



O uso das forragens hidropónicas para a alimentação de ruminantes em Angola

Florindo Fortuna Manuel

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança
para obtenção do Grau de Mestre em Agricultura Tropical*

Orientado por:

Professor Carlos Aguiar

Professora Maria Lurdes Cicouro Galvão

Bragança
2017

Dedicatória

Aos meus pais (Sr. Jaime Manuel e Dona Nita Fortuna) por me terem ensinado que a humildade e a dedicação são a chave Do sucesso e prosperidade.

Aos meus filhos, Feliciano Cima morais Manuel, João António Sabino Manuel e Fânio Morais Manuel que para lhes garantir o melhor para a vida dão-me força de avançar; a minha querida e amada esposa Ana Morais da Silva Manuel “Any” pelo esforço, coragem e compreensão de aceitar o desafio de assumir o lar durante minha formação.

Em especial a todos aqueles estudantes que pretendem continuar seus estudos mais veem se impossibilitados pela falta de oportunidade.

Homenagem

Aos meus pais, Sr. Jaime Manuel e Dona Nita Fortuna.

Aos meus filhos, Feliciano Cima Morais Manuel, João António Sabino Manuel, Fânio Morais Manuel e Carolina Raúl Manuel.

A minha amada esposa Ana Morais da Silva Manuel “Any”.

Aos meus irmãos, Arminda, Lazaro, Abel, Marta, Jeremias, Tete Adilson e Fausta.

Ao meu primo Caim e aos meus grandes amigos Rui e Jerrim.

A minha querida amiga Maria Sabalo Silveira “Maiza” que sua alma descanse em paz junto ao pai celestial.

Devo a todos vocês este título

Agradecimentos

A Deus pelo dom da vida, aos meus pais por me terem gerado garantindo assim a minha existência, à minha esposa que é o meu suporte para a vida na partilha de bons e maus momentos, aos meus filhos que são a minha alegria fazendo-me sentir continuador da espécie humana.

Ao Instituto Superior Politécnico do Kwanza Sul (ISPKS) por me ter selecionado para fazer parte do elenco de estudantes para o Mestrado em Portugal, em especial ao Professor Doutor Lourenço Lino de Sousa pela confiança.

À Direção do Instituto Politécnico de Bragança (IPB) pela cooperação com as Escolas Superiores dos países Africanos e não só, e pelo igual tratamento e oportunidades com os nacionais.

À Direção da Escola Superior Agraria de Bragança (ESAB) em dirigir com zelo e dedicação as estratégias de formação e todo apoio prestado durante a formação, e por aceitar que as experiencias deste trabalho fossem realizadas na horta da escola.

De maneira especial ao Professor Carlos Francisco Gonçalves Aguiar e à Professora Maria Lurdes Cicouro Galvão meus orientadores que estiveram sempre disponíveis com suas ideias e motivações para que este trabalho fosse um facto.

Ao coletivo de professores do curso de Agricultura Tropical pelo empenho e dedicação pela forma como lecionaram as aulas e facilitaram a aprendizagem dos conteúdos programáticos. A todos os colegas que partilhamos juntos estes conhecimentos desde o início do curso até ao momento.

Aos meus colegas de serviço em especial os da escola do I e II ciclos do ensino secundário Assango Amboim pelo apoio moral.

A Engenheira Ana do laboratório de nutrição animal por ter permitido fazer o estágio curricular e as análises desta experiência.

Tudo isto só foi possível porque Deus quis, os homens permitiram e a natureza possibilitou.

A todos estes o meu reconhecimento

E o meu Muito obrigado!

Resumo

O uso de forragens hidropónicas para a alimentação de ruminantes em Angola é uma alternativa que visa suprir a carência alimentar dos animais no período de seca. As gramíneas tropicais – as espécies dominantes nas forragens tropicais – atingem neste período teores muito baixos em proteína. Consequentemente, os animais perdem peso na época da seca comprometendo a viabilidade económica da produção animal. O estudo efetuado é uma abordagem ainda muito preliminar à produção de forragens com a técnica de hidroponia em ambiente tropical. Para tal, experimentaram-se duas espécies forrageiras em C₄ de origem e uso tropical – o sorgo e o milho – num verão mediterrânico continental. O ensaio experimental foi realizado de 25 de Junho a 20 de Julho do ano 2015, no Campus de Santa Apolónia do Instituto Politécnico de Bragança. Foram consideradas três variáveis independentes: espécie de cereal (sorgo e milho); fertilização [N0, N1 solução a 100 ppm de N, N2 a 200 ppm de N, e NPK a 100 ppm de N, P₂O₅ e K₂O]; e data de corte (1º corte aos 13 dias e o 2º corte aos 25 dias após a sementeira). As variáveis dependentes foram: a produção de matéria seca, a matéria orgânica, a proteína bruta, as fibras em detergente ácido (ADF) e neutro (NDF), lenhina (ADL) e a celulose. O estudo estatístico dos dados foi realizado de forma independente para cada corte. Os dados foram explorados com Análise de Variância complementada com testes de Tukey. Concluiu-se que o uso de plásticos é inapropriado. O milho é mais produtivo do que o sorgo, facto patente no 1º corte (2,85 kg/m² no milho e 2,42 kg/m² no sorgo). A comparação da produção de MS (no 2º corte) e da PB (1º e 2º cortes) entre espécies foi afetada por erros experimentais (estragos por ratos). A fertilização não teve efeito na produção de MS. A PB (espécie a espécie) respondeu à fertilização azotada quer no 1º corte quer no 2º corte: quanto mais azoto maior a PB. A inclusão de potássio e fósforo na solução fertilizante não teve qualquer efeito. No 2º corte, no milho e no sorgo, a diferença da PB entre a testemunha e o tratamento N2 atingiu, respetivamente, 3 e 4,7 pontos percentuais. O valor de 14,7% de PB atingido no sorgo é um valor muito alto que atesta a qualidade da forragem produzida. Aparentemente, a maior parte do azoto bioassimilável introduzido no sistema foi consumido pelas bactérias que decompunham o substrato (palha), e não pelas plantas. Portanto, a técnica de hidroponia faz simultaneamente, a conversão da semente em biomassa de grande valia nutricional, e valoriza palhas, que nos trópicos são um alimento de particular má qualidade (muito baixa proteína bruta). Algumas das variáveis bromatológicas como a MO, a NDF (com e sem cinza) e a ADL nos 1º e 2º cortes, e a ADF e a Celulose no 2º corte estão relacionadas com a morfologia da semente do sorgo e do milho.

Palavras chave: forragens hidropónicas, ruminantes, bromatologia, proteína bruta, Angola, agricultura tropical, alimentação animal

Abstract

The use of hydroponic fodder for the feeding of ruminants in Angola is an alternative that aims to supply the food shortage of animals during the dry season. Tropical grasses - the dominant species in tropical forages - reach very low levels of protein in this period. As a result, animals lose weight in the dry season a fact that compromises the economic viability of livestock production. The study carried out is a still very preliminary approach to the production of forages with the technique of hydroponics in tropical environment. For this, two C₄ forage species of tropical origin and use - sorghum and maize - were experimented in a continental Mediterranean summer. The experimental trial was carried out from June 25 to July 20, 2015, at the Santa Apolónia Campus of the Polytechnic Institute of Bragança. Three independent variables were considered: cereal species (sorghum and maize); fertilization [N0, N1 solution at 100 ppm N, N2 at 200 ppm N, and NPK at 100 ppm N, P₂O₅ and K₂O]; and date of cutting (1st cut at 13 days and 2nd cut at 25 days after sowing). The dependent variables were: dry matter production, organic matter, crude protein, acid (ADF) and neutral (NDF) detergent fibers, lignin (ADL) and cellulose. The statistical analysis of the data was performed independently for each cut. The data were analyzed with Analysis of Variance complemented with Tukey's tests. It was concluded that the use of plastics is inappropriate. Maize is more productive than sorghum, which is evident in the 1st cut (2.85 kg / m² in maize and 2.42 kg / m² in sorghum). The comparison of the production of MS (in the 2nd cut) and PB (1st and 2nd cuts) between species was affected by experimental errors (rat damage). Fertilization had no effect on DM production. PB (species to species) responded to nitrogen fertilization in both the 1st and 2nd cuts: the more nitrogen the greater the PB. The inclusion of potassium and phosphorus in the fertilizer solution had no effect. In the second cut, in maize and sorghum, the difference in CP between control and N2 treatment reached 3 and 4.7 percentage points respectively. The value of 14.7% CP reached in sorghum is a very high value that attests the quality of the forage produced. Apparently, most of the bioavailable nitrogen introduced into the system was consumed by the bacteria that decomposed the substrate (straw), and not by the plants. Therefore, the hydroponics technique simultaneously converts the seed into biomass of great nutritional value, and values straw, which in the tropics is a food of particular poor quality (very low crude protein). Some of the bromatological variables such as MO, NDF (with and without ash) and ADL in the 1st and 2nd cuts, and the ADF and Cellulose in the 2nd cut are related to the morphology of sorghum and corn seed.

Keywords: hydroponic fodder, ruminants, bromatology, crude protein, Angola, tropical agriculture,

Siglas

ADF ou **FDA** – fibra insolúvel em detergente ácido

ADFPERC – percentagem de fibra em detergente ácido

ADL ou **LDA** – lenhina insolúvel em detergente ácido

ADLPERC – percentagem de lenhina insolúvel em detergente ácido

CB – cinzas bruta

CE – condutividade elétrica

CELUPERC – percentagem de celulose

CV – consumo voluntário

DMS – digestibilidade da matéria seca

ENA ou **ENN** – extrativos não azotados

FB – fibra bruta

GB – gordura bruta

MOPERC – percentagem de matéria orgânica.

MS – matéria seca

NDF ou **FDN** – fibra insolúvel em detergente neutro

NDFPERCCINZ – percentagem de fibra em detergente neutro com cinza

NDFPERS CINZ – percentagem de fibra em detergente neutro sem cinza

NDT – nutrientes digestivos totais

NNP – azoto não proteico

PB – proteína bruta

PBPERC – percentagem de proteína bruta

PV – peso vivo.

Índice

I. Revisão bibliográfica.....	1
1. Introdução.....	1
2. Caracterização geral de Angola.....	2
2.1 Produção animal em Angola.....	4
2.2 Sistemas de produção.....	9
2.3 Composição química das pastagens e forragens tropicais.....	11
2.4 Alimentação dos ruminantes em Angola.....	13
3. Forragem Verde Hidropónica (FVH).....	15
3.1 Vantagens e desvantagens do cultivo hidropónico de forragens.....	17
3.2 Espécies e densidades de sementeira.....	19
3.3 Substratos.....	20
3.4 Soluções nutritivas.....	21
3.5 Valor nutritivo da forragem hidropónica.....	22
4. Análises dos alimentos ou bromatologia.....	23
4.1 Sistema de Weende.....	23
4.2 Sistema de Van Soest.....	30
5. Composição dos alimentos.....	32
5.1 Água.....	33
5.2 Hidratos de carbono.....	34
5.3 Proteínas.....	35
5.4 Lípidos.....	37
5.5 Minerais.....	37

6.	Fatores que afetam a qualidade das forragens	39
6.1	Compostos tóxicos	39
6.2	Diferenças entre espécies	40
6.3	Clima	40
6.4	Solo.....	41
6.5	Estádio de desenvolvimento e idade de corte.....	41
6.6	Cortes e produtividade	42
II.	Parte prática	45
1.	Objetivos.....	45
2.	Material e métodos	45
2.1	Experimentação de campo	45
2.2	Avaliação bromatológica.....	51
3.	Análise estatística	56
4.	Resultados e discussão	57
4.1	Primeiro corte.....	57
4.2	Segundo corte.....	66
III.	Conclusões.....	79
IV.	Referências bibliográficas	81
V.	Anexos.....	87

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de Angola (InfoAngola, 2017).	3
Figura 2. Representação gráfica simplificada do processo de degradação de pastagens em determinadas etapas no tempo (Macedo, 1999).	5
Figura 3. Zona de maior concentração do efetivo bovino (Dias <i>et al</i> , 2012).	6
Figura 4. Tipologia das pastagens naturais de Angola (Dias <i>et al</i> , 2012).	7
Figura 5. Gado do biótipo Sanga na Província da Huíla (Foto do autor).	7
Figura 6. Zonas de implantação da exploração da bovinicultura de carne e leite em Angola (Dias <i>et al</i> , 2012).	8
Figura 7. Produção intensiva de leite na Cella Cuanza Sul (Foto do autor).	11
Figura 8. Pastoreio itinerante na região dos Ramiros em Luanda (foto do autor).	14
Figura 9. Esquema analítico do sistema de Weende adaptado de Church et Pond (1977). 24	
Figura 10. Constituintes azotados de um alimento (McDonald <i>et al.</i> , 1993).	26
Figura 11. Esquema analítico do sistema de Van Soest (Rego, 1998).	30
Figura 12. Esquema representativo das diversas frações e constituintes dos alimentos. (Fonte McDonald, 1993)	33
Figura 13. Materiais utilizados.	47
Figura 14. Preparação das covas.	48
Figura 15. Germinação das sementes.	49
Figura 16. Preparação trituração e pesagem do substrato.	50
Figura 17. Sementeira no primeiro dia.	50
Figura 18. Quatro dias após a sementeira.	50
Figura 19. Processo por onde passaram desde o corte até a análise bromatológica. .	52
Figura 20. Média da produção de MS do milho e do sorgo no 1º corte. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey.	58

Figura 21. Média da produção de matéria orgânica do milho e do sorgo no 1º corte. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey. 59

Figura 22. Valores médios da PB (PBPERC) do milho e do sorgo no 1º corte. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey. 60

Figura 23. Valores médios das variáveis NDFPERCCINZ, NDFPERSCINZ, ADFPERC, ADLPERC e CELUPERC do milho e do sorgo no 1º corte. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey. 61

Figura 24. 1º corte. Efeito da espécie e da fertilização na variável MOPERC. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey. 63

Figura 25. 1º corte. Efeito da espécie e da fertilização na variável NDFPERCCINZ. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey. 64

Figura 26. 1º corte. Efeito da espécie e da fertilização na variável NDFPERSCINZ. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey. 65

Figura 27. 1º corte. Efeito da espécie e da fertilização na variável PBPERC. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey. 65

Figura 28. Média da produção de MS do milho e do sorgo no 2º corte. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey. 67

Figura 29. Média da produção de MS do milho e do sorgo no 2º corte em função da fertilização. 67

Figura 30. 2º corte. Efeito da espécie na variável MOPERC. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey (estatísticas no anexo 1). 69

Figura 31. 2º Corte. Efeito da espécie nas variáveis NDFPERCCINZ e NDFPERSCINZ. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey (estatísticas no anexo 1). 70

Figura 32. 2º corte. Efeito da espécie na variável PBPERC. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey (estatísticas no anexo 1). 70

- Figura 33. 2º corte. Efeito da espécie nas variáveis ADFPERC e ADL. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey (estatísticas no anexo 1)..... 71
- Figura 34. 2º corte. Efeito da espécie na variável CELULPERC. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey (estatísticas no anexo 1). 71
- Figura 35. 2º corte. Efeito da fertilização na variável MOPERC. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey (estatísticas no anexo 1). 73
- Figura 36. 2º corte. Efeito da espécie e da fertilização na variável NDFPERCCINZ. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey. 74
- Figura 37. 2º corte. Efeito da espécie e da fertilização na variável NDFPERSCINZ. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey. 74
- Figura 38. 2º Corte. Efeito da espécie e da fertilização na variável PBPERC. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey..... 75
- Figura 39. 2º corte. Efeito da espécie e da fertilização na variável ADFPERC. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey..... 76
- Figura 40. 2º corte. Efeito da espécie e da fertilização na variável ADLPERC. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey..... 76
- Figura 41. 2º corte. Efeito da espécie e da fertilização na variável CELULPERC. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey. 77

Índice de quadros

Quadro 1. Teor de nutrientes no sal utilizado na solução nutritiva.	22
Quadro 2. Composição das diferentes fracções analíticas do sistema de Weende (McDonald et al., 1993).....	25
Quadro 3. Origem das proteínas (Cramton & Harris cit. Rego, 1998).	27
Quadro 4. Fracionamento e utilização digestiva dos alimentos (Rego 1998)	31
Quadro 5. Temperatura e precipitação no período em que decorreu a experiência (Serviço de agroclimatologia da ESAB, 2016).	45
Quadro 7. Análise de variância do efeito da espécie (CODESP) nas variáveis bromatológicas no 1º corte	59
Quadro 8. Análise de variância do efeito da fertilização (CODFERT) nas variáveis bromatológicas no 1º corte.	62
Quadro 9. Interação espécie * fertilização nas variáveis bromatológicas no 1º corte	62
Quadro 10. Análise de variância do efeito da espécie (CODESP) e da fertilização (CODFERT) na produção de matéria seca (MSPROD) no 2º corte.....	66
Quadro 11. Análise de variância do efeito da espécie (CODESP) e da fertilização (CODFERT) na produção de matéria seca (MSPROD) no 2º corte.....	68
Quadro 12. Análise de variância do efeito da espécie (CODESP) e nas variáveis bromatológicas na biomassa do 2º corte.....	68
Quadro 13. Efeito da fertilização (CODFERT) nas variáveis bromatológicas.	72
Quadro 14. Interação espécie * fertilização nas variáveis bromatológicas.	73

I. Revisão bibliográfica

1. Introdução

A produção animal nos trópicos com estação seca, de que é exemplo grande parte do território de Angola, enfrenta uma importante restrição, a duração prolongada do período de seca. O efeito da seca é agravado no Centro e Sul de Angola pela irregularidade intra e interanual da precipitação. Durante o período chuvoso os animais dispõem, geralmente, de alimento abundante com um razoável valor nutritivo, sobretudo no início da estação de crescimento. Com a chegada da estação seca as plantas mobilizam reservas para a reprodução e a qualidade da forragem diminui. Nas plantas forrageiras tropicais, sobre tudo as gramíneas, verifica-se uma descida abrupta da proteína bruta na matéria seca e, conseqüentemente, da sua digestibilidade e valor nutritivo, de uma forma muito mais intensa do que nas suas congêneres temperadas. Durante o período seco os animais podem ter forragem disponível mas esta, dada a sua qualidade nutritiva intrínseca, não assegura sequer as despesas de manutenção dos animais. Por conseguinte, os animais emagrecem, a sua reprodução é comprometida e a má condição corporal reflete-se, a nível sanitário, num aumento do risco de doença e morte. Em Angola este problema é premente tendo em consideração a distribuição da precipitação, o défice da produção de carne e leite do sistema produtivo agrícola nacional, e a importância económica da produção de ruminantes, sobretudo de bovinos, em algumas províncias do país. A solução para a escassez/fraca qualidade dos alimentos para ruminantes passa pela transumância dos animais, pelo cultivo de forragens na estação seca ou pela introdução de rações no manejo alimentar. As forragens hidropónicas têm sido ensaiadas em vários países tropicais, de que é exemplo o Brasil, com o intuito de resolver a penúria alimentar na estação seca. Pretende-se com esta dissertação de mestrado fazer uma primeira aproximação à técnica, com uma forte componente experimental, para testar a sua exequibilidade no meu país, Angola.

O estudo de novas tecnologias de suplementação alimentar é importante para que a pecuária angolana não se ressinta na sua produtividade em épocas de défice alimentar (épocas secas), em que a produção e a qualidade da forragem das espécies nativas ficam aquém das exigências nutricionais dos animais. A adoção de alternativas que visem minimizar prejuízos causados por fatores climáticos adversos, neste caso a falta de água, torna-se essencial quando se tem por objetivo uma produção estável e rentável.

Em Angola a agricultura é maioritariamente realizada por pequenos produtores, fracos de recursos económicos e tecnológicos pouco evoluído, não tem possibilidades de

competir com os preços unitários obtidos pelas grandes empresas abandonando as terras de cultivo e ampliando o perigo da desertificação de grandes áreas do interior do país.

A utilização da forragem hidropónica pode ser uma opção para atender dificuldades da produção pecuária que, muitas vezes, não dispõem de quantidade suficiente de alimentos para fornecer aos animais, nem mesmo área física para a semear pastagens, dificultando assim a disponibilidade dos mesmos e, portanto, o aumento do seu rendimento. A forragem hidropónica não tenta competir com sistemas tradicionais de produção de pastagem, mas surge como complemento, especialmente durante períodos de défice (FAO, 2001).

A hidroponia hoje é mais difundida em países como: o Brasil, a Holanda, Alemanha, Itália, Espanha, Suécia, Japão, Austrália, Estados Unidos, México e áreas vizinha da América Central e Brasil.

A hidroponia poderia ser interessante para produtores de média dimensão visto que os de grandes dimensões têm possibilidades para cultivar grandes superfícies de terra.

2. Caracterização geral de Angola

Angola está localizada na costa ocidental de África (região Austral). Faz fronteira a Norte e Nordeste com a República Democrática do Congo e Congo Brazzaville, a Leste com a Zâmbia, a Sul com a Namíbia e a Oeste é banhado pelo Oceano Atlântico.

Tem uma superfície de 1.246.700 km² está dividida em 18 províncias, sendo Luanda a capital (Figura 1). É o sétimo maior país de África em superfície.

Províncias (Capitais) (Figura 1): Bengo (Caxito), Benguela (Benguela), Bié (Cuito), Cabinda (Cabinda), Cuando-Cubango (Menongue), Cuanza-Norte (N'Dalatando), Cuanza-Sul (Sumbe), Cunene (Ondjiva), Huambo (Huambo), Huíla (Lubango), Luanda (Luanda), Lunda-Norte (Dundo), Lunda-Sul (Saurimo), Moxico (Luena), Malanje (Malanje), Namibe (Namibe), Uíge (Uíge), Zaire Mbanza Congo).

Apesar de estar localizada numa zona subtropical, Angola tem um clima que não é caracterizado por aquela condição, devido a confluência de fatores como a corrente fria de Benguela ao longo da parte sul da Costa e o relevo no interior: A influência do deserto do Namibe.

Deste modo, o clima de Angola é caracterizado por duas estações, a das chuvas, de Outubro a Abril, e a Cacimbo, de Maio a Agosto, mais seca e com temperaturas mais baixas.

Por outro lado, enquanto a Costa apresenta elevados índices de pluviosidade, que vão decrescendo de Norte para Sul, e dos 800 metros para os 50 metros, com temperaturas médias anuais acima dos 23°C. A zona do interior pode ser dividida em três áreas:

Norte com grande pluviosidade e temperaturas altas; Planalto Central com uma estação seca e temperaturas médias da ordem dos 19°C; Sul com amplitudes térmicas bastante acentuadas devido à proximidade do deserto do Kalahari e a influência de massas de ar tropical.



Figura 1. Mapa de Angola (Infoangola, 2017).

Com uma Costa atlântica de 1.650 km, onde os rios caudalosos desaguam em amplos estuários depositando sedimentos arrastados das zonas planálticas, formaram-se numerosas ilhas, baías e restingas, onde se localizam excelentes praias. Salientam-se os rios Kuanza, Kubango, Cassai e Cunene. O rio Zambeze faz uma pequena incursão por Angola antes de entrar para a Zâmbia.

As características climáticas originaram uma diversidade na cobertura vegetal, proporcionando habitats próprios e uma grande variedade de animais. Em Cabinda, a norte, encontramos a floresta densa e húmida do Maiombe, rica em madeira, e onde se encontram gorilas. A sul do Zaire e bacias do Kuanza, Kuango e Kuito, afluentes do rio Cassai, predomina a floresta e savana. Na zona planáltica encontra-se a floresta aberta

com vegetação e fauna características. Mais a sul está o deserto do Namibe onde se pode encontrar uma espécie vegetal, única no Mundo, a *Welwistchia mirabilis*.

Entre as espécies da fauna selvagem, realce para a Palanca Negra, animal raro que se encontra na província de Malanje. Existem também o elefante, o leão, a pacaça, o leopardo, zebra, impala, girafa, veado, hiena, entre outros, espalhados por diversos parques naturais.

Angola é também rica em belezas naturais que proporcionam paisagens espetaculares destacando-se as formações rochosas, várias quedas de água, com destaque para as de Kalandula (Malanje), lagoas e rios. O país é rico em recursos minerais e o seu subsolo abriga muitos minerais importantes para o comércio mundial como o petróleo, diamantes, gás natural, ferro, cobre e ouro.

2.1 Produção animal em Angola

A bibliografia disponível sobre a produção animal em Angola é muito escassa. De qualquer modo pareceu-nos conveniente fazer uma pequena introdução ao tema que se baseia, inevitavelmente, na publicação de Dias *et al* (2012).

A pecuária em Angola beneficia de condições adequadas para o seu desenvolvimento. O ambiente é favorável para um bom desempenho dos animais. As chuvas caem abundantes em alturas precisas do ano, a luminosidade elevada, a temperatura estável acima de 20 °C, os custos da terra são baixos e os produtores interessados em produzir. Há um outro fator importante, Angola tem condições excelentes para efectuar transumância de gados, que agora com paz é possível desenvolver.

No entanto, quando a atividade é desenvolvida em áreas menos favoráveis, em sistemas tradicionais, sem os cuidados de manejo necessários e em sistemas de pastagens naturais com baixos índices de produtividade, apresenta por norma índices zootécnicos reduzidos, o que provoca baixa eficiência económica e biológica do uso da terra, além de efeitos ambientais indesejáveis como: perda do vigor, queda da disponibilidade da forragem, ocorrência de infestação de plantas invasoras, ocorrências de pragas e a degradação do solo. O sobrepastoreio origina a degradação do solo com a alteração da sua estrutura, evidenciada pela compactação e a consequente diminuição das taxas de infiltração e capacidade de retenção de água, causando erosão e assoreamento de nascentes, lagos e rios (Macedo 1999). A Figura 2 resume muito bem este processo.

A figura abaixo ilustra essa visão:

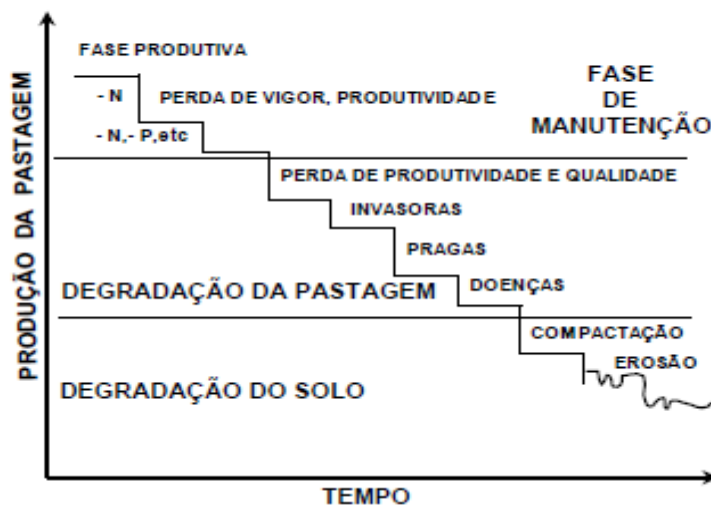


Figura 2. Representação gráfica simplificada do processo de degradação de pastagens em determinadas etapas no tempo (Macedo, 1999).

A exploração pecuária em Angola aumentou significativamente nos últimos anos. Mudou também a tecnologia, por exemplo com a importação de animais de raça pura, especialmente do Brasil. Apesar dos notórios avanços alcançados na zootécnia angolana, há ainda muito por fazer, sobretudo no aperfeiçoamento das técnicas de criação animal e na adequação do manejo das explorações agropecuárias. Estes aspetos, associados à falta de organização dos registos zootécnicos e a todos os condicionalismos relacionados com a prevenção sanitária e biossegurança, vêm contribuindo decisivamente para a ineficiência operacional da atividade agro-pecuária nacional.

A produção pecuária enfrenta um outro grave problema, a penúria alimentar na estação seca. Continua a vigorar tanto no sector tradicional como no empresarial, o regime de fole ou seja, a engorda no período das chuvas e o emagrecimento no período seco. De facto, o emagrecimento chega a atingir mais de 30% do peso vivo do gado com elevadas consequências económicas (Dias *et al*, 2012).

As raças locais estão adaptadas às condições climáticas do país, a uma alimentação com pouca qualidade nutricional, à falta de água e têm a robustez física necessária para caminhar quilómetros em pastoreio itinerante e em transumância (Dias *et al*, 2012). As raças de elevada performance zootécnica estão muito menos adaptadas a este regime do que as raças tradicionais. Só quando as explorações pecuárias tiverem o regime de fole eliminado e o gado continuar a ganhar peso durante o período seco (por pouco que seja), é que se terá atingido um novo patamar, que aliado a outras técnicas de aumento da

produção e produtividade dos efetivos, possibilitarão aos criadores angolanos poder concorrer economicamente no mercado de carnes internacional (Dias *et al*, 2012). Sem aumentar a disponibilidade e a qualidade do alimento animal no período seco é impensável a criação de raças melhoradas.

Em Angola são encontradas explorações um pouco por todo país, estando as maiores localizadas no Centro e Sul. A bovinicultura em Angola é a atividade de maior valor económico no sector da produção pecuária.

Cerca de 90-95% do efetivo pecuário existente está concentrado a Sul do paralelo 14, mais precisamente nas províncias do Cunene, Namibe e Huíla e em menor escala em Benguela, Cuanza Sul e Cuando Cubango (Dias *et al* 2012) (Figura 3).

