo e produção. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 33(6 Supl. 1):1897-1908.

Mashope, B. K. 2007. Characterization of cactus pear germplasm in South Africa. PhD Diss. University of the Free State.

McDonald, P., R. A. Edwards, J. F. D. Greenhalgh, C. A. Morgan, L. A. Sinclair, e R. G. Wilkinson. 2011. *Animal nutrition*. 7th ed. Pearson, Harlow. p. 3-15.

Mciteka, H. 2008. Fermentation characteristics and nutritional value of *Opuntia ficus-indica* var. *Fusicaulis* cladode silage. MSc. University of the Free State, Bloemfontein.

- Nefzaoui, A., e H. Ben Salem. 1998. Spineless cacti: a strategic fodder for West Asia and North Africa arid zones. In: Páginas Proc. Int. Symp. Cactus Pear and Nopalitos Processing and Use. Santiago, Chile. p. 8-76.
- Nefzaoui, A., e H. Ben Salem. 2001. *Opuntia* - A strategic fodder and efficient tool to combat desertification in the Wana region. In: Cactus (*Opuntia* spp.) as forage. FAO, Roma. p. 73-90.
- Neves, A. L. A., L. G. R. Pereira, R. D. Santos, T. V. Voltolini, G. G. L. de Araújo, S. A. Moraes, A. S. L. Aragão, e C. T. F. Costa. 2010. Plantio e uso da palma forrageira na alimentação de bovinos leiteiros no seminário brasileiro. EMBRAPA, Juiz de Fora. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/902600>.
- NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 17th revised. ed. The National Academic Press. Washington, DC.
- NRC. 2007. Nutrient requirements of small ruminants – sheep, goats, cervids, and new world camelids. The National Academic Press, Washington, DC.
- Reis, C. M. G., L. Moreira, e M. Ribeiro. 2013. Estimativa da produção de biomassa em populações de figueira da Índia (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.). In: Congresso Internacional dos Recursos Silvestres, Almodôvar, Portugal.
- Reis, C. M. G., F. I. Pitacas, e A. M. Rodrigues. 2014. Produção de biomassa e análise do teor de proteína em populações portuguesas de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. In: I Encontro de Figo da Índia, Évora, Portugal.
- Rekik, M., H. Ben Salem, N. Lassoued, H. Chalouati, e I. Ben Salem. 2010. Supplementation of Barbarine ewes with spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) cladodes during late gestation-early suckling: effects on mammary secretions, blood metabolites, lamb growth and postpartum ovarian activity. Small Ruminant Research. 90: 53-57.
- Ruddell, A., S. Filley, e M. Porath. 2002. Understanding your forage test results. Extension Service, Oregon State University, USA.
- Russel, C. E., e P. Felker. 1987. The Prickly-Pears (*Opuntia* spp., Cactaceae): A Source of Human and Animal Food in Semiarid Regions. Economic Botany, 14(3):433-445. <http://www.jstor.org/stable/4254996>. (Acesso em 06/02/2014).
- Silva, G. A., B. B. Souza, e E. M. N. Silva. sd. Sistemas produtivos e estratégias para amenizar os efeitos da seca e do stresse térmico sobre a produção de leite de cabra no semiárido. <http://pt.slideshare.net/agripoint/cartilha-24735045>. (Acesso em 16/01/2015).
- Silva, C. C. F., e L. C. Santos. 2007. Palma Forrageira (*Opuntia Ficus-Indica* Mill) como alternativa na alimentação de ruminantes. Revista Electrónica de Veterinaria, VIII(5). <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050507/050714.pdf>. (Acesso em 25/11/2014).
- Suñigá, C. H. 1980. Utilización del Maguey como suplemento en el crecimiento de becerras Holstein. ITESM, Monterrey.
- Teegene, F., C. Kijora, e K. Peters. 2007. Study on the optimal level of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) supplementation to sheep and its contribution as source of water. Small Ruminant Research. 72:157-164.
- Teles, F. F. F., F. M. Whiting, R. L. Price, e V. E. L. Borges. 1997. Protein and amino acids of Nopal (*Opuntia ficus indica* (L.)). Revista Ceres 44 (252):205-214.
- Van Soest, P.J., J.B. Robertson, e B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74(10):3583-3597.

Vilela, M. S., M. A. Ferreira, M. Azevedo, E. C. Modesto, I. Farias, A. V. Guimarães, e S. V. Bispo. 2010. Effect of processing and feeding strategy of the spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* Mill.) for lactating cows: ingestive behavior. *Applied Animal Behavior Science*. 125:1-8.

Villegas-Díaz, J. L. O., J. H. Aguilar-Borjas, H. M. Andrade-Montemayor, R. Basurto-Gutierrez, H. Jimenez-Severino, e H. R. Vera-Avila. 2008. Efecto del tamaño de la penca de nopal (*Opuntia ficus-indica*) sobre la degradabilidad *in situ* y cinética de degradación de la proteína cruda en caprinos. In: XXII Reunión Nacional sobre caprinocultura. Zacatecas, México.