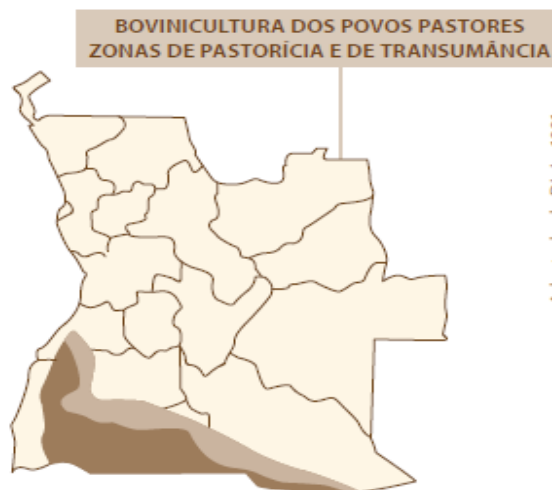


Figura 3. Zona de maior concentração do efetivo bovino (Dias *et al*, 2012).

Nas províncias do Cunene e Namibe predominam os pastos doces enquanto nas outras províncias são progressivamente substituídos por pastos mistos e acres (Figura 4).

No entanto, o volume forrageiro não é diretamente proporcional ao número de animais. Este fenómeno provoca um desequilíbrio do ecossistema da região que leva à aridez destas áreas tornando-as pouco produtivas sendo as épocas de seca cada vez mais severas (Dias *et al*, 2012).



Figura 4. Tipologia das pastagens naturais de Angola (Dias *et al*, 2012).

Em Angola são explorados nos sistemas tradicionais biótipos do grupo Sanga, predominando os cruzamentos dos biótipos Mucubal e Humbe assim como de outros ainda não devidamente analisados (Kwaniama, Mumuhuila, Mocho de Quilengues) (Figuras 5).



Figura 5. Gado do biótipo Sanga na Província da Huíla (Foto do autor).

Com o advento da independência o abandono das fazendas determinou que muito do gado de raça que lá se encontrava fosse usado pela população local generalizando-se os cruzamentos com o gado tradicional. Tudo indica que os cruzamentos com Zebú vingaram uma vez que existem esporadicamente no sector tradicional (Dias *et al*, 2012).

As províncias do Planalto Central (Huambo e Bié) têm vindo progressivamente a ser repovoadas com gado proveniente do Sul. O primeiro objetivo é utilizar-se este gado na tração (charrua) e o segundo a reprodução. As províncias do Norte além de comprarem gado do Sul possuem alguns biótipos locais (ainda não analisados) tais como o Catete e o Mocho de Malange, sendo ainda pouco frequente a presença de gado tolerante ao tripanossoma (Ndama e Daomé) (Dias *et al*, 2012).

No que toca ao sector empresarial que se dedica à pecuária de corte no Sul de Angola (Figura 6), normalmente inicia a sua atividade adquirindo novilhas ao sector tradicional que vai progressivamente cruzando com raças zebuínas. As raças zebuínas que ultimamente têm sido mais utilizadas são o Nelore, Brahman, Simbrah e Bonsmara. No entanto há de tudo um pouco neste sector ou seja, desde alguns produtores que se dedicam só a raças puras zebuínas (incluído a Nguni) a outros que utilizam raças europeias puras não preconizadas para as condições ecológicas do Sul (p. ex. Limousine). O maior negócio deste sector baseia-se nos leilões efetuados nas feiras de gado, onde se vende gado de reprodução a criadores que vêm de outras províncias ou a outros em fase de arranque. É vendido tanto gado de produção própria como gado adquirido na Namíbia, recriado e ou engordado e acabado nas fazendas (Dias *et al*, 2012).

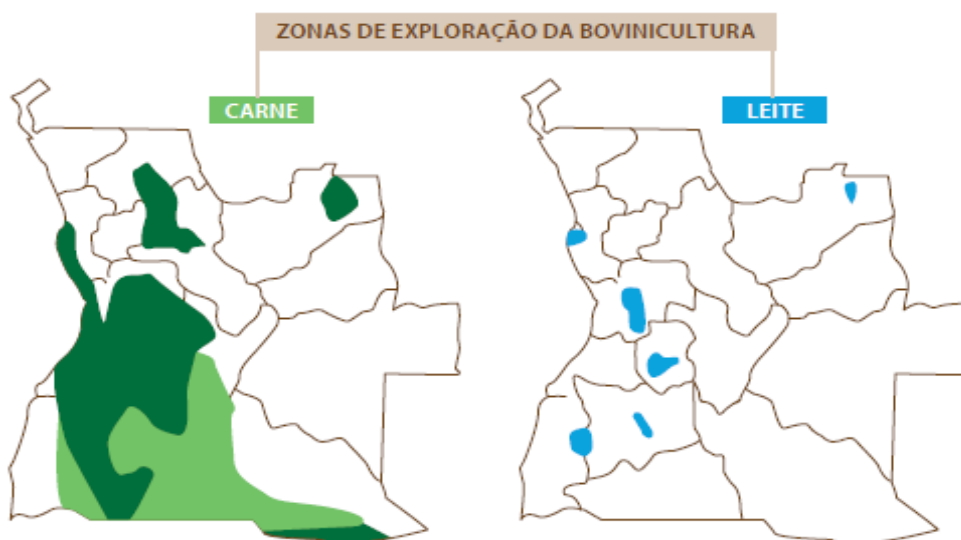


Figura 6. Zonas de implantação da exploração da bovinicultura de carne e leite em Angola (Dias *et al*, 2012).

No que toca à produção de leite em termos de utilização de raças de aptidão leiteira (Frísia, Jersey ou mistas), esta só é possível em áreas de fomento direto de toda a cadeia produtiva por parte do Estado, como é o caso do Projeto Aldeia Nova. De facto, a falta de fomento à produção leiteira no sector empresarial determinou que a sua produção tivesse terminado. No entanto, no período das chuvas registam-se excedentes de leite no gado do sector tradicional, sendo vulgar a presença de populares a vender leite cru nas estradas (Dias *et al*, 2012). Na Figura 6 estão assinaladas algumas áreas com grande potencial para a produção de leite.

2.2 Sistemas de produção

Os sistemas de produção de gado bovino de Angola podem ser divididos em três grandes grupos:

- **Extensivo:** neste sistema, os animais pastam livremente e consomem apenas o alimento que encontram nas pastagens, sem qualquer intervenção técnica alimentar e sanitária.
- **Semi-extensivo:** os animais para além de pastarem livremente já têm suplementação mineral, já se conservam alimentos (silagens e feno) e também já se maneja as pastagens.
- **Intensivo:** os animais são mantidos em cativeiros com um manejo alimentar, sanitário e reprodutivo rigoroso.

Extensivo – O sistema extensivo é o único utilizado em Angola na pecuária de corte com duas variantes o pastoril e o *ranching*. Tanto num como outro predomina o aproveitamento máximo dos recursos naturais. No pastoril as instalações resumem-se a simples abrigos de pernoita do gado e de retenção de bezerras durante a primeira fase de vida. Não existem despesas de mão-de-obra uma vez que esta é familiar e do bairro ou aldeia. O gado é mantido em liberdade durante o dia regressando aos currais normalmente ao fim da tarde e não havendo separação de classes. A principal preocupação dos pastores são dar de beber o gado, (especialmente no período seco) e a condução para áreas de pasto. As transumâncias e o pastoreio itinerante são uma prática corrente no Sul de Angola e uma forma de adaptação às disponibilidades de água, pastagem e, em alguns casos, a afloramentos salinos naturais. O programa profilático limita-se a uma vacinação anual gratuita fornecida pelo Estado contra as 3 principais patologias. Trata-se de um sistema idêntico ao praticado por populações pastoris em outros países africanos da zona do Sahel (Dias *et al*, 2012).

No sistema de *ranching* existem variações de manejo consoante o estado organizativo das explorações sendo no entanto a força de trabalho assalariada. Existem as que praticam um sistema idêntico ao do pastoril e que nem vedação periférica têm nas

fazendas, os que possuem alguns parqueamentos e algumas práticas de manejo (separação de algumas classes, época de cobrições, época de desmama) e os que já investiram no melhoramento dos recursos naturais (pastagens naturais), suplementação mineral, infraestruturas (número apreciável de parques para rotações), e sistemas de manejo mais apropriados incluindo programas profiláticos mais completos (Dias *et al*, 2012).

Semi-extensivo - Em Angola só foi praticado a nível do sector empresarial e para a produção de leite com gado de raças leiteiras ou mistas.

Correspondia a fazendas de pequenas dimensões onde agricultores eram simultaneamente produtores de leite. O gado durante o dia aproveitava os resíduos e restolhos das culturas agrícolas, as pastagens artificiais cultivadas (mais a luzerna e capim elefante), já se produziam fenos e silagens e era fornecida suplementação mineral. Os concentrados eram destinados às vacas em lactação. As infraestruturas resumem-se à manjedouras e bebedouros, um local de ordenha e pequenos parques nas proximidades destas instalações (Dias *et al*, 2012).

A força de trabalho era repartida entre familiar (no início dos colonatos) e assalariada; do ponto de vista sanitário existiam muitas insuficiências principalmente em termos de programas profiláticos, sendo a tuberculose a brucelose, e as mamites, problemas constantes. Atualmente na Aldeia Nova existe um modelo semelhante ao referido sendo no entanto todos os fatores de produção fornecidos pelo projeto ou seja, os beneficiários só participam com a mão-de-obra (Dias *et al*, 2012).

Intensivo - O sistema intensivo só é viável em casos especiais, quando há falta de espaço e o preço da terra é muito elevado ou, para vacas de alta produção, onde a alimentação, volumosa e concentrada, deve ser fornecida na manjedoura. A manutenção de boas condições higiénicas e sanitárias é mais difícil, assim como a necessidade de mão-de-obra é maior.

Recomendável para explorações de leite, em parte, ou para explorações mais próximas de zonas urbanas, dentro das legislações sanitárias (Dias *et al*, 2012).

Existe este tipo de exploração na bacia leiteira da Cela no projeto aldeia nova no município com mesmo nome província do Cuanza Sul os animais são mantido em confinamento durante toda a fase produtiva toda a ração e suplementos minerais são administrados nos comedouros (Figura 7).



Figura 7. Produção intensiva de leite na Cela Cuanza Sul (Foto do autor).

A adoção de mecanismos para incentivar a substituição do sistema extensivo de pecuária pelo sistema semi-intensivo de criação de gado deve ser questionada e incentivada a fim de que, nos próximos anos, esse sistema possa ter melhor destaque e ser adotado de maneira ampla por pequenos, médios e grandes produtores.

Contudo, o que está de facto em causa para os tipos de produção (carne ou leite) é o aumento da produtividade dos dois sectores (empresarial e tradicional), através de medidas de fomento e de uma assistência técnica eficaz (zootécnica e veterinária), dirigida de acordo com as especificidades de cada sector (Dias *et al*, 2012).

Devidas as irregularidades das chuvas e a degradação dos solos na maior parte do território nacional a disponibilidades das pastagens e forragens em Angola tem sido um problema muito grave uma vez que a erva apenas cresce com as chuvas. Durante este período nota-se uma grande disponibilidade de alimento com qualidade e o mesmo se vai perdendo com o término do período das chuvas quando a erva perde o vigor e passa a senescência das folhas tornando-se inadequada para a alimentação dos animais. É nesta época que começa a luta pela necessidade de conseguir alimentos que em muitas das vezes os animais tem que percorrer distâncias para conseguir alguma erva verde para se alimentar e em determinados momentos são forçados a transumância. A hidroponia é resposta técnica estas dificuldades.

2.3 Composição química das pastagens e forragens tropicais

As pastagens constituem a base da dieta dos ruminantes na grande maioria dos sistemas de produção das regiões tropicais. Na composição botânica destas pastagens, é encontrada uma ampla variação de espécies na sua grande maioria representadas por gramíneas e leguminosas, que podem ser nativas ou cultivadas, cujas qualidades nutritivas são muito variáveis. Tais variações de qualidade ocorrem não somente entre

géneros, espécies ou cultivares, mas também, com as diferentes partes das plantas, estágio de maturidade, fertilidade do solo e com as condições locais e estacionais (Dias, 1997).

A eficiência da utilização destas plantas forrageiras pelos animais está na dependência de vários fatores, entre os quais podemos citar como mais significativos, a qualidade e a quantidade de forragem disponível na pastagem e o potencial produtivo do animal. Quando a disponibilidade de forragem e o potencial animal não são limitantes, a qualidade da pastagem é definida pela produção por animal, estando diretamente relacionada com o consumo voluntário e com a disponibilidade dos nutrientes contidos na mesma.

A definição mais adequada de qualidade da forragem é a que relaciona o desempenho do animal com o consumo de energia digestível (ED), e neste contexto temos o valor nutritivo, que refere-se ao conjunto formado pela composição química da forragem, sua digestibilidade e a natureza dos produtos de digestão (Reis et al., cit. Dias, 1997).

Segundo Minson (1990) citado por Dias, 1997, as gramíneas de clima tropical possuem teores de proteína bruta inferiores ao das espécies de clima temperado. Grande parte destas gramíneas, apresentam teores de PB inferiores a 100g.kg^{-1} de MS que pode ser insatisfatório para o atendimento das exigências de alguns níveis de produção de leite e crescimento.

O baixo nível de PB verificado nas gramíneas de clima tropical é devido à via fotossintética C_4 , altas proporções de caule e de feixes vasculares das folhas. As leguminosas com anatomia foliar típica das espécies C_3 , apresentam teores proteicos mais elevados, em torno de 166g.kg^{-1} de MS, sendo por este motivo frequentemente recomendadas para a formação de associação com gramíneas tropicais, visando entre outras, o aumento da disponibilidade de proteína bruta para os animais em pastoreio.

As forrageiras de clima tropical, em relação às espécies de clima temperado, são caracterizadas por apresentarem baixos teores de hidratos de carbono solúveis, e pela elevada proporção de parede celular, conseqüentemente, de hidratos de carbono estruturais. O elevado conteúdo de parede celular das gramíneas tropicais está associado a aspetos de natureza anatómica das espécies em razão da alta proporção de tecido vascular característicos das plantas C_4 (Van Soest, 1994).

Os níveis de cálcio nas gramíneas de clima tropical são mais reduzidos que nas leguminosas. Em ambas as espécies verificam-se aumentos relativos nas concentrações de cálcio com o avançar da maturidade das plantas forrageiras. Contudo, admite-se que o cálcio nos tecidos destas plantas, presta-se à formação de sais insolúveis como o ácido oxálico, o que reduz drasticamente a sua disponibilidade para os animais.

Baixas concentrações de cálcio nas gramíneas de clima tropical, e altos níveis de ácido oxálico observado em algumas espécies, sugerem que a disponibilidade de cálcio pode limitar a qualidade da forrageira para a alimentação dos animais em pastoreio (Norton, citado por Dias 1997).

As gramíneas e leguminosas de clima tropical, são reconhecidamente pobres em fósforo, e as concentrações deste mineral declina com o avanço da maturidade a níveis que dependem da espécie forrageira, mas não dependem da aplicação de adubos fosfatados (Norton, citado por Dias 1997). A deficiência de fósforo relatada para as espécies forrageiras de clima tropical, não se deve apenas às características intrínsecas das plantas, mas também à pobreza neste elemento mineral observada na maioria dos solos das regiões tropicais, com reflexos marcadamente negativos sobre a produtividade dos animais em pastoreio.

As concentrações de magnésio mostram-se em geral mais elevadas em leguminosas de clima tropical em relação às gramíneas, contudo, sob condições tropicais, deficiências de magnésio nas pastagens, desencadeando problemas de tetania são incomuns (Underwood, 1983).

2.4 Alimentação dos ruminantes em Angola

As pastagens e forragens tropicais apresentam algumas limitações de natureza nutritiva que se refletem negativamente sobre a produção animal. Além disso, têm a peculiaridade de serem sazonais devido a alternância das épocas de chuva e de seca. Na época das chuvas há uma grande disponibilidade de pastagens e forragens de grande qualidade e que os animais podem pastar em condições favoráveis sem necessidades de suplementação proteica e mineral. Já na época seca acontece o contrário, nota-se uma diminuição ou quase inexistência da disponibilidade de pastagens e forragens devido a escassez de água no solo e a baixa qualidade da alimentação o que obriga em muitos casos a transumância ou o pastoreio itinerante (Figura 8).

A transumância nem sempre é feita por falta de pastagens nas zonas de produção em muitos casos está condicionado pela procura de pastagem de boa qualidade visto que muitas vezes pode mesmo haver pastos disponíveis mas devido ao seu estado avançado de lenhificação os animais já não apreciam.



Figura 8. Pastoreio itinerante na região dos Ramiros em Luanda (foto do autor)

Em muitas das vezes a solução passa por aproveitar a época das chuvas em que há abundância de alimentação para conservar em forma de feno ou silagem para fornecer em períodos de carência alimentar, mas nem sempre essa prática é a mais adequada tendo em conta as condições edafoclimática das regiões tropicais.

O que condiciona a conservação do feno ou silagem nas regiões tropicais é o fato de que na altura em que a erva está apta ao consumo animal, e quando ela contém as reservas nutritivas, chove muito e os solos ficam encharcados, não possibilitando a entrada das máquinas para o corte e transporte; e quando a chuva para, a erva já não possui conteúdos celulares para os animais.

A conservação do feno nos trópicos torna-se ainda complicada visto que os locais de armazenamento tornam-se em esconderijos de animais perigosos como ratos, cobras e outros. Além disso, nos trópicos não é possível obter boa qualidade destes alimentos conservados, uma vez que esta prática requer um rigor nas infra-estruturas onde se armazenem de modo a conservar a temperatura e humidade do ar para garantir que não se desenvolvam os microrganismos que degradam a qualidade do feno e da silagem.

Como muitas das vezes os pequenos produtores não conseguem um capital financeiro para suportar os encargos do corte, transporte e conservação do feno e silagem, a solução pode passar pela produção de forragem hidropónica, que pode ser produzida durante todo ano e com baixo custo mesmo em condições de carência de água.

A partir de um conhecimento mais aprofundado das limitações existentes e das suas reais implicações na produção animal, pode-se propor alternativas que produzam melhorias nos sistemas produtivos, incrementando a produtividade animal nos sistemas pastoris.

A maioria dos trabalhos sobre qualidade de forragens de clima tropical, indicam que dietas exclusivas à base de pastagem, só conseguem garantir níveis de produção leiteira, e ganho de peso relativamente baixos.

A utilização de espécies forrageiras de alta produtividade, devidamente adubadas e manejadas, podem suportar altas taxas de lotação, o que pode garantir por outro lado, a obtenção de elevadas produções por unidade de área.

3. Forragem Verde Hidropónica (FVH)

Em vários países as produções de forragem em hidroponia vêm sendo utilizadas para a suplementação animal (Henriques, 2000; Santos, 2004; FAO, 2001) sendo um alimento verde de alto paladar para qualquer animal e de excelente valor nutricional (Santos, 1987).

O termo *hidroponia* provém da palavra grega *hidrophono*, em que *hidro* significa água e *phono*, trabalho. A primeira vez que foi praticada este tipo de agricultura foi em Inglaterra, por Allen Cooker, em 1965. Entretanto, a Austrália ocupa o lugar de destaque como um dos maiores produtores a nível mundial (Fausto, 2007).

Um grande número de experiências comerciais e práticas mostraram que é possível substituir parcialmente os contributos da matéria seca de forragem obtidos por métodos convencionais, bem como aqueles a partir de grãos secos e concentrados por forragem verde hidropónica.

Experiências realizadas pela FAO (2001) com fornecimento de forragem hidropónica para animais, demonstraram que esta é uma opção eficiente. Por exemplo: em cordeiros desmamados, obteve-se ganho médio diário de peso de 0,240kg, enquanto a dieta sem forragem hidropónica proporcionou ganho de 0,187kg/dia; em vacas leiteiras, houve um aumento de 18% na produção de leite. Em coelhos, substituindo a ração na proporção de 80%, o tempo para o abate e a economia no custo de produção reduziram em 50%.

Segundo, houve um aumento da produção de aves de capoeira (galinhas, patos, gansos, etc.) sobre a utilização de forragem verde hidropónica, conseguindo assim substituir entre 30-40% da dose de ração peletizada, mas riscos associados a fezes líquidas excretadas e fermentação aeróbica de estrume, odores locais, aumento de insetos indesejáveis e aumento de doenças respiratórias, especialmente no verão, em casos de uso excessivo da forragem verde hidropónica.

A eficiência do sistema de produção forragem verde hidropónica é muito alta.

Estudos feitos no México (Lomelí, 2000), com controlo do volume de água para aplicar, luz, nutrientes e dióxido de carbono, mostraram que a partir de 22 kg de sementes de trigo é possível obter em uma área de 11,6 m² (1,89 kg de sementes /m²) uma produção ótima de 112 kg de forragem verde hidropónica por dia (9,65 kg forragem verde

hidropónica/ m².dia). Em todos os resultados acima mencionados, o sistema de produção forragem verde hidropónica tornou possível obter uma maior qualidade da carne; aumento do peso vivo na data de abate; aumento na proporção de pelos nas primeiras coelhas velo; maiores volumes de leite; aumento da fertilidade e diminuir os custos de produção por substituição de parte da ração por forragem verde hidropónica (Perez, 1997; Sanchez, 2000).

Segundo PPL (2017), a forragem verde hidropónica, vem assim responder a uma questão transnacional, “como podemos continuar a produzir alimentação (animal e humana) sem continuar a esgotar os solos e tendo em conta a diminuição de água doce no mundo”?

O cultivo de forragem hidropónica é uma tecnologia de produção de biomassa obtida por meio da germinação de sementes viáveis e do crescimento inicial de plantas (FAO, 2001). Destaca-se por ser constituída por plantas de crescimento acelerado, com ciclo curto de produção, elevado rendimento de biomassa fresca e de excelente qualidade nutricional, por esta se encontrar em fase inicial de formação (Sandia, 2003; Santos et al., 2004).

As plantas cultivadas convencionalmente, no solo, têm este meio como suporte mecânico, onde as raízes se ramificam e obtêm a água e nutrientes. Mas este fato também ocorre em hidroponia, em que são utilizados materiais inertes, onde o caule (parte aérea) ficará fora e as raízes fixadas nestes e imersas numa solução nutritiva. São feitas adaptações para cada tipo de cultura empregue e arquitetura das raízes, sem que haja limitação no desenvolvimento da planta (Boaretto, 2008).

O cultivo de forragens hidropónico é feito em bandejas ou covas onde são colocados os suportes ou substratos por onde as raízes se vão desenvolver, constituindo assim o suporte das plantas.

No uso de covas, há a necessidade de forrar com filmes plásticos para permitir que a solução nutritiva não se infiltre no solo.

O cultivo de forragem hidropónica é recomendado para regiões com baixa disponibilidade de água devido ao seu baixo consumo, 3-4 L/m²/dia, e para regiões muito frias, com solos de baixa fertilidade. Outros fatores como a necessidade de produção em curto prazo, baixo custo da mão-de-obra, a eliminação do uso de pesticidas e a redução das tarefas inerentes à produção e conservação de forragens podem influenciar também na escolha do cultivo hidropónico (Henriques, 2000; Santos, 2004; FAO, 2001).

Pode-se produzir forragem hidropónica de espécies como o milho e o sorgo em diversas condições ambientais.

A produção da forragem hidropónica de milho surgiu na necessidade de obter forragem de boa qualidade e palatabilidade nos períodos críticos de disponibilidade das pastagens nativas e/ou cultivadas, causadas pela irregularidade da distribuição e frequência das chuvas.

A forragem hidropónica é constituída por plantas de crescimento acelerado com ciclo curto de produção, elevado rendimento de biomassa fresca e excelente qualidade nutricional, por se encontrar em fase inicial de formação, podendo ser produzida durante todo o ano. O seu aspeto, sabor, cor e textura conferem grande palatabilidade aumentando a assimilação de outros alimentos (Santos et al., 2004; FAO, 2006).

O cultivo hidropónico de forragens faz-se com soluções nutritivas, na ausência ou na presença de substratos naturais ou artificiais (Fagioli, 2006). Essa técnica tem despertado interesse crescente, devido ao grande desafio de aumentar a produção de alimentos e fibras, explorando a mesma área de solo, poucos recursos hídricos e condições climáticas difíceis, reduzindo os impactos ambientais. Além disso, de maneira geral, a hidroponia é uma tecnologia economicamente acessível e potencialmente lucrativa. Recentemente, a técnica hidropónica foi adaptada para a produção de forragem de milho, para servir de alimento a bovinos na época da seca, com custos de produção mais baixos do que as pastagens convencionais, e com um valor nutritivo alto, principalmente em proteínas, devido à fase em que as plantas são colhidas e disponibilizadas para a alimentação dos animais.

Para forragem hidropónica, geralmente são utilizadas plantas de crescimento rápido, com ciclo curto de produção e elevado rendimento de biomassa fresca, apresenta excelentes características de composição bromatológica. Geralmente, constitui uma dieta completa de hidratos de carbono, açúcares, proteínas, minerais e vitaminas. Seu aspeto, sabor, cor e textura conferem grande palatabilidade aumentando a assimilação de outros alimentos (FAO, 2001).

Em vários países, as produções de forragem em hidroponia vêm sendo utilizadas para suplementação da dieta animal (Henriques, 2000; Santos, 2004; FAO, 2001).

3.1 Vantagens e desvantagens do cultivo hidropónico de forragens

A forragem hidropónica é o resultado de um processo de germinação de sementes de gramíneas, geralmente cereais (cevada, milho, sogo, trigo, aveia e outras espécies), que se desenvolvem num período de 10 a 15 dias, captando energia do sol e assimilando os minerais contidos numa solução nutritiva. Essa forragem possui excelente qualidade, quando administrada aos rebanhos na sua totalidade (sementes, folhas, caules, raiz e substrato). É importante ter presente que os grãos não podem ser diretamente dados aos

animais porque provocam uma descida do pH do rúmen e acidose ruminal, um acidente potencialmente fatal para os ruminantes.

O método hidropónico é uma fonte alternativa que possibilita ao produtor, de forma prática e económica, o cultivo de gramíneas para obtenção de forragem, o ano todo. Entretanto, informações mais exatas são escassas quanto à qualidade de forragens hidropónicas crescidas em diferentes substratos e soluções nutritivas. A obtenção dessas informações é importante, pois a utilização de forragem hidropónica de alta qualidade permitirá ao produtor, especialmente aquele que dispõe de pequenas áreas, manter e aumentar a produtividade de seus rebanhos, independentemente das variações climáticas sazonais, resultando em maior estabilidade da produção (Zorzan, 1996).

Além dos fatores nutricionais, também é interessante considerar os fatores económicos.

Conforme Portela et al. (2002), os produtores que conseguem produzir mais no inverno (época seca) recebem remuneração maior pelo produto no decorrer do ano, o que possibilita reinvestirem na atividade. Ao contrário, os produtores descapitalizados tendem a limitar-se à manutenção das condições em que vêm sobrevivendo.

A utilização de substratos e soluções nutritivas mais baratos e de fácil acesso aos produtores é fundamental para que a hidropónica de forragens seja economicamente viável.

Segundo Henriques (2000), a grande vantagem do uso de forragem hidropónica é sua alta produção de biomassa fresca por área, sendo que a forragem hidropónica de milho pode atingir mais de 6.000 t por hectares durante o ano.

Araújo et al (2008) afirma que a utilização de substratos e solução nutritiva mais baratos e de fácil acesso aos produtores é fundamental para que a forragem hidropónica seja economicamente viável.

Resumindo, a hidroponia que é uma técnica de produção sem solo permite utilização de uma grande densidade de plantas, obter elevada produtividade, permite produzir plantas com bom aspeto sabor e de elevada qualidade nutricional, reduz a presença de pragas nas plantas e a consequente aplicação de pesticidas, é pouco exigente em mão de obra podendo mesmo ser produzido em todas as épocas do ano, favorecendo melhores preços de venda do produto.

Mas esta técnica também apresenta algumas desvantagens uma vez que se utiliza matérias como plástico de filme que pode ser roído por ratos e outros insetos que provocam roturas e permitir a perda de água e da solução nutritiva afetando o crescimento e o valor nutricional da forragem; aquelas culturas que são feitas em ambientes normais existem também as perdas dos nutrientes por evaporação, nos primeiros dias quando ainda não há folhas os pássaros e outros animais comem as

sementes, as superfícies onde são colocadas as bancadas e bandejas ou mesmo as covas devem ser bem niveladas para evitar que a solução nutritiva esteja distribuída de forma proporcional.

3.2 Espécies e densidades de sementeira

Pode-se produzir forragem hidropónica de espécies como arroz, aveia, cevada, centeio, milheto (massango), milho, trigo e sorgo (massambala) em diversas condições ambientais. Entretanto, são escassas as informações relacionadas à densidade de sementes para cada espécie cultivada, bem como a idade ideal para se colher o material produzido. Um dos aspetos de relevância na produção da forragem hidropónica de milho diz respeito à quantidade de sementes que deve ser utilizada por unidade de área (Rocha et al 2014).

Conforme o trabalho experimental da FAO (2001), em que a espécie utilizada, para a produção de forragem hidropónica, foi o milho, a densidade de sementeira ótima deste está entre 2,2 à 3,4 kg/m². Quanto ao efeito da densidade na qualidade nutritiva da forragem, Isepon et al (2002) não obtiveram diferenças significativas para o teor de proteína bruta, fibra em detergente neutro e ácido em forragem hidropónica de milheto cultivado com densidades de sementeiras 2,0 e 3,0 kg/m². Os mesmos autores também não encontraram diferenças significativas na produção de biomassa seca, no teor de proteína bruta e na fibra bruta. Já Amorin et al (2001), ao avaliar forragem hidropónica de milho, com densidade 1,0 e 2,0 kg/m² obtiveram maior teor proteico na densidade mais elevada.

O aumento da densidade de sementeira até 2,8 kg de sementes de milho/m² para produção de forragem hidropónica de milho, em substrato casca de arroz, eleva a produção da matéria natural e o teor de proteína bruta e contribui para redução dos teores de matéria seca, matéria mineral, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido da forragem produzida (Rocha et al 2014).

Os resultados são divergentes de autor para autor porque todos estes valores variam com as espécies, cultivares, densidade de sementeira, soluções nutritivas, condições ambientais e substratos, significando que a implementação da técnica independentemente das condições do local tem que ser sempre antecedida de ensaios experimentais.

3.3 Substratos

O substrato, ou meio de crescimento, refere-se aos materiais utilizados para o desenvolvimento da semente, os quais devem ser capazes de sustentar as plantas em condições fisiológicas ótimas e absorver nutrientes às plantas. Os substratos podem ser confeccionados a partir de diferentes matérias-primas, sejam elas de origem mineral, orgânica ou sintética, de um só material ou de misturas de diversos materiais (Andrade et al., 2002). Entre os materiais utilizados como substrato, o aproveitamento de resíduos da agro-indústria disponível é uma opção de baixo custo, além de auxiliar na redução do acúmulo no ambiente, pois além de serem considerados potenciais problemas ambientais, representam perdas de matéria-prima e energia, exigindo investimentos significativos para controlar a poluição (Lima et al., 2007; Pelizer et al., 2007).

A meta final de um substrato é produzir uma biomassa de alta qualidade, em menor tempo e a baixo custo (Abreu et al., 2002). Entre as propriedades físicas utilizadas para caracterizar um substrato merecem destaque a densidade e a relação entre a fração sólida e o espaço poroso. As características do espaço poroso, por sua vez, determinam o espaço de aeração e a capacidade de retenção de água pelo substrato. Uma vez que o substrato esteja no recipiente, e a planta esteja crescendo, é praticamente impossível modificar suas características físicas básicas, enquanto as características químicas dos substratos podem ser modificadas mediante técnicas de cultivo adequadas (Bardhan et al., 2008).

Segundo Araújo et al. (2007), as características desejáveis de componentes orgânicos usados na confecção dos substratos são as seguintes: grande quantidade de microporos, que aumentam a capacidade de retenção de água; textura adequada, para que não haja compactação excessiva; capacidade de troca catiónica relativamente alta, no sentido de auxiliar na retenção e troca de nutrientes; e baixo peso (baixa densidade aparente), para facilitar o transporte e o manuseamento.

Oliveira et al. (2001), avaliando a produção de forragem de milho, utilizando rama de *Cajanus cajan* (feijão muhenga) e bagaço de cana como substratos, em duas quantidades (2 e 4 kg de matéria seca m²) e com colheita aos 22 dias após a sementeira, concluíram que a qualidade do substrato utilizado influenciou diretamente na qualidade da forragem produzida. Por exemplo, a palha de arroz utilizada como substrato, aumenta a digestibilidade só pelo facto de ser triturado

Os principais materiais usados como substratos podem-se citar a palha de trigo e de arroz triturada, o bagaço de cana-de-açúcar, a casca de arroz, serra de madeira, casca ou fibra de coco, farelo de milho, a rama de feijão *Cajanus cajan*, fezes de bovinos, capim elefante.

3.4 Soluções nutritivas

A solução nutritiva representa a diluição em água dos elementos pré-determinados para a boa nutrição da planta, onde os nutrientes ficarão disponíveis para absorção (Alberoni, 1998).

O azoto (N) é um dos principais nutrientes para manutenção da produtividade das forrageiras, pois é constituinte essencial dos aminoácidos, proteínas, hormônios e clorofila, além de ser um dos nutrientes mais extraídos pelas plantas (Lavres, 2001) e participar diretamente no processo fotossintético, por meio de sua presença na molécula de clorofila (Werner, 1994).

Não existe uma solução nutritiva única e melhor para o cultivo de uma determinada espécie ou variedade, uma vez que os mecanismos de absorção, transporte e distribuição dos nutrientes mudam de acordo com a espécie, variedade, estação do ano e estágio de desenvolvimento da cultura (Teixeira, 2010).

Segundo Alberoni (1998), existem alguns fatores que devem ser controlados na solução nutritiva para o completo e perfeito desenvolvimento da planta. A temperatura não deve ultrapassar os 30°C, sendo que a faixa ótima ao bom desenvolvimento das plantas é de 18°C a 24°C, em períodos quentes (verão), e de 10°C a 16°C, em períodos frios (inverno). Temperaturas muito acima ou abaixo desses limites causam danos às plantas, bem como uma diminuição na absorção dos nutrientes e, conseqüentemente, uma menor produção.

Outro fator muito importante é a oxigenação da solução nutritiva. É preciso oxigenar a solução constantemente para obter um bom nível de absorção dos nutrientes. Quando se dissolvem sais na água, sua pressão osmótica aumenta, ou seja, a tendência que a solução tem de penetrar nas raízes diminui, até o ponto que deixa completamente de penetrar e começa a retirar a água das plantas. Isso ocorre pelo fato de a água se movimentar de um meio hipotônico para um meio hipertônico ou, seja, de um meio menos concentrado para um meio mais concentrado em sais. Por isso, a solução deve conter os nutrientes nas proporções adequadas, mas suficientemente diluídas para não causar danos ao desenvolvimento das plantas (Neves, 2009).

Alberoni (1998) destaca ainda a necessidade de controle da condutividade elétrica (CE) da solução, uma vez que a CE determina quanto de adubo há na solução (quantidade de iões). Quanto mais iões tiverem na solução, maior será a CE. Os valores ideais da CE na solução ficam na faixa de 1,5 a 3,5 mS/cm, que corresponde aproximadamente 1.000-1.500 ppm de concentração total de iões em solução. Valores acima dessa faixa são prejudiciais à planta, enquanto valores inferiores indicam a deficiência de um ou mais elementos nutritivos, embora não se saiba quais e em que quantidade. A resposta só pode ser obtida com a análise química laboratorial da solução nutritiva. O autor destaca

ainda que o pH da solução nutritiva é tão importante quanto a CE, pois geralmente as plantas não conseguem sobreviver com valores abaixo de 3,5 e seu crescimento é deprimido com ambientes muito ácidos ainda que o pH seja acima de 3,5. Os efeitos do pH podem ser diretos, quando houver a ação de íons H^+ sobre as células; ou indiretos, quando afeta a disponibilidade de íons essenciais para o desenvolvimento da planta.

A composição dos ingredientes da solução nutritiva, descrita pela Oficina Regional da FAO para a América Latina e Caribe, Manual Técnico (FAO, 2001), é constituída por duas soluções concentradas, em g/L (Quadro 1) solução concentrada A: fosfato mono amônio 34; nitrato de cálcio 208; nitrato de potássio 110, solução concentrada B: sulfato de magnésio 61,5; sulfato de cobre 0,06; sulfato de manganês 0,31; sulfato de zinco 0,15; ácido bórico 0,775; molibdato de amônio 0,0025; quelato de ferro 6,25. Utilizou-se, nas fertirrigações, 0,83 mL da solução A e 0,83 mL da solução B, completando-se o volume com água, para um litro.

Quadro 1. Teor de nutrientes no sal utilizado na solução nutritiva

Sal mineral	Quantidade (g)	Nutriente principal	Teor de nutriente (mg/g)
Fosfato mono amônio	34	P	7.6
Nitrato de cálcio	208	Ca	42.27
Nitrato de potássio	110	K	35.31
Sulfato de magnésio	61.5	Mg	10.31
Sulfato de cobre	0.06	Cu	0.02
Sulfato de manganês	0.31	Mn	0.09
Sulfato de zinco	0.15	Zn	0.036
Ácido bórico	0.775	B	0.11
Molibdato de amônio	0.0025	Mo	0.0011
Quelato de ferro	6.25	Fe	1.04
		S*	14.27
		N*	45.54

Fonte: Adaptado de FAO, (2001) forragem verde hidropónica. (*) soma dos parciais dos sais que contêm esse elemento.

3.5 Valor nutritivo da forragem hidropónica

Na produção de forragem hidropónica de milho sobre substrato de capim-elefante, Balieiro et al. (2000) e Pereira et al. (2003) obtiveram teores de 11,7 e 13,1% PB na MS, colhida aos 16 e 22 dias, respetivamente.

Amorim et al. (2005), analisando os teores de hemicelulose e celulose na forragem hidropónica de milho produzida sobre três substratos, obtiveram, respetivamente, para o

bagaço de cana-de-açúcar hidrolisado 32,1 e 31,3% na MS; 29,4 e 31,4% na MS para a gama e 28,6 e 31,6% na MS para a cama de frango. Os ruminantes são bons conversores de energia digestível dos principais constituintes da FDN, celulose e hemicelulose, sendo a maior parte da celulose digerida no rúmen, enquanto considerável porção da hemicelulose é fermentada nos intestinos.

Portanto, o conhecimento do potencial nutritivo, além da composição bromatológica e digestibilidade *in vitro*, da forragem verde hidropônica de milho, é necessário para que a sua utilização como suplemento possa ser considerada uma opção interessante no aumento da produtividade dos rebanhos.

4. Análises dos alimentos ou bromatologia

Segundo Hart et Fisher (1991), a análise consiste na resolução dos alimentos nas suas partes imediatas ou terminais.

De acordo com Van Soest (1994) não basta que o alimento tenha os devidos nutrientes, estes deverão ser ingeridos, digeridos e estarem disponíveis para que o animal os possa utilizar. Do ponto de vista bioquímico, a digestibilidade é uma função cumulativa da disponibilidade de nutrientes líquidos (Van Soest 1994).

Segundo Church *et al* (1977), a água não contém azoto ou energia. Por outro lado os alimentos naturais têm um teor em água extremamente variável. Para se poderem comparar os diferentes alimentos, é necessário que os parâmetros analisados sejam expressos em relação a quantidade de matéria seca.

4.1 Sistema de Weende

O esquema químico de análise das diferentes frações dos alimentos para animais mais conhecido e utilizado, foi introduzido a aproximadamente um século, por Henneberg e Stohmann da estação experimental de Weende, na Alemanha. Ficou conhecido como análise imediata ou sistema de Weende (McDonald et al 1993).

De acordo com McDonald et al (1993), graças aos modernos métodos de análises, que incluem técnicas cromatográficas e espectrofotométricas, é possível determinar individualmente hidratos de carbono, proteínas, lípidos minerais e vitaminas. No entanto, para Ferreira (1982) uma estimativa com base numa fração quimicamente pura, poderá não ser melhor do que a obtida com uma fração bruta do alimento. Van Soest (1994) refere que todos os métodos têm as suas próprias limitações.

Considerando tratar-se de frações analíticas e não de entidades químicas bem definidas, de acordo com Hart et Fisher (1991), faz todo o sentido os analistas usarem a designação “Bruta”, para caracterizar estas frações (por exemplo “ proteína Bruta”).

Segundo McDonald et al (1993), o fracionamento analítico dos alimentos pelo sistema de Weende, segue o seguinte esquema geral explicitado na Figura 9 e no Quadro 2.

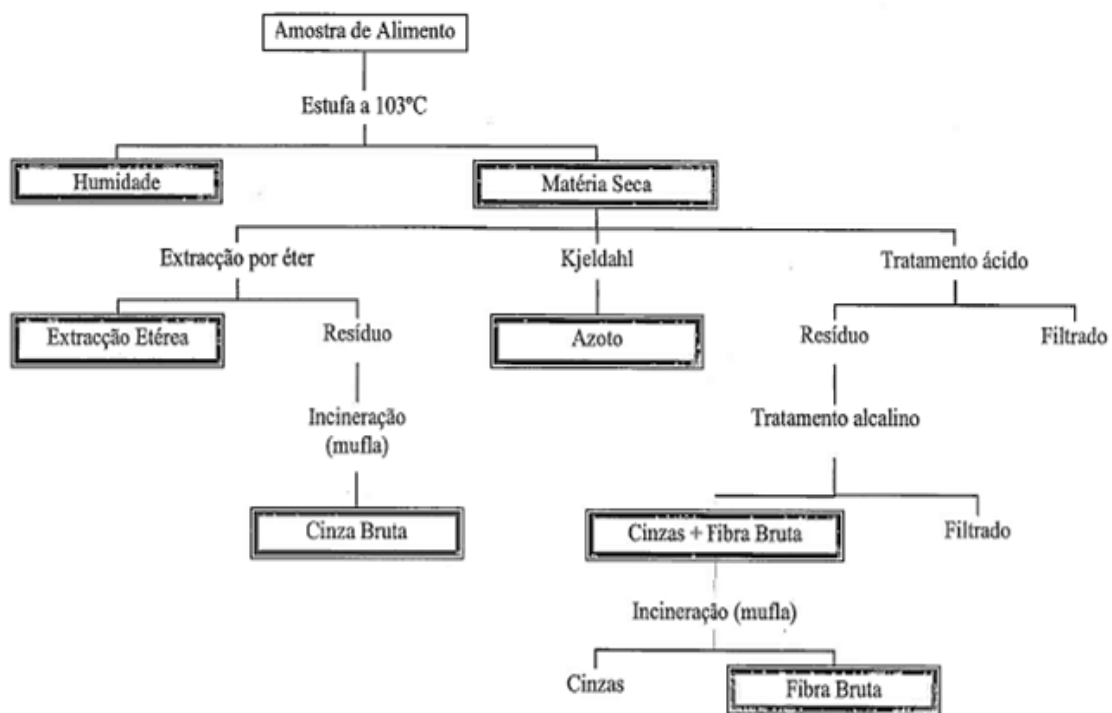


Figura 9. Esquema analítico do sistema de Weende adaptado de Church et Pond (1977).

De acordo com McDonald et al (1993), a análise dos alimentos mediante este sistema, não permite isolar compostos químicos mais sim frações analíticas, sob o ponto de vista bioquímico e nutritivo bastante heterogéneo para as diferentes espécies zootécnicas.

Quadro 2. Composição das diferentes frações analíticas do sistema de Weende (McDonald et al., 1993)

Fração do sistema de Weende	Fracionamento bioquímico dos alimentos
Humidade	Água (ácidos e bases voláteis se existirem).
Cinzas Brutas	Minerais (macro e microelementos e sílica).
Proteínas Bruta	Proteínas, aminoácidos, aminas, bases azotadas, glicolípidos, vitamina B e ácidos nucleicos.
Gordura Bruta	Gorduras, óleos, ceras, ácidos orgânicos, pigmentos, esteróis, vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K).
Fibra bruta	Celulose, hemiceluloses, lenhina*
Extrativos não Azotados	Celuloses, hemiceluloses, lenhina, açúcares solúveis, frutanas, ácidos orgânicos, e vitaminas hidrossolúveis.

Nota: A *lenhina* não é um hidrato de carbono, é um polímero natural (fenilpropano), com a função de proteção (Van Soest, 1994).

Humidade

Segundo Hart *et* Fisher (1991), a água sendo a fração melhor definida de um alimento, é difícil de determinar. A água ligada (água de constituição e da camada monomolecular), não se extrai sem danificar as estruturas biológicas, sendo conveniente falar de teor de água ou humidade, e referida ao método de determinação usado.

Para Hart *et* Fisher (1991), durante a secagem, também se perdem outras substâncias voláteis (ácidos gordos voláteis, etc. e certas reações químicas que ocorrem durante esta operação (reações de Maillard, alguns açúcares decompõem-se a temperaturas superiores a 70°C), ocasionam variação de peso.

O teor de água ou de humidade é, por convenção, a perda de massa expressa em percentagem, que sofre uma determinada amostra submetida á secagem em estufa a 103°C- 105°C, até peso constante.

Cinzas Brutas

Segundo Suvant (1990), o teor em cinzas brutas é o resíduo obtido apos a incineração do alimento, a 550°C durante 6 horas. Esta temperatura corresponde a um compromisso de medição, onde certas partículas (S,P) podem permanecer no resíduo obtido, enquanto substâncias minerais como os cloretos podem evaporar-se.

Para Suvant (1990), o teor em cinzas só serve para a avaliação, por diferença da matéria orgânica contida num alimento, não tem significado para a apreciação da alimentação mineral dos animais, sobretudo em P, Ca e Mg; casos em que se procede a doseamentos

específicos dos diversos elementos minerais. As cinzas brutas não representam nem quantitativamente nem qualitativamente a matéria inorgânica (McDonald *et al.*, 1993).

Proteína Bruta

Segundo McDonald *et al.* (1993), os prótidos são os constituintes estruturais dos seres vivos, participando em funções (catalíticas, síntese, regulação e etc.) importantes.

O conteúdo em proteína num alimento depende da natureza e origem. Sendo de natureza vegetal, depende essencialmente da variedade e das condições culturais em que se dá o desenvolvimento da planta, nomeadamente a aplicação ou não de adubos azotados e as características dos solos (Demarquilly & Andrieu, 1990).

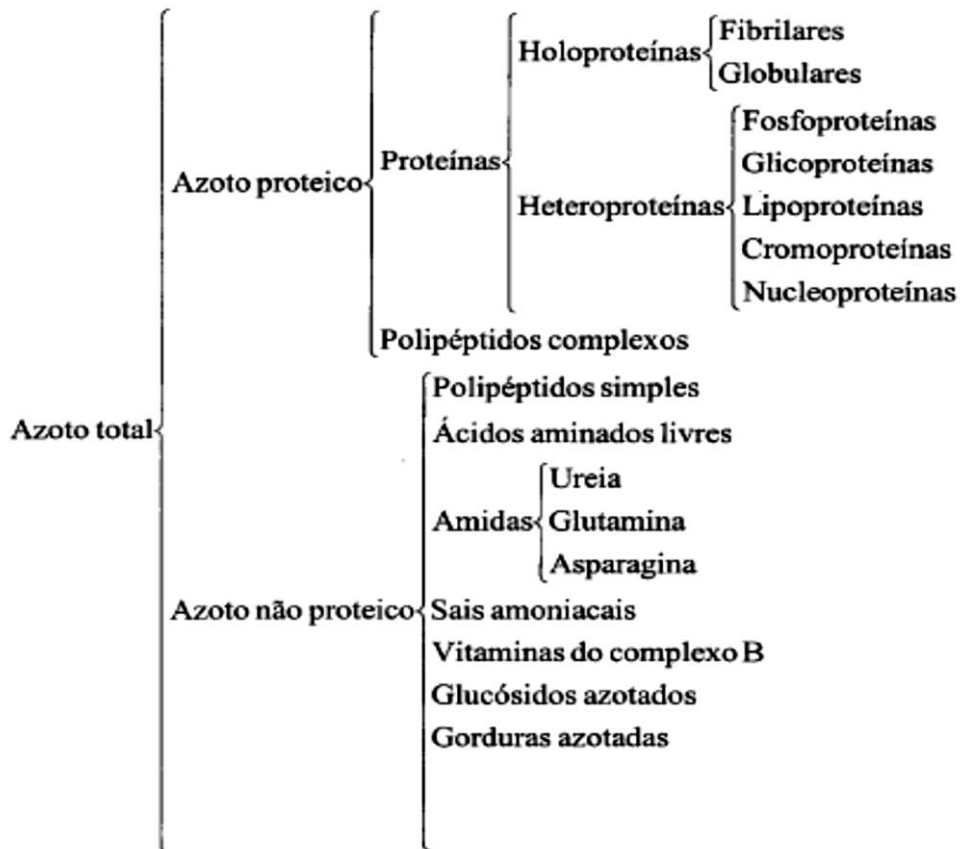


Figura 10. Constituintes azotados de um alimento (McDonald *et al.*, 1993).

Segundo McDonald *et al* (1993), o azoto alimentar está em formas bastantes diversas. A fração proteína bruta, integra substâncias proteicas e não proteicas em proporções variáveis conforme os alimentos.

A distribuição dos constituintes azotados de um alimento, que poderão fazer parte da fração do azoto total, processa-se na forma descrita na Figura 10.

Segundo Church *et al* (1977), o azoto total é determinado de acordo com o método de Kjeldahl (Figura 10), depois da amostra sofrer uma digestão pelo ácido sulfúrico, na presença de catalisadores. A proteína bruta é determinada multiplicando a percentagem de azoto total pelo factor 6,25 o que pressupõe que as proteínas possuem 16% de azoto.

Segundo Rego (1998), a forma de calcular o conteúdo em proteína dos alimentos a partir de seu teor em azoto total, baseia-se em dois pressupostos:

- Todo o azoto do alimento está presente em forma de proteína;
- Todas as proteínas alimentares possuem 16% de azoto.

Para Rego (1998) ambos os pressupostos são falsos na medida que:

- O valor da proteína bruta calculado não corresponde à verdadeira proteína, pois o azoto determinado por este método resulta também de outras fontes, que não são proteínas, tais como os compostos solúveis de azoto (Quadro 3 como das diferentes frações).
- O teor médio em azoto, da proteína dos diversos alimentos, apresenta valores variáveis que por vezes se afastam muito do 16% (Quadro 3).

Quadro 3. Origem das proteínas (Cramton & Harris cit. Rego, 1998).

Origem	% de Azoto na Proteína	Factor de Conversão
Oleaginosas	18,5	5,4
Cereais	17,0	5,9
Folhas de plantas	15,0	6,6
Animal	16,0	6,25

Apesar da heterogeneidade da fração proteína bruta não fornecer indicação qualitativa sobre a composição azotada dos alimentos, este método presta uma indicação do azoto suscetível de ser utilizado pelos monogástricos e pelos ruminantes (Rego 1988).

Para Rego (1998) exceptuam-se os casos, em que a proteína tinha sido alterada por ação do calor (reação de Maillard), esteja bloqueada por fatores anti nutricionais (taninos,...) ou exista uma fração apreciável do azoto ligado à lenhina.

Segundo McDonald et al (1993), existe pouca justificação para continuar a utilizar, em nutrição, o termo “ proteína bruta”. Seria mais logico expressar a necessidades dos animais e composição dos alimentos em termos de azoto total, o que evitaria algumas confusões.

Gordura Bruta

Segundo Church et al (1977), a fração correspondente à gordura bruta determina-se, submetendo o alimento a uma extracção com éter de petróleo (Figura 8). O resíduo resultante, após a evaporação do solvente, constitui a gordura bruta do esquema analítico de Weende.

Para além das gorduras verdadeiras o éter de petróleo extrai pigmentos (clorofila, xantofila e caroteno), ceras ácidos orgânicos e álcoois. Por isso é errado designar o extracto etéreo de gordura McDonald et al (1993).

De acordo com Jarrige (1990) a gordura bruta não se doseia nas forragens. O teor em lípidos não é significativo, não representa mais que 1,5% a 3,0%, em relação a matéria seca, nas gramíneas e 2,5% a 4,5% nas leguminosas, sendo principalmente constituído por pigmentos.

Fibra Bruta

Para determinar esta fração (Church *et al*, 1977) submetem a amostra ao ataque de um ácido (ácido sulfúrico) e de uma base (hidróxido de sódio) de concentrações definidas (Fig.9). O resíduo orgânico, resultante da hidrólise sucessiva em meio ácido e meio alcalino, constitui a fibra bruta (McDonald *et al*, 1993).

De acordo com Rego (1988) é nos doseamentos dos hidratos de carbonos que existem fortes razões para criticar o Sistema de Weende. A ideia do método, baseada na solubilidade da fibra face a soluções ácidas e alcalinas como sinónimo de utilização digestiva uniforme e que a fibra era a fracção indigestível dos alimentos, depressa caiu em desuso. Parte da fibra bruta pode ser digerida e utilizada pelos ruminantes (Rego, 1988).

Para McDonald *et al*, (1993), no doseamento da fibra bruta, a celulose é praticamente insolúvel, mas a maior parte da hemicelulose é solubilizada, bem como uma fração variável de lenhina. As frações solubilizadas, em quantidades variáveis dependem da

espécie vegetal e da sua fase de desenvolvimento, vão fazer parte dos extrativos não azotados (Quadro 2).

Segundo Rego (1988) dada as limitações do seu significado nutricional, a fibra bruta tem vindo progressivamente a ser substituída pelo sistema de Van Soest.

Extrativos não azotados

De acordo com Rego (1988), tanto a fibra como os extrativos não azotados não representam entidades bem definidas, quer sob ponto de vista da composição química quer nutricional (Quadro 2). Acontece que em alguns alimentos, os extrativos não azotados supostamente representativos dos glúcidos digestíveis, têm uma digestibilidade mais baixa do que a fibra (Rego, 1988).

Os extrativos não se denominam analiticamente (Church *et al* 1977), calculam-se por diferença, acumulando os erros das determinações anteriores, de acordo com as equações que se seguem:

Os extrativos não azotados calculam-se através das expressões:

$$\text{ENA} = 100 - (\text{CB} + \text{PB} + \text{GB} + \text{FB})$$

ou

$$\text{ENA} = 100 - (\text{CB} + \text{PB} + \text{GB} + \text{NDF})$$

Em que:

ENA= extrativos não azotados;

CB= cinzas brutas;

PB= proteína bruta;

GB= gordura bruta;

FB= fibra bruta.

Segundo Galvão (comunicação oral), a Fibra Bruta (**FB**) já não é utilizada na fórmula dos **ENA** e sim a Fibra Neutro Detergente (**NDF**) uma vez que esta é mais correta na medida em que esta tem incluída toda a fibra, ou seja a Hemicelulose, a Celulose e a Lenhina e a FB, que é determinada pelo método de Weeende, só apresenta parte da Celulose, pouca Lenhina e nenhuma Hemicelulose indo estas cair nos **ENA** que deve ser o melhor para os animais.

4.2 Sistema de Van Soest

De acordo com Rego (1988), Van Soest propôs um sistema analítico (Figura 11, esquema Analítico do sist. Van Soest) simultaneamente coerente, rápido e preciso; que fraciona a fibra dos alimentos em duas grandes categorias de compostos bem distintos, quer sob ponto de vista químico quer nutricional.

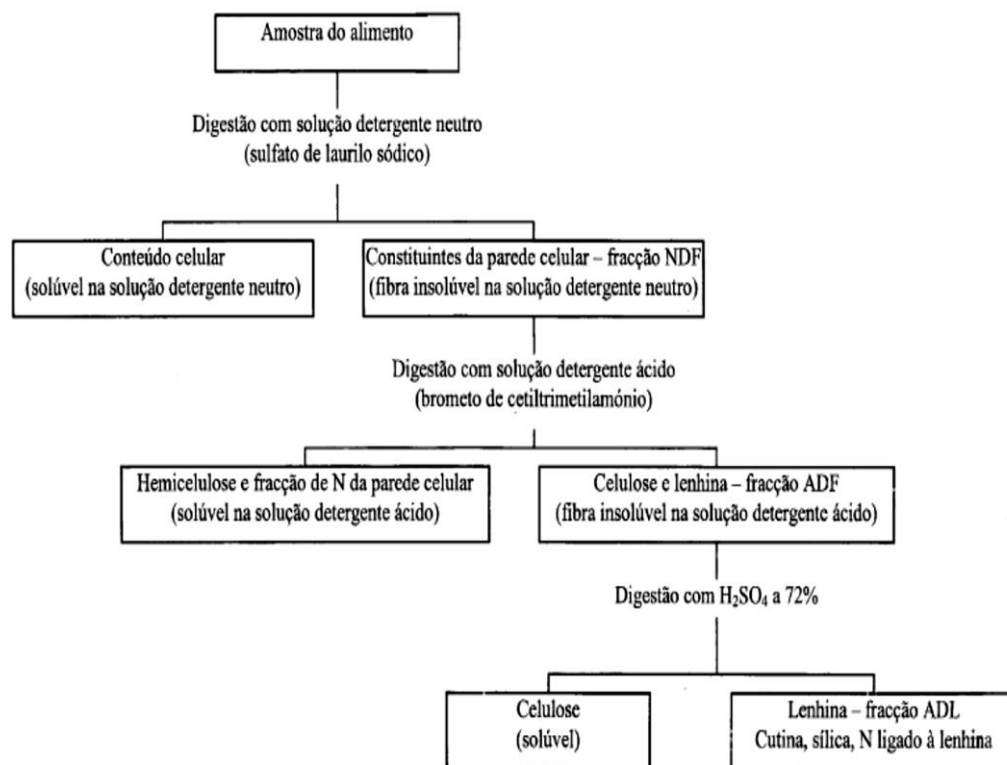


Figura 11. Esquema analítico do sistema de Van Soest (Rego, 1998).

Segundo Van Soest (1976) citado por Rego (1998), a fibra dos alimentos pode se definido sob ponto de vista nutricional, como a fração da matéria orgânica insolúvel não utilizável pelas enzimas animais. Foi baseado neste conceito, claro e inequívoco, que propôs o novo sistema de fracionamento da matéria orgânica das forragens, que tem vindo a ter aceitação crescente nos principais laboratórios em todo o mundo (Rego 1998)

Segundo Rego (1998), o sistema de Van Soet considera dois grandes grupos de compostos:

- Um grupo formado pelo conteúdo célula solúvel no detergente neutro, que integra um conjunto de substâncias para as quais existe capacidade enzimática no organismo de todos animais, capaz de as digerir em graus muito elevado (Quadro 4). Estudos com forragens e fezes demonstraram que a digestão da fração do conteúdo celular, é quase completa e independente da lenhificação da parede celular.
- Um grupo insolúvel em detergente neutro, que define no seu conjunto a parede celular vegetal. Inclui substâncias como a celulose e a hemicelulose, que são utilizadas em extensão considerável, pelas espécies animais possuidoras de capacidades fermentativas ruminal. A celulose e a hemicelulose só não são completamente utilizáveis pelos ruminantes devido a lenhificação da parede celular, que provoca um declínio na digestibilidade proporcional ao avanço da maturação das plantas.

Quadro 4. Fracionamento e utilização digestiva dos alimentos (Rego 1998)

Fração	Composição bioquímica dos alimentos	Utilização digestiva	
		Ruminantes	Não Ruminantes
Conteúdo celular (solúvel na solução detergente neutro)	-Lípidos -Açúcares, ácidos orgânicos e outras substâncias solúveis em água -Amido -Substâncias azotadas não proteicas -Proteína solúvel -Pectina (1)	Virtualmente completa	Muito elevada
Constituintes da parede celular (insolúvel na solução detergente neutro)	-Hemicelulose -Celulose	Parcial	Muito baixo
	-Lenhina -Cutina -Compostos azotados ligados a lenhina --Proteína alterada pelo calor -Sílica (2)	Indigestível	Indigestível

(1) - Pectina, fazendo parte da parede é solubilizada pela solução detergente neutro.

(2)- Sílica, presente no citoplasma é solubilizada pelo detergente neutro.

Para Rego (1998), esta fração inclui outras substâncias, como a lenhina, quitina, sílica, e azoto ligado à lenhina ou alterado pelo calor, que são indigestíveis para todas as espécies animais. A pectina solúvel no detergente neutro, fazendo parte na estrutura da parede, não se associa à lenhina e pode sob ponto de vista nutricional ser considerada, pertencente à fração solúvel na solução detergente neutro (Quadro 4).

Segundo Rego (1988), de acordo com sistema analítico de Van Soest (Figura 11), o resíduo do NDF é formado pelo somatório da hemicelulose, celulose, lenhina, cutina e algum azoto ligado a parede celular. A fração solúvel na solução detergente neutro, representativa do conteúdo celular, determina-se por diferença:

$$\text{Conteúdo celular (\%)} = 100 - \% \text{ NDF}$$

O resíduo insolúvel na solução detergente ácido, representa essencialmente, o somatório de celulose e da lenhina (Rego, 1998). A fração solúvel qualifica a percentagem de hemicelulose na amostra:

$$\text{Hemicelulose (\%)} = \% \text{ NDF} - \% \text{ ADF}$$

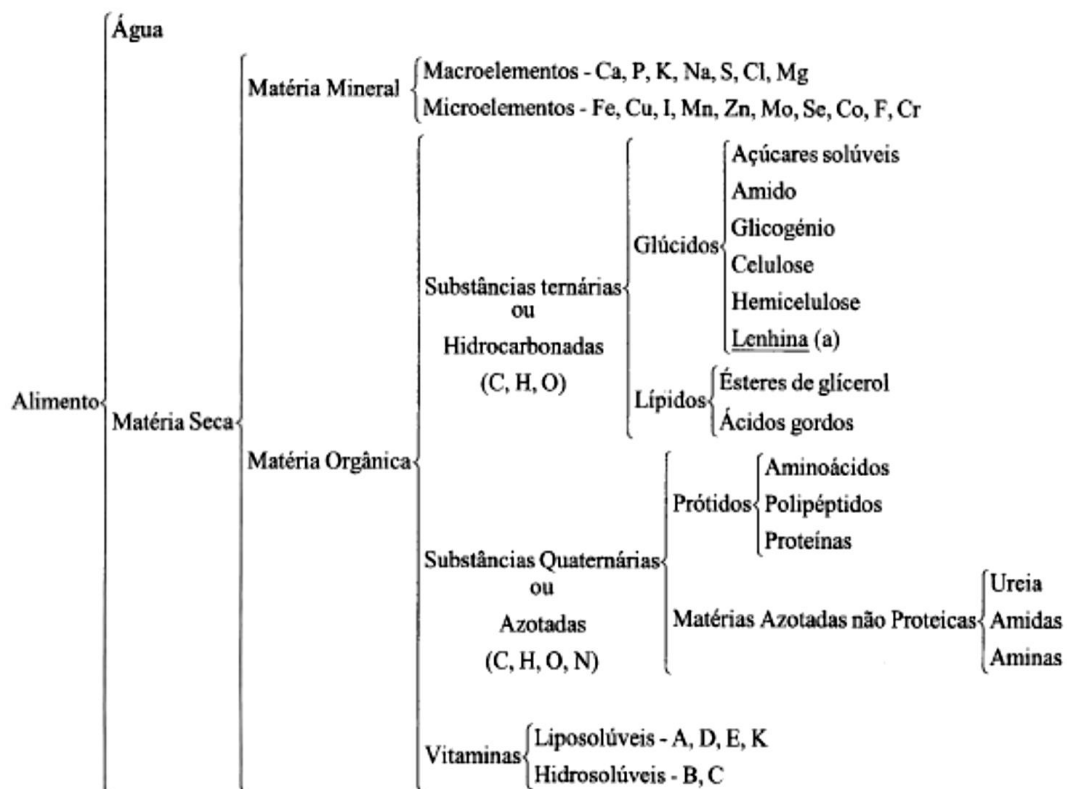
De acordo com Rego (1998), a determinação do ADF não representa só uma determinação de fibras, mas sim o mais importante passo preliminar para a determinação da lenhina. Para a determinação da fração ADL, procede-se ao ataque da fração ADF com ácido sulfúrico a 72%. A fração solúvel a celulose:

$$\text{Celulose (\%)} = \% \text{ ADF} - \% \text{ ADL}$$

O resíduo insolúvel (ADL) representa a fração da parede celular indigestível, constituída por lenhina, cutina, azoto ligado a lenhina e cinza insolúvel (Rego, 1998).

5. Composição dos alimentos

Os principais constituintes dos alimentos são a água, matéria seca (podendo ser orgânica e inorgânica). Da matéria orgânica fazem parte as proteínas, hidratos de carbono lípidos e vitaminas sendo a matéria inorgânica constituída exclusivamente por minerais (Jarrige 1990).



Nota: A *lenhina* não é um hidrato de carbono, é um polímero natural (fenilpropano), com a função de proteção (Van Soest, 1994).

Figura 12. Esquema representativo das diversas frações e constituintes dos alimentos. (Fonte McDonald, 1993)

5.1 Água

A água é uma das substâncias mais importante para o funcionamento do organismo. Se houver perda de uma décima parte da água que constitui o organismo, ocorre a morte.

Sendo indispensável para a vida dos seres, não tem qualquer valor alimentar (Martinez, 1978).

A quantidade de água nos alimentos tem uma grande variação, desde os alimentos verdes, que podem conter cerca de 90%, sendo exemplo disto o pasto tenro e verde, até aos alimentos secos ou concentrados, que contêm um teor de humidade que quase nunca ultrapassa os 10% - 15%, sendo exemplo disso os grãos de cereais e fenos previamente secos. O grande interesse em conhecer o teor em água passa por várias vertentes.

Em primeiro lugar, alimentos muito hidratados, não só podem causar transtornos digestivos aos animais, como estes tem que ingerir uma grande quantidade de erva, para conseguirem assimilar uma pequena quantidade de matéria seca.

Em segundo lugar prende-se com armazenamento, já que em ambiente natural é impossível conservar um alimento muito rico em água, sem que este fermenta rapidamente, desenvolvendo bolores que se lhe retiram toda a qualidade e podem provocar transtornos digestivos muito graves, no caso de os animais os ingerirem (Menegon *et al*, 1985).

5.2 Hidratos de carbono

Os hidratos de carbono são os principais constituintes das plantas, correspondendo de 50 a 80 % da MS das forragens e cereais. As características nutritivas dos hidratos de carbono das plantas forrageiras dependem dos açúcares que os compõem, das ligações entre eles estabelecidas e de outros fatores de natureza físico-química.

Assim, os hidratos de carbono das plantas podem ser agrupados em duas grandes categorias conforme a sua menor ou maior degradabilidade, em estruturais e não estruturais respetivamente (Van Soest, 1994).

Incluem os grupos dos hidratos de carbono não estruturais, aqueles hidratos de carbono do conteúdo celular tais como os mais simples como glicose e frutose, e os hidratos de carbono de reserva das plantas, como o amido, a sacarose e as frutanas. Os hidratos de carbono estruturais, incluem aqueles encontrados normalmente constituindo a parede celular, representados principalmente pela pectina, hemicelulose e celulose, que são normalmente os mais importantes na determinação da qualidade nutritiva das forragens (Van Soest, 1994).

Hidratos de carbono não estruturais

A acumulação de hidratos de carbono solúveis nos tecidos das plantas ocorre quando, a taxa de formação de glicose, durante o processo fotossintético excede a quantidade necessária ao crescimento e respiração.

Quantitativamente o hidratos de carbono não estrutural mais importante dos alimentos é o amido, entretanto seus níveis nas partes aéreas das forragens são muito reduzidos. Contrariamente ao que ocorre com gramíneas e leguminosas de clima temperado, que acumulam principalmente sacarose e frutanas e em menor proporção amido, especialmente no caule, as espécies de clima tropical, acumulam principalmente amido e sacarose tanto nas folhas quanto nos caules. O amido acumulado por estas espécies, têm uma solubilidade bem mais reduzida, do que, por exemplo, o amido acumulado nas

raízes e sementes, devido ao elevado conteúdo de amilopectina. Quantitativamente, essa acumulação de amido e demais hidratos de carbono não estruturais na parte aérea de gramíneas e leguminosas tropicais, é insignificante na maioria das espécies (Norton, s.d. cit. Dias, 1997).

Hidratos de carbono estruturais

A natureza e concentração dos hidratos de carbono estruturais da parede celular são os principais determinantes da qualidade da forragem. A parede celular pode constituir de 30 a 80 % da MS da planta forrageira, onde os mais importantes hidratos de carbono encontrados são a celulose, a hemicelulose e a pectina. Além disto, podem constituir a parede celular, componentes químicos de natureza diversa dos hidratos de carbono, tais como tanino, proteína, e lenhina. A lenhina é um polímero fenólico que se associa aos hidratos de carbono estruturais, celulose e hemicelulose, durante o processo de formação da parede celular, alterando significativamente a sua digestibilidade (Norton, s.d.) citado por Dias 1997).

Os níveis de hidratos de carbono estruturais são bem mais elevados em gramíneas do que em leguminosas, e menor nas folhas em relação ao caule. Com o avançar da maturidade verificam-se aumentos nos teores de hidratos de carbono estruturais e redução nos hidratos de carbono de reserva o que depende em grande parte às proporções de caule e folhas. Isso reflete-se na digestibilidade da forragem, que declina de maneira especialmente mais drástica nas gramíneas do que para as leguminosas (Reis et al., 1993).

5.3 Proteínas

As proteínas são compostos orgânicos extremamente complexos, formados fundamentalmente por carbono, hidrogênio, oxigênio e azoto. Contêm ainda enxofre, fósforo, e outros constituintes menores.

A Proteína Bruta (PB) das plantas forrageiras inclui tanto a proteína verdadeira quanto o azoto não proteico (ANP). A proteína verdadeira, dependendo da maturidade da planta, pode representar até 70% da PB nas forragens verdes. Por exemplo, atinge 60% da PB no feno e bem menores proporções no caso da silagem. O ANP inclui substâncias tais como a glutamina, o ácido glutâmico, a asparagina, o ácido aspártico, o ácido gama-amino-butírico, ácidos nucleicos e pequenas quantidades de outras substâncias azotadas tais como o próprio nitrato, que se constitui em componente cuja presença a níveis elevados nas forrageiras, requer especial atenção, em virtude dos seus efeitos tóxicos sobre os ruminantes. Existe ainda, uma pequena proporção de ANP que é insolúvel, pois está associada à lenhina na parede celular, sendo de baixa disponibilidade no

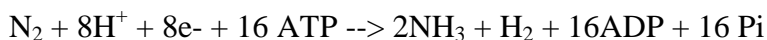
processo digestivo dos animais representando cerca de 5 a 10 % do azoto da maioria das forragens. A proteína verdadeira e o ANP das folhas são normalmente de elevada disponibilidade, assim como a sua qualidade (Heath et al., 1985).

O crescimento dos seres vivos está dependente de nutrientes minerais, e nenhum deles é mais importante que o N. O planeta é rico neste elemento – 79% da composição do ar é azoto molecular (N₂). Contudo o azoto atmosférico encontra-se numa forma indisponível, dado que a ligação tripla entre os 2 átomos de azoto assegura a esta molécula uma enorme estabilidade.

As plantas e animais obtêm, em última análise, o azoto que constitui as suas proteínas a partir da decomposição da matéria orgânica do solo ou incorporada no solo, de organismos fixadores de azoto ou de fertilizantes azotados. O azoto proveniente da decomposição de plantas e animais, é, na grande maioria das situações, insuficiente para uma agricultura intensiva.

A fixação de azoto tem lugar através de processos biológicos e não biológicos. Os sistemas biológicos fixam à volta de 100 a 170 milhões de toneladas anualmente, sendo este um valor que se manteve relativamente constante no último século. A fixação biológica de azoto é um processo natural exclusivamente realizado por microrganismos diazotróficos – que se alimentam de N₂ – que possuem uma enzima específica, a nitrogenase. O produto da fixação biológica de azoto, o azoto reduzido, é essencial para o crescimento e o desenvolvimento vegetal. Um tipo peculiar de bactérias diazotróficas – os rizóbios – estabelecem simbioses com leguminosas. Por esta razão, as leguminosas têm teores de PB superiores às restantes espécies forrageiras. De há muito que se conhece o papel melhorador das leguminosas nas rotações agrícolas e a sua importância nos sistemas de agricultura.

A fixação biológica de azoto é um processo energeticamente caro. Pode ser representado através da seguinte equação:



São produzidos 2 moles de amoníaco por cada mole de azoto gasoso consumido, à custa de 16 moles de ATP.

Nas plantas, a maior concentração de proteínas ocorre nas folhas, sendo de alto valor biológico e de composição aminoacídica de elevada qualidade, variando muito pouco entre espécies, e não se alterando significativamente, nem com o declínio dos teores de PB devido à maturação, nem com o aumento da PB em razão da aplicação de adubação azotada.

As proteínas das folhas são relativamente ricas em lisina, mas pobres em metionina e isoleucina, embora este aspeto qualitativo seja considerado de pouca importância para

ruminantes, em virtude da intensa degradação proteica e síntese a nível ruminal por força da atividade microbiana, é da maior relevância para a alimentação dos monogástricos (Norton, 1984).

As concentrações proteicas nas espécies forrageiras são maiores nos primeiros estádios fenológicos das plantas e declinam na medida em que as mesmas atingem a maturidade. O conteúdo de proteína na maturidade é função de diferenças entre espécies, nível inicial de proteína na planta, e das proporções de caule e folha da planta a esta idade. Algumas espécies mantêm elevados valores proteicos durante o desenvolvimento mas invariavelmente declinam na floração. Este declínio mostra-se mais lento para as leguminosas que para as gramíneas, possivelmente em razão do suprimento contínuo de azoto proporcionado pela simbiose com bactérias fixadoras de azoto do género *Rhizobium* (Norton, 1984).

5.4 Lípidos

Os lípidos quantitativamente importantes nas forragens incluem, principalmente, os triglicerídeos e os glicolípidos. Além destes, outras substâncias solúveis em éter, tais como ceras, pigmentos, alguns ácidos orgânicos e óleos essenciais, são encontrados em quantidades bastante reduzidas, entretanto, poderão apresentar algum efeito sobre as características de palatabilidade das plantas. Nutricionalmente, glicolípidos e triglicerídeos são importantes fontes de energia para os animais (Heath et al., 1985).

Os níveis de lípidos nas forrageiras tropicais são muito reduzidos, raramente excedendo 60 g.kg⁻¹ de MS, e os galactolípidos constituem cerca de 60 % desta fração. O ácido linolénico é o principal ácido gordo encontrado nos lípidos das forrageiras, representando de 60 a 75 % do total, seguido pelos ácidos linoleico e palmítico. As folhas são relativamente mais ricas que os caules em galactolípidos e triglicéridos, já as sementes mostram-se bastante ricas especialmente em triglicéridos, onde estes servirão de fonte energética condensada para a germinação (McDonald et al., 1995).

5.5 Minerais

Embora os elementos minerais não forneçam energia para os animais, desequilíbrios nas espécies forrageiras, em qualquer um dos 17 elementos considerados essenciais para os animais, podem limitar a digestão, absorção e utilização dos componentes da dieta, assim como, sob algumas circunstâncias, poderá provocar toxicidade para os animais (Norton, 1984).

A composição mineral das espécies forrageiras varia em função de uma série de fatores interdependentes, dentre os quais destacam-se: a idade da planta, o solo e as adubações feitas, diferenças entre espécies e variedades, estações do ano e sucessão de cortes (Gomide, 1976).

A baixa concentração de nutrientes minerais nas plantas forrageiras, pode decorrer da baixa disponibilidade do mineral no solo, reduzida capacidade genética da planta em acumular o elemento, ou ser indicativo da baixa exigência do elemento mineral para o crescimento da planta. Da mesma forma, elevadas concentrações ou níveis tóxicos de alguns minerais, na composição das forragens, são indicativos de excessos de disponibilidade no solo, capacidade genética ou fisiológica da planta para altas taxas de acumulação, ou ser indicativo de elevado requerimento para crescimento (Underwood, 1983).

As diferenças de composição mineral entre as espécies forrageiras, especialmente entre as gramíneas de clima tropical, não se mostram de grande magnitude salvo casos excepcionais (Gomide, 1976).

A variação do conteúdo mineral da planta forrageira, em consequência do avanço da maturidade, deve-se em parte à resposta a fatores internos inerentes às características genéticas da planta, e em parte, à resposta a fatores de natureza externa, principalmente ao clima e condições estacionais, que podem contudo ser modificadas por práticas de manejo e irrigação (Underwood, 1983). Segundo Gomide (1976), a prática da adubação de gramíneas e leguminosas é capaz de aumentar, pelo menos em tese, o teor mineral destas plantas. Também são frequentes os casos em que as plantas não respondem a adubação, ou seja, não revelam enriquecimento da sua composição mineral, e às vezes, mostram resultados inversos.

As plantas exigem elevadas proporções de potássio, cálcio, fósforo, magnésio, enxofre e sílica (macro elementos), e pequenas quantidades de ferro, cobre, manganês, molibdênio, zinco, cloro e boro (micro elementos).

As plantas e os animais diferem nas suas necessidades de minerais específicos. Os animais não exigem boro, mas necessitam de elevadas quantidades de sódio e cloro, e ainda pequenas proporções de cobalto, selênio, iodo, níquel e crômio, em adição àqueles minerais exigidos pelas plantas (Heath et al., 1985).

6. Fatores que afetam a qualidade das forragens

6.1 Compostos tóxicos

Podem ocorrer nas plantas forrageiras alguns fatores que reduzem a qualidade das plantas e que estão sempre presentes, mas podem ser tolerados pelos animais se as concentrações ficam restritas a determinados limites. Presença de fungos, alcaloides, taninos, nitratos e cianetos podem provocar reações tóxicas nos animais, tornar as forrageiras menos palatáveis, o que reduz o consumo, ou provoca redução da atividade microbiana do rúmen, reflectindo-se em menor digestibilidade da forragem (Van Soest, 1994).

Tais compostos podem ser encontrados em diversas espécies forrageiras de clima tropical pertencentes aos gêneros *Brachiaria*, *Cynodon*, *Cenchrus*, *Panicum*, *Pennisetum*, *Setária*, *Sorghum*, etc, contudo a maioria dos compostos destas plantas podem ser detoxificados no rúmen ou fígado dos animais (Rodrigues, 1986).

Nas forrageiras a lenhina é um dos fatores anti-qualitativos mais importantes, porque limita a extensão da digestão, formando complexos com a celulose e hemicelulose na parede celular, tornando-a indigestível. As concentrações de lenhina em gramíneas e leguminosas são diferentes, assim como os seus efeitos sobre a digestibilidade. Com digestibilidades semelhantes as gramíneas apresentam teores de lenhina inferiores às leguminosas (Heath et al., 1985).

Outro problema especificamente relacionado a espécie *Brachiaria decumbens* Stapf., forrageira de ampla utilização no Brasil, são as micotoxinas relacionadas ao fungo *Pithomyces chartarum* que produz fotossensibilidade nos animais mantidos em pastagens destas gramíneas (Rodrigues, 1986).

Segundo Van Soest (1994) o solo, o clima, o animal, e doenças influenciam no crescimento e na composição das plantas forrageiras. As plantas utilizam a energia solar para fixação do carbono dentro de suas estruturas, e a distribuição deste carbono, bem como da energia fixada dentro das partes da planta são amplamente afetadas por fatores externos do ambiente. Deste modo, o valor nutritivo e a qualidade da forragem são consequências destas condições.

Para a obtenção de forragens de qualidade superior é fundamental que sejam conhecidos os efeitos dos diferentes fatores de meio, a fim de que se possa adequar medidas de manejo com vista a atingir estes objetivos. Assim, aspetos como a individualidade das espécies, o estágio de desenvolvimento da planta, e a idade de corte, além da influência de fatores ambientais como clima e solo, são decisivos para a qualidade da forragem (Heath et al., 1985).

6.2 Diferenças entre espécies

Espécie forrageira diferentes crescendo nas mesmas condições ambientais demonstram características nutritivas diferentes (Van Soest, 1994).

As variações na composição química entre as espécies, são resultado da diversidade genética das plantas.

As leguminosas tropicais são mais ricas em PB, cálcio e fósforo que as gramíneas, o que explica em parte, o seu valor nutritivo mais elevado. As leguminosas quer sejam de clima tropical ou temperado apresentam teores proteicos similares, ao passo que as gramíneas de clima tropical, demonstram valores proteicos inferiores às de clima temperado (Reis et al., 1993).

Raramente são registados em gramíneas de clima tropical, níveis de parede celular, inferiores a 55 % e, valores de 65 % são comuns em plantas colhidas no estágio vegetativo, e de 75 a 80 % na maturidade. Comparativamente, as gramíneas de clima temperado mostram teores variando de 34 a 73 % (Moore & Mott, 1973, citados por Reis et al., 1993).

6.3 Clima

Os fatores de natureza climática que mais afetam a composição bromatológica das forrageiras são a temperatura, a luminosidade e a humidade.

Segundo Van Soest (1994), elevadas temperaturas, que são características marcantes das condições tropicais, promovem rápida lenhificação da parede celular, acelerando a atividade metabólica das células, o que resulta num decréscimo do pool de metabolitos no conteúdo celular, além de promover a rápida conversão dos produtos fotossintéticos em componentes da parede celular. São verificadas reduções nas concentrações de lipídios, proteínas e hidratos de carbono solúveis, e um aumento nos teores de hidratos de carbono estruturais de maneira generalizada nas espécies forrageiras, tendo como consequência, uma redução sensível dos níveis de digestibilidade. Os efeitos da temperatura são mais acentuados em gramíneas do que em leguminosas em razão da alta taxa de crescimento típica das espécies C4 e da elevada proporção de feixes vasculares.

A luminosidade garante o processo fotossintético e, conseqüentemente a síntese de açúcares e ácidos orgânicos, deste modo, independentemente da temperatura, a luminosidade promove a elevação nos teores de açúcares solúveis, aminoácidos e ácidos orgânicos, com redução paralela nos teores de parede celular, aumentando assim a

digestibilidade (Heath, 1985). No entanto, os efeitos das altas temperaturas são, em geral, mais decisivos sobre a qualidade da pastagem.

Os efeitos da disponibilidade de água nas plantas forrageiras são bastante variáveis. Severas restrições hídricas, paralisam o crescimento e induzem morte da parte aérea da planta, o que limitará a produção animal, tanto em razão da baixa qualidade quanto da disponibilidade da forragem. Por outro lado, deficiências hídricas suaves, reduzem a velocidade de crescimento das plantas, retardando a formação de caules, o que resulta em plantas com maiores proporções de folhas e conteúdo de nutrientes potencialmente digestíveis. Este efeito é evidente em gramíneas, uma vez que as leguminosas tendem a perder os folíolos com relativa facilidade mesmo sob deficit hídrico moderado o que reduz consideravelmente o seu valor nutritivo (Reis 1993).

Deficit hídrico moderado embora produza uma melhoria da digestibilidade das gramíneas, promove normalmente alguma redução de produtividade além de, eventualmente, tornar mais pronunciados os efeitos tóxicos de alcaloides e glicosídeos cianogénico que possam estar presentes em algumas espécies forrageiras (Van Soest, 1994).

6.4 Solo

Os efeitos do solo sobre as forragens podem ser avaliados sob dois aspectos: o da acumulação de minerais nas plantas, e da influência dos minerais no rendimento composição e digestibilidade da matéria orgânica das forragens. Plantas crescendo sobre diferentes solos demonstram diferentes balanços minerais que alteram sua composição e crescimento (Van Soest, 1994).

O nível de fertilidade do solo e a prática da adubação reflete-se na composição química da planta especialmente nos teores de PB, fósforo e potássio e conseqüentemente sobre a digestibilidade e consumo da forragem. Estes efeitos são no entanto mais marcantes sobre o rendimento de matéria seca da pastagem e menos sobre o valor nutritivo e composição da forragem (Reis., 1993).

6.5 Estádio de desenvolvimento e idade de corte

O estágio de desenvolvimento da planta apresenta ampla relação com a composição química e digestibilidade das forrageiras. Com o crescimento das forrageiras, ocorre um aumento nos teores de hidratos de carbono estruturais e lenhina, e na redução no conteúdo celular, o que invariavelmente proporcionará uma redução na digestibilidade. São alteradas as estruturas das plantas com elevação da relação caule/folha, onde as

plantas mais velhas apresentam maiores proporções de caules que de folhas, tendo portanto, reduzido o seu conteúdo em nutrientes potencialmente digestíveis (Reis 1993).

O processo de maturação que é acompanhado pela redução do valor nutritivo, pode ser acelerado pela luminosidade, temperatura, e humidade no solo, podendo ser por outro lado, retardado pelo corte ou pastoreio.

Contudo, as características genótípicas de cada espécie deve ser considerada e, em geral, o declínio do valor nutritivo com o avançar do desenvolvimento é mais drástico em gramíneas do que em leguminosas, mesmo crescendo sobre condições semelhantes (Van Soest, 1994).

A época da colheita da forragem quer seja pelo corte ou pastoreio, deve estar relacionada com o estágio de desenvolvimento da planta e conseqüentemente com o seu valor nutritivo. A colheita de plantas mais velhas implica na colheita de alimento com baixa proporção de hidratos de carbono solúveis e de baixa digestibilidade, devido ao aumento da relação caule/folha, que parece ser o principal fator de perda de qualidade da planta com a maturação (Corsi, 1990).

6.6 Cortes e produtividade

A determinação do momento próprio para a colheita é um fator a ser considerado na produção de forragem. O estágio de desenvolvimento da planta influencia o valor nutritivo da forragem, pois a medida que a planta cresce as porções fibrosas aumentam, enquanto o teor proteico e a digestibilidade da matéria seca diminuem (Van Soest, 1994).

A colheita da forragem verde hidropónica deve ser realizada num período de 7 a 10 dias após a sementeira, tempo suficiente para atingir boa produção, sendo que, idades mais avançadas seriam inconvenientes devido a diminuição da biomassa seca e da qualidade nutricional da forragem produzida (FAO, 2006).

Na produção de forragens hidropónicas, colheitas precoces podem resultar em baixo rendimento por área, entretanto colheitas tardias podem acarretar a perda das folhas e também grandes perdas de qualidades nutricional.

A forragem hidropónica de milho (massango), pelo curto espaço de tempo em que é produzida, 10 dias, com produção de biomassa fresca equivalente a 134,2t/há por ano, destaca-se quando comparada com a produção de biomassa de milho (massango) no solo, cerca de 70t/há por ano, com ciclo de 120-150 dias (Bonamigo, 1993), superando-a em 91,7%.

Segundo Henriques (2000), a grande vantagem do uso de forragem hidropónica é sua alta produção de biomassa fresca por área, sendo que a forragem hidropónica de milho pode atingir mais de 6000 t/ha por ano.

II. Parte prática

1. Objetivos

Os objectivos da componente prática podem ser divididos em gerais e específicos. Os objectivos gerais consistem na avaliação da possibilidade de utilização da produção hidropónica de forragens em Angola. Mais especificamente, pretende-se uma descrição e uma avaliação agronómica (produtividade e qualidades nutritiva) da produção de forragens hidropónica em condições tropicais.

2. Material e métodos

2.1 Experimentação de campo

Variáveis climatológicas durante a experimentação

O ensaio experimental foi realizado de 25 de Junho à 20 de Julho do ano 2015, na cidade de Bragança-Portugal, no Campus de Santa Apolónia do Instituto Politécnico de Bragança concretamente na horta da Escola Superior Agrária com as seguintes coordenadas geográficas 41°48' N; 6°12'W. O clima é considerado mediterrâneo com alguma influência do regime atlântico. A temperatura média anual é de 11,9°C e a precipitação anual de 741mm (INMG, 1991). As variáveis climatológicas temperatura média diária e precipitação ocorridas durante o período experimental foram recolhidas no Quadro 5.

Quadro 5. Temperatura e precipitação no período em que decorreu a experiência (Serviço de agroclimatologia da ESAB, 2016).

Meses	Dias	Temperatura Média (C ⁰)	Precipitação (mm)
Junho	25	23.3	0.00
Junho	26	23.7	0.00
Junho	27	24.1	0.00
Junho	28	26	0.00
Junho	29	28.1	0.00

Junho	30	25.9	0.00
Julho	1	21.5	0.00
Julho	2	20.2	0.00
Julho	3	21.3	0.00
Julho	4	22.8	0.00
Julho	5	23.6	0.00
Julho	6	25.3	0.00
Julho	7	24.2	0.00
Julho	8	24.2	0.00
Julho	9	24.7	0.00
Julho	10	24.2	0.00
Julho	11	22.8	0.00
Julho	12	25.4	0.00
Julho	13	27.9	0.00
Julho	14	28.9	0.00
Julho	15	28.5	0.00
Julho	16	25.1	0.00
Julho	17	24.1	0.00
Julho	18	22.8	0.00
Julho	19	22.9	0.00
Julho	20	25.4	0.00

Materiais

Foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos para executar o trabalho prático: uma forja, uma enxada, uma pá, uma fita métrica, quarenta e quatro tacas de madeira, oitenta metros de lona de polietileno, um regador com capacidade de 10 litros, quinze quilos de milho e a mesma quantidade de sorgo, vinte quilos de palha de trigo, três quilos de ureia e três quilos de NPK, uma balança eletrônica, plásticos filmes, uma estufa, tabuleiros e água disponível (Figura 13).



Figura 13. Materiais utilizados.

Desenho experimental

No ensaio foram consideradas três variáveis independentes:

- **Espécie de cereal (CODESP)**, com duas variáveis: sorgo e milho;
- **Fertilização (CODFERT)**, com três níveis (N1, N2 e NPK);
- **Cortes (CORTE)**, com dois níveis (13° e 25° dias após a sementeira).

A escolha das soluções nutritivas foi inspirada na hipótese formulada por Teixeira (1996) que defendeu que não existe uma solução nutritiva única e melhor para o cultivo de uma determinada espécie ou variedade, uma vez que os mecanismos de absorção, transporte e distribuição dos nutrientes mudam de acordo com a espécie, variedade, estação do ano e fase de desenvolvimento da cultura.

Selecionaram-se dois tipos de fertilizantes, ureia e composto NPK na proporção 15-15-15. Com base nos resultados da revisão bibliográfica, os tratamentos de fertilização realizados foram os seguintes:

- **NPK** = 0,7 g/L de adubo NPK, que corresponde a uma concentração 100 ppm de N, P_2O_5 e K_2O ;
- **N1** = 0,11 g/L de ureia que corresponde a uma concentração 100 ppm de N;
- **N2** = 0,22 g/L de ureia que corresponde a uma concentração de 200 ppm de N.

A escolha do dispositivo experimental foi condicionada pelo espaço e pelos recursos financeiros disponíveis. Por essa razão, foi feita uma única cova (área de amostragem) para cada combinação de factores “espécies x fertilização”. As covas foram distribuídas por dois blocos pareados, um por espécie. Em cada uma das datas de corte adiante explicitadas, foi colhidas 3 amostras (pseudoreplicações) por cova.

Desenho experimental foi o seguinte:

Milho/Palha N1	Milho/Palha N2	Milho/Palha NPK	Milho/Palha H₂O	Milho/ s.palha N1
Sorgo/Palha N1	Sorgo/Palha N2	Sorgo/Palha NPK	Sorgo/Palha H₂O	Sorgo/s.palha N1

Para cada amostra avaliaram-se os seguintes parâmetros (variáveis de resposta):

- **Biomassa seca;**
- **Teor de proteína;**
- **Teor de fibra (NDF, ADF, ADL e Celulose).**

Estava previsto avaliar a eficiência do uso do azoto mas, contratempos experimentais, concretamente a rotura do filme de plástico preto, provocaram a perda da solução nutritiva por infiltração, inviabilizando os cálculos necessários para o efeito. Também estava prevista a avaliação da digestibilidade mas não foi possível reunir as condições laboratoriais necessárias para determinar esta variável bromatológica.

Numa área de 14 m² foram feitas dez covas com 2,5 m de comprimento e 0,8 m de largura e uma distância de 0,5 m entre uma cova e outra, dispostos cinco de cada lado na direção Este-Oeste como se pode visualizar na Figura 14.



Figura 14. Preparação das covas.

Procedimento experimental

Finalizado o processo de covas passou-se à preparação da semente. Como se referiu, ensaiaram-se duas espécies forrageiras: milho e sorgo.

Como a bibliografia não recomenda um padrão para a densidade de semente adotou-se a densidade de sementeira mais citada, $1,5 \text{ kg} / \text{m}^2$ tanto para o milho como para o sorgo. Para tal como tínhamos cinco covas com 2 m^2 cada, pesaram-se 3 kg de semente para cada cova de 2 m^2 . Foram utilizadas sementes não seleccionadas e sem tratamento químico, da cultivares usadas pelos agricultores da região, acondicionadas em tabuleiros forrados com filme plástico preto para o processo de pré-germinação. A pré-germinação consistiu num tratamento de submersão em água por 24 horas. Após escoamento da água foi retirado o filme plástico e as sementes repousaram enxutas, à sombra, durante 48 horas (Haut, 2003) (Figura 15).



Figura 15. Germinação das sementes.

Enquanto se esperava a germinação das sementes triturou-se a palha de trigo seca com uma tesoura de poda a dimensões reduzidas (5-10 cm) e pesaram-se 2 kg de palha para cada cova numa densidade de $1 \text{ kg}/\text{m}^2$. Essa palha de trigo foi o nosso substrato utilizado (Figura 16).



Figura 16. Preparação trituração e pesagem do substrato.

A sementeira foi realizada no dia 25 de Junho de 2015 (Figuras 17 e 18). Nas covas, depois de niveladas e forradas com filme plástico preto, passou-se à distribuição do substrato. Em seguida espalharam-se as sementes que foram cobertas por uma camada de 1 cm de espessura de substrato de palha de trigo. Numa das covas (por espécie) não foi aplicada palha, apenas a solução nutritiva (tratamento N1).



Figura 17. Sementeira no primeiro dia.



Figura 18. Quatro dias após a sementeira.

A irrigação nos primeiros três dias foi feita somente com água e depois com solução nutritiva (Neves, 2001). Fizeram-se duas regas diárias, aplicadas através de um regador, num total de 10 L/cova. Uma vez que cada cova tem uma área de 2 m², a dotação de rega foi 10 L/m².dia.

A primeira colheita (corte) foi realizada no 13º dia após a sementeira. Foram colhidas 3 amostras de 0,05m² por cova. A segunda colheita foi feita ao 25º dia após sementeira, seguindo o mesmo esquema de amostragem. Os cortes foram destrutivos, consequentemente, o primeiro corte diminuiu a superfície da experiencia pela metade e, por essa razão, a adição de água e nutrientes foi reduzida na devida proporção.

As amostras depois de pesadas em fresco foram colocadas em estufas com ventilação forçada a 65º durante 72 horas para retirar a humidade. Posteriormente foram pesadas em seco.

No ponto que se segue descreve-se o procedimento das análises bromatológicas.

2.2 Avaliação bromatológica

Para cada amostra avaliaram-se, como se referiu, os seguintes parâmetros:

- **Biomassa seca;**
- **Teores de proteínas;**
- **Teores de fibras (NDF, ADF, ADL e Celulose).**

Os resultados obtidos para cada uma das variáveis referidas estão reunidos no Anexo I.

A avaliação bromatológica dos alimentos é um conjunto de sistemas e métodos que visam determinar a quantidade de nutrientes neles existentes.

As amostras foram colhidas aos 13 e 25 dias após a sementeira. Foram submetidas a ventilação forçada de ar em estufa de 65º durante três dias até atingir peso constante, posteriormente foram moídas num moinho com crivo de 1 mm.



Figura 19. Processo por onde passaram desde o corte até a análise bromatológica.

Para as análises bromatológicas das amostras deste trabalho utilizou-se a determinação baseadas nos métodos de Weende e de Van Soest cujos procedimentos passamos a descrever e os resultados apresentados na tabela do anexo1.

Procedimento da MS:

Em cápsulas previamente incineradas, regista-se o peso da cápsula e pesa-se 2,5 g de amostra. Seguidamente coloca-se na estufa a 105°C durante 8 horas. Deixa-se arrefecer no exsicador e seguidamente pesa-se a cápsula +MS.

$$\text{MS} = (\text{cápsula} + \text{MS}) - \text{cápsula} / \text{toma} * 100$$

Procedimento da MO:

Colocam-se as cápsulas na mufla a 550°C durante 3 horas, depois vão à estufa a 105°C durante 30 minutos e colocam-se no exsicador a arrefecer e pesa-se cápsula + cinzas.

$$\text{MO} = (\text{cápsula} + \text{MS}) - (\text{cápsula} + \text{cinzas}) / (\text{cápsula} + \text{MS}) - (\text{cápsula}) * 100$$

Procedimento da Proteína Bruta (PB):

Pesa-se 1 g de amostra para os tubos de digestão, colocam-se 2 pastilhas catalisadoras (3,5g de selênio) e 15 mL de ácido sulfúrico concentrado, vão ao digestor a 420°C durante 60-70 minutos. Deixam-se arrefecer e inicia-se a titulação para determinar o N.

Titulantes e cálculos:

HCL 0,5 N

Solução de Boro a 4%

Solução NaOH 40%

H₂O destilada

% PB = 6,25 * %N

Procedimento da Fibra Neutro Detergente (NDF):

Reagente para a solução neutro-detergente:

Reagentes	Quantidade/litro de solução
1. EDTA (C ₁₀ H ₁₄ N ₂ Na ₂ O ₈ 2H ₂ O)	18,61 g
2. Borato de Sódio (Na ₂ B ₄ O ₇ 10H ₂ O)	6,81 g
3. Sulfato de Lauril Sódico (C ₁₂ H ₂₅ NaO ₄ S)	30,00 g
4. Hidrogeno Fosfato Disódico Anidro (Na ₂ HPO ₄)	4,56 g
5. Etilenoglicol (C ₂ H ₆ O ₂) ou (Éter Monolético)	10,00 mL

Num balão volumétrico de 1 litro, dissolva os reagentes 1 e 2 em água destilada. Num outro copo dissolva igualmente, em água destilada com aquecimento, o reagente 4 e misture aos reagentes 1 e 2. Noutro copo ainda dissolva em água destilada o reagente 3 e mistura aos outros reagentes (1,2,4). Finalmente aferir o balão.

A solução NDF assim preparada deverá ter um pH 6.9-7.1, o qual deverá ser ajustado, se necessário, com NaOH ou HCl.

Se armazenar a solução NDF a temperatura inferior a 20°C haverá precipitação do detergente, que pode ser novamente dissolvido com agitação e aquecimento.

Determinação dos componentes da parede celular (NDF):

Pesar os cadinhos filtrantes de porosidade 1. Pesar 0,5 g de amostra seca (em estufa, com circulação forçada de ar a 65°C) previamente moída (malha de 1mm) e coloque num copo Berzilius de 600 mL. Junte 50 mL de solução neutro-detergente à temperatura ambiente e leve à ebulição rapidamente (5 a 6 minutos). Reduzir o aquecimento logo que a ebulição começar para evitar a formação de espuma.

Mantenha em ebulição constante durante 60 minutos, contados desde o início. Após a ebulição, retire os copos do aparelho e deixe em repouso 5 minutos, filtre nos cadinhos previamente pesados, utilizando uma sucção fraca. Lave os cadinhos com 2 porções de água quase fervente e depois duas vezes com acetona e depois leve os cadinhos à estufa a 105°C durante 8 horas ou durante a noite. Em arrefeça no exsicador durante 20 minutos e pese (cadinho + NDF). Seguidamente leve os cadinhos à mufla a 550° C durante 3 horas; transfira-os para a estufa a 105°C durante 1 hora e em seguida arrefeça-os no exsicador durante 20 minutos e pese (cadinho + cinzas).

Cálculos para o NDF:

P1 - Peso do cadinho

P - Peso da toma

P2 – Peso do cadinho + NDF

P3 – Peso do cadinho + Cinzas

% NDF (MS) = $\frac{P2 - P1}{P} * \%MS \text{ da toma} * 100$

% NDF isenta de cinzas (MS) = $\frac{P2 - P3}{P} * \%MS \text{ da toma} * 100$

Procedimento da Fibra Ácida Detergente (ADF), da lenhina (ADL) e da celulose:

Determinação da Fibra Ácida Detergente (ADF)

Reagente para 2 litros de solução ADF:

Pesar 40 g de Brometo de N-Cetil-Trimetilamonio ($C_{19}H_{42}Br$ 1N), dissolvendo com H_2SO_4 1N e aferir o balão com H_2SO_4 1N.

Pesar 1 g de amostra seca (em estufa, com circulação forçada de ar a 65°C) previamente moída (malha de 1mm) e coloque num copo Berzilius de 600 mL forma alta sem bico. Junte 100 mL de solução ácido-detergente à temperatura ambiente e leve à ebulição rapidamente (5 a 6 minutos) Reduzir o aquecimento logo que a ebulição começar para evitar a formação de espuma.

Mantenha em ebulição constante durante 60 minutos, contados desde o início, após a ebulição, retire os copos do aparelho e deixe em repouso 5 minutos filtre nos cadinhos previamente pesados, utilizando uma sucção fraca, lave os cadinhos com 2 porções de água quase fervente e depois duas vezes com acetona e depois leve os cadinhos à estufa a 105°C durante 8 horas ou durante a noite.

Arrefeça no exsiccador durante 20 minutos e pese (cadinho + ADF).

Determinação da lenhina em detergente ácido (ADL)

Reagente para ADL:

H₂SO₄ a 72% - pesar 816 g de H₂O destilada + 2452 g de H₂SO₄

Retomam-se os cadinhos com o resíduo anterior e colocam-se em cápsulas. Cobrem o resíduo com H₂SO₄ a 72% e mexe-se com uma vareta de vidro. Deixa-se reagir o ácido durante 3 horas, mexendo de vez em quando. Decorridas as 3 horas filtra-se os cadinhos com água bem quente, de forma que o filtrado fique isento de ácido, usando papel pH para medir o filtrado. (pH 7), depois leve os cadinhos à estufa a 105°C durante 8 horas ou durante a noite

Arrefeça no exsiccador durante 20 minutos e pese (cadinho + ADL).

Leve os cadinhos à mufla a 550° C durante 3 horas posteriormente transfira-os para a estufa a 105°C durante 1 hora e em seguida arrefeça-os no exsiccador durante 20 minutos e pesamos (cadinho + Cinzas).

Cálculos:

P1 - Peso do cadinho

P - Peso da toma

P2 – Peso do cadinho + ADF

P3 – Peso do cadinho +ADL

P4 – Peso do cadinho + Cinzas

$$\% \text{ ADF} = \frac{\text{P2} - \text{P1}}{\text{P}} * \% \text{MS} * 100$$

$$\% \text{ ADL} = \frac{\text{P3} - \text{P4}}{\text{P}} * \% \text{MS} * 100$$

$$\% \text{ Celulose} = \% \text{ ADF} - \% \text{ ADL}$$

3. Análise estatística

O trabalho experimental teve como variáveis independentes a espécie de cereal (CODESP), o tipo de fertilização (CODFERT) e a data de corte (CORTE). Cada uma destas variáveis envolveu os seguintes níveis:

- **CODESP: 1 – milho; 2 – sorgo**
- **CODFERT: 1 – água ; 2 – N₁; 3 – N₂ ; 4 – NPK**
- **CORTE: 1 – corte aos 13 dias; 2 – corte aos 25 dias após a sementeira.**

Conforme foi anteriormente referido, as soluções nutritivas utilizadas foram as seguintes:

- **Água – água de rega**
- **N1 – 0,22 g N/L**
- **N2 – 0,44g N/L**
- **NPK – 0,72g N/L; 0,72 g P₂O₅/L; 0,72 g K₂O/L**

O volume de água ou solução nutritiva consumido foi:

- **1º corte – 1.040 L**
- **2º corte – 2.000 L**

Desprezando os nutrientes contidos na água de rega, o total de nutrientes fornecidos às plantas foi o seguinte:

- **1º corte (13º dia após sementeira)**
 - **N1 – 5,5 g N/m² (55 kg N/ha)**
 - **N2 – 11 g N/ m² (110 kg N/ha)**
 - **NPK – 6 g N/m² (60 kg N/ha); 6 g P₂O₅/m² (60 kg P₂O₅/ha); 6 g K₂O/m² (60 kg K₂O/ha)**
- **2º corte (25º dia após sementeira)**
 - **N1 – 12,1 g N/m² (121 kg N/ha)**
 - **N2 – 24,2 g N/ m² (242 kg N/ha)**
 - **NPK – 16,8 g N/m² (168 kg N/ha); 16,8 g P₂O₅/m² (168 kg P₂O₅/ha); 16,8 g K₂O/m² (168 kg K₂O /ha)**

As variáveis dependentes foram as seguintes:

- **Produtividade**
 - **MSPROD – produção em peso seco (kg/m²)**
- **Variáveis bromatológicas**
 - **MOPERC – matéria orgânica (%)**

- **NDFPERCCINZ – NDF com cinza (%)**
- **NDFPERSINZ – NDF sem cinza (%)**
- **PBPERC – proteína bruta (%)**
- **ADFPERC – ADF (%)**
- **ADLPERC – ADL (%)**
- **CELUPERC – celulose (%)**

Os métodos utilizados na quantificação das variáveis dependentes foram descritos no capítulo II ponto 2.2. Fizeram-se três repetições para a MSPROD. Por falta de recursos financeiros apenas se realizaram duas repetições para as variáveis bromatológicas, a partir da biomassa da repetição 1 e da repetição 2 da MSPROD.

Todos os dados obtidos foram organizados numa única folha de excel (Anexo 1). A análise estatística foi efetuada com o programa SYSTAT. O estudo estatístico dos dados foi realizado de forma independente para cada corte. Os dados foram explorados com Análise de Variância complementada com testes de Tukey para comparar os níveis de cada tratamento. A hipótese nula (H_0) foi rejeitada para valores de $p < 0,05$.

4. Resultados e discussão

4.1 Primeiro corte

Efeito da espécie (CODESP) e da fertilização (CODFERT) na produção de matéria seca (MSPROD)

No Quadro 6 é analisado o efeito da espécie (CODESP) e da fertilização (CODFERT) na produção de matéria seca (MSPROD) no 1º corte (13º dia após sementeira).

Quadro 6. Análise de variância do efeito da espécie (CODESP) e da fertilização (CODFERT) na produção de matéria seca (MSPROD) no 1º corte

Análise de variância				
Origem	g.l.	Quadrado médio	F	p
CODESP	1	4259,736	11,269	0,004
CODFERT	3	313,448	0,829	0,497
CODESP*CODFERT	3	425,936	1,127	0,368
Erro	16	377,994		

A espécie condicionou significativamente a produção de matéria seca, que atingiu 2,85 kg/m² no milho e 2,42 kg/m² no sorgo (Anexo 1) (Figura 20). O milho, conforme seria de esperar, foi a espécie mais produtiva no 1º corte. A fertilização, pelo contrário, não teve efeito na produção de MS, nem interagiu com a variável independente CODESP.

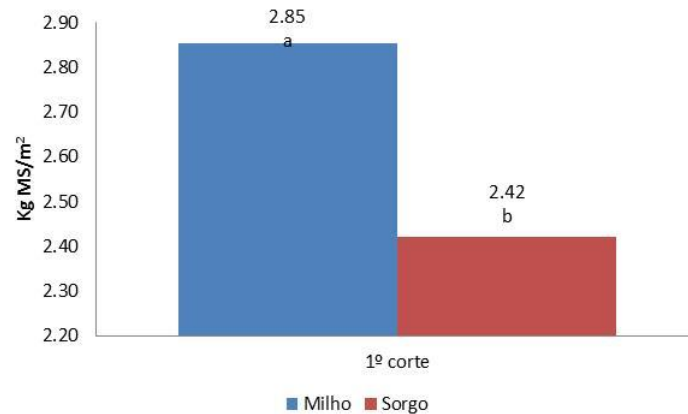


Figura 20. Média da produção de MS do milho e do sorgo no 1º corte. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey.

Efeito da espécie (CODESP) nas variáveis bromatológicas (1º corte)

No Quadro 7 é analisado o efeito da espécie (CODESP) nas variáveis dependentes provenientes da análise bromatológica. Conclui-se da sua análise que a espécie teve um efeito significativo para $p < 0,05$ em todas as variáveis bromatológicas, menos no ADFPERC e na CELULPERC.

As Figuras 21 permitem ir mais longe nesta análise. A percentagem de matéria orgânica (MOPERC) do milho é superior à do sorgo. Quer isto dizer que a semente do sorgo é mais rica em cinzas e, implicitamente, em minerais. A causa desta diferença encontra-se, provavelmente, nas características das sementes das duas espécies em causa. Ao contrário do milho, a semente do sorgo está revestida por glumas. As cinzas do sorgo provêm, em grande parte, destas estruturas da inflorescência que têm por função de proteger a flor, e depois o grão (o grão do sorgo, ao contrário do milho, é vestido). Este facto é conhecido pelos consumidores de sorgo (massambala) em África e está expresso em tabelas internacionais para a alimentação animal e humana. O grão de sorgo, além de ter um descasque mais trabalhoso, tem menor valor alimentar para humanos e animais, entre outras razões, porque tem mais lenhina e mais cinzas (Feedipedia 2016).

Quadro 7. Análise de variância do efeito da espécie (CODESP) nas variáveis bromatológicas no 1º corte

Análise de variância				
Origem	g.l.	Quadrado médio	F	P
MOPERC	1	39,725	25847,266	0,000
Erro	8	0,002		
NDFPERCCINZ	1	0,060	188,989	0,000
Erro	8	0,000		
NDFPERCSCINZ	1	0,058	377,977	0,000
Erro	8	0,000		
PBPERC	1	160,149	5646,506	0,000
Erro	8	0,028		
ADFPERC	1	0,001	0,009	0,925
Erro	8	0,071		
ADLPERC	1	0,009	2485,691	0,000
Erro	8	0,000		
CELULPERC	1	0,005	0,071	0,796
Erro	8	0,071		

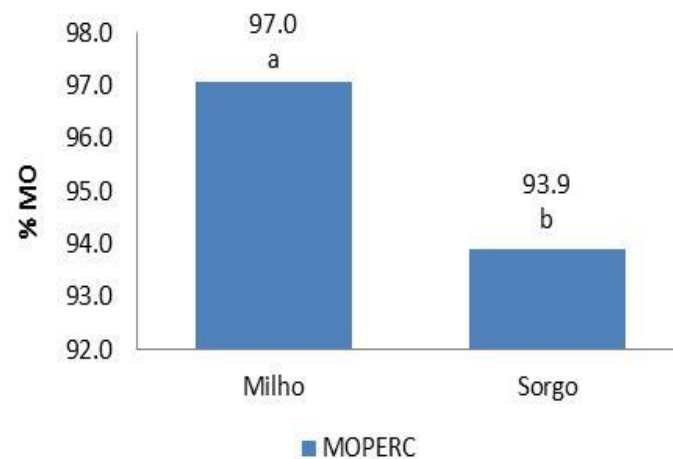


Figura 21. Média da produção de matéria orgânica do milho e do sorgo no 1º corte. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey.

A comparação da PB entre as duas espécies, por razões experimentais, tem que ser feita com muito cuidado (Figura 22). Está em causa uma diferença tremenda em PB de mais

de 6 pontos percentuais, que não pode ser explicado pelo teor em PB dos grãos (vd. tabelas da Feedipedia 2017). Durante a realização do ensaio ocorreram estragos por ratos, que romperam o plástico em quatro das repetições com milho (todos os tratamentos com milho foram afetados). O plástico foi de novo roído pelos ratos alguns dias depois dos primeiros estragos, o que nos obrigou a cuidados acrescidos com o ensaio. Mesmo assim foi impossível evitar perdas de solução fertilizante para o exterior e as plantas das covas afetadas foram ciclicamente sujeitas a *stress* hídrico. Supomos que estes acontecimentos influíram na avaliação da PB porque, em comparação com o sorgo, em termos médios, tanto as plantas de milho como a comunidade microbiana que decompunha o substrato de palha neste tratamento, tiveram à sua disposição menos alimento azotado.

É muito interessante cruzar a informação veiculada pela Figura 22 com a informação sobre a produção de matéria seca. Em primeiro lugar há que considerar que a fertilização não teve, como se referiu anteriormente, efeitos na produção de MS; as plantas eram demasiado jovens. Pela mesma razão, as perdas de N nas covas roídas pelos ratos não afetaram as plantas de milho. Como as plantas se desenvolveram, sobretudo, à custa das reservas da semente, é provável que não haja diferenças significativas na PB da biomassa aérea entre o sorgo e o milho. No entanto, os estragos certamente influenciaram da comunidade microbiana que na altura se alimentava da palha. Os micróbios no sorgo tinham à sua disposição mais azoto bioativo do que no milho (em termo médios). Nas nossas análises não separamos as frações correspondentes à palha ou à biomassa de milho ou sorgo (incluindo raízes). Mas, ainda assim, arriscamos a hipótese que as diferença detetadas na PB nos tratamentos milho e sorgo se deveram, sobretudo, à biomassa microbiana.

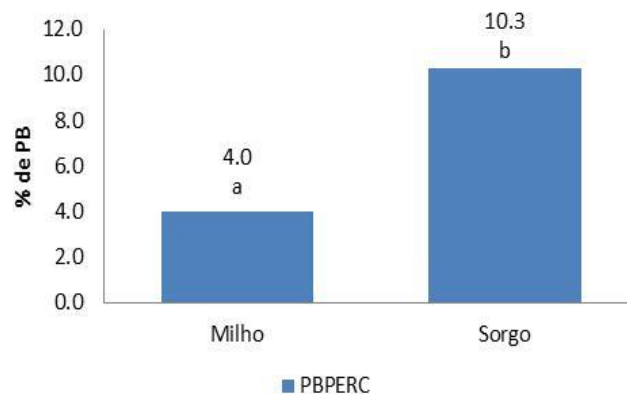


Figura 22. Valores médios da PB (PBPERC) do milho e do sorgo no 1º corte. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey.

Quanto às restantes variáveis bromatológicas com diferenças significativas, o NDF (com duas variantes, com e sem cinzas) e o ADL vale a pena recordar que tanto o ADF como o ADL estão correlacionados com os teores em lenhina (o ADF soma à lenhina a celulose). Na Figura 23 verifica-se que estas duas variáveis atingem um máximo no sorgo. Mais uma vez, à semelhança da MO, estes resultados reflectem, em nosso entender, o revestimento das sementes do sorgo com glumas.

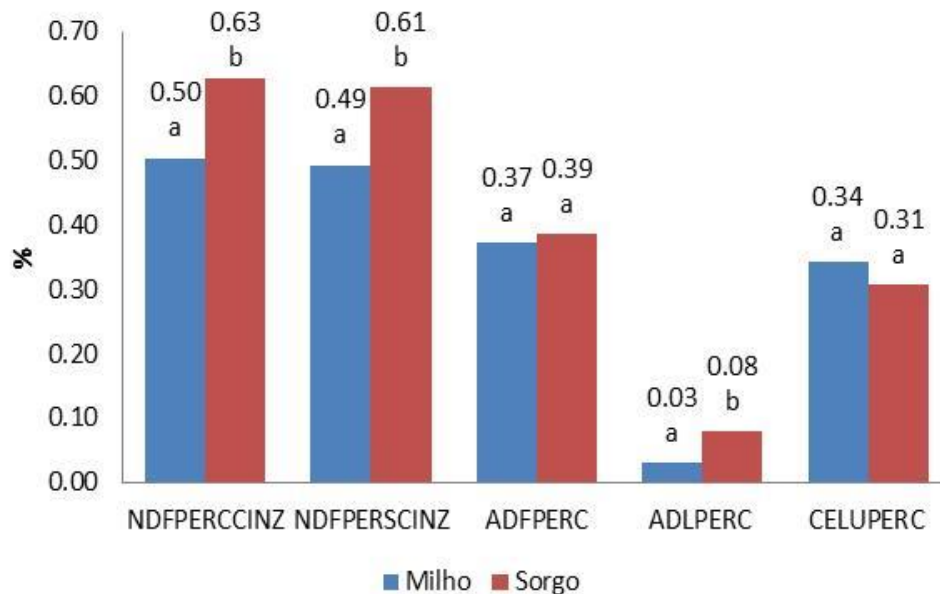


Figura 23. Valores médios das variáveis NDFPERCCINZ, NDFPERSCINZ, ADFPERC, ADLPERC e CELUPERC do milho e do sorgo no 1º corte. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey.

Efeito da fertilização (CODFERT) nas variáveis bromatológicas (1º corte)

Com base nos dados do 1º corte, nos Quadros 8 e 9 exploram-se, respetivamente, as consequências da fertilização nas variáveis bromatológicas e a interação espécie * fertilização nestas variáveis. Da sua análise constata-se que a fertilização altera de forma significativa ($p < 0,05$) as variáveis MOPERC, NDFPERCCINZ, NDFPERCSCINZ e PBPERC sendo, em todos estes casos, a interação espécie * fertilização significativa. Por esta razão, a discussão dos resultados que se segue far-se-á espécie a espécie. A mesma abordagem será seguida a respeito dos dados do 2º corte.

Quadro 8. Análise de variância do efeito da fertilização (CODFERT) nas variáveis bromatológicas no 1º corte.

Análise de variância				
Origem	g.l.	Quadrado médio	F	P
MOPERC	3	1,091	710,061	0,000
Erro	8	0,002		
NDFPERCCINZ	3	0,003	8,841	0,006
Erro	8	0,000		
NDFPERCSCINZ	3	0,002	14,868	0,001
Erro	8	0,000		
PBPERC	3	6,249	220,322	0,000
Erro	8	0,028		
ADFPERC	3	0,074	1,049	0,422
Erro	8	0,071		
ADLPERC	3	0,000	0,588	0,640
Erro	8	0,000		
CELULPERC	3	0,075	1,056	0,420
Erro	8	0,071		

Quadro 9. Interação espécie * fertilização nas variáveis bromatológicas no 1º corte

Análise de variância				
Origem	g.l.	Quadrado médio	F	P
MOPERC	3	0,331	215,563	0,000
Erro	8	0,002		
NDFPERCCINZ	3	0,002	6,772	0,014
Erro	8	0,000		
NDFPERCSCINZ	3	0,002	11,744	0,003
Erro	8	0,000		
PBPERC	3	1,719	60,603	0,000
Erro	8	0,028		
ADFPERC	3	0,069	0,976	0,451
Erro	8	0,071		
ADLPERC	3	0,000	5,289	0,027
Erro	8	0,000		
CELULPERC	3	0,069	0,977	0,450
Erro	8	0,071		

A MO foi significativamente inferior no tratamento NPK em ambas as espécies. As diferenças entre as médias são muito pequenas, no nosso entender devidas mais a um

erro de amostragem (fizeram-se apenas duas repetições) do que a um mecanismo fisiológico subjacente. Apesar dos cuidados dedicados à experimentação, a biomassa produzida não foi homogénea ao nível da cova. Na Figura 24 confirma-se um aspecto anteriormente referido, a matéria orgânica foi significativamente superior em todos os tratamentos de milho (frente ao sorgo).

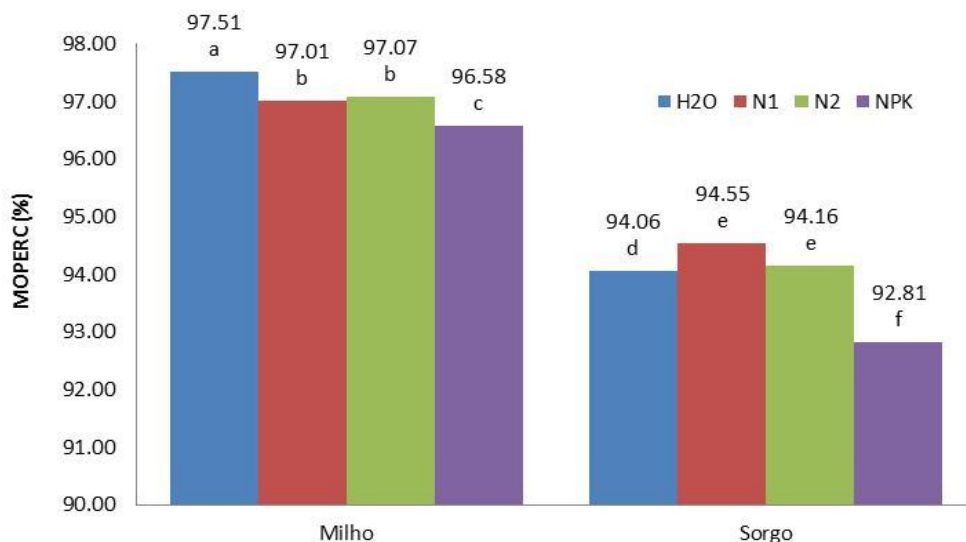


Figura 24. 1º corte. Efeito da espécie e da fertilização na variável MOPERC. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey.

O NDF do tratamento N_2 do milho é significativamente superior aos restantes (Figura 25). A causa pode ser experimental porque o mesmo fenómeno não ocorre no sorgo. Admitindo que houve um efeito do N no teor em NDF do milho, o facto do ADF e o ADL não responderem de forma significativa, mostra que as plantas no tratamento N_2 , isto é, com mais azoto biodisponível, acumulam mais hemicelulose. Recorde-se que a hemicelulose é calculada pela diferença entre NDF e ADF, e a celulose pela diferença entre ADF e ADL. Em resumo, a fertilização azotada poderá ter alterado os teores de hemicelulose, mas não teve um efeito relevante na lenhina e na celulose. Este resultado é coerente com alguns ensaios de campo publicados na bibliografia onde se avaliam variáveis bromatológicas em gramíneas pratenses sob o efeito de diferentes níveis de fertilização azotada (Adamovics et al., 2016; Woolfolk, 1975). Na realidade, a bibliografia é contraditória no efeito do N nas variáveis bromatológicas, que parecem variar consoante os níveis de fertilização adoptados e as espécies ensaiadas. Talvez o resultado mais importante seja o obtido por Adeli et al. (2005) com plantas C_4 ,

fertilizadas com efluentes orgânicos, em que o ADF mostra um pico a baixos níveis de fertilização, decrescendo em seguida à medida o valor de N sobe. O nosso ensaio foi realizado com soluções nutritivas proposta pela bibliografia, que correspondem a níveis modesto de fertilização (0-55-60-110 kg N/ha). A comparação de produções hidropónicas com ensaios de campo é abusiva, no entanto, é importante referi-lo, não encontramos estudos equivalentes com o cultivo de forragens em hidroponia. E, refira-se, a nossa experimentação foi feita em condições de campo, na realidade apenas substituímos o substrato solo por um substrato de palha cortada.

Recorda-se que faz todo o sentido o efeito da fertilização no ADF (ADFPERC) e o ADL (ADLPERC) não ser significativo porque a lenhina, o componente maior destes indicadores, teve origem nas estruturas da semente e não na fotossíntese. As plantas analisadas eram muitos jovens por isso estavam, na altura do corte, a acumular, sobretudo, conteúdos celulares e muito menos celulose (CELULPERC), uma variável não significativa no ensaio realizado.

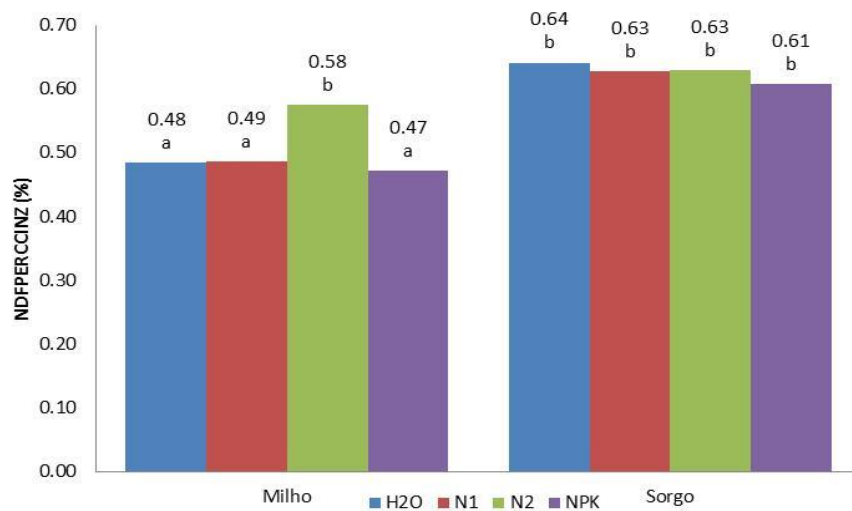


Figura 25. 1º corte. Efeito da espécie e da fertilização na variável NDFPERCCINZ. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas (p<0,005) num teste de Tukey.

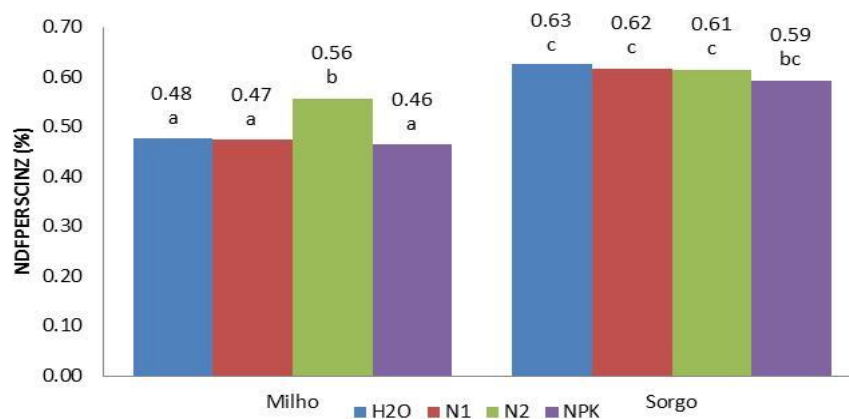


Figura 26. 1º corte. Efeito da espécie e da fertilização na variável NDFPERSCINZ. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey.

As diferenças ao nível da PB entre espécies tiveram uma causa experimental, como se referiu anteriormente. O teste de Tukey expresso na figura que se segue, mostra que o teor em proteína aumentou com o nível de azoto provavelmente através de uma subida do azoto contido na biomassa microbiana (hipótese anteriormente formulada). Esta hipótese só poderá ser confirmada com estudos posteriores em que se separe a palha da biomassa vegetal.

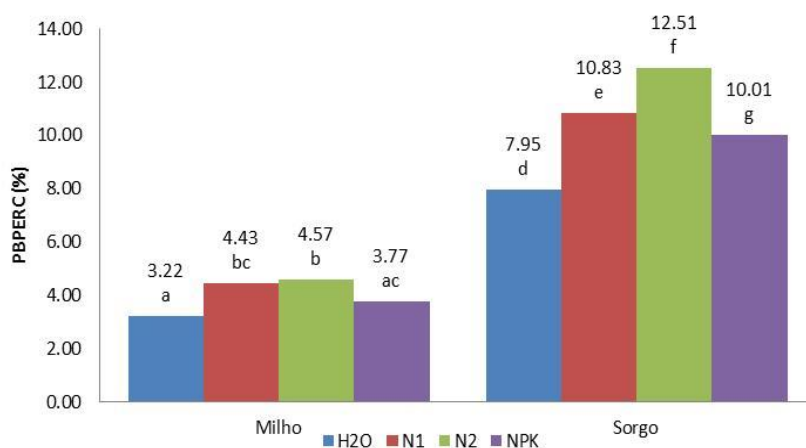


Figura 27. 1º corte. Efeito da espécie e da fertilização na variável PBPERC. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey.

4.2 Segundo corte

Efeito da espécie (CODESP) e da fertilização (CODFERT) na produção de matéria seca (MSPROD)

No Quadro 10 é analisado o efeito da espécie (CODESP) e da fertilização (CODFERT) na produção de matéria seca (MSPROD) no 2º corte. Para o nível de significância considerado ($p < 0,05$), constata-se que tanto a espécie como o nível de fertilização têm um efeito relevante do ponto de vista estatístico na produção de matéria seca no 2º corte. Do primeiro para o segundo corte fez-se sentir o efeito da fertilização. A interação das duas variáveis independentes não foi significativa ($p = 0,557$).

Quadro 10. Análise de variância do efeito da espécie (CODESP) e da fertilização (CODFERT) na produção de matéria seca (MSPROD) no 2º corte.

Análise de variância				
Origem	g.l.	Quadrado médio	F	p
CODESP	1	6741,878	21,004	0,000
CODFERT	3	1353,535	4,217	0,022
CODESP*CODFERT	3	229,912	0,716	0,557
Erro	16	320,986		

A primeira conclusão da leitura das Figuras 28 e 29 é que no primeiro corte o tratamento com milho produziu mais biomassa e no 2º corte passou a ser o sorgo. A causa desta inversão está, no nosso entender, no facto das plantas de milho terem ficado deprimidas com o *stress* hídrico e, provavelmente, com a falta de azoto biodisponível. O padrão de resposta à fertilização expresso na Figura 29 é no nosso entender de difícil interpretação porque terá sido sujeito a erros experimentais insanáveis já anteriormente explicados (efeito da rotura dos plásticos pelos ratos).

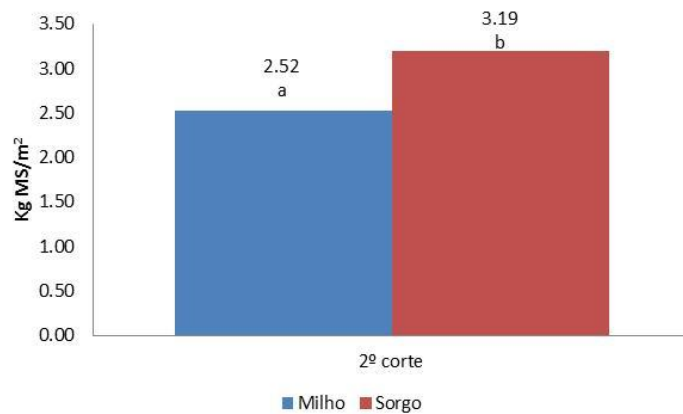


Figura 28. Média da produção de MS do milho e do sorgo no 2º corte. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey.

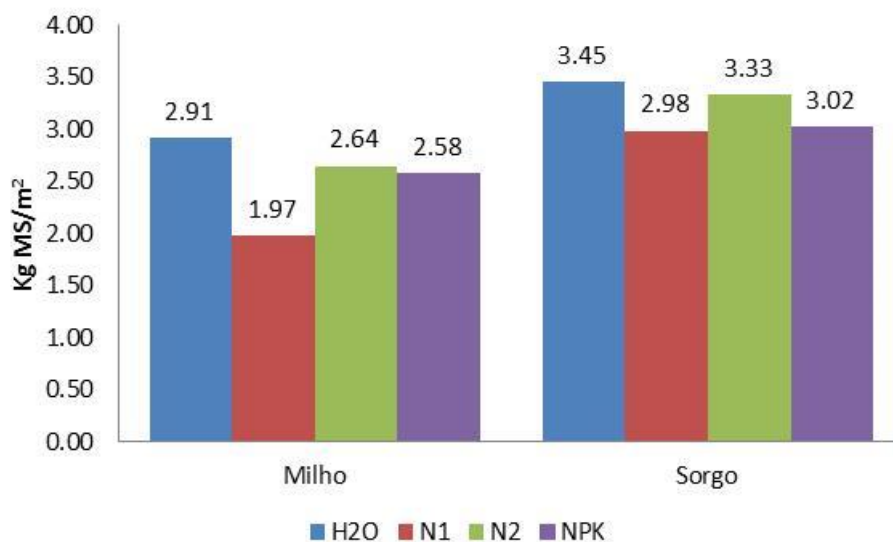


Figura 29. Média da produção de MS do milho e do sorgo no 2º corte em função da fertilização.

No Quadro 11 estão expressos os testes de Tukey comparando os vários tratamentos expressos na figura anterior, no entanto, pelo que acabou de se referir não faz sentido aprofundar os resultados.

Quadro 11. Análise de variância do efeito da espécie (CODESP) e da fertilização (CODFERT) na produção de matéria seca (MSPROD) no 2º corte.

Teste de Tukey da diferença honestamente significativa					
CODFERT(i)	CODFERT(j)	Diferenças	Valor-p	Intervalos de confiança a 95.0%	
				Inferior	Superior
1	2	35,293	0,017	5,699	64,888
1	3	9,750	0,783	-19,844	39,344
1	4	19,078	0,290	-10,516	48,673
2	3	-25,543	0,104	-55,138	4,051
2	4	-16,215	0,423	-45,809	13,379
3	4	9,328	0,804	-20,266	38,923

Efeito da espécie (CODESP) nas variáveis bromatológicas (biomassa do 2º corte)

No Quadro 12 é analisado o efeito da espécie (CODESP) e da fertilização (CODFERT) nas variáveis dependentes provenientes da análise bromatológica. Verifica-se que a espécie condicionou todas as variáveis bromatológicas analisadas. Ao contrário do que aconteceu no primeiro corte, as variáveis ADFPERC e CELULPERC são agora significativas.

Quadro 12. Análise de variância do efeito da espécie (CODESP) e nas variáveis bromatológicas na biomassa do 2º corte.

Análise de variância				
Origem	g.l.	Quadrado médio	F	p
MOPERC	1	47,646	18107,090	0,000
Erro	8	0,003		
NDFPERCCINZ	1	0,035	218,704	0,000
Erro	8	0,000		
NDFPERCSCINZ	1	0,022	217,919	0,000
Erro	8	0,000		
PBPERC	1	188,616	18182,583	0,000
Erro	8	0,010		
ADFPERC	1	0,049	1255,073	0,000
Erro	8	0,000		
ADLPERC	1	0,007	1497,796	0,000
Erro	8	0,000		
CELULPERC	1	0,019	733,337	0,000
Erro	8	0,000		

A variável MOPERC mantém o desempenho verificado no corte 1 (Figura 30): o milho continua a ter mais matéria orgânica do que o sorgo. A causa desta diferença já foi explicada a respeito do 1º corte.

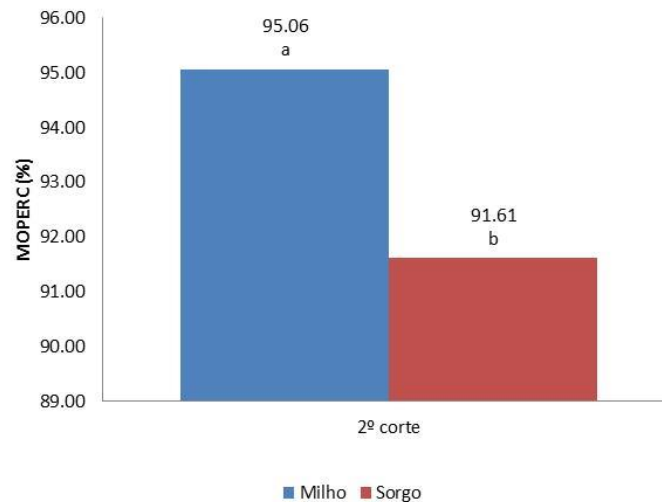


Figura 30. 2º corte. Efeito da espécie na variável MOPERC. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey (estatísticas no anexo 1).

No 2º corte as diferenças nas variáveis NDFPERCCINZ e NDFPERSCINZ são significativas e revelam o milho tem uma fibra neutra mais baixa que o sorgo (Figura 31). Este resultado é, aparentemente, contraditório com os valores médios do NDF da forragem de milho e sorgo relatados na bibliografia (o milho tem um NDF superior ao do sorgo, Feedipedia 2017). Uma hipótese razoável, que emerge da observação das plantas realizada *in loco*, é que as plantas do milho se encontravam num estágio fenológico mais atrasado do que as plantas do sorgo. Consequentemente, as plantas de sorgo começaram a acumular constituintes da parede celular mais cedo do que as plantas de milho. Esta hipótese precisa de ser posteriormente testada. Porém, a hipótese mais provável é que o efeito da natureza das sementes assinalada a respeito do 1º corte se mantenha ainda no 2º corte.

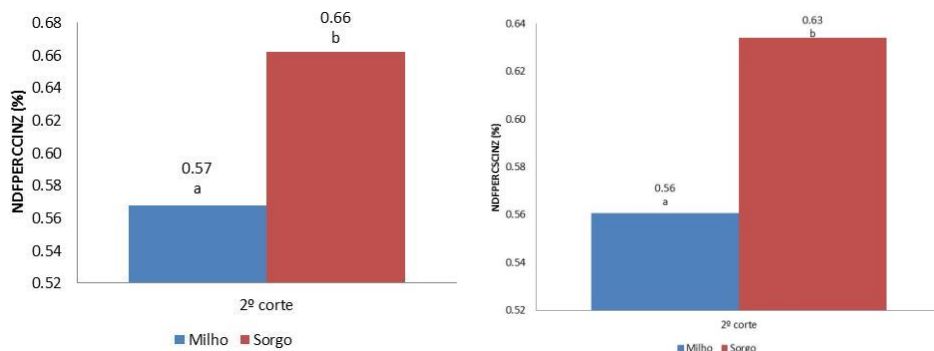


Figura 31. 2º Corte. Efeito da espécie nas variáveis NDFPERCCINZ e NDFPERSCINZ. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey (estatísticas no anexo 1).

O padrão detetado na PB no 1º corte manteve-se no 2º corte (Figura 32). Admitimos que a explicação seja a mesma.

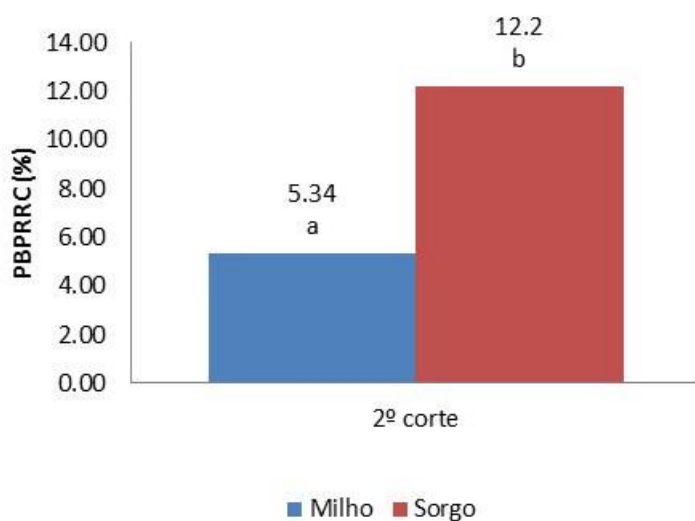


Figura 32. 2º corte. Efeito da espécie na variável PBPERC. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey (estatísticas no anexo 1).

As diferenças significativas entre o milho e sorgo no ADF (Figura 33) e no ADL (Figura 33) poderão ter a mesma explicação que o NDF. Recorde-se que o ADF=NDF-hemiceluloses que o ADL está correlacionado com o teor em lenhinas.

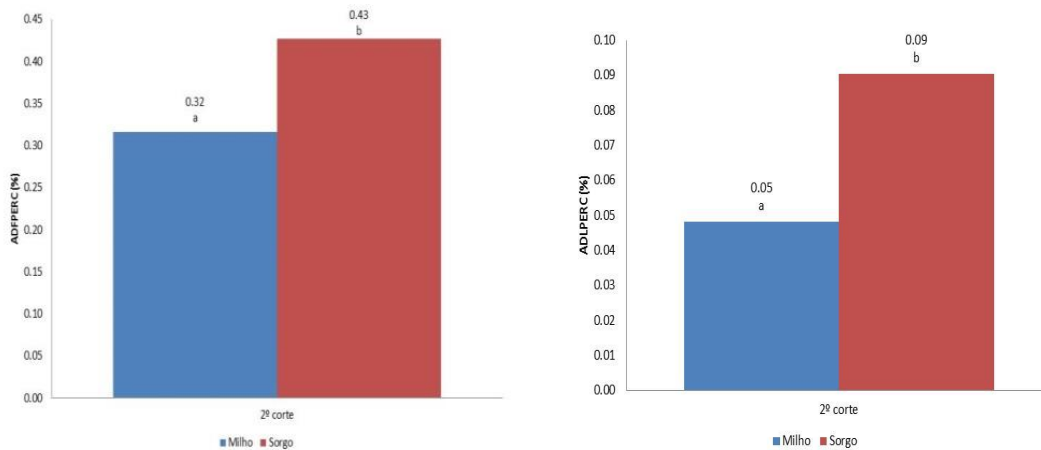


Figura 33. 2º corte. Efeito da espécie nas variáveis ADFPERC e ADL. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey (estatísticas no anexo 1).

A explicação para o teor mais elevado de celulose (Figura 34) será o mesmo que foi relatado para o NDF, ADF e ADL. Só trabalhos posteriores a poderão confirmar.

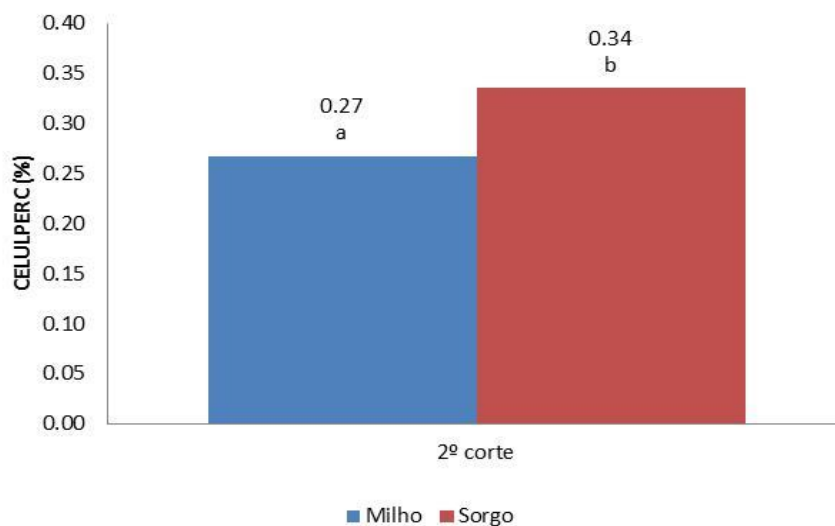


Figura 34. 2º corte. Efeito da espécie na variável CELULPERC. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey (estatísticas no anexo 1).

Quadro 13. Efeito da fertilização (CODFERT) nas variáveis bromatológicas.

Análise de variância				
Origem	g.l.	Quadrado médio	F	P
MOPERC	3	7,678	2917,976	0,000
Erro	8	0,003		
NDFPERCCINZ	3	0,003	20,520	0,000
Erro	8	0,000		
NDFPERCSCINZ	3	0,002	22,683	0,000
Erro	8	0,000		
PBPERC	3	10,162	979,622	0,000
Erro	8	0,010		
ADFPERC	3	0,002	60227	0,000
Erro	8	0,000		
ADLPERC	3	0,000	49,462	0,000
Erro	8	0000		
CELULPERC	3	0,001	47,709	0,000
Erro	8	0,000		

À semelhança da CODESP, o tipos de fertilização (CODFERT) determinam todos os valores da variáveis bromatológicas, para uma $p < 0,05$.

Interação espécie * fertilização nas variáveis bromatológicas

A interação das variáveis CODESP e CODFERT é significativa para todas as variáveis bromatológicas (Quadro 14).

É de realçar que a % de matéria orgânica foi superior para as duas espécies no tratamento N2. Esta diferença não tinha sido notada no 1º corte. Aparentemente, o azoto começa a fazer diferença no teor de M.O. no 2º corte (Figura 35). Os mecanismos por detrás deste resultado são diversos, mas o efeito do N na fotossíntese é uma hipótese a considerar.

Quadro 14. Interação espécie * fertilização nas variáveis bromatológicas.

Análise de variância					
Origem	Soma dos quadrados (tipo III)	g.l.	Quadrado médio	F	P
MSPERC	0,255	3	0,085	24,485	0,000
Erro	0,028	8	0,003		
MOPERC	3,749	3	1,250	474,958	0,000
Erro	0,021	8	0,003		
NDFPERCCINZ	0,011	3	0,004	23,330	0,000
Erro	0,001	8	0,000		
NDFPERCSCINZ	0,012	3	0,004	40,048	0,000
Erro	0,001	8	0,000		
PBPERC	1,698	3	0,566	54,551	0,000
Erro	0,083	8	0,010		
ADFPERC	0,003	3	0,001	23,849	0,000
Erro	0,000	8	0,000		
ADLPERC	0,000	3	0,000	12,508	0,002
Erro	0,000	8	0,000		
CELULPERC	0,003	3	0,001	33,387	0,000
Erro	0,000	8	0,000		

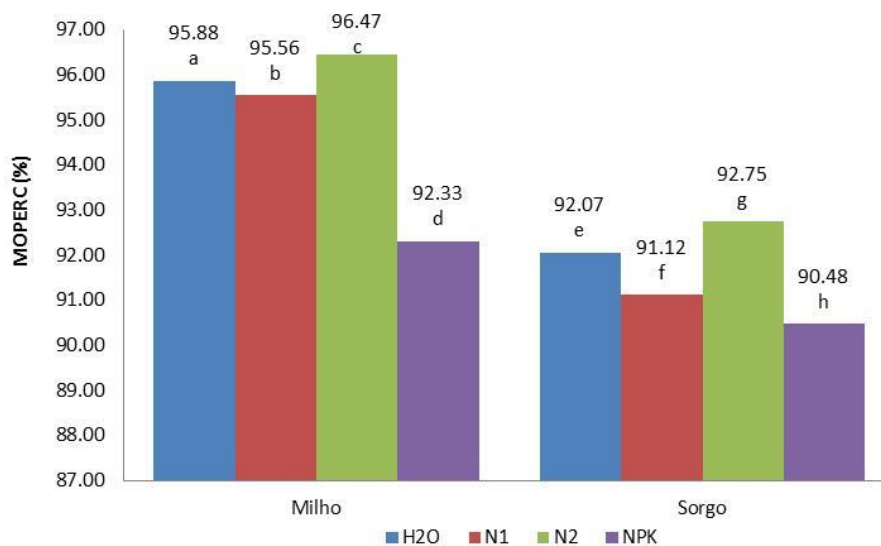


Figura 35. 2º corte. Efeito da fertilização na variável MOPERC. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey (estatísticas no anexo 1).

A questão chave no efeito da fertilização no NDF seria explicar as diferenças no N1 do milho. Em nosso entender este resultado tem origem num erro experimental. Estes resultados parecem contradizer a argumentação utilizada a respeito do primeiro corte.

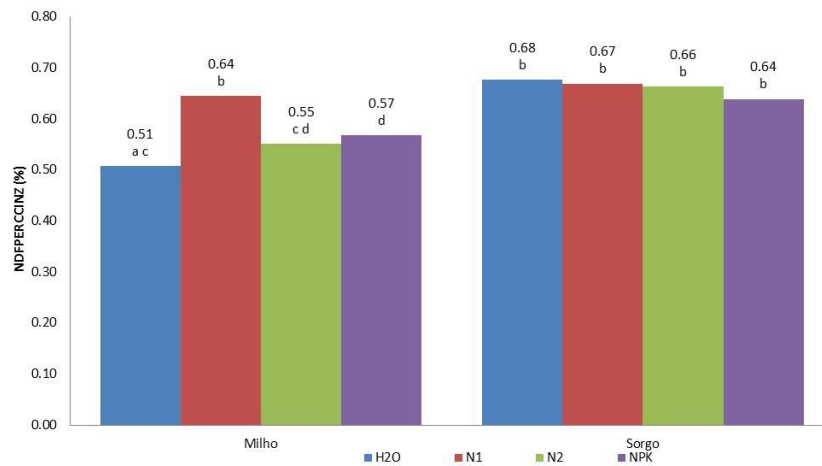


Figura 36. 2º corte. Efeito da espécie e da fertilização na variável NDFPERCCINZ. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey.

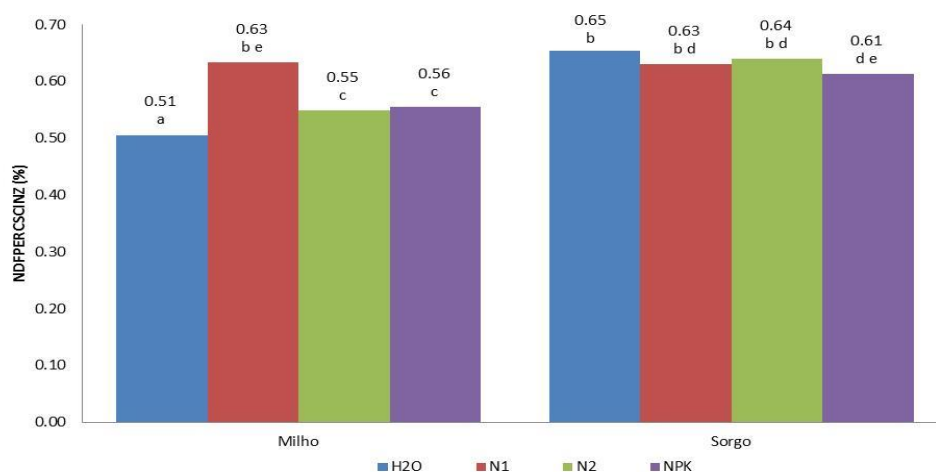


Figura 37. 2º corte. Efeito da espécie e da fertilização na variável NDFPERSCINZ. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey.

A proteína subiu do 1º para o 2º corte. O efeito do azoto é agora visível quer para o milho quer para o sorgo: no 2º corte tanto o milho como o sorgo estão a responder ao azoto. No milho e no sorgo, a diferença da PB entre a testemunha e o tratamento N2 atingiu, respetivamente, 3 e 4,7 pontos percentuais, uma diferença muito relevante. 14,7% de PB é um valor muito alto que atesta a qualidade da forragem produzida. Pelo facto dos tratamentos N1 e NPK não serem estatisticamente distinguíveis, e em ambos os tratamentos a dose de azoto ser comum, pode-se concluir que não há vantagem alguma em adicionar outros nutrientes para aumentar a PB.

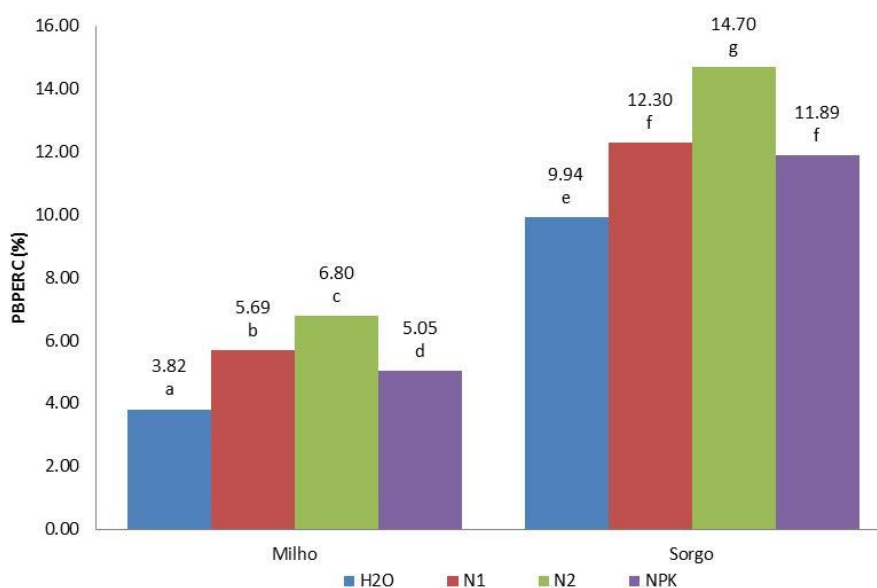


Figura 38. 2º Corte. Efeito da espécie e da fertilização na variável PBPERC. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey.

Em nosso entender os efeitos da fertilização nas variáveis ADFPERC, ADLPERC e CELULPERC (Figuras 39 a 41) são de difícil interpretação. Provavelmente resultam de erro experimental.

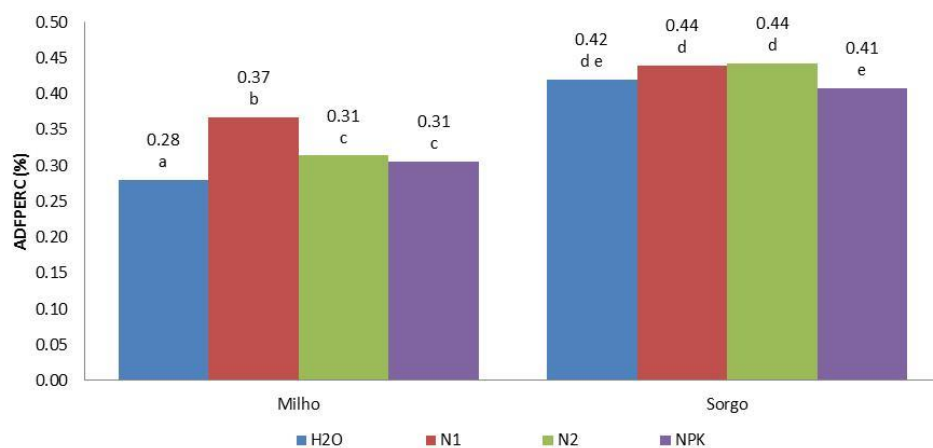


Figura 39. 2º corte. Efeito da espécie e da fertilização na variável ADFPERC. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey.

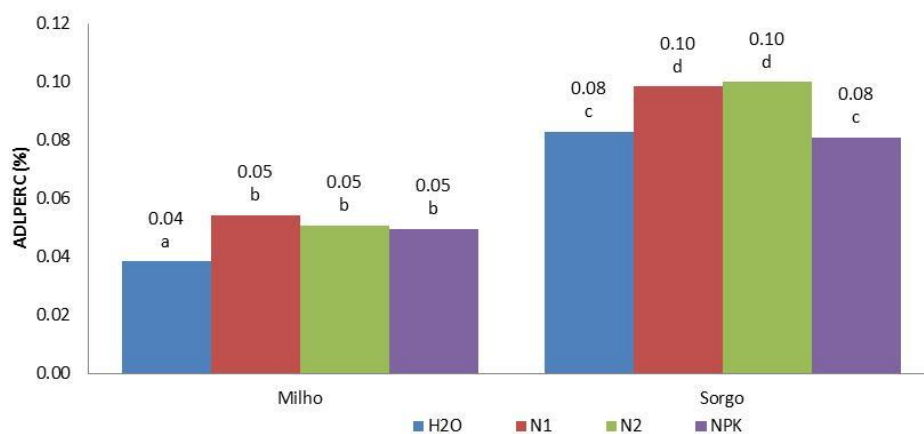


Figura 40. 2º corte. Efeito da espécie e da fertilização na variável ADLPERC. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey.

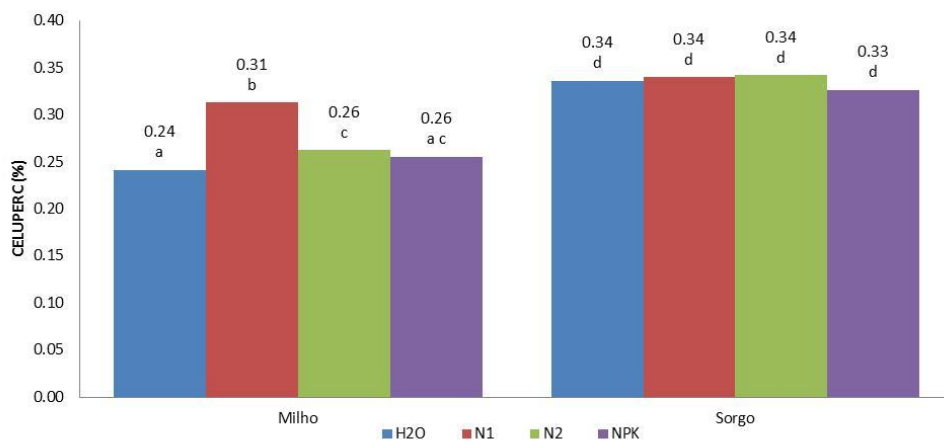


Figura 41. 2º corte. Efeito da espécie e da fertilização na variável CELULPERC. Letras diferentes correspondem a diferenças significativas ($p < 0,005$) num teste de Tukey.

III. Conclusões

O estudo efetuado é uma abordagem ainda muito preliminar à produção de forragens com a técnica de hidroponia em ambiente tropical. Para tal experimentaram-se duas espécies forrageiras em C₄ de origem e uso tropical – o sorgo e o milho – num verão mediterrânico continental. As condições meteorológicas durante a experimentação aproximaram-se, pelo menos no que aos factores temperatura e precipitação diz respeito, de condições tropicais.

A experimentação dirigiu-se a um conjunto ainda limitado de perguntas de investigação: i) a abertura de covas com o uso de plásticos é uma solução técnica adequada, exportável para ambientes tropicais? ii) o comportamento produtivo e as características bromatológicas do milho e o sorgo são distintas? iii) de que forma respondem as variáveis bromatológicas a diferentes níveis de fertilização, em diferentes datas de corte?

A técnica utilizada, em nosso entender, enfrenta algumas dificuldades. Os plásticos são caros e difíceis de obter nos trópicos. Os ratos que se revelaram um problema na nossa experiência, serão ainda mais prejudiciais em África. Uma alternativa passaria pelo uso de covas revestidas com cimento hidráulico. As perdas por percolação poderão ser suportáveis porque o período de estágio das plantas nas covas é muito curto.

O milho é mais produtivo do que o sorgo, este facto além de ser conhecido ficou patente no primeiro corte (2,85 kg/m² no milho e 2,42 kg/m² no sorgo). No 2º corte, causas experimentais impediram o estudo do efeito da espécie na produtividade de MS. A fertilização não teve efeito na produtividade (espécie a espécie) no primeiro corte, e teve um efeito contraditório no segundo (Figura 29), provavelmente por causas experimentais. Aparentemente, a fertilização influi mais na PB do que a produção de MS.

A PB (espécie a espécie) respondeu à fertilização azotada quer no 1º corte (Figura 27) quer no 2º corte (Figura 38): quanto mais azoto maior a PB. A inclusão de potássio e fósforo (solução NPK vs. N1, Figuras 27 e 38) na solução fertilizante não teve qualquer efeito. No 2º corte, no milho e no sorgo, a diferença da PB entre a testemunha e o tratamento N2 atingiu, respetivamente, 3 e 4,7 pontos percentuais, uma diferença muito relevante. 14,7% de PB atingido no sorgo é um valor muito alto que atesta a qualidade da forragem produzida.

Infelizmente, acidentes experimentais impediram-nos de comparar a produção de MS e de PB entre o milho e o sorgo. No entanto, foi interessante verificar que os problemas experimentais criados pela rotura dos plásticos por ratos embora tenha prejudicado alguns aspetos da experimentação, permitiram-nos levantar questões de investigação a explorar em experiências posteriores. Recolhemos evidências que, para o 1º corte, as

plantas vivem, sobretudo, das reservas contidas na semente. Suspeitamos que para o 1º corte, e provavelmente para o 2º corte, a PB aportada pela fertilização azotada estava, em grande medida, sob a forma de biomassa bacteriana. Aparentemente, a maior parte do azoto bioassimilável introduzido no sistema foi consumido pelas bactérias que decompunham o substrato (palha) e não pelas plantas. Nos trópicos este efeito provavelmente ainda será superior. Portanto, a técnica de hidroponia faz simultaneamente, a conversão da semente em biomassa de grande valia nutricional, e valoriza palhas, que nos trópicos são um alimento de particular má qualidade (muito baixa proteína bruta). Seria importante separar em estudos posteriores a fração biomassa vegetal e palha, e seguir, em cada uma delas, as várias variáveis bromatológicas *per se*.

Algumas das variáveis bromatológicas como os MO, NDF (com e sem cinza) e ADL nos 1º e 2º corte, e ADF e Celulose no 2º corte (Quadros 7 e 12) estão relacionadas com a morfologia da semente do sorgo e do milho. Esta hipótese poderá confirmada analisando separadamente o farelo da farinha do sorgo em trabalhos posteriores.

O efeito da fertilização das variáveis NDF, ADL, ADF e Celulose é inconclusivo nos dois cortes. No 2º corte o N tem um efeito significativo na percentagem de matéria orgânica (MO), talvez via fotossíntese.

IV. Referências bibliográficas

Abreu, M. F., Abreu, C. A., & Bataglia, O. C. (2002). Uso da análise química na avaliação da qualidade de substratos e componentes. In *Anais do Encontro Nacional sobre Substratos para Plantas* (Vol. 3, pp. 17–28).

Adamovics, A., Platace, R., & Ivanovs, S. (2016). Influence of nitrogen fertilizers on chemical composition of energy grass. *Engineering for Rural Development*, 25, 1085–1089.

Adeli, J., Verco, J., Sistani, K., & Rowe, D. (2005). No Title Effects of Swine Lagoon Effluent Relative to Commercial Fertilizer Applications on Warm-Season Forage Nutritive Value. *Agron. J.*, 97, 408–417.

Alberoni, R. B. (1988). alface, rabanete, rúcula, almeirão, chicória, agião. São Paulo: Nobel. *Hidroponia: Como Instalar E Manejar O Plantio de Hortaliças Dispensando O Uso Do Solo*.

Alberoni, R. B. (1998). *Hidroponia: Como Instalar e Manejar o Plantio de Hortaliças Dispensando o Uso do Solo - Alface, Rabanete, Rúcula, Almeirão, Chicória, Agião*. S. Paulo: Nobel.

Amorim, D. M. B., Notaro, I. A., Furtado, D. A., Gheyi, H. R., & Baracuhy, J. G. de V. (2001). Composição bromatológica e degradabilidade in situ da planta de milho (*Zea mays*) produzida por hidroponia. In *Reunião Anual da Sociedade Brasileira da zootecnia*, (Vol. 38).

Amorim, D. M. B., Notaro, I. A., Furtado, D. A., Gheyi, H. R., & Baracuhy, J. G. de V. (2005). Avaliação de diferentes níveis de salinidade da água utilizada na produção de forragem hidropônica de milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola E Ambiental*, 9, 339–342.

Andrade N, C. O., C.P., M. F., L.R.B., M., Miranda, R. J. A., Pereira, M. G., H.M.S., M., & Lucas Filho, M. (2002). Hidroponia com esgoto tratado - forragem hidropônica de milho. In *Anais do Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental* (Vol. 6, pp. 1–8).

Araujo, V. S., Coelho, F. C., Cunha, R. C. V., & Lombardi, C. T. (2008). Forragem hidropônica de milho cultivado em bagaço de cana e vinhoto. *Revista Brasileira de Milho E Sorgo*, 3 (7), 251–264.

Balieiro, G., Ferreira, J. J., Viana, A. C., Resende, M. M., & Cruz, J. C. (2000). Produção de forragem hidropônica de milho com diferentes substratos. In *XXXVII Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia* (p. 475). Viçosa.

- Bardhan, S., Watson, M., & Dick, W. A. (2008a). Plant growth response in experimental soilless mixes prepared from coal combustion products and organic waste materials. *Soil Science*, 7(173), 489–500.
- Bardhan, S., Watson, M., & Dick, W. A. (2008b). Plant growth response in experimental soilless mixes prepared from coal combustion products and organic waste materials. *Soil Science*, 173(7), 489–500. <https://doi.org/10.1097/SS.0b013e318178e6fe>
- Boaretto, A. E. (2008). *Principais diferenças entre a hidroponia e o cultivo no solo*, Universidade de São Paulo. S. Paulo: Universidade de S. Paulo. Centro de Energia Nuclear na Agricultura.
- Bonamigo, L. A. (1993). O plantio direto no cerrado do Mato Grosso do Sul. In F. ABC (Ed.), *Simposio Internacional sobre Plantio Direto em Sistemas Sustentáveis* (pp. 13–16).
- Bravo Ruiz, M. R. (1988). *Niveles de Avena Hidropónica en la Alimentación de Conejos Angora*. Concepción: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción.
- Caraterísticas geográficas de Angola. (n.d.). Retrieved March 15, 2016, from 30-%09info-angola.ao/index.php?option=com_content&view=category&layout
- Church, D. C., & Pond, W. (1977). *Bases Científicas para la Nutrición y Alimentación de los Animales Domésticos*. Zaragoza: Acribia.
- Corsi, M. (1990). Produção e qualidade de forragens tropicais. In *Pastagens* (pp. 69–85). Piracicaba.
- Derarquilly, C., & Andrieu, J. (1990). As forragens. In *Alimentação dos Bovinos, Ovinos e Caprinos* (pp. 311–330). Men Martins: Publicações Europa-América.
- Dias, A. S., Pereira, C. D., & Santos, J. (2012). *Manual de zootecnia Especial I*. Luanda: Ministério de Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas de Angola. Retrieved from https://www.researchgate.net/.../259296827_Manual_de_Zootecnia_Especial
- Dias, H. L. C. (1997). Valor nutritivo das pastagens tropicais. Retrieved from forragicultura.com.br/arquivos/valornutritivopastagenstropicais.pdf
- Fagioli, M. (2006). Alternativa de alimentação na seca para diversos animais. *Jornal Do Pontal*, 14.
- FAO. (2001). *Manual Técnico Forraje Verde Hidropónico*. Santiago do Chile: Organización de Las Naciones Unidas para La Agricultura y La Alimentacion.

- FAO. (2006). *Manual Técnico Forraje Verde Hidropónico*. Santiago do Chile: Organización de Las Naciones Unidas para La Agricultura y La Alimentación.
- Fausto da Silva, J. J. R., & Williams, R. J. P. (1997). *The Biological Chemistry of the Elements-the Inorganic Chemistry of Life*. Oxford.
- Feedipedia. (2016). Animal Feed Resources Information System. Retrieved March 15, 2017, from <http://www.feedipedia.org/>
- Ferreira, A. M. (1982). *Algumas reflexes sobre os resultados e conclusões do “European Van Soest Ring Test”*. A CEC Workshop on methodology analysis of feedingstuffs for ruminants. Vila Real.
- Forragem verde hidropónica. (2017). Retrieved from <http://ppl.com.pt/pt/node/239687>
- Gomide, J. A. (1976). Composição mineral de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais. In *Simpósio Latino Americano sobre Pesquisa em Nutrição Mineral de Ruminantes em Pastagens* (pp. 20–33).
- Hart, F. L., & Fisher, H. J. (1991). *Análisis Moderna de los Alimentos*. Zaragoza: Acribia.
- Haut, V. (2003). *Produção de forragem hidropónica de gramíneas*. Dissertação de Mestrado em Agronomia. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- Heath, M. E Barnes, R. F., & Metcalfe, D. (1985). *Forrage - The Science of Grassland Agriculture*. Iowa: Iowa State University Press.
- Henriques, E. R. (2000). *Manual de Produção-forragem Hidropónica de Milho*. Uberaba: FAZU.
- INMG. (1991). *Normais Climatológicas da Região de “Trás -os-Montes e Alto Douro” e “Beira Interior” Correspondentes a 1951 -1980* (Vol. 49). Lisboa: INMG.
- Isepon, O. . (2002). Produção e composição bromatológica de milho, sorgo e milheto, em diferentes densidades de semeadura. In *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia* (p. 39). Recife.
- Jarrige, R. (1990). Ingestão e digestão dos alimentos. In *Alimentação dos Bovinos, Ovinos e Caprinos* (Men Martin, pp. 32–58). Europa-América.
- Lavres, J. J. (2001). *Combinações de doses de azoto e potássio para o capim mombaça*. Tese de Mestrado em Agronomia. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz.”

- Lima, J. D., Moraes, W. S., Mendonça, J. C., & Nomura, E. S. (2007). Resíduos da agroindústria de chá preto como substrato para produção de mudas de hortaliças. *Ciência Rural*, (37), 1609–1613.
- Lomelí Zúñiga, H. (2000). *Agrocultura Mexicana*.
- Macedo, M. C. M. (1999). Degradação de pastagens: conceitos e métodos de recuperação. In *Anais do Simpósio Sustentabilidade da Pecuária de Leite no Brasil*. (pp. 137–150).
- Martínez, A. C. (1978). *Enciclopedia sistemática agropecuária* (1a). Barcelona: Aedos.
- Mcdonald, P., Edwards, R. A., & Greenhalgh, J. F. D. (1993). *Nutrición Animal* (4a). Zaragoza: Editorial Acribia.
- Menegon, G.; Povotti, F.; Xiccato, G. (1985) Fundamentos de tecnologia agraria (32) Publicações Europa América.
- Neves, A. L. A. (2001). *Cultivo de Milho Hidropônico para Alimentação Animal*. Viçosa: CPT.
- Neves, A. L. A. (2009). *Cultivo de Milho Hidropônico para Alimentação Animal*. Viçosa: CPT.
- Norton, B. W. (1982). Differences between species in forrage quality. In J. B. Hacker (Ed.), *Nutritional Limits to Animal Production from Pastures* (pp. 89–110). Farnham Royal: Commonwealth Agricultural Bureau.
- Oliveira, A. L., Isepon, O. J., & Buzetti, S. (2001). Produção de milho pelo sistema de hidroponia. In *Anais da Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia* (p. 38). Piracicaba.
- Pelizer, L. H., Pontieri, M. H., & Moraes, I. O. (2007). Utilização de resíduos agroindustriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. *Journal of Technology Management and Innovation*, 2, 118–127.
- Pereira, E. R., Silva, I. J. O., Moura, D. J., & Piedade, S. M. . (2004). Desempenho da cultura da rúcula cultivada em época de verão em túneis baixos de polietileno perfurado. *Engenharia Agrícola*, 24, 285–290.
- Perez, J. R. O. (1997). Sistemas para a estimativa de digestibilidade invitro. In *Simpósio Internacional de Digestibilidade em Ruminantes* (pp. 55–68). Lavras.
- Portela, N. J. (2002). Análise Econômica de Sistemas de Produção com Bovinos de Leite da Depressão Central do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, 32(5), 855–861.

- Rego, O. A. (1998). *Análise Química dos Alimentos*. Angra do Heroísmo: Departamento de Ciências Agrárias. Universidade dos Açores.
- Reis, R. A., & Rodrigues, L. R. A. (1993). *Valor nutritivo de plantas forrageiras*. Jaboticabal: FCAVJ-UNESP.
- Rocha, R. J. S. (2014). Produtividade e Composição Química da Forragem Hidropônica de Milho em Diferentes Densidades de Semeadura no Substrato Casca de Arroz. *Revista Científica de Produção Animal*, 16, 26–30.
- Rodrigues, L. R. A. (1986). Espécies forrageiras para pastagens: gramíneas. In *Anais do Congresso Brasileiro de Pastagens* (pp. 375–387). Piracicaba.
- Sánchez, A. (2000). Una Experiencia de Forraje Verde Hidropónico en el Uruguay. *Boletín Informativo de La Red Hidroponía*, 7.
- Sandia. (2003). Nacional Laboratorios para New México y el Caribe. *Producción de Forraje Verde Hidropónico*. Retrieved from www.sandia.gov/water/USMBpress/gallegosagricultura.pdf
- Santos O.S, Müller, L., Pires, C. C., Tonetto, C. J., Medeiros, S. L. P., Frescura, R. B. M., & V. Haut, V. (2004). Produção de forragem hidropônica de cevada e milho e seu uso na alimentação de cordeiros. *UTSM-CCR. Informe Técnico*, 8.
- Sauvant, D. (1990). *Composição e análise dos alimentos*. In *INRA. – Alimentação dos bovinos ovinos e caprinos*. (I. INRA., Ed.). Men Martins: Publicações Europa-América.
- Teixeira, R. S. . (2010). *Métodos alternativos de muda forçada em codornas italianas. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias) – Universidade Estadual do Ceará*. Fortaleza: Universidade Estadual do Ceará.
- Underwood, E. J. (1983). *Los minerales en la nutrición del ganado*. Zaragoza: Acribia.
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant* (2nd ed.). New York: Cornell University Press.
- Werner, J. C. (1994). Adubação de pastagens de *Brachiaria* spp. In *Simpósio sobre manejo da pastagem*, (pp. 209–222). Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz.
- Woolfolk, J., Smith, E. F., R.Robert, Schalles, E., B., Brent, ... Owensby, C. E. (1975). Effects of Nitrogen Fertilization Late-Spring Burning of Bluestem Range on Diet and Performance of Steers. *Journal of Range Management*, 28, 190–193.

Zorzan, M. H. S. (1996). *Avaliação da qualidade de forragem hidropônica de centeio, cevada e ervilhaça. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Santa Maria.* Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria.

V. Anexos

Anexo 1. Matriz com os dados totais

CODE SP	CODFERT	CORTE	MSPERC	MOPERC	NDFPERCCINZ	NDFPERSCINZ	PBPERC	ADFPERC	ADLPERC	CELUPERC					
Espécie	Fert	Corte	M.S (%)	M.O (%)	NDF c/ Cinza	NDF s/ Cinza	PB(%)	ADF (%)	ADL (%)	Celulose (%)	Peso seco (kg/1 m2)	Peso seco (g/0.0 5m2)	Cod Esp	Cod Fert	Repetição
Milho	H ₂ O	1	93.93	97.54	0.49	0.48	3.22	1.31	0.03	1.28	2.78	138.84	1	1	1
Milho	H ₂ O	1	94.11	97.48	0.48	0.47	3.23	0.24	0.03	0.21	3.73	186.50	1	1	2
Milho	H ₂ O	1	.	.	.	.	.	.	.	.	3.14	157.02	1	1	3
Sorgo	H ₂ O	1	94.21	94.08	0.65	0.63	8.01	0.40	0.08	0.33	2.45	122.69	2	1	1
Sorgo	H ₂ O	1	94.24	94.04	0.63	0.62	7.89	0.38	0.08	0.30	2.47	123.71	2	1	2
Sorgo	H ₂ O	1	.	.	.	.	.	.	.	.	2.31	115.28	2	1	3
Milho	N1	1	93.91	97.02	0.47	0.47	4.67	0.23	0.03	0.20	2.98	149.06	1	2	1
Milho	N1	1	93.88	97.00	0.50	0.48	4.20	0.23	0.03	0.20	2.80	140.15	1	2	2
Milho	N1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	3.03	151.63	1	2	3
Sorgo	N1	1	93.38	94.53	0.63	0.61	11.03	0.39	0.08	0.31	2.66	133.17	2	2	1
Sorgo	N1	1	93.40	94.56	0.63	0.62	10.64	0.39	0.08	0.31	2.27	113.49	2	2	2
Sorgo	N1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	2.79	139.26	2	2	3
Milho	N2	1	93.84	97.10	0.55	0.54	4.60	0.25	0.04	0.22	2.36	117.81	1	3	1
Milho	N2	1	93.79	97.05	0.60	0.58	4.55	0.26	0.03	0.23	2.53	126.41	1	3	2
Milho	N2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	2.77	138.56	1	3	3
Sorgo	N2	1	93.67	94.20	0.65	0.63	12.40	0.38	0.08	0.30	2.00	99.96	2	3	1
Sorgo	N2	1	93.47	94.11	0.61	0.60	12.63	0.38	0.08	0.30	2.47	123.58	2	3	2
Sorgo	N2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	2.77	138.44	2	3	3
Milho	NPK	1	93.78	96.54	0.47	0.47	3.72	0.23	0.03	0.20	2.66	133.13	1	4	1
Milho	NPK	1	93.85	96.62	0.47	0.46	3.81	0.23	0.03	0.20	2.60	130.06	1	4	2
Milho	NPK	1	.	.	.	.	.	.	.	.	4.07	203.36	1	4	3
Sorgo	NPK	1	93.82	92.82	0.61	0.59	10.04	0.38	0.08	0.30	2.30	114.87	2	4	1
Sorgo	NPK	1	93.63	92.80	0.61	0.59	9.98	0.39	0.09	0.31	2.31	115.60	2	4	2
Sorgo	NPK	1	.	.	.	.	.	.	.	.	2.25	112.74	2	4	3

Milho	H ₂ O	2	93.25	95.86	0.51	0.51	3.83	0.29	0.04	0.25	3.28	164.00	1	1	1
Milho	H ₂ O	2	93.44	95.89	0.51	0.51	3.82	0.27	0.04	0.24	2.57	128.35	1	1	2
Milho	H ₂ O	2	.	.	.	.	.	.	.	.	2.88	144.13	1	1	3
Sorgo	H ₂ O	2	93.87	92.06	0.67	0.64	10.01	0.42	0.08	0.34	3.26	162.97	2	1	1
Sorgo	H ₂ O	2	93.86	92.07	0.68	0.66	9.86	0.42	0.09	0.34	3.37	168.45	2	1	2
Sorgo	H ₂ O	2	.	.	.	.	.	.	.	.	3.72	185.98	2	1	3
Milho	N1	2	93.62	95.56	0.65	0.64	5.63	0.37	0.05	0.31	2.01	100.52	1	2	1
Milho	N1	2	93.60	95.56	0.64	0.63	5.74	0.37	0.05	0.31	1.98	99.19	1	2	2
Milho	N1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	1.91	95.52	1	2	3
Sorgo	N1	2	94.73	91.11	0.68	0.64	12.24	0.43	0.10	0.33	3.28	163.82	2	2	1
Sorgo	N1	2	94.71	91.13	0.66	0.62	12.35	0.45	0.10	0.35	3.08	154.07	2	2	2
Sorgo	N1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	2.58	129.00	2	2	3
Milho	N2	2	93.85	96.44	0.54	0.54	6.74	0.31	0.05	0.26	2.71	135.59	1	3	1
Milho	N2	2	93.79	96.50	0.56	0.56	6.86	0.32	0.05	0.27	2.76	137.83	1	3	2
Milho	N2	2	.	.	.	.	.	.	.	.	2.46	122.86	1	3	3
Sorgo	N2	2	94.49	92.78	0.66	0.64	14.70	0.44	0.10	0.34	3.34	167.19	2	3	1
Sorgo	N2	2	94.42	92.72	0.67	0.64	14.70	0.44	0.10	0.34	3.36	168.06	2	3	2
Sorgo	N2	2	.	.	.	.	.	.	.	.	3.28	163.85	2	3	3
Milho	NPK	2	93.52	92.36	0.58	0.57	5.06	0.30	0.05	0.25	2.75	137.45	1	4	1
Milho	NPK	2	93.48	92.29	0.55	0.55	5.04	0.31	0.05	0.26	2.18	108.77	1	4	2
Milho	NPK	2	.	.	.	.	.	.	.	.	2.80	140.06	1	4	3
Sorgo	NPK	2	94.49	90.40	0.63	0.61	12.06	0.41	0.08	0.33	2.59	129.60	2	4	1
Sorgo	NPK	2	94.58	90.57	0.65	0.62	11.73	0.41	0.08	0.32	3.89	194.30	2	4	2
Sorgo	NPK	2	.	.	.	.	.	.	.	.	2.58	129.23	2	4	3

Anexo 2. Output SYSTAT da análise de variância e do teste de Tukey ao efeito das variáveis CODESP e CODFERT nas variáveis bromatológicas na biomassa do 1º corte

Percentagem de matéria orgânica (MOPERC)

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
CODESP	39.725	1	39.725	25847.266	0.000
CODFERT	3.274	3	1.091	710.061	0.000
CODESP*CODFERT	0.994	3	0.331	215.563	0.000
Error	0.012	8	0.002		

Tukey's Honestly-Significant-Difference Test					
CODESP(i)*CODFERT(i)	CODESP(j)*CODFERT(j)	Difference	p-value	95.0% Confidence Interval	
RT(i)	RT(j)			Lower	Upper
1*1	1*2	0.497	0.000	0.342	0.652
1*1	1*3	0.435	0.000	0.280	0.591
1*1	1*4	0.931	0.000	0.776	1.086
1*1	2*1	3.449	0.000	3.293	3.604
1*1	2*2	2.964	0.000	2.809	3.119
1*1	2*3	3.355	0.000	3.200	3.510
1*1	2*4	4.701	0.000	4.546	4.856
1*2	1*3	-0.062	0.752	-0.217	0.093
1*2	1*4	0.433	0.000	0.278	0.589
1*2	2*1	2.951	0.000	2.796	3.106
1*2	2*2	2.467	0.000	2.312	2.622
1*2	2*3	2.858	0.000	2.703	3.013
1*2	2*4	4.204	0.000	4.049	4.359
1*3	1*4	0.495	0.000	0.340	0.650
1*3	2*1	3.013	0.000	2.858	3.168
1*3	2*2	2.529	0.000	2.374	2.684
1*3	2*3	2.920	0.000	2.765	3.075
1*3	2*4	4.266	0.000	4.111	4.421
1*4	2*1	2.518	0.000	2.363	2.673
1*4	2*2	2.033	0.000	1.878	2.188
1*4	2*3	2.424	0.000	2.269	2.580
1*4	2*4	3.770	0.000	3.615	3.926
2*1	2*2	-0.484	0.000	-0.640	-0.329
2*1	2*3	-0.093	0.357	-0.248	0.062
2*1	2*4	1.253	0.000	1.098	1.408
2*2	2*3	0.391	0.000	0.236	0.546
2*2	2*4	1.737	0.000	1.582	1.892
2*3	2*4	1.346	0.000	1.191	1.501

Percentagem de NDF com cinza (NDFPERCCINZ)

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
CODESP	0.060	1	0.060	188.989	0.000
CODFERT	0.008	3	0.003	8.841	0.006
CODESP*CODFERT	0.006	3	0.002	6.772	0.014
Error	0.003	8	0.000		

Tukey's Honestly-Significant-Difference Test					
CODESP(i)*CODFERT(i)	CODESP(j)*CODFERT(j)	Difference	p-value	95.0% Confidence Interval	
RT(i)	RT(j)			Lower	Upper
1*1	1*2	-0.002	1.000	-0.072	0.069
1*1	1*3	-0.091	0.012	-0.162	-0.021
1*1	1*4	0.013	0.993	-0.058	0.084
1*1	2*1	-0.157	0.000	-0.228	-0.086
1*1	2*2	-0.144	0.001	-0.215	-0.073
1*1	2*3	-0.145	0.001	-0.216	-0.075
1*1	2*4	-0.124	0.002	-0.195	-0.053
1*2	1*3	-0.089	0.014	-0.160	-0.019
1*2	1*4	0.015	0.986	-0.056	0.085
1*2	2*1	-0.155	0.000	-0.226	-0.085
1*2	2*2	-0.142	0.001	-0.213	-0.072
1*2	2*3	-0.144	0.001	-0.214	-0.073
1*2	2*4	-0.122	0.002	-0.193	-0.052
1*3	1*4	0.104	0.005	0.034	0.175
1*3	2*1	-0.066	0.070	-0.136	0.005
1*3	2*2	-0.053	0.178	-0.123	0.018
1*3	2*3	-0.054	0.162	-0.125	0.016
1*3	2*4	-0.033	0.615	-0.103	0.038
1*4	2*1	-0.170	0.000	-0.241	-0.099
1*4	2*2	-0.157	0.000	-0.228	-0.086
1*4	2*3	-0.158	0.000	-0.229	-0.088
1*4	2*4	-0.137	0.001	-0.208	-0.066
2*1	2*2	0.013	0.993	-0.058	0.084
2*1	2*3	0.012	0.996	-0.059	0.082
2*1	2*4	0.033	0.609	-0.038	0.104
2*2	2*3	-0.001	1.000	-0.072	0.069
2*2	2*4	0.020	0.935	-0.051	0.091
2*3	2*4	0.021	0.913	-0.049	0.092

Percentagem de NDF sem cinza (NDFPERCSCINZ)

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
CODESP	0.058	1	0.058	377.977	0.000
CODFERT	0.007	3	0.002	14.868	0.001
CODESP*CODFERT	0.005	3	0.002	11.744	0.003
Error	0.001	8	0.000		

Tukey's Honestly-Significant-Difference Test						
CODESP(i)*CODFERT(i)	CODESP(j)*CODFERT(j)	Difference	p-value	95.0% Confidence Interval		
			Lower			Upper
1*1	1*2	0.002	1.000	-0.047	0.051	
1*1	1*3	-0.081	0.003	-0.130	-0.032	
1*1	1*4	0.012	0.972	-0.037	0.060	
1*1	2*1	-0.150	0.000	-0.199	-0.101	
1*1	2*2	-0.141	0.000	-0.190	-0.092	
1*1	2*3	-0.139	0.000	-0.187	-0.090	
1*1	2*4	-0.117	0.000	-0.166	-0.069	
1*2	1*3	-0.083	0.002	-0.131	-0.034	
1*2	1*4	0.010	0.990	-0.039	0.059	
1*2	2*1	-0.152	0.000	-0.201	-0.103	
1*2	2*2	-0.143	0.000	-0.192	-0.094	
1*2	2*3	-0.141	0.000	-0.189	-0.092	
1*2	2*4	-0.119	0.000	-0.168	-0.071	
1*3	1*4	0.092	0.001	0.043	0.141	
1*3	2*1	-0.069	0.007	-0.118	-0.020	
1*3	2*2	-0.061	0.016	-0.109	-0.012	
1*3	2*3	-0.058	0.020	-0.107	-0.009	
1*3	2*4	-0.037	0.173	-0.086	0.012	
1*4	2*1	-0.162	0.000	-0.210	-0.113	
1*4	2*2	-0.153	0.000	-0.202	-0.104	
1*4	2*3	-0.150	0.000	-0.199	-0.101	
1*4	2*4	-0.129	0.000	-0.178	-0.080	
2*1	2*2	0.009	0.994	-0.040	0.058	
2*1	2*3	0.011	0.974	-0.037	0.060	
2*1	2*4	0.033	0.266	-0.016	0.081	
2*2	2*3	0.003	1.000	-0.046	0.051	
2*2	2*4	0.024	0.573	-0.025	0.073	
2*3	2*4	0.021	0.685	-0.028	0.070	

Percentagem de Proteína bruta (PBPERC)

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
CODESP	160.149	1	160.149	5646.506	0.000
CODFERT	18.747	3	6.249	220.322	0.000
CODESP*CODFERT	5.157	3	1.719	60.603	0.000
Error	0.227	8	0.028		

Tukey's Honestly-Significant-Difference Test					
CODESP(i)*CODFERT(j)	CODESP(j)*CODFERT(k)	Difference	p-value	95.0% Confidence Interval	
RT(i)	RT(j)			Lower	Upper
1*1	1*2	-1.212	0.001	-1.879	0.546
1*1	1*3	-1.353	0.001	-2.019	-0.686
1*1	1*4	-0.545	0.126	-1.211	0.121
1*1	2*1	-4.730	0.000	-5.396	-4.064
1*1	2*2	-7.612	0.000	-8.279	-6.946
1*1	2*3	-9.290	0.000	-9.956	-8.624
1*1	2*4	-6.788	0.000	-7.454	-6.121
1*2	1*3	-0.140	0.985	-0.806	0.526
1*2	1*4	0.667	0.050	0.001	1.334
1*2	2*1	-3.518	0.000	-4.184	-2.851
1*2	2*2	-6.400	0.000	-7.066	-5.734
1*2	2*3	-8.078	0.000	-8.744	-7.411
1*2	2*4	-5.575	0.000	-6.241	-4.909
1*3	1*4	0.808	0.018	0.141	1.474
1*3	2*1	-3.377	0.000	-4.044	-2.711
1*3	2*2	-6.260	0.000	-6.926	-5.594
1*3	2*3	-7.938	0.000	-8.604	-7.271
1*3	2*4	-5.435	0.000	-6.101	-4.769
1*4	2*1	-4.185	0.000	-4.851	-3.519
1*4	2*2	-7.067	0.000	-7.734	-6.401
1*4	2*3	-8.745	0.000	-9.411	-8.079
1*4	2*4	-6.243	0.000	-6.909	-5.576
2*1	2*2	-2.882	0.000	-3.549	-2.216
2*1	2*3	-4.560	0.000	-5.226	-3.894
2*1	2*4	-2.058	0.000	-2.724	-1.391
2*2	2*3	-1.678	0.000	-2.344	-1.011
2*2	2*4	0.825	0.016	0.159	1.491
2*3	2*4	2.502	0.000	1.836	3.169

Percentagem de Lenhina em ácido detergente (ADLPERC)

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
CODESP	0.009	1	0.009	2485.691	0.000
CODFERT	0.000	3	0.000	0.588	0.640
CODESP*CODFERT	0.000	3	0.000	5.289	0.027
Error	0.000	8	0.000		

Tukey's Honestly-Significant-Difference Test					
CODESP(i)*CODFERT(i)	CODESP(j)*CODFERT(j)	Difference	p-value	95.0% Confidence Interval	
			Lower Upper		
1*1	1*2	0.000	1.000	-0.008	0.007
1*1	1*3	-0.004	0.538	-0.012	0.004
1*1	1*4	0.002	0.987	-0.006	0.009
1*1	2*1	-0.049	0.000	-0.056	-0.041
1*1	2*2	-0.048	0.000	-0.056	-0.040
1*1	2*3	-0.047	0.000	-0.055	-0.039
1*1	2*4	-0.053	0.000	-0.060	-0.045
1*2	1*3	-0.004	0.600	-0.011	0.004
1*2	1*4	0.002	0.974	-0.006	0.010
1*2	2*1	-0.049	0.000	-0.056	-0.041
1*2	2*2	-0.048	0.000	-0.055	-0.040
1*2	2*3	-0.047	0.000	-0.055	-0.039
1*2	2*4	-0.052	0.000	-0.060	-0.045
1*3	1*4	0.005	0.218	-0.002	0.013
1*3	2*1	-0.045	0.000	-0.053	-0.037
1*3	2*2	-0.044	0.000	-0.052	-0.036
1*3	2*3	-0.043	0.000	-0.051	-0.036
1*3	2*4	-0.049	0.000	-0.056	-0.041
1*4	2*1	-0.050	0.000	-0.058	-0.043
1*4	2*2	-0.050	0.000	-0.057	-0.042
1*4	2*3	-0.049	0.000	-0.056	-0.041
1*4	2*4	-0.054	0.000	-0.062	-0.046
2*1	2*2	0.001	1.000	-0.007	0.008
2*1	2*3	0.002	0.986	-0.006	0.009
2*1	2*4	-0.004	0.544	-0.012	0.004
2*2	2*3	0.001	1.000	-0.007	0.009
2*2	2*4	-0.005	0.355	-0.012	0.003
2*3	2*4	-0.005	0.218	-0.013	0.002

Anexo 3. Output SYSTAT da análise de variância e do teste de Tukey ao efeito das variáveis CODESP e CODFERT nas variáveis bromatológicas na biomassa do 2º corte

Percentagem de matéria orgânica (MOPERC)

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
CODESP	47.646	1	47.646	18107.090	0.000
CODFERT	23.034	3	7.678	2917.976	0.000
CODESP*CODFERT	3.749	3	1.250	474.958	0.000
Error	0.021	8	0.003		

Tukey's Honestly-Significant-Difference Test					
CODESP(i)*CODFERT(i)	CODESP(j)*CODFERT(j)	Difference	p-value	95.0% Confidence Interval	
				Lower	Upper
1*1	1*2	0.317	0.004	0.114	0.520
1*1	1*3	-0.593	0.000	-0.796	-0.390
1*1	1*4	3.549	0.000	3.346	3.752
1*1	2*1	3.806	0.000	3.603	4.009
1*1	2*2	4.753	0.000	4.550	4.956
1*1	2*3	3.125	0.000	2.922	3.328
1*1	2*4	5.393	0.000	5.190	5.596
1*2	1*3	-0.911	0.000	-1.114	-0.708
1*2	1*4	3.232	0.000	3.029	3.435
1*2	2*1	3.489	0.000	3.286	3.692
1*2	2*2	4.436	0.000	4.233	4.639
1*2	2*3	2.808	0.000	2.605	3.011
1*2	2*4	5.076	0.000	4.873	5.279
1*3	1*4	4.142	0.000	3.939	4.345
1*3	2*1	4.399	0.000	4.196	4.602
1*3	2*2	5.347	0.000	5.144	5.550
1*3	2*3	3.719	0.000	3.516	3.922
1*3	2*4	5.987	0.000	5.784	6.190
1*4	2*1	0.257	0.014	0.054	0.460
1*4	2*2	1.204	0.000	1.001	1.407
1*4	2*3	-0.424	0.001	-0.627	-0.221
1*4	2*4	1.844	0.000	1.641	2.047
2*1	2*2	0.948	0.000	0.745	1.151
2*1	2*3	-0.681	0.000	-0.884	-0.478
2*1	2*4	1.588	0.000	1.385	1.791
2*2	2*3	-1.628	0.000	-1.831	-1.425
2*2	2*4	0.640	0.000	0.437	0.843
2*3	2*4	2.268	0.000	2.065	2.471

Percentagem de NDF com cinza (NDFPERCCINZ)

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
CODESP	0.035	1	0.035	218.704	0.000
CODFERT	0.010	3	0.003	20.520	0.000
CODESP*CODFERT	0.011	3	0.004	23.330	0.000
Error	0.001	8	0.000		

Tukey's Honestly-Significant-Difference Test								
CODESP(i)*CODFERT(i)	CODESP(j)*CODFERT(j)	Difference	p-value	95.0% Confidence Interval				
			Lower			Upper		
1*1	1*2	-0.137	0.000	-0.188	-0.087			
1*1	1*3	-0.043	0.101	-0.094	0.007			
1*1	1*4	-0.060	0.020	-0.110	-0.010			
1*1	2*1	-0.169	0.000	-0.219	-0.118			
1*1	2*2	-0.161	0.000	-0.212	-0.111			
1*1	2*3	-0.156	0.000	-0.206	-0.105			
1*1	2*4	-0.131	0.000	-0.181	-0.081			
1*2	1*3	0.094	0.001	0.044	0.144			
1*2	1*4	0.077	0.004	0.027	0.128			
1*2	2*1	-0.032	0.319	-0.082	0.019			
1*2	2*2	-0.024	0.585	-0.075	0.026			
1*2	2*3	-0.018	0.812	-0.069	0.032			
1*2	2*4	0.006	0.999	-0.044	0.057			
1*3	1*4	-0.017	0.876	-0.067	0.034			
1*3	2*1	-0.126	0.000	-0.176	-0.075			
1*3	2*2	-0.118	0.000	-0.169	-0.068			
1*3	2*3	-0.112	0.000	-0.163	-0.062			
1*3	2*4	-0.088	0.002	-0.138	-0.037			
1*4	2*1	-0.109	0.000	-0.159	-0.059			
1*4	2*2	-0.102	0.001	-0.152	-0.051			
1*4	2*3	-0.096	0.001	-0.146	-0.046			
1*4	2*4	-0.071	0.007	-0.121	-0.021			
2*1	2*2	0.007	0.998	-0.043	0.058			
2*1	2*3	0.013	0.956	-0.037	0.063			
2*1	2*4	0.038	0.175	-0.012	0.088			
2*2	2*3	0.006	1.000	-0.045	0.056			
2*2	2*4	0.031	0.351	-0.020	0.081			
2*3	2*4	0.025	0.558	-0.026	0.075			

Percentagem de NDF sem cinza (NDFPERCSCINZ)

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
CODESP	0.022	1	0.022	217.919	0.000
CODFERT	0.007	3	0.002	22.683	0.000
CODESP*CODFERT	0.012	3	0.004	40.048	0.000
Error	0.001	8	0.000		

Tukey's Honestly-Significant-Difference Test					
CODESP(i)*CODFERT(i)	CODESP(j)*CODFERT(j)	Difference	p-value	95.0% Confidence Interval	
RT(i)	RT(j)			Lower	Upper
1*1	1*2	-0.127	0.000	-0.167	-0.088
1*1	1*3	-0.043	0.034	-0.082	-0.003
1*1	1*4	-0.050	0.014	-0.089	-0.010
1*1	2*1	-0.148	0.000	-0.188	-0.109
1*1	2*2	-0.125	0.000	-0.165	-0.086
1*1	2*3	-0.134	0.000	-0.173	-0.094
1*1	2*4	-0.107	0.000	-0.146	-0.067
1*2	1*3	0.085	0.000	0.045	0.124
1*2	1*4	0.077	0.001	0.038	0.117
1*2	2*1	-0.021	0.470	-0.061	0.018
1*2	2*2	0.002	1.000	-0.037	0.042
1*2	2*3	-0.006	0.997	-0.046	0.033
1*2	2*4	0.021	0.498	-0.019	0.060
1*3	1*4	-0.007	0.993	-0.047	0.032
1*3	2*1	-0.106	0.000	-0.145	-0.067
1*3	2*2	-0.083	0.001	-0.122	-0.043
1*3	2*3	-0.091	0.000	-0.131	-0.052
1*3	2*4	-0.064	0.003	-0.104	-0.025
1*4	2*1	-0.099	0.000	-0.138	-0.059
1*4	2*2	-0.075	0.001	-0.115	-0.036
1*4	2*3	-0.084	0.000	-0.123	-0.044
1*4	2*4	-0.057	0.006	-0.096	-0.017
2*1	2*2	0.023	0.373	-0.016	0.063
2*1	2*3	0.015	0.794	-0.025	0.054
2*1	2*4	0.042	0.037	0.002	0.081
2*2	2*3	-0.008	0.983	-0.048	0.031
2*2	2*4	0.018	0.609	-0.021	0.058
2*3	2*4	0.027	0.245	-0.013	0.066

Percentagem de Proteína bruta (PBPERC)

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
CODESP	188.616	1	188.616	18182.583	0.000
CODFERT	30.486	3	10.162	979.622	0.000
CODESP*CODFERT	1.698	3	0.566	54.551	0.000
Error	0.083	8	0.010		

Tukey's Honestly-Significant-Difference Test					
CODESP(i)*CODFE-RT(i)	CODESP(j)*CODFE-RT(j)	Difference	p-value	95.0% Confidence Interval	
				Lower	Upper
1*1	1*2	1.862	0.000	-2.266	1.459
1*1	1*3	2.975	0.000	-3.378	2.572
1*1	1*4	1.222	0.000	-1.626	0.819
1*1	2*1	6.113	0.000	-6.516	5.709
1*1	2*2	8.472	0.000	-8.876	8.069
1*1	2*3	10.873	0.000	-11.276	10.469
1*1	2*4	8.070	0.000	-8.473	7.667
1*2	1*3	1.113	0.000	-1.516	0.709
1*2	1*4	0.640	0.003	0.237	1.043
1*2	2*1	4.250	0.000	-4.653	3.847
1*2	2*2	6.610	0.000	-7.013	6.207
1*2	2*3	9.010	0.000	-9.413	8.607
1*2	2*4	6.208	0.000	-6.611	5.804
1*3	1*4	1.753	0.000	1.349	2.156
1*3	2*1	3.137	0.000	-3.541	2.734
1*3	2*2	5.497	0.000	-5.901	5.094
1*3	2*3	7.898	0.000	-8.301	7.494
1*3	2*4	5.095	0.000	-5.498	4.692
1*4	2*1	4.890	0.000	-5.293	4.487
1*4	2*2	7.250	0.000	-7.653	6.847
1*4	2*3	9.650	0.000	-10.053	9.247
1*4	2*4	6.848	0.000	-7.251	6.444
2*1	2*2	2.360	0.000	-2.763	1.957
2*1	2*3	4.760	0.000	-5.163	4.357
2*1	2*4	1.958	0.000	-2.361	1.554
2*2	2*3	2.400	0.000	-2.803	1.997
2*2	2*4	0.402	0.050	-0.001	0.806
2*3	2*4	2.803	0.000	2.399	3.206

Percentagem de Fibra em ácido detergente (ADFPERC)

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
CODESP	0.049	1	0.049	1255.073	0.000
CODFERT	0.007	3	0.002	60.227	0.000
CODESP*CODFERT	0.003	3	0.001	23.849	0.000
Error	0.000	8	0.000		

Tukey's Honestly-Significant-Difference Test					
CODESP(i)*CODFERT(i)	CODESP(j)*CODFERT(j)	Difference	p-value	95.0% Confidence Interval	
RT(i)	RT(j)			Lower	Upper
1*1	1*2	0.088	0.000	-0.112	-0.063
1*1	1*3	0.034	0.009	-0.058	0.009
1*1	1*4	-0.025	0.043	-0.050	-0.001
1*1	2*1	-0.139	0.000	-0.164	-0.115
1*1	2*2	-0.159	0.000	-0.184	-0.134
1*1	2*3	-0.163	0.000	-0.187	-0.138
1*1	2*4	-0.128	0.000	-0.152	-0.103
1*2	1*3	0.054	0.000	0.029	0.079
1*2	1*4	0.062	0.000	0.038	0.087
1*2	2*1	-0.052	0.001	-0.076	-0.027
1*2	2*2	-0.071	0.000	-0.096	-0.047
1*2	2*3	-0.075	0.000	-0.100	-0.050
1*2	2*4	-0.040	0.003	-0.065	-0.015
1*3	1*4	0.008	0.860	-0.016	0.033
1*3	2*1	-0.106	0.000	-0.130	-0.081
1*3	2*2	-0.125	0.000	-0.150	-0.100
1*3	2*3	-0.129	0.000	-0.153	-0.104
1*3	2*4	-0.094	0.000	-0.119	-0.069
1*4	2*1	-0.114	0.000	-0.139	-0.089
1*4	2*2	-0.133	0.000	-0.158	-0.109
1*4	2*3	-0.137	0.000	-0.162	-0.112
1*4	2*4	-0.102	0.000	-0.127	-0.078
2*1	2*2	-0.020	0.143	-0.044	0.005
2*1	2*3	-0.023	0.068	-0.048	0.001
2*1	2*4	0.012	0.599	-0.013	0.036
2*2	2*3	-0.004	0.998	-0.028	0.021
2*2	2*4	0.031	0.014	0.007	0.056
2*3	2*4	0.035	0.007	0.010	0.060

Percentagem de Lenhina em ácido detergente (ADLPERC)

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
CODESP	0.007	1	0.007	1497.796	0.000
CODFERT	0.001	3	0.000	49.462	0.000
CODESP*CODFERT	0.000	3	0.000	12.508	0.002
Error	0.000	8	0.000		

Tukey's Honestly-Significant-Difference Test					
CODESP(i)*CODFERT(i)	CODESP(j)*CODFERT(j)	Difference	p-value	95.0% Confidence Interval	
RT(i)	RT(j)			Lower	Upper
1*1	1*2	-0.016	0.001	-0.025	-0.007
1*1	1*3	-0.012	0.007	-0.021	-0.004
1*1	1*4	-0.011	0.011	-0.020	-0.003
1*1	2*1	-0.044	0.000	-0.053	-0.036
1*1	2*2	-0.060	0.000	-0.069	-0.051
1*1	2*3	-0.062	0.000	-0.070	-0.053
1*1	2*4	-0.042	0.000	-0.051	-0.034
1*2	1*3	0.004	0.727	-0.005	0.012
1*2	1*4	0.005	0.486	-0.004	0.013
1*2	2*1	-0.029	0.000	-0.037	-0.020
1*2	2*2	-0.044	0.000	-0.053	-0.035
1*2	2*3	-0.046	0.000	-0.054	-0.037
1*2	2*4	-0.027	0.000	-0.035	-0.018
1*3	1*4	0.001	1.000	-0.008	0.010
1*3	2*1	-0.032	0.000	-0.041	-0.023
1*3	2*2	-0.048	0.000	-0.056	-0.039
1*3	2*3	-0.049	0.000	-0.058	-0.041
1*3	2*4	-0.030	0.000	-0.039	-0.022
1*4	2*1	-0.033	0.000	-0.042	-0.025
1*4	2*2	-0.049	0.000	-0.057	-0.040
1*4	2*3	-0.050	0.000	-0.059	-0.042
1*4	2*4	-0.031	0.000	-0.040	-0.023
2*1	2*2	-0.016	0.001	-0.024	-0.007
2*1	2*3	-0.017	0.001	-0.026	-0.008
2*1	2*4	0.002	0.979	-0.007	0.011
2*2	2*3	-0.002	0.994	-0.010	0.007
2*2	2*4	0.017	0.001	0.009	0.026
2*3	2*4	0.019	0.000	0.010	0.028

Percentagem de Celulose (CELULPERC)

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
CODESP	0.019	1	0.019	733.337	0.000
CODFERT	0.004	3	0.001	47.709	0.000
CODESP*CODFERT	0.003	3	0.001	33.387	0.000
Error	0.000	8	0.000		

Tukey's Honestly-Significant-Difference Test					
CODESP(i)*CODFE	CODESP(j)*CODFE	Difference	p-value	95.0% Confidence Interval	
RT(i)	RT(j)			Lower	Upper
1*1	1*2	-0.072	0.000	-0.092	-0.052
1*1	1*3	-0.021	0.034	-0.041	-0.002
1*1	1*4	-0.014	0.216	-0.034	0.006
1*1	2*1	-0.095	0.000	-0.115	-0.075
1*1	2*2	-0.099	0.000	-0.119	-0.079
1*1	2*3	-0.101	0.000	-0.121	-0.081
1*1	2*4	-0.085	0.000	-0.105	-0.065
1*2	1*3	0.050	0.000	0.030	0.070
1*2	1*4	0.058	0.000	0.038	0.078
1*2	2*1	-0.023	0.023	-0.043	-0.003
1*2	2*2	-0.027	0.009	-0.047	-0.007
1*2	2*3	-0.029	0.006	-0.049	-0.009
1*2	2*4	-0.013	0.259	-0.033	0.007
1*3	1*4	0.007	0.809	-0.013	0.027
1*3	2*1	-0.073	0.000	-0.093	-0.054
1*3	2*2	-0.078	0.000	-0.097	-0.058
1*3	2*3	-0.080	0.000	-0.100	-0.060
1*3	2*4	-0.064	0.000	-0.084	-0.044
1*4	2*1	-0.081	0.000	-0.101	-0.061
1*4	2*2	-0.085	0.000	-0.105	-0.065
1*4	2*3	-0.087	0.000	-0.107	-0.067
1*4	2*4	-0.071	0.000	-0.091	-0.051
2*1	2*2	-0.004	0.988	-0.024	0.016
2*1	2*3	-0.006	0.907	-0.026	0.014
2*1	2*4	0.010	0.569	-0.010	0.030
2*2	2*3	-0.002	1.000	-0.022	0.018
2*2	2*4	0.014	0.237	-0.006	0.034
2*3	2*4	0.016	0.142	-0.004	0.036